

# LAPORAN PENELITIAN

***“Pengaruh AFR Pengarangan batok Kelapa Pada Gasifikasi Dengan Gasifikasi Updraft”***

Yuono, S.T., M.T.  
Dyah Setyo Pertiwi, Ph.D.



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
BANDUNG - 2018**



**UNS**  
UNIVERSITAS  
SEBELAS MARET

# PROSIDING

Seminar Nasional  
Teknik Kimia  
Eco-SMART

**2018**

"Inovasi Energi Baru dan Terbarukan  
sebagai Pendukung Perkembangan  
Ekonomi Nasional"





## PROSIDING

Seminar Nasional Teknik Kimia Eco-Smart 2018

“Inovasi Energi Baru dan Terbarukan sebagai Pendukung  
Perkembangan Ekonomi Nasional”



Diselenggarakan Oleh :

Program Studi Teknik Kimia Bekerjasama dengan  
Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia

Fakultas Teknik

Universitas Sebelas Maret

21 Oktober 2018



**Waktu:** Minggu, 21 Oktober 2018 (07.00-16.00 WIB)

**Tempat :**

1. Plenary Session
  - a. Ruang Seminar Utama Gedung III Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
2. Parallel Session
  - a. RUANG I-205 Gedung I Lantai 2 FT UNS
  - b. RUANG I-207 Gedung I Lantai 2 FT UNS
  - c. RUANG I-210 Gedung I Lantai 2 FT UNS
  - d. RUANG I-212 Gedung I Lantai 2 FT UNS

**Steering Committee :** Dr.Margono,S.T.,M.T. ,

Ir. Paryanto,M.S.

Dr.Sunu Herwi Pranolo,S.T.,M.Sc.

Anatta Wahyu Budiman, S.T.,Ph.D. ,

Mujtahid Kaavessina, S.T., M.T,Ph.D. ,

Ir.Arif Jumari,M.Sc. ,

Dr.Ari Diana Susanti, S.T., M.T.

### SUSUNAN PANITIA

Ketua Panitia	:	Dr.Fadilah,S.T.,M.T.
Wakil Panitia	:	Affiano Akbar Nur Pratama
Sekretaris	:	Dr. Joko Waluyo, S.T.,M.T.
Bendahara	:	Dr. Sperisa Distantina,S.T.,M.T.
Wakil Bendahara	:	Eudia Novianty Putri
Sie. Acara	:	Dr.Adrian Nur,S.T.,M.T.
		Muhammad Nizar Aldy
Sie. Perlengkapan	:	Wahyu Daut Utomo
		Dinda Sekar Laras
Kesekretariatan	:	Dr.Dwi Ardiana Setyawardhani, S.T., M.T.
		Heru Susanto, S.T.
		Nuzila Delayaski



## Seminar Nasional Teknik Kimia 2018

**ISBN :**

**Tim Editor**

- 1. Dwi Ardiana Setyawardhani**
- 2. Fadilah**
- 3. Heru Susanto**

**Tim Reviewer :**

- 1. Dr. Joko Waluto**
- 2. Dr. Sperisa Distantina**
- 3. Dr. Adrian Nur**
- 4. Dr. Ari Diana Susanti**
- 5. Dr. Bregas Siswahyono**
- 6. Wusana Agung N,M.T.**

**Diterbitkan Oleh :**

**Program Studi Teknik Kimia UNS**

**Jl. Ir. Sutami No.36A, Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah**

**Web : [www.sntk-ecosmart.ft.uns.ac.id](http://www.sntk-ecosmart.ft.uns.ac.id)**

**Email : [eco-smart2018@ft.uns.ac.id](mailto:eco-smart2018@ft.uns.ac.id)**



## Kata Pengantar

### Program Studi S1 Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret

Syukur Alhamdulillah saya sampaikan kepada Allah SWT yang atas karuniaNya lah kegiatan Seminar Nasional Teknik Kimia Ecosmart (SNTK EcoSmart) ini dapat diselenggarakan. Kegiatan seminar ini merupakan salah satu dari rangkaian kegiatan Ecocdays, sebuah kegiatan tahunan yang dimotori oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia UNS sebagai wujud kepeduliannya terhadap kelestarian lingkungan. Lebih dari itu, kegiatan Ecocdays juga diselenggarakan dalam rangka mendorong pengembangan penelitian yang berbasis pada dasar pemikiran akan pentingnya kelestarian lingkungan.

Dalam kesempatan ini, seminar nasional SNTK EcoSmart mengundang para peneliti untuk mempresentasikan hasil penelitiannya agar bermanfaat bagi masyarakat luas dan dapat menjadi motivasi bagi kita para peneliti untuk melakukan pengembangan keilmuan dan keahlian tanpa mengabaikan pentingnya kelestarian lingkungan. SNTK EcoSmart mengangkat sebuah tema “Inovasi Energi Baru dan Terbarukan Sebagai Pendukung Perkembangan Ekonomi Nasional” dengan harapan dapat mendorong akselerasi penggunaan sumber energi baru dan terbarukan sebagai pengganti sumber energi fosil yang sudah dicanangkan dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Namun demikian, topik ini tidak bermaksud membatasi artikel hanya pada permasalahan energi tetapi diperluas ke bidang lain sebagaimana kebijakan panitia. Tentunya dengan harapan agar SNTK EcoSmart kali ini memiliki kemanfaatan yang lebih luas di tengah masyarakat.

Saya mewakili segenap Civitas Akademika Teknik Kimia UNS mengucapkan terima kasih kepada segenap Dosen dan Mahasiswa Teknik Kimia UNS yang dengan sungguh-sungguh telah mempersiapkan penyelenggaraan SNTK EcoSmart dan semua pihak yang telah berpartisipasi pada seminar kali ini. Akhir kata, selamat ber”seminar” semoga bermanfaat bagi perkembangan ilmu dan teknologi di masyarakat.

Surakarta, 20 Oktober 2018

Kepala Program Studi  
Teknik Kimia UNS

Dr. Margono, S.T., M.T



## Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret

Puji syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan anugerah-Nya sehingga Buku Abstrak Seminar Nasional Teknik Kimia ECO-SMART 2018 dapat terlaksana dengan baik. Seminar Nasional Teknik Kimia ECO-SMART 2018 memiliki tema Inovasi Energi Baru dan Terbarukan Sebagai Pendukung Perkembangan Ekonomi Nasional. Kami selaku panitia Seminar Nasional Teknik Kimia ECO-SMART 2018 mengucapkan terimakasih untuk para pemakalah yang telah berpartisipasi dan seluruh pihak yang membantu dalam pembuatan Buku Abstrak Seminar Nasional Teknik Kimia ECO-SMART 2018.

Pembuatan Buku Prosiding ini diharapkan dapat memberikan informasi dan manfaat bagi peserta yang mengikuti kegiatan Seminar Nasional Teknik Kimia ECO-SMART 2018 dengan maksimal. Diharapkan Buku Prosiding ini dapat memuat materi pemakalah dan pembicara dengan baik.

Dalam pembuatan Buku Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia ECO-SMART 2018 tentu masih terdapat kekurangan. Kritik dan saran terhadap pembuatan Buku Prosiding ini sangat berguna bagi kami untuk keberlanjutan pembuatan Buku Prosiding yang mendatang. Semoga Buku ini dapat memberikan manfaat bagi manusia dan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan penerapannya di kemudian hari.

Surakarta, 20 Oktober 2018

Ketua Umum HMTK

Bagas Cahyadi



## Daftar Isi

Kata Pengantar Program Studi S1 Teknik Kimia .....	5
Kata Pengantar Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia .....	6
Daftar Isi.....	7
Produksi Bahan Bakar Gas dari Gasifikasi Limbah Kayu Sengon .....	10
Sintesis Asam Oktil Lignosulfonat dan Selulosa Sulfat Sebagai Surfaktan dari Limbah Gergaji Kayu Untuk Aplikasi Enhanced Oil Recovery .....	17
Efisiensi Energi dalam Pemanfaatan Limbah Panas dengan Boiler Heat Recovery Steam Generator (HRSG) .....	28
Pengaruh AFR Terhadap Karakteristik Gas Produser Hasil Gasifikasi Batok Kelapa .....	36
Desain Sistem Fuel Cell Untuk Pembangkit Listrik Daerah Terpencil.....	42
Kajian Konsumsi Energi Spesifik Sektor Industri Kimia Di Indonesia Sebagai Acuan Efisiensi Energi.....	48
Biostimulan Bioremediasi dari Limbah Organik Pasar Sebagai Solusi Pencemaran Limbah Pertambangan Minyak .....	56
Penanganan Sampah untuk Mendukung Pariwisata Desa Labuhan Kertasari Kecamatan Taliwang Kabupaten Sumbawa Barat.....	65
Kinerja kolom bahan isian penyerap tar hasil gasifikasi kulit buah kakao berbasis minyak pelumas bekas.....	71
Penurunan Kadar Pb(II) Dan Mn(II) Pada Sungai Code Dengan Adsorben Limbah Kulit Pisang.....	78
Pemanfaatan Asap Cair Dari Limbah Kulit Kakao Sebagai Antijamur Pada Benih Tanaman Kakao ( <i>Theobroma Cacao L.</i> ) .....	90



Pengaruh perlakuan kimia terhadap karakteristik zeolit alam aktif .....	99
Tinjauan Waktu Pengadukan pada Kondisi Kesetimbangan Proses Kompleksasi Urea Minyak Biji Anggur .....	107
Nori Berbasis Rumput Laut <i>Ulva lactuca Linnaeus</i> dan <i>Eucheuma cottonii</i> : Pengaruh Komposisi.....	115
Pembuatan Susu Kedelai yang Tahan Lama Tanpa Bahan Pengawet .....	122
Pengaruh Jumlah Inokulum terhadap Waktu Fermentasi pada Pembuatan Yoghurt dari Susu Sapi.....	129
Perlakuan Pendahuluan Limbah Padat Tapioka Menggunakan Natrium Karbonat untuk Pembuatan Bioetanol melalui Fermentasi <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	136
Pengaruh Konsentrasi Pelarut dan Nisbah Bahan Baku dengan Pelarut Terhadap Ekstraksi Kunyit Putih ( <i>Curcuma zedoria</i> ). ....	143
Pengembangan Gliserol Hasil Samping Biodiesel Pada Produksi Asam Itakonat Dengan Metode Biosintesis <i>Aspergillus tereus</i> .....	152
Pengaruh Pengadukan pada Proses Produksi Alkohol Menggunakan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	160
Pengaruh Penambahan Jumlah Flokulasi pada Fermentasi Alkohol dari Molase Menggunakan Flok <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	167



Bead Gel Berbasis Karagenan, Carboxymethyl Cellulose (CMC), dan Glukomanan sebagai Matrik Pelepasan Pupuk Urea Terkendali ..... 173

STUDI PEMBUATAN SPONSS DARI TEPUNG PORANG KUNING  
(*Amorphophallus muelleri* Blume)..... 181

Potensi Kulit Pisang Raja (*Musa sapientum*) sebagai Bahan Baku Pembuatan  
*Biodegradable Film* ..... 188

Sintesis Biomaterial Hidroksiapatit *Porous* dengan Prekursor Cangkang Keong Mas dan Porogen Pati Sukun (*Artocarpus altilis*) ..... 195

Plastik Biodegradable Limbah Nasi..... 203

Sintesis Nanoselulosa dari Batang Bambu menggunakan Hidrolisis Asam dan Gelombang Ultrasonik sebagai adsorben Logam Kadmium(II) dalam Limbah Industri Elektroplating..... 212





# Produksi Bahan Bakar Gas dari Gasifikasi Limbah Kayu Sengon

Maryudi<sup>1,a</sup> dan Agus Aktawan<sup>1,b,\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Prof. Dr. Soepomo, SH. Janturan, Yogyakarta. 55164  
E-mail: <sup>a</sup>maryudi@che.uad.ac.id, <sup>b,\*</sup>agus.aktawan@che.uad.ac.id

**Abstrak.** Energi alternatif merupakan energi yang bisa mensubstitusi bahan bakar non-renewable dimana kebutuhan masyarakat terhadap bahan bakar semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor. Peningkatan jumlah penduduk juga meningkatkan kebutuhan akan kayu untuk mebel dan perlengkapan rumah sehingga jumlah limbah kayu berupa serbuk dan potongan kayu khususnya kayu sengon juga semakin meningkat. Dengan teknologi gasifikasi limbah kayu sengon bisa dikonversi menjadi energi bahan bakar gas yang ramah lingkungan. Penelitian gasifikasi diawali dengan menjemur bahan untuk menurunkan kadar air sampai dibawah 25% lalu bahan dimasukkan ke dalam reaktor gasifikasi, bahan disulut menggunakan api dan udara diatur dan dialirkan ke dalam reaktor menggunakan blower. Gas yang dihasilkan dilewatkan blower untuk memisahkan antara tar dan gas. Variasi berat bahan mulai 500, 1.000, 1.500, 2.000, dan 2.500 gram dengan hasil optimal untuk berat bahan 2.500 gram didapat massa gas 2.037 gram, lama nyala api gas saat dibakar 10.620 detik dengan komposisi gas mengandung CH<sub>4</sub> 2,185%, CO 14,413%, H<sub>2</sub> 7,359%.

**Kata kunci:** Energi alternatif, limbah kayu sengon, gasifikasi, bahan bakar gas.

**Abstract.** Alternative energy is energy that can substitute non-renewable fuels where the public's need for fuel is increasing along with the increase in population and the number of vehicles. The increase in population also increased the need for wood for furniture and home appliances so that the amount of wood waste in the form of powder and pieces of wood, especially sengon wood, also increased. With gasification technology, the waste of sengon wood can be converted into environmentally friendly gas fuel energy. This research begins with drying the material to reduce the water content to below 25%, then the material is put into the gasification reactor, the ignited material uses fire and air is regulated and flowed into the reactor using a blower. The resulting gas is passed by a blower to separate between tar and gas. Variations in weight of materials ranging from 500, 1.000, 1.500, 2.000, and 2.500 grams with optimal results for the weight of 2.500 grams obtained gas mass 2,037 grams, the duration of the gas flame when burned 10,620 seconds with the composition of gas containing CH<sub>4</sub> 2,185%, CO 14,413%, H<sub>2</sub> 7,359%.

**Keywords:** Alternative Energy, Sengon, Gasification, Gas Fuel.



## 1. Pendahuluan

Energi sangat melekat dengan kehidupan sehari-hari yang terus meningkat setiap tahunnya yang bergantung pada pertumbuhan ekonomi dan populasi. Jumlah penduduk Indonesia dan kebutuhan teknologi yang semakin meningkat juga menyebabkan kebutuhan energi mengalami peningkatan yang tak terkendali. Kebutuhan energi yang semakin meningkat tersebut tidak diimbangi dengan persediaan energi yang berasal dari bahan bakar fosil yang setiap tahun jumlahnya semakin berkurang. Namun hal tersebut dapat kita tangani dengan mencari sumber energi alternatif dari pemanfaatan sumber energi terbarukan yang bisa kita dapatkan secara terus menerus seperti air, angin, surya, gelombang maupun biomassa. Sumber energi alternatif tersebut lebih berdampak positif bagi lingkungan dan bahan bakunya mudah diperoleh.

Negara kita merupakan Negara dengan wilayah pertanian dan perkebunan yang luas sehingga menghasilkan biomassa yang melimpah, beberapa diantaranya sekam padi, tempurung kelapa, tongkol jagung, dan limbah kayu. Limbah kayu sendiri memiliki jumlah yang sangat banyak jenisnya, contohnya limbah kayu Sengon, kayu Jati, kayu Mahoni, kayu Lamtoro dan sebagainya. Kayu-kayu tersebut biasanya digunakan sebagai bahan pengrajin maupun furniture. Kayu Sengon sendiri banyak terdapat di daerah Jawa Tengah terutama di Kabupaten Wonosobo (Kecamatan Kepil dan Kecamatan Sapuran) dan Temanggung (Kecamatan Pringsurat). Dewasa ini masyarakat hanya menggunakan limbah dari produksi kayu sengon tersebut untuk pembuatan pupuk kompos, namun dengan teknologi yang sudah maju dapat dilakukan pemanfaatan limbah kayu sengon tersebut untuk menghasilkan syngas dengan proses gasifikasi. Komposisi limbah pada kegiatan pemanenan kayu berupa serbuk gergaji sekitar 10,6% dan pada industri kayu lapis sekitar 0,7% [1].

Tabel 1. Data Produksi berbagai Komoditas Kayu di Indonesia [2].

Uraian	Sengon					
	Jati		Mahoni		Sengon	
	Nilai (juta rupiah)	%	Nilai (juta rupiah)	%	Nilai (juta rupiah)	%
A. Nilai Produksi	8,80		6,10 <sup>r</sup>	<sup>r</sup>	4,00 <sup>r</sup>	<sup>r</sup>
B. Biaya Produksi	0,90	100,00	1,20	100,00	0,80	100,00
1. Pupuk	0,10	6,84	0,10	5,68	0,10	15,80
2. Pestisida	0,00	1,20	0,00	1,93	0,00	2,85
3. Upah Pekerja	0,60	63,99	0,70	63,00	0,50	59,00
a. Pemeliharaan	0,50	51,21	0,60	51,95	0,40	42,39
b. Pemupukan	0,00	3,97	0,10	4,31	0,10	9,31
c. Pengendalian OPT	0,00	0,81	0,00	1,83	0,00	1,86
d. Pemanenan	0,10	8,01	0,10	4,91	0,00	5,44
4. Jasa Pertanian	0,10	6,20	0,10	7,09	0,00	4,31
5. Penyusutan Barang Modal	0,00	3,48	0,00	2,70	0,00	2,68
6. Sewa Alat tanpa Operator	0,00	2,03	0,00	0,79	0,00	0,33
7. Sewa Lahan dan Bunga Modal	0,00	1,10	0,00	3,02	0,00	2,82
8. Pengeluaran Lainnya	0,10	15,16	0,20	15,79	0,10	12,20

Kebutuhan kayu sengon sejalan dengan kebutuhan kayu secara keseluruhan. Sengon banyak ditanam karena pertumbuhannya yang cepat dan pemeliharaannya yang mudah. Ketersediaan kayu sengon yang cukup banyak dan harga yang relatif murah membuat kayu sengon ini banyak digunakan sebagai bahan baku industri. Dari data diatas menunjukkan bahwa kayu sengon sangat memiliki nilai jual dan kegunaan yang tinggi, dengan biaya produksi yang cukup kecil kayu sengon cocok digunakan untuk berbagai keperluan. Dalam proses produksi di suatu industri tentu akan banyak limbah kayu sengon yang dihasilkan baik dari industri furniture, kerajinan, kertas, dll. Limbah tersebut berupa serbuk kayu, serpihan kayu kecil bahkan sampai balok. Limbah-limbah tersebut belum tertangani secara maksimal, biasanya hanya dibuang saja ataupun dibakar, oleh karena itu diperlukan upaya-upaya tertentu untuk meningkatkan efektifitas dari limbah kayu sengon.

Perkembangan sumber energi biomassa sudah jauh berbeda dan mengalami banyak perubahan. Pembakaran adalah metode utama untuk mengubah biomassa menjadi energi, tetapi seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi telah mengubah aplikasi biomassa menjadi lebih modern. Proses gasifikasi merubah biomassa menjadi gas, pirolisis (merubah biomassa menjadi arang), penguraian anaerobik dan pembriketan adalah proses yang mampu mengubah wujud biomassa menjadi energi [3].

Menurut Atmosuseno [4], berdasarkan catatan sejarah sengon merupakan spesies asli dari kepulauan timur Indonesia yakni Maluku dan Papua. Spesies ini baik digunakan/dimanfaatkan sebagai bubur kertas (NAS, 1979), selain itu juga dapat digunakan sebagai papan partikel, veneer, plywood serta produk komposit (CABI, 2000). Sengon juga cocok untuk dijadikan produk seperti sepatu kayu, instrumen musik, mainan anak-anak [5]. Dari segi kualitas, kayu sengon termasuk kayu ringan dengan berat jenis antara 0,33 – 0,49; kelas awet IV/V dan kelas kuat IV- V [6].

Gasifikasi merupakan proses pembakaran bahan bakar padat dalam suatu wadah (gasifier) untuk menghasilkan bahan bakar gas. Dengan kata lain gasifikasi biomassa adalah proses pembakaran tidak sempurna yang berlangsung didalam reaktor yaitu tungku gasifikasi (gasifier) dengan gas hasil pembakaran tidak sempurna yang disebut syngas. Beberapa proses yang terjadi pada gasifikasi diantaranya drying, pirolisis, reduksi, dan oksidasi. Pada proses drying, pirolisis dan reduksi bersifat endotermis (memerlukan panas dari luar selama proses) sedangkan pada oksidasi bersifat eksotermis (menghasilkan energi panas) sebagai penyedia panas untuk proses gasifikasi.

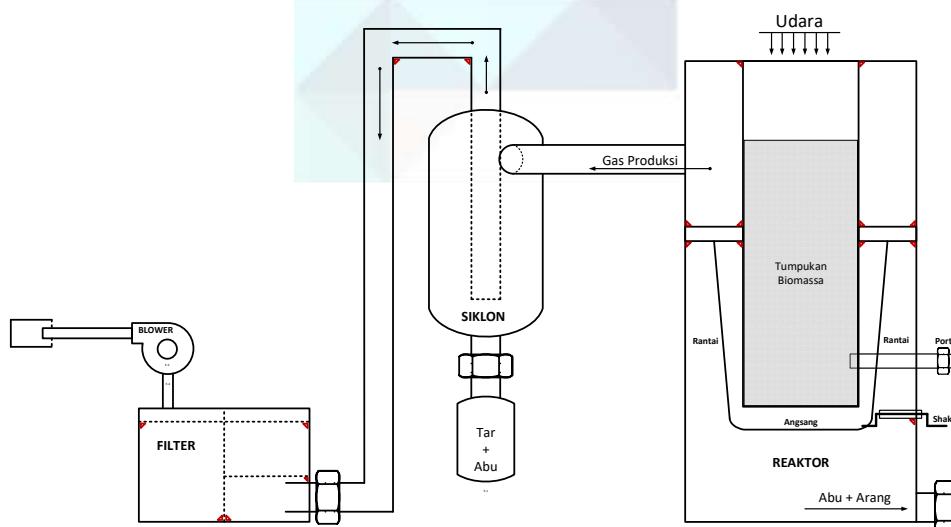
## 2. Metodologi

Metodologi penelitian gasifikasi limbah kayu sengon ini berupa persiapan alat dimana rangkaian alat ditunjukkan pada gambar 1 dan bahan, serta tahapan penelitian.

### 2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat: Alat pemantik api (Korek api), Timbangan dan Unit gasifikasi yang terdiri dari reaktor tempat proses gasifikasi, siklon tempat pemisahan produk gas dengan padatan dan cairan, serta filter gas dan blower untuk menarik gas yang diproduksi.

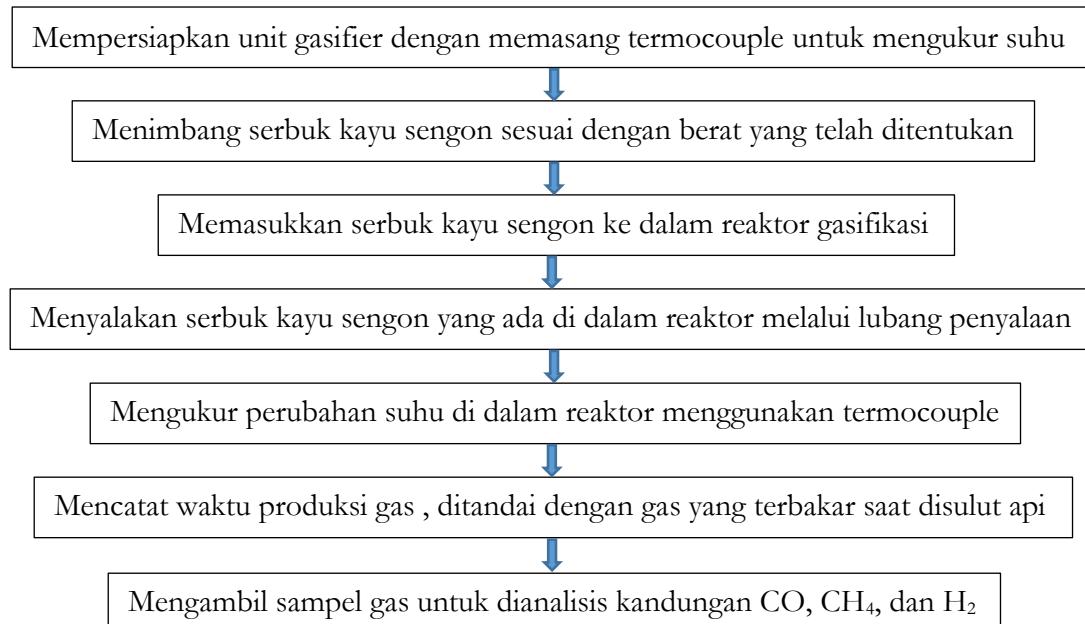
Bahan yang digunakan adalah serbuk kayu sengon dan potongan kayu sengon yang didapatkan dari limbah industri kayu.



Gambar. 1. Rangkaian unit gasifikasi limbah kayu sengon.

### 2.2. Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan variabel bebas berupa berat serbuk dan berat potongan kayu sengon. Sedangkan variabel terikat yang akan didapatkan yaitu output syngas, temperatur gasifikasi, dan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan syngas. Penelitian gasifikasi ini diawali dengan pengumpulan bahan serbuk dan potongan kayu sengon dari industri kayu. Tahapan penelitian berikutnya dijabarkan dalam diagram penelitian pada gambar 2.



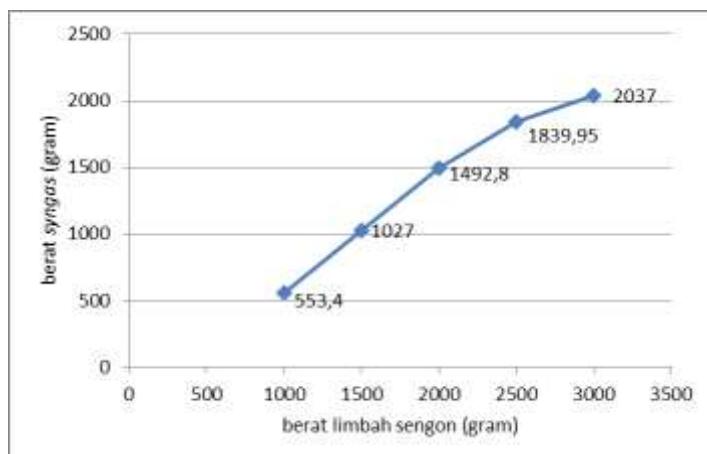
Gambar. 2. Tahapan penelitian gasifikasi limbah kayu sengon.

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Gasifikasi adalah proses pengkonversian bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas. Reaktor tempat terjadinya proses gasifikasi disebut gasifier. Selama proses gasifikasi akan terbentuk daerah proses yang dinamakan menurut distribusi suhu dalam reaktor gasifier. Daerah-daerah tersebut yaitu pengeringan, pirolisa, reduksi dan pembakaran. Gas hasil dari proses gasifikasi disebut biogas, producer gas atau syngas. Dalam penelitian ini, bahan bakar padat yang digunakan sebagai umpan adalah biomassa limbah kayu sengon. Pemilihan bahan ini didasarkan pada presentase kandungan serat atau selulosa pada bahan. Menurut [7] kayu sengon mengandung selulosa 56,90% dan lignin 25,34%.

#### 3.1. Pengaruh Berat Umpaman Terhadap Syngas

Jumlah syngas diketahui dengan mengukur berat abu sisa pembakaran dan berat tar. Dari kedua data tersebut didapatkan data pengaruh berat umpan terhadap syngas yang dihasilkan. Data pengaruh berat umpan biomassa terhadap berat syngas disajikan dalam gambar 3.

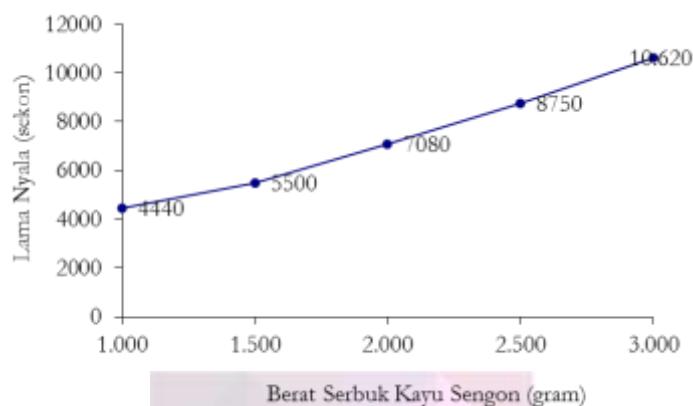


Gambar. 3. Grafik pengaruh berat serbuk kayu sengon terhadap syngas.

Dari gambar 3 diketahui bahwa semakin besar berat atau jumlah biomassa makan syngas atau gas produksi yang dihasilkan akan semakin besar dikarenakan jumlah selulosa yang terkandung dalam biomassa semakin besar dan terkonversi menjadi syngas atau gas produksi.

### 3.2. Pengaruh Berat Umpam Terhadap Waktu Produksi Syngas

Waktu produksi syngas diketahui dengan mencatat lawa waktu gas yang diproduksi dapat terbakar. Data pengaruh berat umpan biomasa terhadap waktu produksi syngas disajikan dalam gambar 4.



Gambar. 4. Grafik pengaruh berat serbuk kayu sengon terhadap waktu produksi syngas.

Dari gambar 4 diketahui bahwa semakin besar berat atau jumlah biomassa maka syngas atau gas produksi yang dihasilkan akan semakin besar sehingga gas akan menyala semakin lama ketika dibakar dikarenakan jumlah selulosa yang terkandung dalam biomassa semakin besar dan terkonversi menjadi syngas atau gas produksi

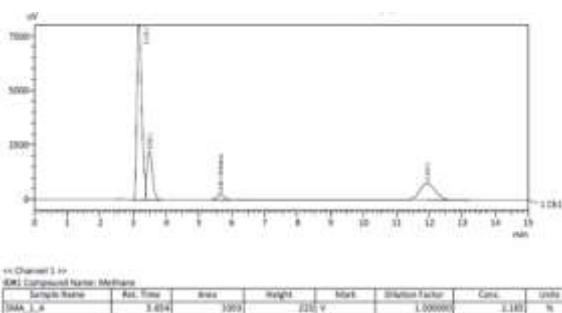
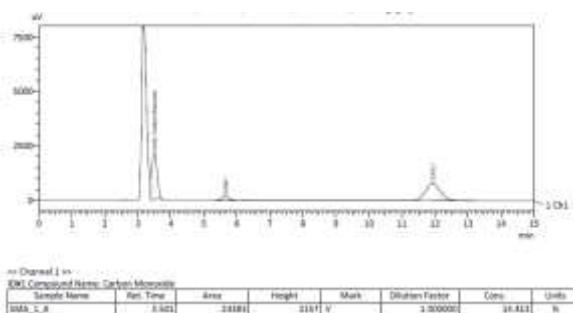
### 3.3. Komposisi Syngas

Gasifikasi merupakan proses *thermochemical conversion* yang mengkonversi bahan bakar padat menjadi gas dalam suatu reaktor pembakaran dengan jumlah oksidan yang kurang dari kebutuhan. Beberapa parameter yang digunakan untuk mengetahui komposisi gas adalah CH<sub>4</sub>, CO dan H<sub>2</sub>. Untuk mengetahui konsentrasi kandungan senyawa tersebut di dalam syngas dari gasifikasi serbuk kayu sengon, maka dilakukan sampling gas yang disimpan ke dalam *vacuum tube* 10 ml dan analisis gas kromatografi. Data hasil analisis syngas pada gasifikasi limbah kayu sengon disajikan dalam Tabel 2, dan grafik keluaran analisis gas kromatografi ditunjukkan pada gambar 5.

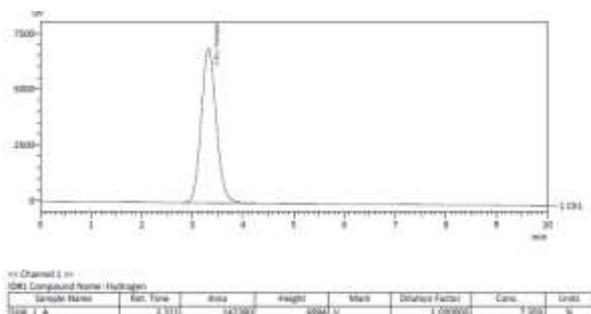
Tabel 2. Konsentrasi CO, CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub> pada 10 ml Syngas.

No.	Senyawa	Konsentrasi (%vol. syngas)
1.	CH <sub>4</sub>	2,185
2.	CO	14,413
3.	H <sub>2</sub>	7,359

Dari tabel 2 diketahui bahwa reaksi gasifikasi merupakan reaksi pembakaran tidak sempurna dimana CO menjadi produk dominan atau paling banyak dihasilkan dimana pada gasifikasi limbah kayu sengon dihasilkan gas dengan kadar CO 14,413%.

Gambar 5a. Hasil analisis konsentrasi CH<sub>4</sub>

Gambar 5b. Hasil analisis konsentrasi CO

Gambar 5c. Hasil analisis konsentrasi H<sub>2</sub>

#### 4. Kesimpulan

Bahan bakar dapat diproduksi dari limbah kayu sengon dengan proses gasifikasi dimana semakin banyak jumlah limbah atau biomassa maka syngas ataupun gas produksi yang dihasilkan akan semakin besar. Pada penelitian ini jumlah terbesar syngas dihasilkan dari limbah kayu sengon dengan massa 3.000 gram dimana berat syngasnya sebesar 2.037 gram dengan lama nyala 10.620 detik dan komposisi gasnya adalah CO 14,413%, CH<sub>4</sub> 2,185%, dan H<sub>2</sub> 7,359%.

#### Referensi

- [1] Purwanto D, Samet, Mahfuz, dan Sakiman, 1994. "Pemanfaatan Limbah Industri Kayu lapis untuk Papan Partikel Buatan secara Laminasi", DIP Proyek Penelitian dan Pengembangan Industri, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Departemen Perindustrian, Banjar Baru.
- [2] Badan Pusat Statistik, 2015. Data Produksi berbagai Komoditas Kayu di Indonesia.
- [3] Saputro, D. D. and Widayat, W., 2007. a, Biomassa sebagai sumber energi alternatif terbarukan di Indonesia. Jurnal Profesional, 5(2), pp.705-716.
- [4] Atmosuseno, B.S. 1994. Budidaya, kegunaan, dan prospek sengon. Penebar Swadaya, Jakarta.
- [5] Peh, T.B. and Khoo, K.C., 1984. Timber properties of Acacia mangium, Gmelina arborea,[and] Paraserianthes [Albizia] falcataria and their utilization aspects. Malaysian Forester, 47(3-4), pp.285-303.
- [6] Syahri dan T. Nurhayati. 1991. Analisis kimia kayu dan kulit kayu jeungjing. Pusat Litbang Hasil Hutan. Laporan Hasil Penelitian.
- [7] Agustina, S. E. 2004. Biomass Potential as Renewable Energy Resources in Agriculture. Proceedings of International Seminar on Advanced Agricultural Engineering and Farm Work Operation. Bogor.



Pemakalah :  
Agus Aktawan  
11.15-11.30 WIB

Pertanyaan :	Jawaban :
1. Neraca massa dihitung dari bahan baku awal dikurangi produk yang dihasilkan. - Bagaimana cara menghitung selisih tersebut? - Apakah gas yang terbuang ikut diperhitungkan? (EsaNur Shohih)	1. - Untuk perhitungan neraca masa masih perkiraan. Untuk udara yang masuk belum ikut dihitung. Seharusnya perhitungan neraca massa gas yang masuk –gas yang keluar dan dikurangi juga dengan gas udara yang masuk. - Jadi masih mencari alat untuk menghitung udara yang masuk.
2. Produk gas yang dianalisis baru CO dan metana. Bagaimana dengan analisis untuk gas yang lainnya seperti CO <sub>2</sub> ? (Moderator)	2. Untuk gas yang lain masih belum, kedepannya mau analisis semua gas yang masuk/ keluar. Kalkulasi dari input dan output.
3. Tujuan dari gasifikasi kayu untuk jadi biomassa atau apa? Apakah nilai kalor juga ikut dianalisis ? (Vibianti Dwi Pratiwi)	3. - Tujuan dari gasifikasi untuk merubah kayu (biomassa) menjadi biogas. - Untuk nilai kalor belum dihitung. Kedepannya akan dianalisis juga.



# Sintesis Asam Oktil Lignosulfonat dan Selulosa Sulfat Sebagai Surfaktan dari Limbah Gergaji Kayu Untuk Aplikasi *Enhanced Oil Recovery*

Fadri Fadila<sup>1</sup>, Anggita Rahma Adriani<sup>2</sup> dan Rizqi Muhamad Resa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Yogyakarta 55281 Indonesia  
E-mail: fadri.fadila@ugm.ac.id

**Abstrak.** Telah dilakukan sintesis asam oktil lignosulfonat dan selulosa sulfat sebagai surfaktan untuk aplikasi Enhanced Oil Recovery (EOR). Natrium sulfit digunakan sebagai reagen dalam proses sulfonasi lignin untuk memperoleh asam oktil lignosulfonat. Sulfonasi selulosa dilakukan dengan metode sulfonasi langsung menggunakan  $H_2SO_4$  dan  $C_2H_5OH$  dalam kondisi dingin. Karakterisasi senyawa dilakukan menggunakan spektrofotometer FTIR dan SEM-EDX. Senyawa ini kemudian diuji kinerja surfaktannya meliputi kompatibilitas, kelakukan fasa dan nilai tegangan antar muka. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa pada lignin terdapat serapan pita pada bilangan gelombang  $1326-1330\text{ cm}^{-1}$  dan  $1219-1265\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi dari cincin siringil dan cincin guasil. Sulfonasi lignin dikonfirmasi pada bilangan gelombang 1172 dan  $1126\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi regangan dari ikatan  $S=O$ . Serapan pita spesifik pada selulosa dikonfirmasi pada bilangan gelombang  $894\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan ciri khas dari ikatan  $\beta$ -1,4-glicosida. Munculnya pita baru pada selulosa sulfat pada bilangan gelombang 1180 and  $1126\text{ cm}^{-1}$  mengkonfirmasi adanya ikatan  $S=O$ . Data EDX menunjukkan terjadinya peningkatan komposisi atom oksigen dan sulfur pada spesimen asam oktil lignosulfonat dan selulosa sulfat setelah proses sulfonasi dilakukan. Baik asam oktil lignosulfonat maupun selulosa sulfat, kompatibel dengan air formasi dengan jenis emulsi fasa tengah dan nilai IFT berturut – turut  $2.85 \times 10^{-1}\text{ mN/m}$  and  $3.03 \times 10^{-1}\text{ mN/m}$ .

**Kata kunci :** selulosa sulfat, asam oktil lignosulfonat, surfaktan

**Abstract.** Synthesis of octyl lignosulfonic acid and cellulose sulfate as surfactant for Enhanced Oil Recovery (EOR) has been carried out. Sodium sulfite was a reagent for sulfonation of lignin to obtain octyl lignosulfonic acid. Sulfonation of cellulose was performed by direct method with  $H_2SO_4$  and  $C_2H_5OH$  in mild condition. Characterization of the compound was done by using FTIR spectrophotometer and SEM-EDX. These compounds were tested for surfactant performance include compatibility, phase behavior, and interfacial tension (IFT). The results showed that the lignin absorption bands were confirmed around  $1326-1330\text{ cm}^{-1}$  and  $1219-1265\text{ cm}^{-1}$ , caused by stretching vibrations of syringyl and guaiacyl rings. Sulfonation of lignin was confirmed at 1172 and  $1126\text{ cm}^{-1}$  assigned to stretching vibration of  $S=O$  bond. For cellulose, the specific absorption band was confirmed at  $894\text{ cm}^{-1}$  assigned to vibration of  $\beta$ -1,4 glycosidic. For cellulose sulfate, new absorption bands located at 1180 and  $1126\text{ cm}^{-1}$  assigned to stretching vibration of  $S=O$  bond. EDX data showed that the percentage of oxygen and sulfur atoms increased for both after sulfonation. Octyl lignosulfonic acid and cellulose sulfate were compatible in oil field water with middle phase behavior and the interfacial tension were  $2.85 \times 10^{-1}$  and  $3.03 \times 10^{-1}\text{ mN/m}$ , respectively.

**Keywords:** cellulose sulfate, octyl lignosulfonic acid, surfactant

## I. Pendahuluan



Dari tahun ke tahun konsumsi bahan bakar di Indonesia terus meningkat, namun tidak diiringi dengan produksi minyak yang cukup [1], maka enhanced oil recovery (EOR) menjadi penelitian penting dalam eksplorasi cadangan minyak. Penggunaan surfaktan merupakan salah satu metode EOR yang efektif . Surfaktan dalam industri pengolahan minyak memiliki fungsi yaitu dapat menurunkan nilai tegangan antarmuka minyak/air sehingga efisiensi dari pengolahan minyak dapat ditingkatkan[2]. Hanya 5-10% minyak yang dapat diperoleh menggunakan metode *primary recovery* [3]. Pada umumnya pengolahan minyak menggunakan metode *primary* dan *secondary recovery* menghasilkan sekitar 33% dari jumlah total minyak yang terdapat dalam *reservoir* [4]. Zerpa dan Queipo [5] melaporkan bahwa pengolahan minyak menggunakan metode *tersier/enhanced* dapat menghasilkan minyak lebih dari 60% total minyak dalam reservoir.

Pada umumnya surfaktan yang digunakan dalam industri perminyakan merupakan surfaktan berbasis minyak bumi seperti: *petroleum sulfonate*, *alkyl benzene sulfonat* dan *petroleum carboxylate* [6], namun untuk pembuatannya membutuhkan biaya yang tinggi dan tidak *renewable* [7]. Untuk menghasilkan surfaktan dengan efisiensi yang cukup baik dengan biaya produksi yang rendah, maka perlu dikembangkan surfaktan berbasis bahan alam yang memiliki sifat ramah lingkungan dan ketersediannya cukup melimpah.

Surfaktan berbasis bahan alam seperti lignosulfonat dan selulosa sulfat dapat dijadikan alternatif pengganti surfaktan berbasis minyak bumi. Lignosulfonat dan selulosa sulfat merupakan suatu polimer alam turunan dari senyawa lignin dan selulosa yang dapat diperoleh dari biomassa, salah satunya limbah gergaji kayu. Kandungan lignin dan selulosa pada limbah gergaji kayu (hardwood) berturut-turut berkisar 16-24% dan 43-47%[8]. Pembuatan surfakatan dari lignin dan selulosa telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Azis dkk [9] melaporkan bahwa surfaktan yang berasal dari lignosulfonate berpotensi untuk diaplikasikan dalam enhanced oil recovery. Sedangkan selulosa dapat digunakan sebagai material awal untuk aplikasi surfaktan [10].

Dalam paper ini, pengembangan surfaktan berbasis bahan alam yang memiliki kinerja cukup baik dengan harga terjangkau telah berhasil dilakukan. Lignin dan selulosa yang telah diisolasi dari limbah gergaji kayu kemudian dimodifikasi strukturnya menjadi asam oktil lignosulfonat dan selulosa sulfat. Seluruh produk sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR dan SEM-EDX. Uji surfaktan meliputi kompatibilitas, kelakuan fasa dan nilai tegangan antarmuka juga dilakukan dalam skala laboratorium sebelum surfaktan diterapkan dalam aplikasi *enhanced oil recovery*.

## II. Metode Penelitian

Metode penelitian terdiri dari bahan dan alat yang digunakan serta prosedur kerja.

### 2.1. Bahan

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini kualitas pro analitik dari Merck seperti natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ), natrium sulfit ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 98%, asam asetat glasial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 100%, asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 65%, etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), 1-klorooktana ( $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{Cl}$ ), pH universal, air formasi, *crude oil*, minyak solar, dan limbah gergaji kayu.

### 2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat refluks, labu leher tiga 250 mL, peralatan gelas laboratorium, tabung reaksi (Iwaki), hotplate (thermoscientific) yang dilengkapi magnetit stirrer, oven dan timbangan analitik (Libror EB-330 Shimadzu). Peralatan untuk karakterisasi meliputi: FTIR (Shimadzu Prestige-21), SEM-EDX (JEOL JED 2300) dan spinning drop interfacial tensiometer (TX500D model).

### 2.3. Prosedur

#### 2.3.1. Persiapan limbah gergaji kayu

Limbah gergaji kayu yang diproleh dari tempat pemotongan kayu dibersihkan dan dikeringakan dibawah sinar matahari. Kemudian dihaluskan menggunakan grinder. Limbah gergaji kayu kemudian di rendam dalam air panas selama 2 jam pada suhu 100 °C kemudian dibilas dengan etanol dan dikeringkan.



### 2.3.2. Isolasi lignin

Limbah gergaji kayu sebanyak 25 g dimasukkan ke dalam labu leher 3. Setelah itu ditambahkan larutan NaOH 2% dan etanol dengan perbandingan 1:1. Direfluks selama 2 jam pada suhu 90 – 95 °C. Diperoleh filtrat yang berupa (lignin) dan residu yang berupa (selulosa). Filtrat kemudian disaring kemudian disebut black liquor dan dipisahkan dengan residu yang berupa crude selulosa. Lignin diendapkan dengan menambahkan asam sulfat hingga pH 2 pada black liquor. Endapan lignin disaring, dibilas dengan aquades, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C. Produk isolasi kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

### 2.3.3. Isolasi Selulosa

Residu selulosa yang diperoleh pada tahap sebelumnya kemudian direaksikan dengan campuran asam asetat dan asam nitrat dengan perbandingan volume 1:1. Kemudian direfluks selama satu jam pada suhu 95 °C. Padatan selulosa yang diperoleh kemudian dibias menggunakan etanol dan aquades. Selulosa yang telah dimurnikan kemudian dikeringkan dan dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

### 2.3.4. Alkilasi lignin

Lignin sebanyak 1 g ditambahkan kedalam larutan NaOH (1.3 g NaOH dalam 5 mL air panas) dimasukkan ke dalam labu leher 3 kapasitas 250 mL. 1-klorooktana ditambahkan sebanyak 5 mL dengan cara tetes per tetes kemudian direfluks selama 1 jam pada suhu 75-80 °C. Ditambahkan asam sulfat hingga terbentuk padatan oktil lignin. Oktil lignin yang diperoleh kemudian dibilas dengan aquades dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 60 °C. Produk alkilasi kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

### 2.3.5. Sulfonasi lignin

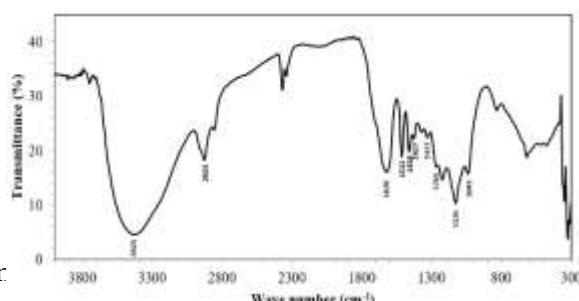
Oktil lignin sebanyak 1 g , 0.8 g Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, dan 1,2 g NaOH dimasukkan ke dalam labu leher 3 kapasitas 250 mL. Campuran ditambahkan aquades sebanyak 10 mL dan direfluks selama 4 jam pada suhu 90 – 95 °C. Setelah selesai, ditambahkan asam sulfat hingga pH larutan menjadi 2. Padatan Asam oktil lignosulfonat yang diperoleh kemudian dibilas dengan aquades dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 60 °C. Produk sulfonasi kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

### 2.3.6. Sulfonasi selulosa

Sulfonasi selulosa dilakukan dengan menggunakan metode *direct sulfonation*. Sebanyak 1.5 g selulosa dilarutkan dalam asam sulfat pekat dingin, etanol absolut dan 0.8 g natrium sulfat didalam erlenmeyer. campuran kemudian diaduk selama 4 jam dan dijaga suhunya dibawah 0 °C. Selanjutnya, sentrifugasi dilakukan untuk memisahkan padatan dan larutan. Padatan yang diperoleh kemudian di bilas menggunakan etanol absolut. Padatan selulosa sulfat kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 60 °C. Produk sulfonasi kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

## III. Hasil Dan Pembahasan

### 3.1. Isolasi lignin

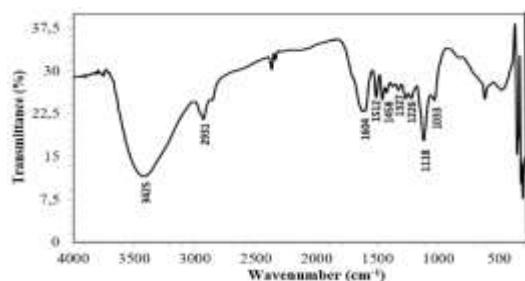


Gambar 1. Spektrum



Setiap spektrum IR lignin memiliki pita Serapan yang lebar pada daerah  $3500 - 3100 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi stretching dari gugus –OH. Serapan pita ini dikarenakan adanya ikatan hidrogen pada gugus hidroksi alkohol dan fenol dalam struktur lignin. Pita serapan yang berlokasi disekitar  $1400 - 1600 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi dari cincin aromatik [11]. Pada spektrum lignin, serapan pita pada daerah  $1327 \text{ cm}^{-1}$  merupakan serapan dari vibrasi cincin siringil yang merupakan ciri khas dari kayu keras (hardwood), sedangkan pada pita serapan  $1265 \text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi dari cincin guasil pada lignin [12].

### 3.2. Oktil lignin

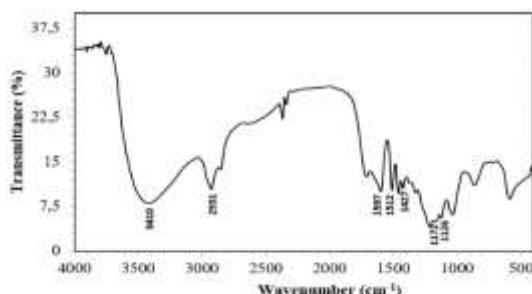


Gambar 2. Spektrum FTIR oktil lignin.

Gambar diatas menunjukkan spektrum oktil lignin yang tidak berbeda secara signifikan dari spektrum lignin. Serapan gugus fungsi utama seperti serapan eter pada bilangan gelombang  $1118 \text{ cm}^{-1}$ , cincin aromatik pada  $1512-1604 \text{ cm}^{-1}$  tidak jauh berbeda dengan senyawa lignin. Namun intensitas serapan gugus –OH pada oktil lignin lebih rendah dibandingkan pada senyawa lignin. Hal itu menunjukkan, setelah proses alkilasi beberapa gugus fenol pada lignin telah teralkilasi oleh gugus oktil.

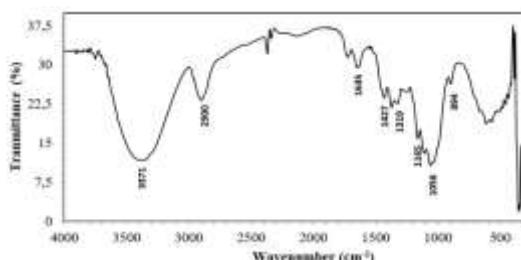


### 3.3. Asam oktil lignosulfonat



Gambar 3. Spektrum FTIR asam oktil lignosulfonat

Serapan pita lebar pada daerah 3500 - 3200 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya vibrasi dari gugus –OH yang berasal gugus hidroksil fenolik. Pada daerah sekitar 1400-1600 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya vibrasi dari cincin aromatic pada lignin. Adanya puncak yang muncul pada bilangan gelombang 1172 cm<sup>-1</sup> dan 1126 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya vibrasi dari ikatan S=O.

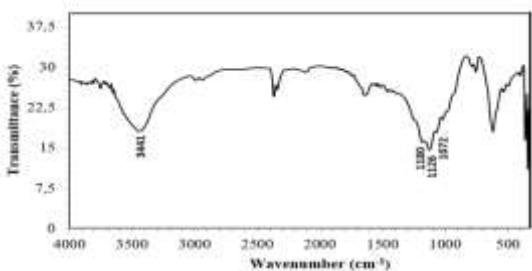


Gambar 4. Spektrum FTIR selulosa hasil isolasi

### 3.4. Isolasi selulosa

Spektrum FTIR selulosa memiliki serapan pita pada bilangan gelombang 3100-3600 cm<sup>-1</sup> yang merupakan vibrasi dari regangan –OH. Regangan C-O pada C-O-H dan C-O-C diobservasi pada bilangan gelombang 1056-1165 cm<sup>-1</sup>. Serapan pita pada bilangan gelombang 894 cm<sup>-1</sup> merupakan ciri khas dari regangan C-O-C pada selulosa yang merupakan ikatan 1,4-B glikosida [13].

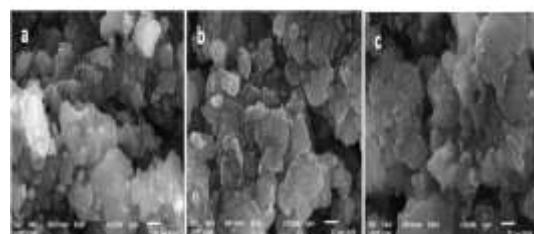
### 3.5. Selulosa sulfat



Gambar 5. Spektrum selulosa sulfat

Proses sulfonasi selulosa dimungkinkan terjadi pada gugus hidroksi pada posisi C6 pada selulosa dimana pada posisi ini gugus hidroksi –OH memiliki karakteristik yang sama dengan alkohol primer sehingga lebih reaktif dibanding dengan gugus hidroksi pada posisi yang lain dari selulosa. Munculnya serapan baru pada bilangan gelombang 1180 dan 1126 cm<sup>-1</sup> mengindikasikan adanya vibrasi dari regangan ikatan S=O.

### 3.6. Kenampakan SEM lignin, oktil lignin dan asam oktil lignosulfonat



Gambar 6. Kenampakan SEM (a) lignin (b) oktil lignin (c) asam oktil lignosulfonat

Dari gambar diatas diketahui bahwa permukaan dari lignin oktil lignin dan asam oktil lignosulfonat berbentuk butiran/granul. Penambahan gugus sulfonat menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen antara atom oksigen dengan atom hidrogen pada senyawa asam oktil lignosulfonat sehingga membuat strukturnya menjadi lebih teratur.

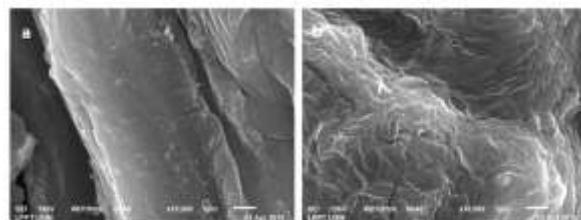
### 3.7. Data Energy Dispersive X-ray (EDX)

Table 1. Komposisi atom pada spesimen lignin, oktil lignin dan asam oktil lignosulfonat.

Unsur	Atom %		
	Lignin	oktil lignin	Asam oktil lignosulfonat
C	64.13	56.96	48.82
O	35.65	28.51	45.00
S	0.22	1.36	6.18

Dari table di atas dapat diketahui bahwa setelah proses sulfonasi terjadinya kenaikan komposisi atom Oksigen dan atom Sulfur dalam spesimen asam oktil lignosulfonat. Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR dan SEM-EDX dapat dikatakan bahwa sulfonasi pada senyawa oktil lignin telah berhasil dilakukan.

### 3.8. Kenampakan SEM selulosa dan selulosa sulfat



Gambar 7. Kenampakan SEM (a) selulosa (b) selulosa sulfat

Gambar 7 menunjukkan morfologi selulosa sebelum disulfonasi berupa serat panjang yang permukaannya halus. Setelah proses sulfonasi, bagian *amorphous* dari selulosa rusak akibat hidrolisis asam sehingga menyebabkan permukaan dari selulosa sulfat lebih kasar.

Table 2. Komposisi atom pada spesimen selulosa dan selulosa sulfat



Unsur	Atom (%)	
	selulosa	selulosa sulfat
C	50.97	25.89
O	48.76	62.08
S	0.27	12.02

Tabel 2 menunjukkan setelah proses sulfonasi dilakukan komposisi atom Karbon pada spesimen selulosa sulfat menurun secara drastis. Hal ini dikarenakan terjadinya proses degradasi karbon akibat proses hidrolisis asam. Namun, setelah proses sulfonasi, komposisi atom Oksigen dan Sulfur meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa proses sulfonasi pada selulosa telah berhasil dilakukan.

### 3.9. Uji Kinerja Surfaktan

#### 3.9.1. Uji kompatibilitas surfaktan asam oktil lignosulfonat



Gambar 8. Uji kompatibilitas asam oktil lignosulfonat dengan variasi konsentrasi (a) hari ke-0 (b) hari ke-3 (c) hari ke-6 dan (d) hari ke-8

Dilakukan pengamatan uji kompatibilitas selama satu minggu pada suhu 60 °C. Dari gambar diatas diketahui bahwa asam oktil lignosulfonat kompatibel dengan air formasi dimana tidak terdapat endapan pada bagian bawah botol selama pengamatan.

#### 3.9.2. Uji kompatibilitas surfaktan selulosa sulfat

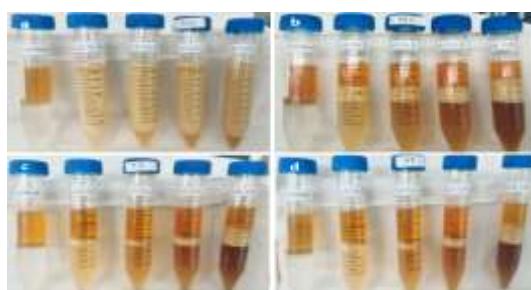


Gambar 9. Uji kompatibilitas surfaktan selulosa sulfat dengan variasi konsentrasi (a) hari ke-0 (b) hari ke-3 (c) hari ke-5 dan (d) hari ke-7

Dilakukan pengamatan uji kompatibilitas selama satu minggu pada suhu 60 °C. Dari gambar diatas diketahui bahwa larutan surfaktan selulosa sulfat memiliki warna yang lebih jernih dibandingkan

larutan surfaktan asam oktil lignosulfonat. Dari hasil observasi diketahui surfaktan selulosa sulfat kompatibel dengan air formasi dimana tidak terdapat endapan pada bagian bawah botol selama pengamatan.

### 3.9.3. Uji kelakuan fasa surfaktan asam oktil lignosulfonat



Gambar 10. Uji kelakuan fasa asam oktil lignosulfonat dengan variasi konsentrasi (a) hari ke-0 (b) hari ke-2 (c) hari ke-3 dan (d) hari ke-7

Pengamatan uji kelakuan fasa dilakukan selama satu minggu pada suhu 60 °C. Dari gambar di atas menunjukkan bahwa asam oktil lignosulfonat memiliki jenis emulsi fasa tengah, dimana posisi emulsi berada diantara minyak dan larutan surfaktan. Jenis emulsi ini diharapkan menghasilkan nilai tegangan antarmuka (IFT) yang rendah.

### 3.9.4. Uji kelakuan fasa surfaktan selulosa sulfat



Gambar 8. Uji kelakuan fasa surfaktan selulosa sulfat dengan variasi konsentrasi (a) hari ke-0 (b) hari ke-3 (c) hari ke-5 dan (d) hari ke-7

Pengamatan uji kelakuan fasa dilakukan selama satu minggu pada suhu 60 °C. Dari gambar di atas menunjukkan bahwa surfaktan selulosa sulfat memiliki jenis emulsi fasa tengah, dimana posisi emulsi berada diantara minyak dan larutan surfaktan. Jenis emulsi ini diharapkan menghasilkan nilai tegangan antarmuka (IFT) yang rendah.

### 3.9.5. Nilai tegangan antarmuka (IFT)

Tabel 3. Pengukuran nilai tegangan antarmuka

No	Sampel	IFT
1	Asam oktil lignosulfonat	$2.85 \times 10^{-1}$ mN/m
2	Selulosa sulfat	$3.03 \times 10^{-1}$ mN/m



Pengukuran nilai tegangan antarmuka dilakukan menggunakan alat spinning drop TX 500D pada suhu 50 °C dimana menggunakan air formasi yang berasal dari reservoir Kalimantan tengah dan *crude oil* P14 Rantau. Dalam penelitian ini tidak digunakan formulasi tambahan pada larutan surfaktan. Dari table 3 dapat diketahui nilai tegangan antarmuka asam oktil lignosulfonat sedikit lebih rendah dibandingkan selulosa sulfat. Surfaktan lignosulfonat merupakan surfaktan yang sudah lama dikembangkan untuk aplikasi EOR sedangkan selulosa sulfat merupakan pengembangan dari surfaktan jenis baru berbasis bahan alam dimana dari hasil pengukuran nilai tegangan antarmuka memiliki kinerja yang sama dengan surfaktan asam oktil lignosulfonat.

#### IV. Kesimpulan

Surfaktan asam oktil lignosulfonat dan selulosa sulfat telah berhasil disintesis dan memiliki karakteristik kinerja diantaranya: kompatibel dengan air formasi, memiliki tipe emulsi fasa tengah dan nilai IFT berturut – turut  $2.85 \times 10^{-1}$  mN/M dan  $3.03 \times 10^{-1}$  mN/M sehingga kedua jenis surfaktan sangat potensial untuk dikembangkan dalam industri perminyakan.

#### Referensi

1. Investment and Taxation Guide. (2017). *Oil and Gas in Indonesia*. 8<sup>th</sup> edition. Available: <http://www.PwC.Com/Id>.
2. Bataweel, M.A., "Enhanced Oil Recovery in High Salinity High Temperature Reservoir by Chemical Flooding", *Dissertation*, King Fahad University of Petroleum and Minerals, 2011.
3. Schlumberger. (2015). *Primary recovery*. [http://www.glossary.oilfield.slb.com/en/Terms/p/primary\\_recovery.aspx](http://www.glossary.oilfield.slb.com/en/Terms/p/primary_recovery.aspx).
4. Godec, M., Kuuskraa, V., Van L, T., Melzer, L.S., and Wildgust, N., "CO<sub>2</sub> Storage in Depleted Oil fields: The Worldwide Potential for Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery", *Enrgy Proced*, 4, 2162–2169, 2011.
5. Zerpa, L.E., and Queipo, N.V., "an Optimization Methodology of Alkaline-Surfactant Polymer Flooding Processes Using Field Scale Numerical Simulation and Multiple Surrogates", *SPE 89387*, 2004.
6. Lu, J., Liyanage, P. J., Solairaj, S., Adkins, S., Arachchilage, G.P., Kim, D. H., Britton, C., Weerasooriya, U., and Pope, G.A., "New Surfactant Developments for Chemical Enhanced Oil Recovery", *J. Pet. Sci. Eng.*, 120, 94–101, 2014.
7. Vaz, D.A., Gudina, E.J., Alameda, E.J., Teixeira, J.A., and Rodrigues, L.R., "Performance of a Biosurfactant Produced By a *Bacillus Subtilis* Strain Isolated From Crude Oil Samples as Compared to Commercial Chemical Surfactants", *Colloids surf.B*, 89, 167–174, 2012.
8. Suchy, M., and Argyropoulos, D.S., "Catalysis and Activation of Oxygen and Peroxide Delignification of Chemical Pulps: A Review", *Tappi Journal.*, 2, 1-8, 2002.
9. Aziz, M.M., Rachmadi, H., Wintoko, J., Yuliansyah, A.T., Hasokowati, W., Purwono, S., Rochmadi, and Murachman, B., "On The Use Of Sodium Lignosulphonate For Enhanced Oil Recovery", *Earth Environ Sci.*, 65, 1-8, 2017.
10. Mohtar, S.S., Busu, M.T.Z.N.T., Noor, M.M.A., Shaari, N., and Mat, H., "An Ionic Liquid Treatment and Fractionation of Cellulose, Hemicellulose, and Lignin from Oil Palm Empty Fruit Bunch", *Carbohyd. Polym.*, 166, 291-299, 2017.
11. Kouisni, L., Hindle, P., Maki, K., and Paleologou, M., "The Lignoforce System: A New Process for the Production of High Quality Lignin From Black Liquor", *J. Sci. Technol. Prod.*, 2(4), 6-10, 2012.
12. Robles, J.D., Sanchez, R., Espinosa, E., Savy, D., Mazzei, P., Piccolo, A., and Rodriguez, A., "Isolation and characterization of Gramineae and Fabaceae Sod Lignins", *Int. J. Mol. Sci.*, 18 (327), 1-17, 2017.



13. Ciolacu, D., Ciolacu, F., and Popa, V.x, "Amorphous Cellulose-Structure and Characterization", *Cellulose Chem. Technol.*, 45, 13-21, 2017.





Pemakalah :

Fadri Fadila, Anggita Rahma Adriani, Rizqi Muhamad Resa

11.30 – 11.45 WIB

Pertanyaan :

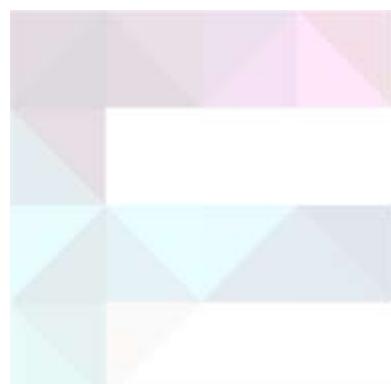
Hasil cukup bagus. Bagaimana basis untuk menghitung rendemennya? Adakah analisis bahan bakunya?

(Moderator)

Saran : Dianalisis kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada bahan bakunya dulu, supaya diketahui banyaknya bahan yang terkonversi.

Jawaban :

- Menghitung rendemen berdasarkan raw materialnya (menghitung yield).
- Untuk analisis bahan baku masih belum ada.
- Mengenai kandungan selulosa, lignin, hemiselulosanya dari data standar.





# Efisiensi Energi dalam Pemanfaatan Limbah Panas dengan Boiler *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG)

Vibianti Dwi Pratiwi<sup>1,a,\*</sup>, Juwari Purwo Sutikno<sup>2,b</sup>, dan Renanto Handogo<sup>2,c</sup>

<sup>1</sup> Institut Teknologi Nasional Bandung, PKH Mustopha No 23, Neglasari, Cibeunying Kaler, Jawa Barat, 40124

<sup>2</sup> Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jl. Raya ITS, Keputih, Sukolilo, Kota SBY, Jawa Timur 60111

Email: <sup>a</sup>[vibantidwi@itenas.ac.id](mailto:vibantidwi@itenas.ac.id), <sup>b</sup>[juwari@chem-eng.its.ac.id](mailto:juwari@chem-eng.its.ac.id) (\*Corresponding author)

**Abstrak.** Sumber limbah panas termasuk gas pembakaran yang dibuang ke atmosfer, produk yang dipanaskan keluar dari proses industri dan perpindahan panas dari permukaan peralatan panas tersebut. Sekitar 20% hingga 50% panas yang hilang dari konsumsi energi dibuang sebagai limbah panas. Sistem boiler Heat Recovery Steam Generator (HRSG) sangat banyak digunakan dalam proses industri kimia untuk penghematan biaya operasi pabrik. Efisiensi energi dalam pemanfaatan limbah panas dengan boiler HRSG disimulasikan menggunakan Aspen Hysys. Perancangan boiler HRSG dengan Aspen Hysys sebagai upaya pemanfaatan kembali waste heat dari Kiln dan menghitung besar energi yang dapat dihasilkan dari rancangan boiler HRSG. Rancangan boiler HRSG yang terdiri dari economizer, evaporator, dan superheater yang disimulasikan menggunakan Aspen Hysys pada kondisi *steady state*. Data suhu, tekanan, *mass flow*, fraksi air dan udara diinputkan ke dalam rancangan *flowsheet* pada Aspen Hysys kemudian dihitung efisiensi energi dari rancangan boiler HRSG. Boiler HRSG yang disimulasikan menghasilkan steam suhu 300 °C dan dapat menurunkan suhu flue gas dari 325 °C menjadi 259,2 °C. Selain itu, rancangan boiler HRSG menghasilkan power turbin sebesar 1.141 kW pada kondisi *steady state*. Efisiensi energi yang didapatkan dari perancangan boiler HRSG dalam memanfaatkan limbah panas dari Kiln PT. Semen Gresik dengan simulasi Aspen Hysys sebesar 26,61%.

**Kata Kunci:** Energi, Limbah Panas, Boiler, HRSG

**Abstract.** Sources of waste heat include combustion gas that discharged into the atmosphere, products that heated out of industrial processes and heat transfer from the surface of the hot equipment. About 20% to 50% of heat lost from energy consumption is discharged as heat waste. The System of Heat Recovery Steam Generator (HRSG) is very widely used in the chemical industry process to save factory operating costs. Energy efficiency in waste heat utilization with HRSG boilers is simulated using Aspen Hysys. HRSG boiler design with Aspen Hysys as an effort to reuse the waste heat from the Kiln and calculate the amount of energy that can be generated from the HRSG boiler design. The HRSG boiler design consisting of economizer, evaporator, and superheater is simulated using Aspen Hysys in steady state conditions. Temperature, pressure, mass flow, water and air fractions are inputted into the flowsheet design of Aspen Hysys and energy efficiency is calculated from the HRSG boiler design. The simulated HRSG boiler produces a temperature of 300°C and can reduce the flue gas temperature from 325°C to 259.2°C. In addition, the HRSG boiler design produces a turbine power of 1,141 kW at steady state conditions.

Energy efficiency obtained from the design of HRSG boilers in utilizing waste heat from Kiln PT. Semen Gresik with Aspen Hysys simulation is 26.61%.

**Keywords:** Energy, Waste Heat, Boiler, HRSG



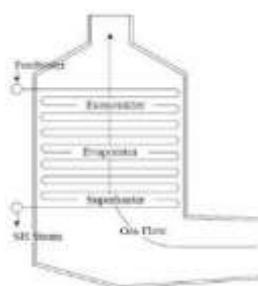
## 1. Pendahuluan

Limbah panas (waste heat) pada suatu industri mengacu pada energi yang dihasilkan tanpa penggunaan secara praktis pada prosesnya. Jika panas terbuang dapat dimanfaatkan kembali maka sejumlah bahan bakar primer dapat dihemat. Energi yang hilang dalam limbah gas tidak seluruhnya dapat dimanfaatkan kembali, tetapi banyak panas yang dapat dimanfaatkan. Berikut contoh sumber limbah panas dan penggunaannya yang tercantum pada tabel 1 di bawah ini;

Tabel 1. Contoh Sumber Limbah Panas dan Penggunaannya<sup>[1]</sup>.

Sumber Limbah Panas	Penggunaan Limbah panas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Combustion Exhaust :</i> Peleburan kaca pada <i>furnace</i> Kiln Semen <i>Fume Incinerator</i> Tungku Aluminium pada <i>Reverberatory Boiler</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemanasan udara</li> <li>• Pemanas boiler untuk feedwater</li> <li>• Beban pemanas</li> <li>• Generator pembangkit listrik</li> <li>• Steam generator untuk Generator tenaga</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Process off Gases</i> Busur steel elektrik pada <i>furnace</i> <i>Furnace Reverberatory</i> aluminium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenaga mekanik</li> <li>• Steam intuk proses induststri</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendinginan Air dari : <i>Furnace</i> Kompresor udara Mesin pembakaran internal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemanas Ruang</li> <li>• Pemanas air industri</li> </ul>

Pemanfaatan kembali limbah panas memerlukan peralatan yang dapat menangkap dan menggunakan kembali limbah panas untuk menghasilkan kerja meliputi, pembangkit listrik, pemanasan awal udara pembakaran, pemanasan awal furnace, dan pendinginan absorpsi. Salah satu peralatan yang biasa digunakan untuk waste heat recovery adalah boiler HRSG. Karena di boiler ini terjadinya proses transfer panas dari waste heat menjadi steam yang akan digunakan untuk memutar turbin. Secara sederhana susunan HRSG yang terdiri economizer, evaporator dan superheater sesuai gambar 1 dibawah ini,



Gambar 1. Struktur Sederhana Boiler HRSG<sup>[2]</sup>.

Ada beberapa variable yang perlu diperhatikan dalam merancang boiler pada sistem HRSG, seperti; pinch point, approach point, suhu flue gas keluar boiler dan tekanan steam. Pinch point adalah perbedaan suhu antara flue gas keluar evaporator dan suhu saturated steam. sedangkan approach point adalah perbedaan suhu air keluar economizer atau suhu air masuk evaporator dengan saturated steam<sup>[3]</sup>.

Pengendalian volume bahan bakar, pengendalian volume udara keluar, pengendalian temperatur ruang bakar, pengendalian tekanan uap dan pengendalian volume air merupakan bentuk kinerja pada

boiler untuk memanaskan air. Perancang boiler selalu melibatkan dan memasang perangkat kendali boiler supaya mendapatkan hasil yang maksimal dan mencegah terjadinya ledakan dan bahaya lain yang sering terjadi pada mesin-mesin boiler. Perangkat kendali tersebut terpasang pada beberapa subsistem yaitu bagian-bagian yang membentuk suatu sistem pada boiler yang bekerja secara bersamaan untuk menghasilkan masing-masing produk yang saling berkaitan.

Sistem pengendalian koordinasi boiler dalam mengendalikan volume bahan bakar, udara keluar, temperatur ruang bakar, tekanan uap dan volume air dapat dilakukan dengan permodelan matematis atau simulasi. Pemodelan dan simulasi merupakan dua hal utama yang terkait dengan kajian tentang optimisasi proses di boiler maupun sistem kontrolnya. Peran simulasi dalam menggali sifat-sifat dinamik di boiler menjadi lebih penting dengan melakukan pengujian secara riil karena alasan ekonomi, mengganggu produksi, maupun resiko keamanan.

Penentuan efisiensi energi dalam pemanfaatan limbah panas pada boiler HRSG dipermudah dengan menggunakan simulasi Aspen Hysys. Rancangan boiler HRSG sebagai upaya pemanfaatan kembali limbah panas dari kiln berdasarkan kondisi *steady* dapat menggunakan Aspen Hysys. Selain efisiensi energi, simulasi Aspen Hysys mampu menghitung besarnya energi yang dihasilkan dari rancangan boiler HRSG yang memanfaatkan limbah panas dari kiln suatu industri.

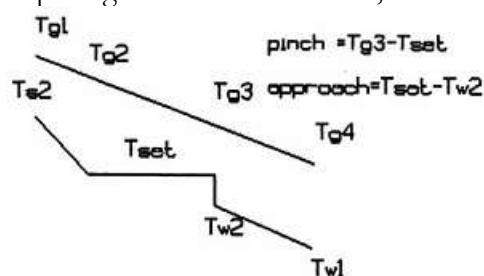
## 2. Metodologi Penelitian

Sistem HRSG meliputi tipe boiler, tata letak dan perancangan HRSG serta mempelajari simulasi *steady state* menggunakan *software* Aspen Hysys. Data suhu, laju alir, tekanan dan komposisi baik pada stream *flue gas* dari kiln maupun *feedwater* yang digunakan berasal dari PT. Semen Gresik dicatat pada tabel 2 dibawah ini;

Tabel 2. Data Spesifikasi input HRSG dari PT. Semen Gresik

Spesifikasi	Stream	
	Flue gas dari Kiln	Feedwater
Suhu	325°C	92°C
Tekanan	95,44 kPa	2.300 kPa
Laju Alir	375.000 kg/h	10.200 kg/h
Komposisi (mol fraksi)	CO <sub>2</sub> = 0,4072 O <sub>2</sub> = 0,0306 H <sub>2</sub> O = 0,0301 CO = 0,0020 N <sub>2</sub> = 0,5301	H <sub>2</sub> O = 1

Sistem HRSG yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 *heat exchanger* yang merupakan econizer, evaporator dan superheater dengan tipe *shell and tube* di mana air berada di *tube*. Umumnya profil suhu gas dan steam seperti pada gambar 2 di bawah ini,



Gambar 2. Profil Suhu Flue Gas dan Steam pada Boiler HRSG<sup>[4]</sup>.



Tg1, Tg2, Tg3, dan Tg4 berturut-turut menunjukkan suhu flue gas masuk boiler, masuk evaporator dan masuk economizer. Sedangkan Tw1, Tw2 adalah suhu air masuk dan keluar economizer. Ts merupakan suhu saturated steam dan Ts2 adalah suhu superheated steam. Besarnya pinch point dan approach point yang diijinkan dalam boiler HRSG dapat dilihat dalam tabel 3 di bawah ini;

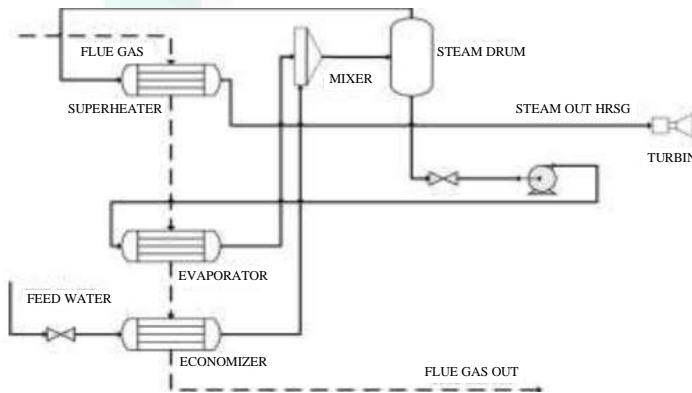
Tabel 3. Syarat Pinch Point dan Approach Point<sup>[4]</sup>.

Inlet Gas, °C	Pinch Point, $\Delta T^{\circ}\text{C}$		Approach point, $\Delta T^{\circ}\text{C}$
	Bare tube	Finned Tube	
649-982	72-83	17-33	22-39
271-649	44-72	5,5-17	5,5-22

Sistem ini dirancang menggunakan Aspen Hysys dengan kondisi *steady*. Kondisi *steady* merupakan kondisi sewaktu sifat suatu sistem tak berubah dengan berjalanannya waktu atau dengan kata lain, konstan. Simulasi dibuat menggunakan data flue gas yang telah diperoleh dari PT. Semen Gresik. Flue gas masuk melalui superheater menuju evaporator kemudian ke economizer. Sedangkan feedwater masuk melalui economizer, menuju evaporator kemudian ke superheater dan keluar sebagai steam untuk dialirkan menuju turbin. Asumsi tidak ada *heat loss* dan suhu steam keluar economizer dan superheater ditentukan. Setelah didapatkan profil suhu yang sesuai dengan persyaratan yang ada maka rancangan sistem HRSG tersebut digunakan untuk menghitung efisiensi energi dalam pemanfaatan limbah panas dari kiln pada PT. Semen Gresik.

### 3. Hasil dan Pembahasan

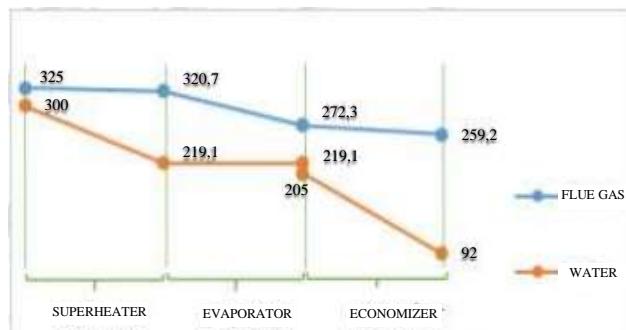
Perancangan boiler HRSG dalam penelitian ini terdiri dari economizer, evaporator, dan superheater yang memiliki prinsip yang sama sebagai penukar panas (*heat exchanger*), seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Skema Rancangan Boiler HRSG

Skema rancangan pada gambar 3 dimasukkan ke dalam simulasi Aspen Hysys pada kondisi *steady state*. Aliran masuk flue gas dari data PT. Semen Gresik masuk ke dalam superheater melalui shell dan aliran masuk air melalui tube. Flowrate air yang masuk ke dalam superheater perlu diasumsikan sementara sehingga perancangan dapat dilanjutkan dengan menambahkan alat evaporator dan economizer. Aliran feedwater masuk melalui tube economizer lalu masuk menuju tube evaporator. Sementara aliran flue gas dari superheater masuk menuju shell evaporator, lalu keluar dari evaporator masuk menuju shell economizer. Asumsi yang digunakan dalam perancangan ini antara lain *pressure drop* pada economizer, evaporator maupun superheater untuk aliran air (tube) adalah sebesar 25 kPa, dan

untuk aliran *flue gas* (shell) sebesar 10 kPa sesuai dengan batas maksimal sesuai literatur<sup>[5]</sup>. Suhu steam keluar superheater ditetapkan sebesar 300°C, fase vapor pada steam keluaran evaporator sebesar 1,00 dan suhu keluar economizer di-trial hingga memenuhi nilai *pinch point* dan *approach point* sesuai literatur<sup>[4]</sup>. Hasil *trial* didapatkan suhu air keluar economizer sebesar 205°C. Berdasarkan rancangan yang dilakukan pada penelitian didapatkan profil suhu seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 berikut ini;



Gambar 4. Profil Suhu Boiler HRSG pada *Steady State*

Rancangan boiler HRSG dilengkapi dengan *steam drum* supaya steam yang keluar dari evaporator yang kemungkinan masih mengandung liquid dapat dipanaskan kembali pada evaporator. Steam yang keluar dari evaporator dicampur dengan air keluar economizer menggunakan mixer kemudian masuk kembali ke dalam *steam drum* untuk dipisahkan. Uap yang keluar dari bagian atas *steam drum* dialirkan menuju tube superheater menggantikan aliran yang pada awalnya diasumsikan, sementara liquid yang keluar dari bawah *steam drum* dialirkan menuju tube evaporator dengan 1% keluar sebagai *blowdown*, sehingga ditambahkan alat pemisah. Alat pemisah yang digunakan pada simulasi ini adalah *splitter (tee)* yang mengeluarkan 1% *blowdown* ke lingkungan.

*Recycle steam* keluar evaporator diasumsi 100% (suhu, tekanan, dan laju alir sama). Untuk menaikkan tekanan steam yang dihasilkan superheater maka liquid keluar steam drum dilengkapi dengan pompa (*vapour phase=0*) dan tekanan keluar di-trial agar tekanan steam keluar superheater tidak banyak berubah dari tekanan awal (2300 kPa) sehingga diperoleh tekanan keluar pompa sebesar 2400 kPa. Rancangan boiler HRSG dilengkapi turbin dengan input steam yang keluar dari superheater untuk melihat energi yang dihasilkan. Asumsi tekanan keluar turbin sebesar 125,8 kPa. Perhitungan yang dilakukan untuk merancang boiler HRSG yang terdiri dari komponen utama tiga *heat exchanger* tercantum pada tabel 4 berikut;

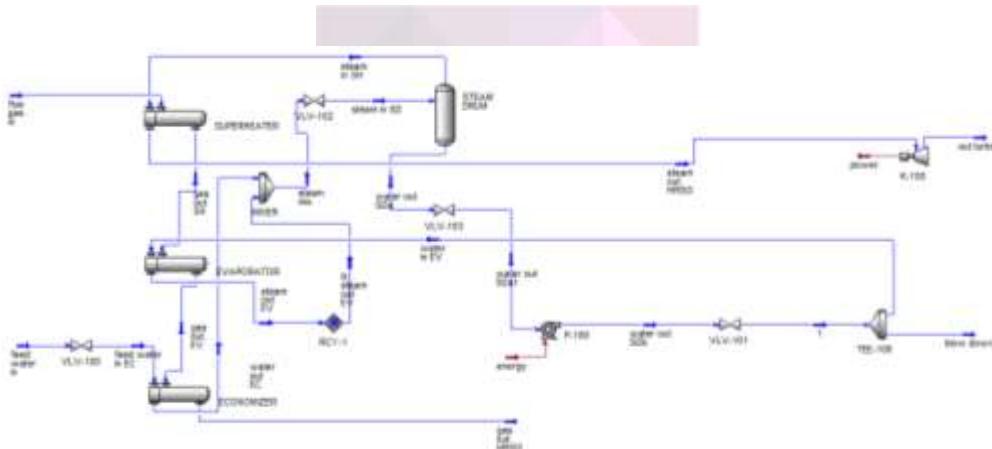
Tabel 4. Hasil Perhitungan Alat Superheater, Evaporator, dan Economizer pada Boiler HRSG<sup>[5]</sup>

Alat	Shell Side			Tube side	
	IDs	8	in	Jumlah	16
	Baffle	8	in	Panjang	16 ft
	n'	1		OD	1 in
Superheater	de	0,73		BWG	16
				Pitch	1 1/4 in <sup>2</sup>
				Passes	2 (triangular)
				a''t	0,2618
				a't	0,594



<b>Evaporator</b>	IDs	8	in	Jumlah	736	
	Baffle	8	in	Panjang	16	ft
	n'	1		OD	1	in
	de	0,73		BWG	16	
				Pitch	1 ¼	in <sup>2</sup>
				Passes	2	(triangular)
				a''t	0,2618	
				a't	0,594	
<b>Economizer</b>	IDs	33	in	Jumlah	938	
	Baffle	33	in	Panjang	16	ft
	n'	1		OD	¾	in
	de	0,73		BWG	16	
				Pitch	1	in <sup>2</sup>
				Passes	2	(triangular)
				a''t	0,1963	
				a't	0,302	

Simulasi HRSG dalam kondisi *steady state* berdasarkan data *fluegas* dan *feedwater* yang didapatkan dari PT. Semen Gresik menggunakan Aspen Hysys seperti diperlihatkan pada gambar 5 berikut ini;



Gambar 5. Simulasi Steady State Boiler HRSG

Berdasarkan rancangan HRSG yang telah dibuat dalam kondisi *steady state* tersebut, diperoleh suhu flue gas out HRSG sebesar 259,2°C dan power turbin yang dihasilkan menunjukkan harga 1,141 kW. Suhu flue gas yang keluar masih cukup tinggi karena dalam sistem dianggap tidak ada heat loss, serta kecilnya laju alir *feedwater* yang masuk. Perbedaan suhu steam yang keluar dari economizer dengan suhu steam masuk evaporator didapat suhu *approach point* sebesar 14,1°C. Selain itu, perbedaan suhu *flue gas* keluar dari evaporator dengan suhu steam masuk evaporator didapatkan suhu *pinch point* sebesar 67,3°C. nilai *approach point* dan *pinch point* ini telah sesuai dengan persyaratan yang terdapat pada literatur<sup>[4]</sup>. Dengan demikian, rancangan boiler HRSG pada kondisi *steady state* ini telah memenuhi literatur.

Efisiensi energi dari boiler HRSG dihitung berdasarkan jumlah energi yang dimanfaatkan dibandingkan dengan jumlah energi yang masuk dalam sistem boiler HRSG<sup>[6]</sup>. Energi yang dimanfaatkan dari boiler pada penelitian ini berasal dari energi yang dihasilkan dari superheater, evaporator dan economizer berdasarkan simulasi Aspen Hysys. Energi yang dihasilkan superheater sebesar 483 kW, sedangkan energi yang dihasilkan evaporator sebesar 5.439 kW dan energi yang berasal dari economizer sebesar 1.451 kW. Pada perancangan sistem boiler HRSG pada penelitian terdapat beberapa separator pendukung seperti steam drum dan splitter yang menghasilkan energi



sebesar 123.305 kW sedangkan turbin yang bergerak dengan energi yang dihasilkan dari boiler HRSG sebesar 1.141 kW. Energi yang masuk ke dalam sistem boiler HRSG ini berasal dari aliran *flue gas* yaitu 477.500 kW. Sehingga didapatkan efisiensi energi dari hasil perancangan boiler HRSG dalam memanfaatkan limbah panas (*waste heat*) dari PT. Semen Gresik sebesar 27,61%

#### 4. Kesimpulan

Rancangan boiler HRSG yang terdiri dari economizer, evaporator dan superheater dapat digunakan untuk menghasilkan steam suhu 300°C dan dapat menurunkan suhu *flue gas* dari 325°C menjadi 259,2°C. Turbin yang digerakkan oleh steam keluaran HRSG ini menghasilkan tenaga sebesar 1.141 kW pada kondisi *steady state*. Efisiensi energi yang didapatkan dari perancangan boiler HRSG dalam memanfaatkan limbah panas dari Kiln PT. Semen Gresik dengan simulasi Aspen Hysys sebesar 26,61%.

#### Referensi

- [1] Industrial Technologies Program, “Waste Heat Recovery: Technology And Opportunities,” in *U.S. Industry*, USA: BCS Incorporated, 2008.
- [2] Rufaidah A. Pratiwi V D. Juwari. Renanto, “Simulasi Dinamika Boiler Heat Recovery Steam Generator menggunakan Aspen Hysys” *Jurnal Teknik POMITS*, Vol.2, No.1, 2014, ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- [3] Ganapathy V, “Simulation Aids Cogeneration”, New York: Chemical Engineering Proggress, 1993.
- [4] Ganapathy V, “Steam Plant Calculation Manual 2nd Edition”, New York: Marcel Dekker Inc, 1993.
- [5] Kern Donald Q, “Processs Hear Transfer”, New York: Mc Graw Hill, 1955.
- [6] Sitepu T, Hadi Putra Silaban S, “Perancangan Heat Recovery Steam Generator (HRSG) yang Memanfaatkan Gas Buang Turbin Gas di PLTG PT. PLN (Persero) Pembangkitan dan Penyaluran Sumatera Bagian Utara Sektor Belawan”, *Jurnal e-Dinamis*, Vol. 8 No 4, Maret 2014 ISSN: 2338-1035.



Pemakalah :  
 Vibianti Dwi Pratiwi  
 11.45-12.00 WIB

Pertanyaan :

1. - Aspen yang dipakai seri berapa?  
 - Berapa kondisi operasi masing-masing alat?  
 (Agus Aktawan)
2. - Jenis steam apa yang dipakai?  
 - Apakah perlu tambahan Burner?  
 - Berapa tekanan steam?  
 (Nanda Suhartono)
3. - Feed water agar suhu 92°C ada preheater?  
 - Kenapa memilih bare tube dibanding finned tube?  
 (Moderator)

Jawaban :

1. - Aspen yang dipakai seri 7.3, untuk terbaru sudah ada seri 9.  
 - Suhu masuk 135°C, keluar 300°C.  
 - Feed water masuk suhu 92°C.  
 - Energy 432 kW.  
 - Perhitungan dari aspen hysis karena lebih mudah dalam perhitungannya.
2. - Steam yang digunakan Saturated.  
 - Butuh burner untuk menggerakan turbin.  
 - Energi yang dihasilkan di lapangan 8,6 mW, dari data sekitar 1100 kW.  
 - Tekanan steam belum dicek, lebih ke profil suhu.
3. - Sebenarnya ada tapi dilapangan suhunya sudah 92°C.  
 - Karena bare tube lebih disarankan.



# Pengaruh AFR Terhadap Karakteristik Gas Produser Hasil Gasifikasi Batok Kelapa

Yuono<sup>1,\*</sup>, Dyah Setyo Pertiwi<sup>1</sup>, Ammar Zaky Farouk<sup>1</sup>, Iddo Nur Adlan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Teknologi Nasional Bandung, PKH Mustopha No 23, Neglasari, Cibeunying Kaler, Jawa Barat, 40124

Email: [yuono@itenas.ac.id](mailto:yuono@itenas.ac.id), (\*Corresponding author)

**Abstrak.** Kebutuhan energi dunia semakin lama semakin besar dan masih bergantung kepada sumber energi yang tak terbarukan. Saat ini diperlukan sumber energi terbarukan sebagai alternatif, diantaranya adalah biomassa. Ketersediaan serta kandungan energi biomassa menjadikannya potensial sebagai sumber energi. Gasifikasi biomassa adalah salah satu contoh konversi energi terbarukan yang mengkonversi biomassa menjadi gas produser. Salah satu parameter yang menentukan karakteristik gas produser adalah AFR (Air to Fuel Ratio). Gasifikasi *updraft* pada penelitian ini dilakukan terhadap batok kelapa dengan AFR 15%; 20%; 25%; 30%; dan 110% AFR teoritis. Batok kelapa diumpulkan secara intermittent sesuai dengan variasi penelitian. Data suhu setiap zona di dalam gasifier dicatat dan komposisi gas produser dianalisis menggunakan Gas Chromatography (GC). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses gasifikasi dapat menghasilkan gas yang mampu bakar, di mana peningkatan AFR menyebabkan penurunan kandungan gas yang mampu bakar. Semakin rendah AFR yang diberikan, semakin tinggi nilai energi yang terkandung dalam gas produser. Pada penelitian ini diperoleh LHV 5,53 MJ/m<sup>3</sup> pada AFR 15%. Rasio H<sub>2</sub>/CO tertinggi diperoleh pada AFR 25% yaitu sebesar 1,10.

**Kata Kunci:** AFR, batok kelapa, gasifier updraft, LHV, Rasio H<sub>2</sub>/CO

**Abstract.** The world's energy needs are getting bigger and are still dependent on non-renewable energy sources. Alternative renewable energy sources, such as biomass, are needed. Biomass is potential as energy source due to its availability and energy content. Gasification is one of the methods converting biomass into energy in the form of producer gas. Characteristics of producer gas is affected by AFR (Air to Fuel Ratio). Updraft gasification was carried out on coconut shell with 15%; 20%; 25%; 30%; and 110% theoretical AFR. Coconut shell was fed intermittently according to the variation. Temperature of each zone in the gasifier was recorded and the composition of the producer gas was analyzed by using Gas Chromatography (GC). The results of this study indicated that the gasification could produce flammable gases. An increase in AFR would decrease flammable gas content. The lower the AFR given, the higher the energy value contained in the producer gas. In this study, LHV of 5.53 MJ/m<sup>3</sup> was obtained at 15% AFR. The highest H<sub>2</sub>/CO ratio was 1.10, which was obtained at 25% AFR.

**Keyword:** AFR; coconut shell; updraft gasifier; LHV; H<sub>2</sub>/CO ratio

## 1. Pendahuluan

Biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sedang dikembangkan lebih lanjut. Jumlah biomassa terbesar terdapat pada negara beriklim tropis, salah satunya adalah Indonesia. Indonesia memiliki potensi energi 434.000 GW dari bahan biomassa atau setara dengan 255 juta barel minyak bumi. Jumlah minyak ini adalah 30% dari konsumsi minyak bumi selama satu tahun di Indonesia<sup>(1)</sup>. Pemanfaatan biomassa menjadi energi pada umumnya masih sekitar 5% dari total potensi yang ada<sup>(2)</sup>.



Batok kelapa merupakan salah satu jenis biomassa yang umum ditemukan di negara yang memiliki iklim tropis maupun memiliki garis pantai yang panjang. Indonesia memiliki potensi batok kelapa sebesar 2.871.280 ton/tahun pada tahun 2017 (Tabel 1). Batok kelapa memiliki karakteristik yang sesuai untuk umpan gasifikasi, karena memiliki nilai energi tinggi dengan jumlah abu yang relatif kecil.

Tabel 1 Produksi Kelapa dan Batok Kelapa<sup>(3)</sup>

Tahun	Kelapa (ton)	Batok Kelapa (ton)*
2015	2.920.665	292.066
2016	2.890.735	289.073
2017*	2.871.280	287.128

\* Batok kelapa adalah berkisar 10% dari kelapa utuh

Gasifikasi merupakan salah satu metode untuk mengubah biomassa menjadi gas produser dengan produk samping berupa tar dan abu. Gas produser diharapkan memiliki kandungan energi dan atau kadar hidrogen dan karbon monoksida. Produser gas yang dihasilkan dari gasifikasi dapat dimanfaatkan langsung menjadi bahan bakar seperti untuk generator listrik. Gas hidrogen dan karbon monoksida yang terdapat dalam gas produser dapat digunakan sebagai umpan untuk proses sintesis metanol, formalin maupun DME. Proses sintesis metanol memerlukan gas produser dengan H<sub>2</sub>/CO minimal 2.

Karakteristik dari biomassa dan produk menentukan jenis gasifier yang digunakan. Gasifier yang memiliki ketahanan paling baik serta mudah dan murah pengoperasiannya adalah gasifier *updraft*. Karakteristik untuk gasifier *downdraft*, *updraft* dan *crossdraft* disajikan dalam Tabel 2. Pada gasifier *updraft* umpan masuk dari bagian atas, kemudian akan mengalami pengeringan, pirolisis, gasifikasi (reduksi) dan pembakaran (oksidasi) secara berurutan.

Tabel 2. Karakteristik Gasifier<sup>(2)</sup>

Keterangan	Jenis Gasifier		
	Downdraft	Updraft	Crossdraft
Ukuran (mm)	20-100	5-100	1-3
Kadar Moisture (%)	< 15-20	< 50	< 7
Kadar Abu (%)	< 5	< 15	< 7
Morfologi	Seragam	Hampir Seragam	Seragam

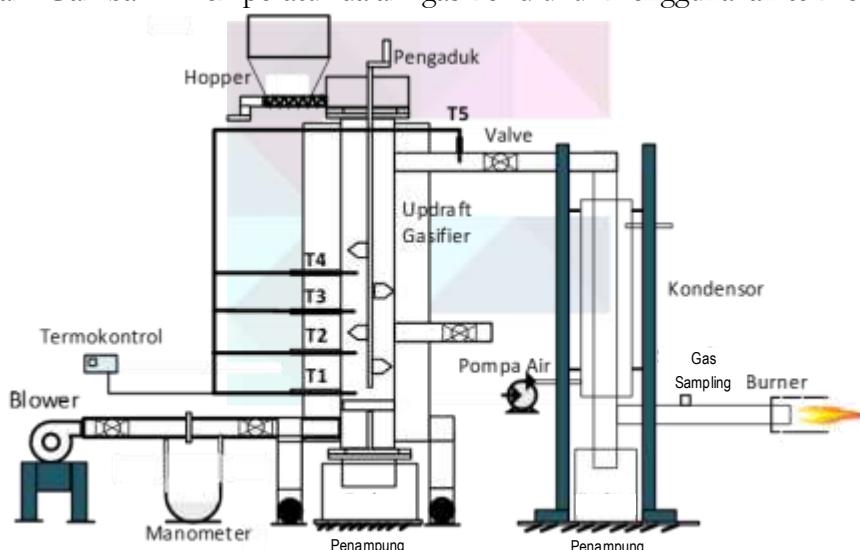
## 2. Metodologi Penelitian

Batok kelapa diperoleh dari daerah Majalengka, Jawa Barat yang telah dibersihkan dari serabut maupun pengotor. Batok kelapa yang sudah bersih diperkecil ukurannya hingga sekitar 1 cm<sup>2</sup>. Sampel batok kelapa ini kemudian dianalisis proksimat dan ultimatum dengan *air dry basis* (adb). Batok kelapa memiliki *heating value* sebesar 4.678 kal/g. Hasil analisis (Tabel 3) menjadi landasan untuk menghitung jumlah umpan dan udara. Batok kelapa diumpulkan secara *intermittent* ke dalam reaktor.

Tabel 3. Analisis Proksimat dan Ultimat Batok Kelapa

	Parameter	Kadar
Proksimat	Kadar Air	8,22%
	Abu	1,03%
	Zat Terbang	72,37%
	Karbon Tetap	18,38%
Ultimat	Sulfur	0,02%
	Karbon	47,53%
	Hidrogen	6,23%
	Nitrogen	0,01%
	Oksigen	45,18%

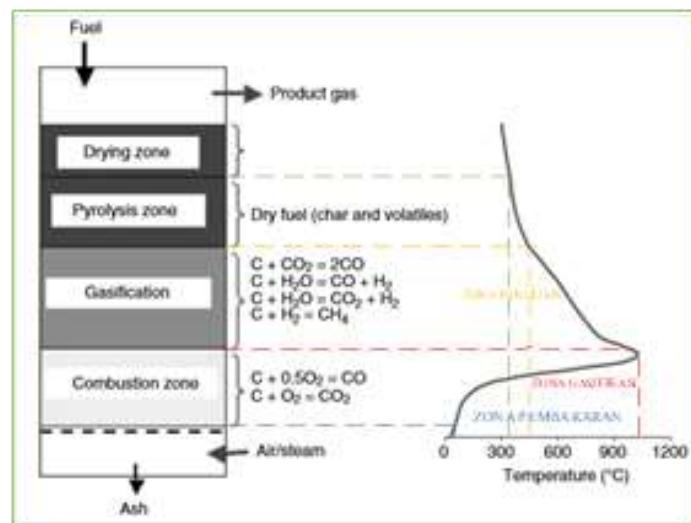
Gasifier *updraft* yang digunakan menggunakan agen gasifikasi berupa udara bebas, dengan 15%, 20%, 25%, 30% dan 110% AFR (*Air to Fuel Ratio*) teoritis. Proses gasifikasi dilaksanakan menggunakan *starter* bara dari arang batok kelapa dari sumber yang sama. Arang digunakan selain untuk starter, juga untuk memanaskan reaktor hingga temperatur 500°C. Batok kelapa dimasukkan dari bagian atas gasifier dengan menggunakan *screw conveyor*. Gas produser yang dihasilkan segera dianalisa dengan menggunakan GC. Gas produser ini sudah bebas dari abu dan tar. Skema penelitian ini disajikan dalam Gambar 1. Temperatur dalam gasifier diukur menggunakan termometer digital.

Gambar 1. Skema Peralatan Gasifier *Updraft*

### 3. Hasil dan Pembahasan

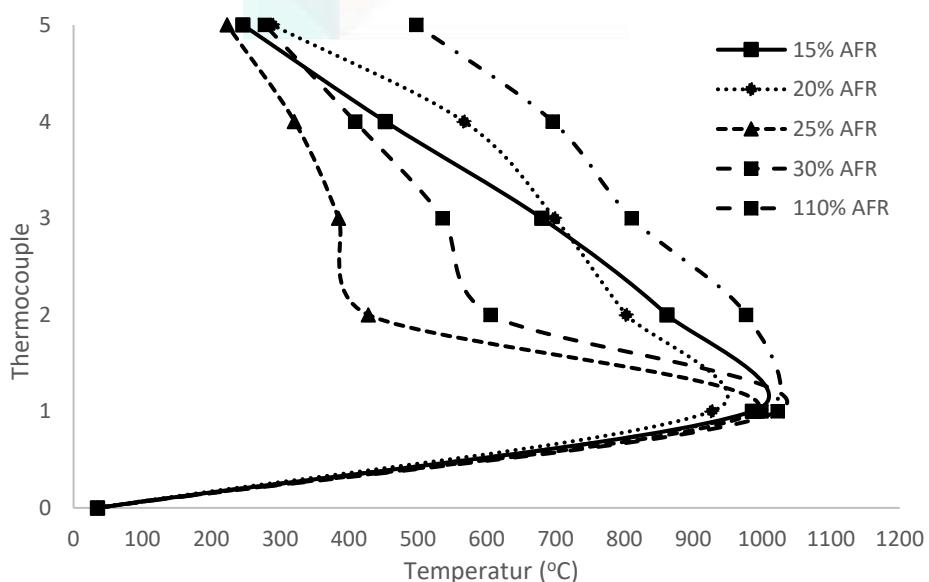
#### a. Profil Temperatur

Indikator berjalannya proses gasifikasi adalah temperatur yang ada dalam reaktor. Temperatur tertinggi terdapat pada bagian pembakaran yaitu hingga lebih dari 1000°C. Gasifikasi terjadi pada temperatur 500°C – 900°C, pirolisis pada 300°C dan pengeringan di bawah 300°C. Temperatur pembakaran menjadi tertinggi karena pada bagian tersebut terjadi proses oksidasi secara langsung. Panas yang dihasilkan dari proses pembakaran akan dimanfaatkan oleh proses gasifikasi, pirolisis dan pengeringan (Gambar 2). Panas yang dihasilkan dari proses pembakaran harus dapat memberikan energi yang cukup untuk proses lainnya, karena bila terlalu besar akan menjadi pembakaran saja, bila terlalu rendah akan menjadi proses pirolisis bahkan proses pembakaran akan terhenti.



Gambar 2. Profil Temperatur dan Reaksi pada Tiap Zona Gasifier<sup>(2)</sup>

Reaksi reduksi pada gasifikasi dapat menghasilkan panas tapi tidak dapat memenuhi kebutuhan energi keseluruhan, sehingga gasifikasi memerlukan tambahan panas yang berasal dari zona pembakaran. Profil dalam gasifier (Gambar 3) menunjukkan bahwa panas pada zona pembakaran digunakan oleh zona lain dalam proses gasifier. Panas dipertukarkan melalui proses konduksi dan konveksi. Salah satu media untuk menghantarkan panas dari zona pembakaran adalah gas. Gas yang naik ke atas dari proses reduksi mengandung panas yang dimanfaatkan oleh proses pirolisis. Pirolisis akan menghasilkan arang yang merupakan biomassa yang telah terpotong-potong rantai karbonnya akibat panas dari pembakaran dan reduksi. Selain itu, akan menghasilkan bio oil yang nantinya akan terbawa oleh gas produser.



Gambar 3. Profil Temperatur dalam Gasifier

#### b. Karakteristik Gas Produser

Gasifikasi berjalan dengan baik ditandai dengan tidak adanya oksigen dalam gas produser. Dalam penelitian ini, gas produser pada AFR 110% memiliki oksigen sebesar 7,79%. Hal ini wajar, karena udara diumpulkan melebihi dari stoikiometrinya.

Komposisi gas karbon monoksida tertinggi dimiliki oleh AFR 15% sebesar 40,70% (Tabel 4). Hal ini terjadi karena reaksi bergeser pada pembentukan CO (Gambar 2.). Hal ini didukung oleh profil temperatur dari AFR 15% yang lebih rendah dibandingkan dengan 20% (Gambar 3.). Komposisi hidrogen tertinggi dimiliki oleh AFR 20%, di mana profil temperatur dalam gasifier tertinggi dibandingkan variasi yang lain. Jumlah udara yang semakin besar dibanding biomassa akan mengurangi jumlah gas karbon monoksida, metana dan hidrogen. Metana merupakan produk samping dari proses gasifikasi, dan hanya ada pada AFR kurang dari 100%.

Tabel 4. Karakteristik Gas Produser

AFR (%)	H <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	LHV (MJ/m <sup>3</sup> )	H <sub>2</sub> /CO
15%	2,67%	40,70%	1,7%	5,53	0,07
20%	10,27%	17,24%	0,00%	3,01	0,60
25%	3,43%	3,13%	0,11%	0,74	1,10
30%	2,67%	19,6%	0,62%	2,93	0,24
110%	1,3%	0,00%	0,00%	0,13	0

Energi yang terkandung dalam gas produser bergantung pada komposisi gas tersebut. Nilai energi terbesar ada pada AFR 15% sebesar 5,53 MJ/m<sup>3</sup>. Nilai ini berasal dari kadar CO yang lebih tinggi dibandingkan variasi yang lain. Nilai kalor ini sesuai dengan rentang nilai kalor untuk gas produser yang dihasilkan dari gasifikasi dengan udara sebagai *gasifying agent* (4 – 7 MJ/m<sup>3</sup>)<sup>(2)</sup>. Nilai kalor yang dihasilkan dari AFR 15% bisa digunakan sebagai pengganti bahan bakar konvensional.

Untuk dijadikan bahan baku proses, misalnya dalam produksi metanol, gas produser harus memiliki rasio H<sub>2</sub>/CO sebesar 2. AFR 25% memiliki nilai rasio yang paling mendekati 2, yaitu 1,10. Kadar gas CO dan H<sub>2</sub> tidak terlalu tinggi akibat jumlah udara yang meningkat, tapi rasio kedua gas ini mendekati 2. Gas produser yang dihasilkan dapat diperbaiki komposisinya, dengan cara dimurnikan dari pengotor dan dilakukan *upgrading* untuk mendapatkan komposisi yang diinginkan.

#### 4. Kesimpulan

Gasifikasi terhadap batok kelapa menghasilkan gas produser dengan kadar gas mampu bakar yang makin besar pada AFR yang makin kecil. Nilai AFR lebih dari 100% akan menghasilkan proses pembakaran dan tidak menghasilkan gas mampu bakar. AFR 15% merupakan AFR terbaik untuk menghasilkan kadar CO terbesar (40,70%) dan nilai kalor terbesar (5,53 MJ/m<sup>3</sup>). Nilai kalor ini mengindikasikan gas produser yang dihasilkan mampu digunakan secara langsung sebagai bahan bakar. Berdasarkan rasio H<sub>2</sub>/CO, nilai AFR 25% memiliki rasio terbaik sebesar 1.

#### Referensi

- [7] Munawar, SS., Subiyanto, B. “Characterization of Biomass Pellet made from Solid Waste Oil Palm Industry”. Procedia Environmental Sciences. 20:336-341. 2014
- [8] Basu, P. “Biomass Gasification and Pyrolysis”. USA: Elsevier Inc, 2010
- [9] BPS. (2018). Data Sebaran Batok Kelapa. Dipetik Mei 8, 2017 ([www.bps.go.id/Brs/view/id/1157](http://www.bps.go.id/Brs/view/id/1157))



Pemakalah :  
Yuono  
13.20 -13.35 WIB

Pertanyaan :

1. Bagaimana cara menentukan kalor? Tar dianalisis juga?  
(Sperisa Distantina)
2. Untuk ukuran reaktor berapa? Tar bagaimana? Menggunakan pengaduk, apakah ada gas yang lolos juga?  
(Agus Aktawan)

Jawaban :

1. - Ada analisis di laboratorium dan dengan perhitungan dari jumlah gas yang diproduksi.  
- Tar tidak dianalisis karena sebagai produk tambahan sudah tidak ekonomis untuk dimanfaatkan.
2. - Ukuran reaktor masih mini proyek dengan diameter 9 cm dan tinggi 80 cm.  
- Di reaktor ada mekanisme agar tidak bocor.





# Desain Sistem Fuel Cell Untuk Pembangkit Listrik Daerah Terpencil

Luthfi Mufidatul Hasanah<sup>1,a\*</sup>, Cornelius Satria Yudha<sup>1</sup>, Soraya Ulfa Muzayanha<sup>1</sup>, Inayati<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Magister Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir Sutami 36 A, Surakarta, Jawa Tengah, 57126

E-mail: <sup>a</sup>luthfimufida@gmail.com, <sup>b</sup>inayati@staff.uns.ac.id (\*Corresponding author)

**Abstrak.** *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC)*\_adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah hidrogen menjadi listrik melalui reaksi elektrokimia. Sistem PEMFC dapat digunakan sebagai pembangkit listrik untuk daerah terpencil yang tidak mendapatkan akses listrik dari PLN. Paper ini menyajikan desain sistem fuel cell untuk suatu komunitas dengan 20 rumah, dengan desain daya masing-masing rumah sebesar 450 watt pada tegangan 220 volt. Gas hidrogen dengan kemurnian 99,999% digunakan sebagai ‘bahan bakar’ dan disimpan dalam bentuk gas bertekanan tinggi. Oksidan yang diperlukan untuk reaksi disediakan dari udara. Fuel cell stack beroperasi pada tekanan atmosferis. Bahan baku pembuatan hidrogen berasal dari gas alam. Dari perhitungan yang dilakukan, untuk penyediaan listrik selama satu bulan operasi diperlukan hidrogen dari gas alam sebanyak 1605,60 kg. Sedangkan kebutuhan udara sebanyak 66607,20 Nm<sup>3</sup>. Ukuran tangki penyimpan hidrogen sebesar 107040,00 liter pada tekanan 700 bar. Kebutuhan bahan bakar dari gas alam sebesar 6595,20 kg/bulan.

**Kata kunci:** Fuel Cell, PEMFC, power supply, hidrogen, tangki penyimpan hidrogen.

**Abstract.** Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC) is a device used to convert hydrogen into electricity through electrochemical reactions. The PEMFC system can be used as a power plant for remote areas that do not get access to electricity from PLN. This paper presents the design of a fuel cell system for a community of 20 houses, with the design of each home's power of 450 watts at 220 volts. Hydrogen gas with 99.999% purity is used as 'fuel' and stored in high pressure gas. The oxidants needed for the reaction are provided from the air. The fuel cell stack operates at atmospheric pressure. The raw material for making hydrogen comes from natural gas. From the calculations, for the supply of electricity for one month of operation, 1605.60 kg of hydrogen is needed from natural gas. While the air requirement is 66607.20 Nm<sup>3</sup>. The size of hydrogen storage tank is 107040.00 liters at 700 bar pressure. The fuel requirement of natural gas is 6595.20 kg / month.

**Keywords:** Fuel Cell, PEMFC, power supply, hydrogen, hydrogen storage tanks.

## 1. Pendahuluan

Pada era ini, dunia menghadapi dua krisis yaitu sumber bahan bakar fosil yang semakin nipis dan kenaikan iklim secara global (*Global warming*). Disisi lain kebutuhan energi listrik akan terus mengalami peningkatan seiring adanya peningkatan teknologi. Dengan adanya kenaikan kebutuhan energi listrik di daerah perkotaan, daerah terpencil di Indonesia lah yang menjadi korban karena belum juga teraliri listrik oleh negara. Hal ini juga didukung karena daerah terpencil yang susah dijangkau (biaya yang dikeluarkan untuk mengalirkan listrik tidak seimbang dengan harga listrik). Perkembangan teknologi fuel cell telah banyak diaplikasikan diberbagai negara maju. Hal ini karena Fuel cell merupakan suatu pembangkit listrik yang tidak menghasilkan polusi sehingga selaras dengan adanya tujuan penurunan Green House Gas (GHG Emission).

Fuel cell adalah suatu sistem yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik melewati proses elektrokimia dengan menggunakan bahan baku hidrogen dan oksigen. Persamaan antara fuel cell dengan



baterai yaitu (i) menggunakan anoda, katoda dan elektrolit, (ii) melalui reaksi elektrokimia sehingga menghasilkan listrik searah. Sedangkan perbedaannya yaitu fuel cell memanfaatkan pasokan bahan bakar antara lain hidrogen dan oksigen secara terus-menerus dan tidak mengalami perubahan struktur kimia, sedangkan pada baterai terjadi perubahan kimia pada elektrodanya. Kelebihan fuel cell adalah operasi berjalan dengan tenang atau tidak menghasilkan kebisingan, konstruksi berbentuk modular sederhana yang flexibel sehingga mampu menggunakan berbagai jenis bahan baku yang ada sebagai sumber bahan bakarnya, fuel cell memiliki efisiensi cukup tinggi yaitu dapat langsung mengubah energi kimia menjadi energi listrik sehingga kehilangan energi sangat sedikit, ramah lingkungan karena limbah yang dihasilkan air, fuel cell tidak memerlukan sistem isi ulang (energi listrik akan terus dihasilkan jika pasokan bahan bakar terus mengalir secara terus-menerus), sumber hidrogen dapat diperoleh dari berbagai bahan baku dialam salah satunya dari gas alam.

Jenis Fuel Cell sangat beragam antara lain : *Alkaline Fuel Cell* (AFC), *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC), *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC), *Phosphoric Acid Fuel Cell* (PAFC), *Molten Carbonate Fuel Cell* (MCFC), dan *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC). Dari berbagai jenis Fuel cell tersebut, penulis memilih *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC) karena memiliki banyak kelebihan yaitu : membran yang digunakan tidak mudah menguap (volatil) karena padatan, elektrolit yang bersifat menolak keberadaan CO<sub>2</sub>, kemungkinan terbentuk korosi rendah, masalah elektrolit rendah, beroperasi pada temperature rendah, tidak menggunakan waktu yang lama selama proses start-up dan pengisian, effisiensi tinggi [1]. Disisi lain, *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC) memiliki kelemahan yaitu rendah akan toleransi adanya impuritas yang masuk kedalam Fuel cell, harga katalis yang masih tergolong mahal [1] yaitu Platina, dan proses hidrasi membran yang sulit (30-60%). Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah gas alam. Gas alam diperoleh dari hasil proses *steam methane reforming* (SMR). Alasan menggunakan *steam methane reforming* adalah menghasilkan sedikit hasil/jejak CO<sub>2</sub>, bahan baku tersedia dalam jumlah banyak didunia, menggunakan teknologi yang sudah tersedia, investasi cukup tergolong murah baik dari segi pengadaan alat hingga proses produksi [2]

## 2. Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan analisa perhitungan efisiensi pada sistem *overall*. Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah gas alam. Gas alam didapat melalui proses *steam methane reforming* (SMR), proses ini dipilih karena teknologi yang tinggi telah tersedia. *methane* diperoleh dari *offgas* PT Pertamina EP3 (Jatibarang). Kandungan dalam bahan bakar gas alam dijelaskan kedalam tabel 1.1 dibawah ini.

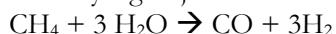
Tabel 1. Kandungan molekul dalam gas alam

Komponen	% mol
CH <sub>4</sub>	82,00
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	11,00
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,20
H <sub>2</sub> S	3 ppm
N <sub>2</sub>	0,20
CO <sub>2</sub>	6,60

Urutan pembuatan hidrogen menggunakan gas alam sebagai berikut :

1. *Steam Methane Reforming*

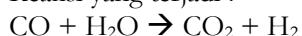
Reaksi yang terjadi :



Konversi CH<sub>4</sub> sebesar 80%, rasio penggunaan CH<sub>4</sub> : H<sub>2</sub>O sebesar 1 : 3 dan menggunakan katalis berbasis nikel [3]

2. *Water Gas Shift*

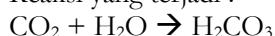
Reaksi yang terjadi :

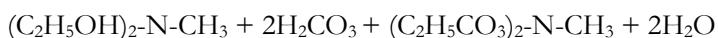


Konversi CO sebesar 65% dan menggunakan katalis berbasis nikel [3].

3. *MDEA Absorber column*

Reaksi yang terjadi :





Jumlah CO<sub>2</sub> terabsorbsi sebesar 99% dan MDEA dapat digunakan lagi (recycle) [3].

#### 4. Pressure Swing Adsorption

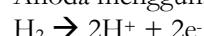
Kemurnian H<sub>2</sub> yang diperoleh sebesar 99,9%, H<sub>2</sub> recovery 70%, dan menggunakan adsorben *Zeolite-Activated Carbon* [4].

### 3. Hasil Dan Pembahasan

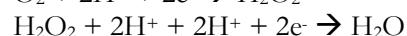
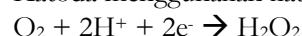
Jika suplai hidrogen dilakukan secara terus-menerus (kontinyu), maka fuel cell akan menghasilkan tegangan listrik secara terus-menerus juga. Pada intinya persediaan hidrogen harus tetap dijaga tetapi ada (tidak pernah kosong). Selama proses reaksi yang terjadi didalam fuel cell, maka akan dihasilkan energi listrik, air dan panas. Hasil yang dikeluarkan oleh fuel cell berupa H<sub>2</sub>O (air). Hal inilah yang menjadi alasan kenapa fuel cell ramah dengan lingkungan. Berbagai macam jenis fuel cell telah dikembangkan, disini kami memilih PEMFC atau *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell*. Jenis elektrolit yang digunakan pada PEMFC berupa membran. Suhu optimal operasi pada rentang 30°C – 100°C.

Reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda antara lain :

Anoda menggunakan katalis C/Pt, reaksi dianoda :

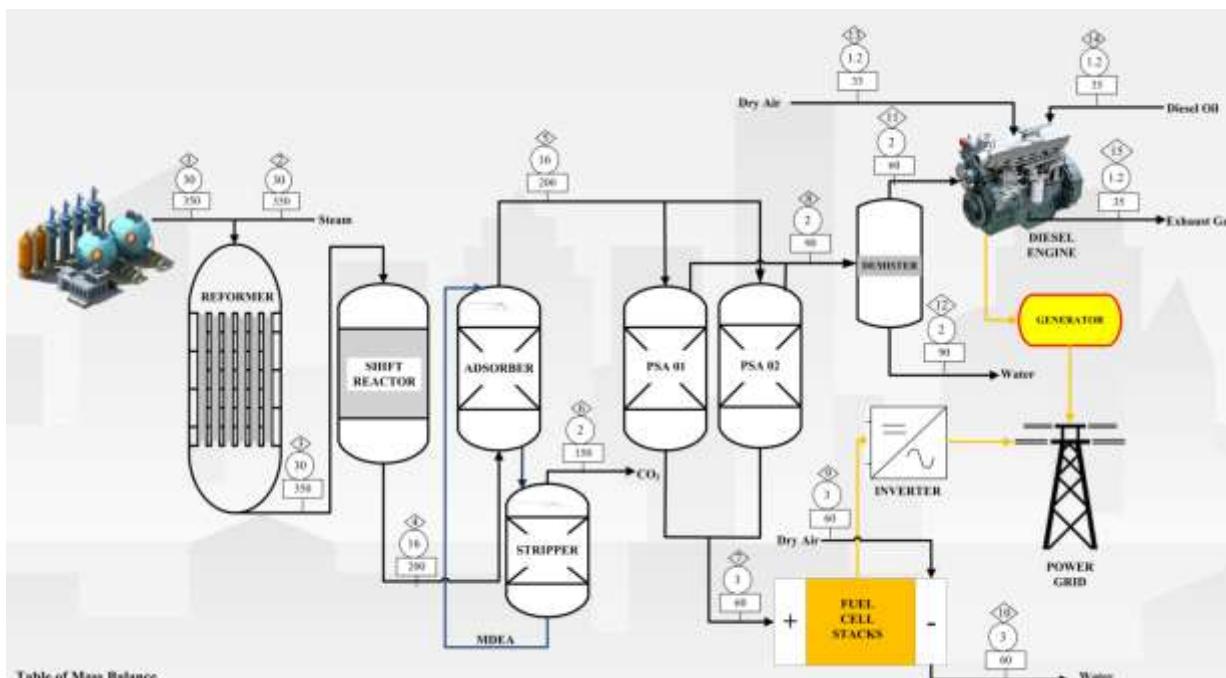


Katoda menggunakan katalis C/Pt, reaksi dikatoda :



Efisiensi PEMFC sebesar 60%, cell voltage 0,7V, arus 180A

Dalam analisa perhitungan ini, desain sistem fuel cell akan digunakan untuk komunitas dengan 20 rumah, dengan desain daya masing-masing rumah sebesar 450 watt pada tegangan 220 volt. Efisiensi AC sebesar 98%. Efisiensi inverter sebesar 95%. Efisiensi Fuel cell sebesar 60%. Gas hidrogen dengan kemurnian 99,999% digunakan sebagai ‘bahan bakar’ dan disimpan dalam bentuk gas bertekanan tinggi dan akan digunakan pada PEMFC pada tekanan 3 bar. Oksidan yang diperlukan untuk reaksi disediakan dari udara dengan tekanan 3 bar. Fuel cell stack beroperasi pada tekanan atmosferis. Dari perhitungan yang dilakukan, untuk penyediaan listrik selama satu bulan operasi diperlukan bahan baku 6595,20 kg/bulan, udara 66607,20 Nm<sup>3</sup>/bulan, hidrogen dan ukuram tangki penyimpanan 107040,00 liter (pada tekanan 700 bar). Hidrogen yang telah diperoleh disimpan kedalam *Compressed Gas* (700 bar) jenis komposit Riis et al, 2005. Tangki berbentuk tabung silinder ini dipilih karena ringkas dan tidak menggunakan area yang luas, tahan korosi. Disisi lain, proses penyimpanan kedalam tangki ini cukup sulit sehingga biaya yang dikeluarkan masih tergolong tinggi. Berikut adalah diagram alir pembuatan listrik dari hidrogen yang diperoleh dari bahan baku gas alam yang ditunjukkan pada gambar 1.2.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan listrik dari hidrogen yang diperoleh dari bahan baku gas alam

## Tantangan

Fuel cell memang memiliki beragam kelebihan, namun sistem fuel cell masih memiliki kekurangan yang harus segera diteliti dan diperbaiki antara lain :

1. Mahal  
Fuel dikatakan mahal karena tidak semua bahan baku dapat langsung digunakan. Bahan baku yang digunakan memerlukan *treatment* yang berbeda sesuai dengan karakteristik bahan itu sendiri sehingga didapatkan hidrogen dengan kemurnian yang cukup tinggi. Selain itu, harga bahan elektroda (Platina) yang tergolong mahal.
2. Sensitif kontaminasi  
Ketika ada zat lain selain hidrogen ikut kedalam fuel cell maka secara otomatis akan mengurangi performa fuel cell
3. Distribusi yang sulit  
Sarana dan prasarana yang digunakan selama proses pembuatan, penyimpanan hingga proses penyaluran masih tergolong sulit karena belum efisien
4. H<sub>2</sub> merusak pipa  
Masih adanya kemungkinan besar gas hidrogen mampu merusak sistem perpipaan

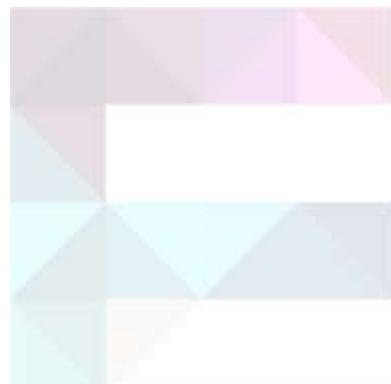
## 4. Kesimpulan

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak pulau yang terpencar. Keberadaan pulau terpencar ini membuat penyedia listrik negara belum mampu menyuplai energi listrik hingga pelosok. Fuel cell merupakan teknologi yang tepat untuk dikembangkan dimasa depan. Fuel cell mampu diaplikasikan sebagai sumber alternatif pembangkit energi listrik khususnya diimplementasikan untuk daerah terpencil yang ada diIndonesia. Selain membantu dalam suplai energi listrik ke daerah terpencil, Fuel cell juga tidak menghasilkan gas emisi (Green Hous Gas / GHG emission) sehingga membantu dalam mengurangi pencemaran udara dilingkungan sekitar. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, untuk penyediaan listrik selama satu bulan operasi diperlukan hidrogen sebesar 1605,60 kg. Sedangkan kebutuhan udara sebesar 66607,20 Nm<sup>3</sup>. Ukuran tangki penyimpan hidrogen sebesar 107040,00 liter pada tekanan 700 bar.



## Referensi

- [1] U.S. Department of Energy, "Fuel cells fact sheet," *Fuel cells fact sheet*, p. 2, 2015.
- [2] L. Kaiwen, Y. Bin, and Z. Tao, "Economic analysis of hydrogen production from steam reforming process: A literature review," *Energy Sources, Part B Econ. Plan. Policy*, vol. 13, no. 2, pp. 109–115, 2018.
- [3] J. C. Molburg and R. D. Doctor, "Hydrogen from Steam-Methane Reforming with CO 2 Capture," *20th Annu. Int. Pittsburgh Coal Conf.*, p. 20, 2003.
- [4] C. A. Grande, "Advances in Pressure Swing Adsorption for Gas Separation," *ISRN Chem. Eng.*, vol. 2012, pp. 1–13, 2012.





Pemakalah :

Lutfi Mufidatul Hasanah

13.50 – 14.05 WIB

Pertanyaan :

1. Hidrogen permeable limite itu berbahaya pada konsentrasi tertentu, dengan tekanan 300 bar apakah membahayakan? Bagaimana untuk energi yang dibutuhkan SMR sendiri? (Yuono)
  
2. Saran : karena baru study literature, studi keseimbangan perlu kondisi operasinya juga.  
Bagaimana perbandingan antara yang menggunakan fuel cell dan yang langsung generator?  
(Joko Waluyo)
  
3. Apakah energi fuel cell dapat disimpan?  
(Sperisa Distantina)

Jawaban :

1. - Belum study literature tentang dampak yang akan terjadi, karena baru study literature mengenai potensinya.  
- Sudah dihitung 10% dari perhitungan total. Untuk degenerasi dan total belum ada.  
- Biaya untuk membuat H<sub>2</sub> hasil akhirnya Rp 400,-.
  
2. Penelitian hanya dibatasi pada Fuel Cell dan untuk design fuel cell sendiri masih belum.
  
3. Bisa disimpan ditempat khusus yaitu membran sebagai tempat mereaksikan H<sub>2</sub> dan fuel cell.



# Kajian Konsumsi Energi Spesifik Sektor Industri Kimia Di Indonesia Sebagai Acuan Efisiensi Energi

Sunu Herwi Pranolo<sup>1,a,\*</sup>, Soraya Ulfa Muzayanh<sup>a,b</sup>, Cornelius Satria Yudha<sup>1</sup>, Luthfi Mufidatul Hasanah<sup>1</sup>, Esa Nur Shohih<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Magister Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret,  
Jl. Ir Sutami 36 A, Surakarta, Central Java, 57126  
E-mail: <sup>a</sup>sunu\_pranolo@yahoo.com, <sup>b</sup>sorayamuzayanh@gmail.com (\*Corresponding author)

**Abstrak.** Peningkatan kebutuhan energi pada sektor industri di Indonesia mengalami peningkatan sejak tahun 2015 sampai tahun 2017 dan diprediksi akan terus meningkat hingga tahun 2050. Efisiensi dalam penggunaan energi menjadi peran penting dalam menunjang ketahanan energi nasional. Konsumsi energi akan sebanding dengan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Sehingga penggunaan energi yang efisien dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Langkah awal indikasi efisiensi energi melalui perhitungan konsumsi energi spesifik. Studi ini dilakukan dengan membandingkan konsumsi energi spesifik berbagai industri di Indonesia dengan standar *benchmarking* dunia. Berdasarkan hasil pengumpulan data diperoleh konsumsi energi spesifik industri pupuk berkisar pada 31,68-38,34 GJ/ton pupuk, untuk industri gula berkisar 0,92-9,22 GJ/ton gula, industri semen berkisar 3,52-3,92 GJ/ton semen, industri logam 10,22-341,89 GJ/ton logam, industri baja 1,40-2,20 GJ/ton baja, dan industri textile 2,57-8,35 GJ/ton produk. Dari hasil perbandingan dengan berbagai *benchmarking*, beberapa industri gula, logam, dan textile masih berada diatas standar. Dapat disimpulkan industri yang konsumsi energi spesifik masih diatas standar memiliki potensi untuk penghematan energi.

**Kata kunci:** Konsumsi energi spesifik, *Benchmarking*, Emisi CO<sub>2</sub>, Efisiensi energi.

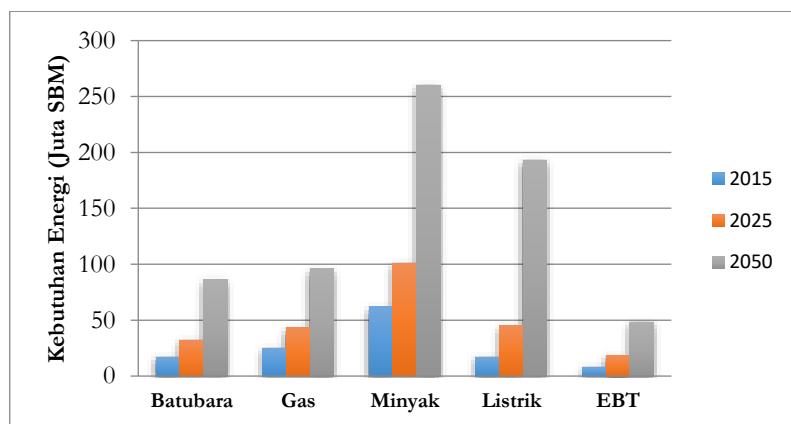
**Abstract :** Energy demand in the industrial sector in Indonesia has increased since 2015 until 2017 and predicted to remain to increase until 2050. Energy efficiency becomes an important role in national energy sustainability. Energy consumption will be proportional with production CO<sub>2</sub> emissions. So that efficiency energy can reduce CO<sub>2</sub> emissions produced. The first step is an indication of energy efficiency through the calculation of specific energy consumption. This study was conducted by comparing the specific energy consumption of various industries in Indonesia with world benchmarking standards. Based on the results of data collection, the specific industrial energy consumption of fertilizers ranged from 31,68 to 38,34 GJ / ton of fertilizer, for the sugar industry ranged from 0,92 to 9,22 GJ / ton of sugar, the cement industry ranged from 3,14 to 3,92 GJ / ton of cement, metal industry of 10,22-72,48 GJ / ton of metal, steel industry 1,40-2,20 GJ / ton of steel, and textile industry 2,57-8,35 GJ / ton of product. From the results of comparison with various benchmarking, metal industry is still above the standard. It can be concluded that industries with specific energy consumption still above the standard have the potential to save energy.

**Keyword:** Spesific energy consumption, Benchmarking, CO<sub>2</sub> emission, Energy efficiency.



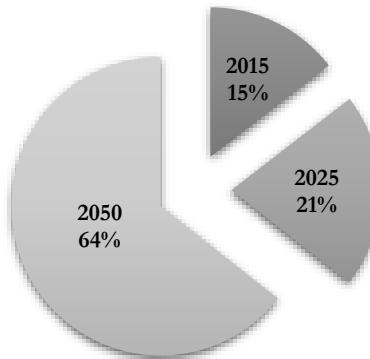
## 1. Pendahuluan

Energi merupakan salah satu kebutuhan mendasar manusia. Pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk di suatu negara yang terus meningkat berbanding lurus dengan pertumbuhan kebutuhan energi yang dibutuhkan oleh masyarakat dalam kehidupan berbangsa dan bernegara. Indonesia merupakan pengguna energi terbesar di Asia Tenggara, yaitu lebih dari 36% penggunaan energi primer Asia Tenggara. Antara tahun 2000 dan 2015, produk domestik bruto (PDB) Indonesia bertambah dua kali lipat dan kebutuhan listrik meningkat 150% [1]. Pertumbuhan ekonomi mendorong meningkatnya kebutuhan energi Indonesia. Proyeksi kebutuhan energi di Indonesia hingga tahun 2050 dapat dilihat pada gambar 1. Penggunaan sumber energi fosil masih memegang urutan pertama dalam memenuhi kebutuhan energi di Indonesia. Dalam Outlook Energi Indonesia 2016 Dewan Energi Nasional, kebutuhan energi Indonesia pada 2025 diprediksikan akan mencapai 238,8 juta ton setara barrel minyak (SBM) dengan skenario *Business as Usual* (BaU). Jumlah tersebut akan meningkat menjadi 682,3 juta SBM pada 2050, dengan asumsi rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi selama periode 2015-2050 sekitar 4,9 persen per tahun. Kebutuhan pada 2050 tersebut berupa energi batubara mencapai 86 juta SBM, gas 96 juta SBM, minyak 260 juta SBM. Kemudian Energi Baru Terbarukan (EBT) mencapai 48 juta SBM, dan energi listrik sebesar 196 juta SBM [2].



Gambar 1. Proyeksi Kebutuhan Energi di Indonesia hingga Tahun 2050 [2]

Pada tahun 2015 pangsa terbesar konsumsi energi final adalah sektor rumah tangga (35%) diikuti oleh sektor transporasi (31%), industri (29%), komersial (4,0%) dan lainnya (2,0%). Kebutuhan energi final sektor industri diperkirakan tetap dominan dalam jangka panjang. Sebagai negara berkembang, Indonesia akan mengarah menjadi negara maju yang diindikasikan dengan dominasi sektor industri dalam menunjang perekonomiannya[3].



Gambar 2. Proyeksi Konsumsi Energi di Sektor Industri Hingga Tahun 2050 [2]

Gambar 2 menunjukkan proyeksi konsumsi energi final di sektor industri hingga tahun 2050 yang semakin meningkat berdasarkan BaU. Konsumsi energi pada tahun 2015 mencapai 60 juta SBM, mencapai 87 juta



SBM di tahun 2025, meningkat hingga menjadi 266 juta SBM di tahun 2050[2]. Sehingga perlu dilakukan konservasi energi khususnya pada sektor industri untuk menghemat energi dan biaya serta mengurangi emisi. Berdasarkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) 2014 dan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) 2017 menyatakan target Indonesia untuk mengurangi intensitas energi 1% per tahun sampai tahun 2025 dan mengurangi penggunaan energi rata-rata 17% dari seluruh sektor pengguna mencakup industri, transportasi, rumah tangga dan komersial. Penggunaan energi yang cukup besar pada sektor industri mengharuskan perusahaan untuk melaksanakan manajemen energi sesuai Peraturan Pemerintah (PP) No. 70 tahun 2009 pasal 2 ayat 2 dan diturunkan menjadi permen ESDM No. 14 tahun 2012, yang menyatakan bahwa, "Pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi dan/atau energi lebih besar atau sama dengan 6.000 (enam ribu) setara ton minyak pertahun wajib melakukan konservasi energi melalui manajemen energi". Pelaksanaan konservasi energi di Indonesia berpotensi untuk penghematan energi yang sangat besar di masa depan yang diperoleh dari perbaikan efisiensi. Langkah awal indikasi efisiensi energi melalui perhitungan konsumsi energi spesifik. Studi ini dilakukan untuk mengkaji efisiensi energi di berbagai sektor industri di Indonesia berdasarkan nilai konsumsi energi spesifik masing-masing produk yang dihasilkan[1].

## 2. Konservasi Energi

Konservasi adalah pelestarian atau perlindungan. Sedangkan untuk konservasi energi menurut PP 70 tahun 2009 adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu untuk melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Tujuan konservasi energi adalah untuk memelihara kelestarian sumber daya alam yang berupa sumber energi melalui kebijakan pemilihan teknologi dan pemanfaatan energi secara efisien dan rasional. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit. Penghematan energi dapat menyebabkan berkurangnya biaya, serta meningkatkan efisiensi dan keuntungan.

## 3. Konsumsi Energi Spesifik (KES)

Efisiensi penggunaan energi suatu pabrik dapat dilihat dari besarnya pemakaian energi untuk menghasilkan satu satuan produksi. Perbandingan jumlah energi yang digunakan untuk menghasilkan satu satuan produk disebut energi spesifik. Industri yang hemat energi adalah industri dengan energi spesifik yang rendah, sebaliknya industri boros adalah industri dengan energi spesifik yang tinggi. Besarnya energi spesifik mempunyai hubungan langsung dengan penentuan indeks dari penggunaan energi, yang diolah atau dianalisa setiap periode waktu tertentu. Dengan penetapan indeks ini akan dapat diperoleh informasi penggunaan energi dan sebagai upaya untuk perencanaan penggunaan efisiensi penggunaan bahan bakar dan listrik. Untuk mengukur besarnya Konsumsi Energi Spesifik industri dapat dilakukan jika diketahui :

1. Konsumsi energi industri selama proses periode tertentu (kWh/periode, GJ/periode)
2. Jumlah total produksi yang diproses selama periode tertentu (Ton/periode)

Berikut persamaan untuk menghitung konsumsi energi spesifik (KES) industri:

$$\text{Konsumsi Energi Spesifik} = \frac{\text{Konsumsi energi}}{\text{Jumlah Produksi}} \quad (1)$$

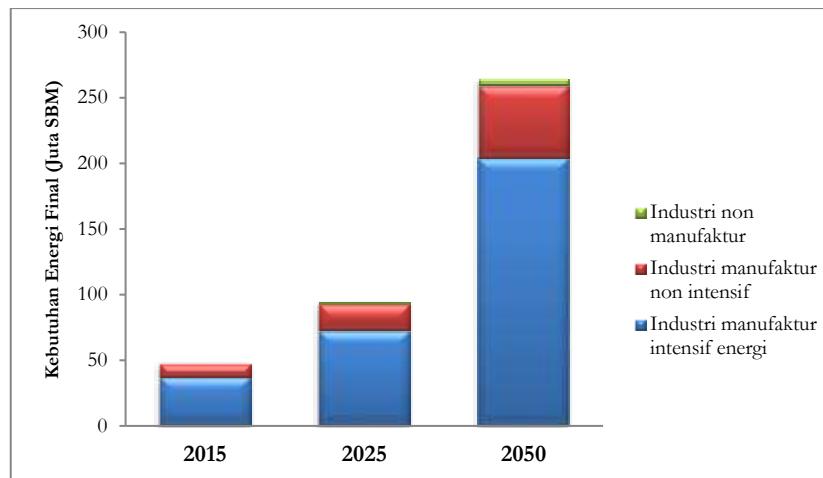
## 4. Perbandingan Konsumsi Energi Spesifik Berbagai Industri di Indonesia dengan Benchmarking

Berdasarkan tingkat konsumsi energi final, sektor industri di Indonesia dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu [2] :

- a. Industri manufaktur intensif energi yaitu kelompok industri pengguna energi tinggi. Contohnya seperti industri pupuk, semen, logam, non logam, makanan dan minuman
- b. Industri manufaktur non intensif energi yaitu kelompok industri pengguna energi menengah. Contohnya seperti industri tekstil
- c. Industri non manufaktur yaitu kelompok industri pengguna energi rendah. Contohnya seperti industry kayu.



Konsumsi energi industri masih didominasi oleh industri manufaktur intensif energi, dapat dilihat pada gambar 3. Konsumsi energi industri total mengalami peningkatan hingga 265 juta SBM pada tahun 2050 menurut scenario BaU. Sehingga untuk melakukan efisiensi energi perlu dihitung berapa konsumsi energi spesifik pada industri tersebut dibandingkan dengan *benchmarking* [2].



Gambar 3. Pangsa Kebutuhan Energi Final Industri Menurut Subsektor dan Skenario BaU [2]

Pada studi ini dilakukan kajian mengenai konsumsi energi spesifik di industri semen, industri gula, industri pupuk, industri logam, dan industri tekstil.

#### 4.1. Industri Semen

Industri semen merupakan salah satu industri manufaktur di Indonesia yang berkembang pesat saat ini. Dalam proses menghasilkan produk semen tersebut membutuhkan konsumsi energi yang tinggi. Dapat dilihat pada tabel 1, perbandingan konsumsi energi spesifik di beberapa industri semen di Indonesia dengan data dari beberapa sumber.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Konsumsi Energi Spesifik Industri Semen dengan *Benchmarking*

Nama Industri	KES (GJ/ton)	Sumber Data	<i>Benchmarking</i>				
			Vivadinar et al, 2016 [4]	Global Average [5]	DCs [5]	ICs [5]	BAT [5]
PT Semen Gresik	3,52	[6]					
PT Semen Padang	3,58	[6]					
PT Semen Tonasa	3,92	[6]					
Thang Long Cement	3,14	[6]	3,48	4,00	3,43- 6,64	3,59- 4,68	3,1
PT. Indocement	3,31	[7]					
PT. Holcim	0,40*	[8]	-	-	0,33- 0,44*	0,39- 0,48*	0,2*

\*Konsumsi energi spesifik pada energi listrik

DCs : *Development Countries*

ICs : *Industrialized Countries*

BAT : *Best Available Technology*

Berdasarkan kajian dari Vivadinar et al (2016)[4], konsumsi energi spesifik PT. Semen Gresik, PT.Semen Padang, dan PT. Semen Tonasa masih diatas *benchmarking*. Sedangkan konsumsi energi spesifik PT. Indocement dan Thang Long Cement masih dalam standar *benchmarking*. Data berdasarkan *global average* dapat dilihat bahwa konsumsi energi spesifik industri semen masuk dalam standar *benchmarking* yang telah

ditentukan. Sedangkan *benchmarking* berdasarkan DCs dan ICs dari data UNINDO, konsumsi energi spesifik di PT. Semen Gresik, PT.Semen Padang, dan PT. Semen Tonasa masuk dalam range standard *benchmarking*, bahkan PT. Indocemet sudah berada dibawah standar *benchmarking*. Konsumsi energi spesifik khususnya energi listrik di PT. Holcim juga masuk dalam range *benchmarking* berdasarkan DCs dan ICs. Tetapi jika dibandingkan dengan standar *benchmarking* BAT, konsumsi energi spesifik industri semen tersebut masih diatas standar yang ditentukan. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa konsumsi energi spesifik industri semen di Indonesia tersebut rata-rata sudah baik, karena sebagian besar sudah memenuhi standar *benchmarking* yang ditentukan.

#### 4.2. Industri Gula

Industri berbasis perkebunan mempunyai kemampuan sebagai *leading sector* dalam pertumbuhan ekonomi, lapangan kerja, dan juga mendorong perbaikan distribusi pendapatan. Salah satu industri hilir perkebunan tersebut adalah industri gula. Dalam proses produksi gula membutuhkan energi panas dan listrik cukup besar. Berikut data konsumsi energi spesifik produksi gula beberapa industri di Indonesia dibandingkan *benchmarking* (Tabel 2). Konsumsi energi spesifik industri gula di Indonesia rata-rata jauh dibawah bechmarking yang ditentukan yang mana dapat dikatakan bahwa konsumsi energi spesifik industri gula tersebut sudah efisien.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Konsumsi Energi Spesifik Industri Gula dengan *Benchmarking*

Nama Industri	KES (GJ/ton)	Sumber Data	<i>Benchmarking</i>				
			Vivadinar et al, 2016 [4]	Global Average [5]	DCs [5]	ICs [5]	BAT [5]
PT. Krebet Baru I	0,9203	[9]					
PT. Laju Perdana	1,4221	[10]	29,06	-	-	-	-
Indah							
PT. Watoetoeolis	9,2276	[11]					

#### 4.3. Industri Pupuk

Industri pupuk merupakan salah satu pilar peyangga ekonomi. Karena peran industri ini sangat besar dalam memacu pertumbuhan sektor pertanian guna memperkuat ketahanan pangan nasional. Besarnya energi yang digunakan pada proses pembuatan pupuk hampir sama dengan industri semen. Dari data tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai konsumsi energi spesifik industri pupuk di Indonesia memenuhi standar *benchmarking* DCs, ICs, dan *global average*, tetapi masih dibawah *benchmarking* BAT. Namun demikian, konsumsi energi spesifik industri pupuk tersebut sudah tergolong baik dan efisien dalam prosesnya.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Konsumsi Energi Spesifik Industri Pupuk dengan *Benchmarking*

Nama Industri	KES (GJ/ton)	Sumber Data	<i>Benchmarking</i>				
			Vivadinar et al, 2016 [4]	Global Average [5]	DCs [5]	ICs [5]	BAT [5]
PT Petrokimia Gresik	35,52	[12]					
PT Pupuk Kujang	32,28	[12]					
PT Pupuk Kalimantan	31,69	[12]					
Timur							
PT Pupuk Iskandar Muda	37,65	[12]					
PT Pupuk Sriwidjaja	38,34	[12]					
Palembang							



#### 4.4. Industri Logam

Industri logam terdiri dari pengolahan besi dan baja, non besi dan baja seperti aluminium, tembaga, *stainless steel*, dan timah. Industri logam membutuhkan konsumsi energi cukup besar dibandingkan industri lainnya. Tabel 4 menunjukkan konsumsi energi spesifik pada industri tembaga, aluminium, dan baja. Industri baja diproduksi oleh PT.Smelting memiliki nilai konsumsi energi sebesar 10,23 GJ/ton tembaga. Nilai konsumsi energi spesifik tersebut masuk dalam standar *benchmarking* secara global, tetapi masih jauh diatas *benchmarking* BAT. Sedangkan produksi aluminium oleh PT.Antam memiliki nilai konsumsi energi spesifik sebesar 103 GJ/ton dimana nilai tersebut sudah memenuhi *benchmarking* secara global. Pada industri logam baja yang diproduksi oleh PT.Krakatau Steel, nilai konsumsi energi spesifik listrik sebesar 3,18 GJ/ton. Nilai konsumsi energi spesifik listrik di PT.Krakatau Steel masih berada diatas standar *benchmarking* referensi, sehingga masih dikatakan boros dalam penggunaan energi.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Konsumsi Energi Spesifik Industri Logam dengan *Benchmarking*

Nama Industri	KES (GJ/ton)	Sumber Data	<i>Benchmarking</i>				
			Vivadinar et al, 2016 [4]	Global Average [5]	DCs [5]	ICs [5]	BAT [5]
PT. Smelting	10,2272	[13]	-	13,8	-	-	6,3
PT. Antam	72,4779	[14]	-	103	-	-	-
PT. Krakatau Steel	3,1752*	[15]	2,81-3,06*	1,45*	1,4- 2,2*	1,16- 1,4*	1

\*Konsumsi energi spesifik pada energi listrik

#### 4.5. Industri Tekstil

Industri tekstil dan produk tekstil merupakan salah satu industri yang di prioritaskan untuk dikembangkan karena memiliki peran yang strategis dalam perekonomian nasional yaitu sebagai penyumbang devisa negara, menyerap tenaga kerja dalam jumlah cukup besar, dan sebagai industri yang diandalkan untuk memenuhi kebutuhan sandang nasional. Industry tekstil masuk dalam kategori pengguna energi menengah. Proses utama dalam industri tekstil yaitu *spinning*, *weaving*, dan *finishing*. Konsumsi energi spesifik pada industri tekstil dapat dilihat pada tabel 5. Meskipun proses *spinning* membutuhkan konsumsi energi spesifik yang lebih kecil namun penggunaan listrik pada proses ini paling tinggi dibandingkan dengan proses *weaving* dan *finishing* [4]. Dari data pada tabel 5 dapat disimpulkan bahwa nilai konsumsi energi spesifik untuk proses *spinning*, *wearing*, dan *finishing* memenuhi standar *benchmarking* yang ditentukan. Dengan demikian, proses pada industri tekstil di Indonesia dinilai sudah efisien.

Tabel 5. Perbandingan Nilai Konsumsi Energi Spesifik Industri Tekstil dengan *Benchmarking*

Nama Industri	KES (GJ/ton)	Sumber Data	<i>Benchmarking</i>				
			Vivadinar et al, 2016 [4]	Global Average [5]	DCs [5]	ICs [5]	BAT [5]
Spinning	2,565	[4]	3,48-3,56	-	3,5- 3,6	3,5-3,6	-
Weaving	4,715	[4]	5,01-42,95	-	5-43	11-65	-
Finishing	8,35	[4]	47,72	-	-	-	-



## 5. Kesimpulan

Sektor industri memiliki peran penting dalam penggunaan energi. Proyeksi hingga tahun 2050, konsumsi energi semakin meningkat disektor industri, baik industri manufaktur intensif energi, baik industri manufaktur non intensif, dan industri non manufaktur. Dari kajian konsumsi energi spesifik yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa masih ada beberapa industri yang nilai konsumsi energi spesifiknya belum memenuhi standar *benchmarking* yang ditentukan. Sehingga industri-industri tersebut berpotensi untuk melakukan efisiensi energi sesuai dengan peraturan yang ditetapkan pemerintah. Efisiensi energi tersebut dapat tercapai dengan adanya manajemen sumber daya yang, SOP, dan maintenance yang baik. Dengan mengoptimalkan potensi efisiensi energi maka Indonesia dapat memperoleh banyak manfaat seperti meningkatkan daya saing, membuka lapangan kerja dan memperbaiki ketahanan energi, serta tingkat pertumbuhan energi juga dapat melambat.

## Referensi

- [1] IEA, “Energy Efficiency 2017,” 2017.
- [2] D. energi Nasional, “Outlook Energi Indonesia.” 2016.
- [3] F. Ira, Anindhita, S. Agus, M. A. W. Laode, and Adiarso, *Indonesia Energy Outlook 2017*. 2017.
- [4] Y. Vivadinar, W. W. Purwanto, and A. H. Saputra, “Tracing the energy footprints of Indonesian manufacturing industry,” *Energy Sci. Eng.*, vol. 4, no. 6, pp. 394–405, 2016.
- [5] UNIDO, “Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking,” *An Energy Policy Tool*, no. November, 2010.
- [6] “Enhancing Tomorrow,” *Lap. Keberlanjutan 2017*, 2017.
- [7] “PENGELOLAAN LINGKUNGAN UNTUK PEMENUHAN PROPER KATEGORI HIJAU / EMAS PT INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA Tbk . UNIT PALIMANAN - CIREBON Jl . Raya Cirebon – Bandung KM 20 , Gempol,” no. 0231, 2013.
- [8] L. P. Berkelanjutan, “The ACE for Sustainability,” 2016.
- [9] B. A. Raharjo, W. Unggul, and H. Suyono, “Studi Analisis Konsumsi dan Penghematan Energi di PT. P.G. Krebet Baru I,” *Univ. Bravijaya*.
- [10] A. D. Pratama and Suharyanto, “Audit Energi Listrik di PT. Laju Perdana Indah,” *Univ. Gajah Mada*, 2015.
- [11] T. Odinanto and A. S. Anggoro, “Peningkatan Efisiensi Listrik Melalui Audit dan Konservasi Energi di PG Watoetoelis,” *Inst. Teknol. Adhi Tama Surabaya*.
- [12] “Bersinergi dan Bertumbuh,” *Lap. Berkelanjutan 2017*, 2017.
- [13] A. Sugiyono, “Kebutuhan dan Penyediaan Energi di Industri Smelter Tembaga,” pp. 50–56, 2013.
- [14] R. Irawan, “Kebutuhan dan Penyediaan Energi di Industri Smelter Aluminium,” no. July, pp. 42–49, 2013.
- [15] S. Growth, “2015 Efficiency for Sustainable Growth,” 2015.



Pemakalah :  
Esa Nur Shohih  
14.25 – 14.40 WIB

Pertanyaan :	Jawaban :
1. Holchim kenapa beda? Saran : - Untuk konsumsi energi batch perlu pakai energi spesifik dari semua penggunaan energi listrik. - Ada ditinjau tiap industri potensi energi terbesar pada bagian apa dan nantinya itu bisa ditinjau untuk peningkatan efisiensi energinya. (Joko Waluyo)	1. -
2. Pembandingnya bagaimana untuk industri logam? (Sperisa Distantina)	2. Dari hasil konsumsi energi listrik tiap industri. Krakatau steam pembandingnya dengan industri logam.
3. Saran : bisa sampai heat integrasi supaya tau yang bocor bagian mana. Pembandingnya dari literature dari hasil efisiensi energi dan kapasitas produksinya. (Hadiatni Rita Priyanti)	3. -



# Biostimulan Bioremediasi dari Limbah Organik Pasar Sebagai Solusi Pencemaran Limbah Pertambangan Minyak

Hanif Abdillah<sup>1</sup>, Nindy Septian Cahyarini<sup>2</sup>, dan Muhammad Arief Mahardhika<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang dan Gunung Anyar Tambak, Gunung Anyar, Surabaya

<sup>2</sup>Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang dan Desa Pojok, Kec. Campurdarat, Kab. Tulungagung

<sup>3</sup>Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang dan Kuwiran, Kec. Banyudono, Kab. Boyolali

E-mail: <sup>1</sup>cakhanif.abd@gmail.com, <sup>2</sup>nindyseptianc@gmail.com, <sup>3</sup>mahardhika868@gmail.com

**Abstrak.** Limbah organik pasar di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan yang inovatif adalah menjadikannya sebagai biostimulan untuk bioremediasi limbah pertambangan minyak. Bioremediasi merupakan revitalisasi lahan tercemar menggunakan mikroba yang ditambahkan dengan stimulan organik maupun anorganik. Biostimulan diproduksi dengan fermentasi limbah organik pasar menggunakan kultur Effective Microorganisme (EM-4). Peningkatan nilai unsur hara nitrogen dan fosfor mencapai 20% dengan penambahan sekam padi, tetes tebu, dan urine kelinci. Berdasarkan hasil uji kandungan N,P,K,C-Organik dan kandungan air yang terdapat pada biostimulan dari limbah organik pasar dengan variabel penambahan EM4 5% secara berurutan memiliki kandungan 690 ppm; 100 ppm; 1270 ppm; 1270 ppm; 979.900 ppm, pada variable penambahan EM4 10% memiliki kandungan 830 ppm; 110 ppm; 1760 ppm; 11.800 ppm; 967.200 ppm dan pada variabel penambahan EM4 15% memiliki kandungan 830 ppm; 900 ppm; 1690 ppm; 12.330 ppm; 965.700 ppm. Proses bioremediasi menggunakan sampel tanah tercemar limbah tambang minyak dari Pertambangan Minyak Ledok, Cepu dan sampel pembanding berupa tanah yang dicemari oli bekas. Penggunaan limbah organik pasar sebagai biostimulan mampu menurunkan kadar hidrokarbon 94,6026% untuk tanah tercemar oli bekas dan mampu menurunkan 48,4672% pada tanah tercemar limbah tambang minyak. Proses bioremediasi ini dilakukan dalam kurun waktu satu minggu. Pemanfaatan limbah organik pasar sebagai biostimulan proses bioremediasi merupakan terobosan yang dapat mengatasi masalah limbah pasar dan pencemaran tanah akibat limbah pertambangan minyak.

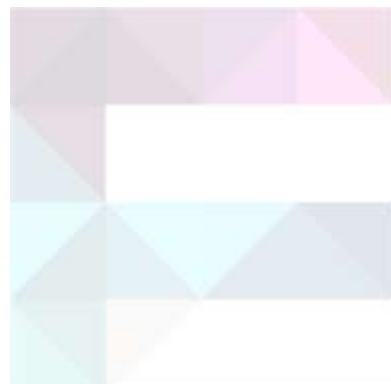
**Kata kunci:** bioremediasi, biostimulan, limbah organik pasar, limbah pertambangan minyak

**Abstract.** Market's organic waste in Indonesia has not been optimally utilized. The innovative utilization is to make it as bioremediation stimulant for oil mining contaminant. Bioremediation is a revitalization process of contaminated land using microbes that are added by organic or inorganic stimulant. Bio-stimulant was produced by fermentation of market's organic waste using Effective Micro-Organism 4 (EM4). The increase of nitrogen (N) and phosphorus (P) nutrient value reaches 20% by adding rice husk, molasses, and rabbit urine. Based on the test result of N, P, K, organic-C, and water content on bio-stimulant with addition of 5% EM4 continuously 690 ppm; 100 ppm; 1270 ppm; 1270 ppm; 979.900 ppm. Bio-stimulant with addition of 10% EM4 has N, P, K, organic-C, and water content continuously 830 ppm; 110 ppm; 1760 ppm; 11.800 ppm; 967.200 ppm. Bio-stimulant with addition of 15% EM4 has N, P, K, organic-C, and water content continuously 830 ppm; 900 ppm; 1690 ppm; 12.330 ppm; 965.700 ppm. Oil contaminated soil was obtained from Ledok Oil Mining in Cepu. Soil with lubricants contaminant was used as simulation sample. Utilization of market organic waste as bio-stimulant can decrease



total petroleum hydrocarbon (TPH) content lubricant contaminated soil for 94.6026% and 48.4672% on oil contaminated soil. This result was obtained for one-week bioremediation process. Utilization of market's organic waste as bio-stimulant is a breakthrough innovation that can overcome the problem both of market waste and oil-mining contaminated soil.

**Keywords:** bioremediation, stimulant, market's organic waste, oil mining contamination





## 5. Pendahuluan

Sampah merupakan barang buangan yang dianggap tidak berguna lagi namun perlu dikelola agar tidak memberikan dampak negatif kepada lingkungan. Sebagai contoh, sampah di Pasar Ungaran Kabupaten Semarang yang telah menumpuk akan langsung dibuang di TPA Blondo, Bawen tanpa ada pengolahan lebih lanjut. Sedangkan produksi sampah di Pasar Ungaran per harinya mencapai 10 ton atau satu bak truk sampah (Data Kelurahan Ungaran, 2017). Jumlah sampah organik berkisar antara 82-95%, sampah kertas 1-7%, dan sampah plastik 4-12% (Chandau, 2012). Limbah organik pasar mengandung kadar N,P dan K cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biostimulan organik yang memiliki nilai manfaat tinggi. Biostimulan organik memiliki kandungan unsur hara seperti nitrogen (N) dan fosfor (P) sehingga memiliki kemampuan untuk mengembalikan kesuburan tanah yang telah tercemar limbah tambang minyak. Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh perindustrian minyak merupakan permasalahan yang serius. Sifat fisik dan kimia tanah yang tercemar akan mengalami perubahan dengan adanya pencemaran tersebut (Mukaromah, 2014). Salah satu contoh kasus pencemaran tanah oleh rembesan crude oil terjadi di Kabupaten Bojonegoro yang berada di wilayah Kecamatan Kadewan. Salah satu Proses biologis yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan pencemaran tanah oleh tambang minyak yaitu proses bioremediasi.

Bioremediasi adalah penghilangan, pemutusan, maupun pengubahan ikatan kimia dari kontaminan sehingga berubah menjadi senyawa yang lebih aman oleh bantuan mikrobia (Agamuthu, 2013). Bioremediasi merupakan proses yang paling menguntungkan karena biaya yang lebih murah serta waktu yang dibutuhkan tidak terlalu lama (Haghollahi, 2016). Dengan proses bioremediasi, lahan yang telah tercemar dapat dimanfaatkan lagi menjadi lahan hijau karena kontaminan telah dihilangkan dan unsur hara di tanah telah direvitalisasi.

Peningkatan kadar nitrogen dan fosfor pada biostimulan berbahan baku sampah organik pasar dapat dilakukan dengan penambahan urin kelinci. Urin kelinci mengandung kadar nitrogen paling banyak dibandingkan bahan yang lain sehingga mampu meningkatkan kadar nitrogen pada biostimulan.

Keterkaitan yang erat antara limbah organik pasar yang dapat diolah menjadi pupuk cair dan dimanfaatkan sebagai biostimulan bioremediasi limbah tambang minyak akan menghasilkan suatu inovasi yang sangat bermanfaat dan menjadi salah satu cara untuk mengembangkan ilmu penelitian

## 6. Metode

### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah organik pasar yang terdiri dari buah, sayur, dan rimpang yang diambil dari Pasar Ungaran Kabupaten Semarang, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, toluene (Analar grade), urine kelinci dan EM4, tetes tebu, dan dedak padi. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin pencacah, shaker, spectrophotometer, satu set alat-alat beaker glass, pipet volume, pipet ukur, Erlenmeyer, cuvet, gelas ukur, drum plastik 5 liter, timbangan, ember, selang.

### 2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu pembuatan biostimulan, analisis komposisi biostimulan, proses bioremediasi menggunakan biostimulan, uji tingkat pencemaran setelah bioremediasi.

#### 2.2.1 Pembuatan Biostimulan

Limbah organik pasar (sayur 70% (b/b), buah 20% (b/b), bumbu dan lain-lain 10% (b/b), dicacah menggunakan mesin pencacah, selanjutnya diperas dan diambil sari patinya. Saripati diencerkan dengan air (50:50, v/v) dan diperkaya dengan dedak padi, masing-masing sebanyak 10 gram/liter campuran bahan. Sementara itu, kultur mikroba dibuat dari EM4 yang dicampur dengan urine kelinci dan tetes tebu sebagai media pertumbuhan mikroorganisme. Kondisi dari media pertumbuhan dijaga pada temperatur 30°C. Campuran bahan selanjutnya diinokulasi dengan kultur mikroba dan difermentasi secara anaerobik selama 21 hari.



## 2.2.2 Proses Bioremediasi

Tanah yang tercemar oleh limbah tambang minyak diambil langsung dari penambangan minyak tradisional di CEPU, selain itu tanah yang diuji juga menggunakan tanah yang dicampur oli bekas (Agamuthu, 2013). Tanah dengan massa 1,5 kg dipisahkan dari pengotor, kemudian masing-masing dimasukkan kedalam wadah dengan label 1 s.d 20 Masing-masing tanah dicampur dengan oli bekas 10% (b/b) atau 150 gram dan didiamkan selama dua hari. Setelah dua hari, biostimulan diberikan secara merata kedalam tanah dengan label 2 s.d 10; 12 s.d 20 digunakan sebagai variabel kontrol dimana tidak ada perlakuan lain terhadap tanah yang telah dicampur dengan oli bekas. Tanah label 1 dan 11 Tanah diinkubasi pada temperatur ruangan ( $30^{\circ}\text{C}$ ).

## 2.2.3 Pengujian Komposisi Biostimulan

Biostimulan yang selesai difermentasi kemudian diuji kandungan N,P,K, C-organik dan kadar air yang terkandung di dalamnya, metode uji ditunjukan dalam tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.2. Metode Pengujian N,P,K,C-organik dan Kadar air

Sampel	Metode Pengujian
C organik	<i>Walkley – Black Methode</i>
N total	<i>Kjeldahl</i>
P total	<i>SSA</i>
K total	<i>SSA</i>
Kadar Air	SNI 01-2891-1992 Btr 5.1

## 2.2.4 Uji Tingkat Pencemaran Setelah Bioremediasi

Pengujian ini ditujukan untuk mengukur perubahan kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) sebelum dan sesudah proses bioremediasi. Sodium sulfat anhidrat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) sebanyak 2 gram ditambahkan ke sampel tanah 1 s.d 20 untuk menyerap kandungan minyak di dalam tanah. Kandungan hidrokarbon dari tanah dapat diketahui dengan mencampurkan 10 gram sampel tanah ke 20 ml toluene di dalam Erlenmeyer 250 ml. Setelah proses shaking selama 60 menit dengan kecepatan 200 rpm, disaring untuk mendapatkan fasa liquid dan ekstrak yang dihasilkan, kemudian ekstrak yang dihasilkan diukur dengan spectrophotometer pada panjang gelombang 420 nm. TPH pada tanah diestimasi menggunakan kurva kalibrasi yang didapatkan dari panjang gelombang terpanjang dari oli bekas yang dilarutkan pada toluene.

## 7. Hasil dan Pembahasan

### 7.1. Hasil Uji Produk biostimulan

Produk biostimulan memiliki kandungan N, P, K dan C-organik yang tinggi. Hal ini berdasarkan hasil pengujian hasil fermentasi biostimulan berbahan baku sampah organik pasar. Pengujian dilakukan dilaboratorium Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang. Hasil pengujian ditunjukan pada tabel 3.1- tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Hasil uji sampel variabel 5%

Sampel	Ppm
C organik	5500
N total	690
P total	100
K total	1270
Kadar Air	967.200



Tabel 3.2 Hasil uji sampel variabel 10%

Sampel	Ppm
C organik	11.800
N total	830
P total	110
K total	1760
Kadar Air	967.200

Tabel 3.3 Hasil uji sampel variabel 15%

Sampel	Ppm
C organik	12.330
N total	830
P total	900
K total	1690
Kadar Air	965.700

Variabel 5%;10%;15% didasarkan pada konsentrasi pemberian EM4, apabila dianalisis dari hasil uji sampel dapat diketahui bahwa pemberian EM4 dengan kadar 15% memiliki kandungan unsur-unsur yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan variabel 5% dan 10%. Sementara itu produk biostimulan berbahan baku sampah organik pasar dibandingkan dengan kandungan biostimulan yang telah beredar dipasaran dan dibandingkan dengan produk pupuk organik cair (POC) berbahan baku kotoran kambing, kandungan unsur-unsur biostimulan yang beredar dipasaran ditunjukkan pada tabel 3.4 dan kandungan unsur-unsur POC ditunjukkan pada tabel 3.5 sebagai berikut :

Tabel 3.4 Kandungan biostimulan dipasaran

Sampel	ppm
C organik	1270
N total	410
P total	1490
K total	590

Tabel 3.5 Kandungan POC berbahan baku kotoran kambing

Sampel	ppm
C organik	510
N total	170
P total	80
K total	2510
Kadar Air	990.800

Biostimulan berbahan baku sampah organik pasar memiliki kandungan N,P,K dan C-organik yang lebih besar jika dibandingkan dengan produk biostimulan yang beredar dipasaran dan POC berbahan baku kotoran kambing. Produk biostimulan berbahan baku sampah organic pasar berpotensi untuk menjadi produk biostimulan unggulan. Sementara itu menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70 tahun 2011, tentang pupuk organik, pupuk hayati dan pembenhah tanah, persyaratan teknis minimal pupuk cair organik adalah sebagai berikut, ditunjukkan pada tabel 3.6:



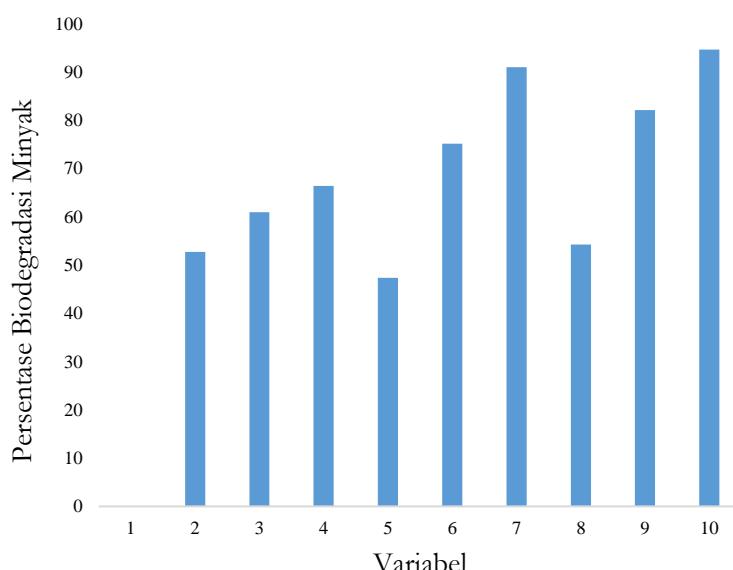
Tabel 3.6 Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Cair Organik

Sampel	Satuan	Standar Mutu
C organik	%	Min 6
N total	%	3-6
P total	%	3-6
K total	%	3-6
Kadar Air	%	15-25

Berdasarkan Permentan Nomor 70 tahun 2011 dapat disimpulkan bahwa produk biostimulan berbahan baku sampah organik pasar memenuhi syarat sebagai biostimulan.

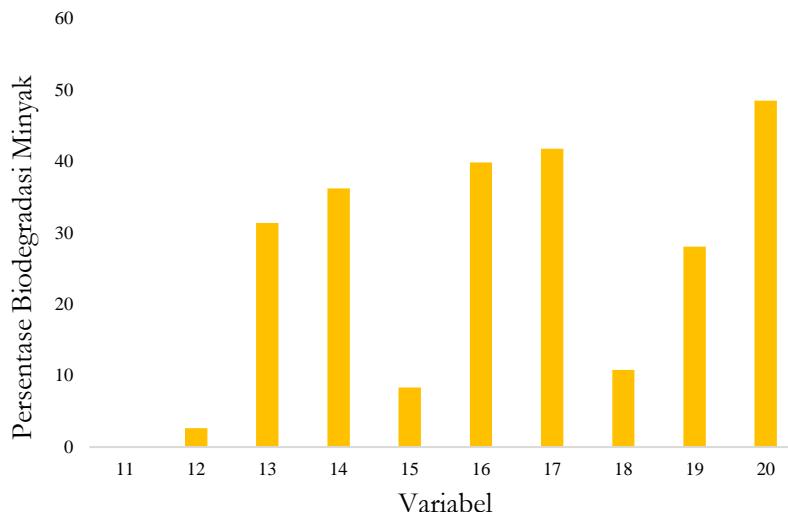
## 7.2. Hasil Bioremediasi limbah tambang minyak menggunakan Biostimulan

Bioremediasi dapat diterapkan pada lahan yang tercemar pestisida, pencemaran logam berat, pencemaran oleh minyak bumi dan lain sebagainya. Produk biostimulan berbahan baku sampah organik pasar diaplikasikan pada tanah tercemar limbah tambang minyak. Sampel limbah tambang minyak diambil dari penambangan minyak tradisional yang terletak di kecamatan Cepu, Kabupaten Blora. Tanah tercemar limbah tambang minyak diinkubasikan dengan biostimulan BOW dengan kadar pemberian biostimulan 5% b/b; 10% b/b dan 15% b/b pada suhu ruangan (25-30 °C). Hasil bioremediasi menunjukkan tingkat penurunan kandungan minyak dari oli bekas didalam tanah ditunjukan pada gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Grafik Persentase Biodegradasi Oli Bekas

Pada grafik tersebut menunjukan persentase tingkat penurunan kadar hidrokarbon yang dianalisis menggunakan spektrofotometri. Pada grafik menunjukan proses biodegradasi menggunakan berbagai variabel, tingkat degradasi terbesar terjadi pada variabel 7 dan 10 yaitu biostimulan dengan konsentrasi 15% dan kadar pemberian biostimulan sebesar 15% (b/b). Tingkat penurunan Biodegradasi tanah tercemar limbah minyak ditunjukan pada gambar 3.2 sebagai berikut :



Gambar 3.2 Grafik Persentase Biodegradasi Minyak

Pada gambar 3.2 menunjukkan persentase Biodegradasi Minyak. Persentase biodegradasi pada tanah tercemar limbah tambang minyak dengan menggunakan berbagai variabel. Pada gambar tersebut dapat disimpulkan tingkat penurunan kadar hidrokarbon teringgi adalah sampel nomor 17 dan 20 yaitu biostimulan dengan konsentrasi 15% dan kadar pemberian biostimulan sebesar 15% (b/b).

## 8. Kesimpulan

Biostimulan Organic Waste (BOW) berbahan baku sampah organik pasar memiliki nilai unsur-unsur C-organik, N, P dan K yang tinggi yaitu sebesar 12.330 ppm; 830 ppm; 900 ppm; 1690 ppm. Nilai unsur-unsur biostimulan berbahan baku sampah organik pasar lebih tinggi jika dibandingkan dengan produk yang dijual dipasaran selain itu nilai unsur-unsurnya juga lebih tinggi jika dibandingkan dengan produk Pupuk Organik Cair berbahan baku kotoran kambing. Nilai unsur-unsur Biostimulan Organic Waste (BOW) telah memenuhi Persyaratan Teknis minimal pupuk cair organik dan pembenah tanah. Hasil pengujian penurunan tingkat kadar hidrokarbon menunjukan adanya penurunan jumlah hidrokarbon terlarut dalam tanah yakni 94,6026% untuk tanah tercemar limbah oli sementara itu BOW mampu menurunkan 48,4672% pada tanah tercemar limbah tambang minyak sehingga Pemanfaatan BOW sebagai biostimulan proses bioremediasi merupakan terobosan yang dapat mengatasi masalah limbah pasar dan pencemaran tanah akibat limbah pertambangan minyak.

## Daftar Pustaka

- [8] Agamuthu P, Tan YS, Fauziah. 2013. Bioremediation of Hydrocarbon Contaminated Soil Using Selected Organic Waste. 2013 International Symposium on Environmental Science and Technology
- [9] Asuma S, Edwards GC, Fitzgerald-Hubble CR, Halfpenny-Mitchell L., Gillespie TJ, Mortimer WP. Volatile Hydrocarbon Emission from a Diesel Fuel Contaminated Soil Bioremediation Facility. Air Waste Manage. Assoc, 2002; 52: 769-780.
- [10] Badan Pusat Statistik. 2017. www.bps.go.id diakses pada tanggal 15 Oktober 2017
- [11] Basharudin H. 2008. Bioremediation of Oil Contaminated Wastewater using Mixed Culture. Master Dissertation, Universiti Malaysia Pahang,
- [12] Hadisuwito, S. 2007. Membuat Pupuk Kompos Cair. Jakarta: AgroMedia Pustaka.
- [13] Haghollahi A, Fazaelipoor MH, Schaffie M. 2016. The Effect of Soil Type on the Bioremediation of Petroleum Contaminated Soils. Journal of Environmental Management. Mineral Industries Research Center, Iran.
- [14] Mukaromah E, Prijambada ID, Widada J, Ma's A. 2014. Studi Makrokosmos Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Melalui Inokulasi Mikroorganisme dan Pemberian Nutrisi Berulang. Yogyakarta: Repository Universitas Gadjah Mada



- [15] Nandi. 2006. Minyak Bumi dan Gas. Handout Geologi Lingkungan Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung
- [16] Nurdyanti D, Utami AS, Bastian N, Johan. 2017. Pemanfaatan Limbah Organik Pasar sebagai Bahan Pupuk Kompos untuk Penghijauan di Lingkungan Masyarakat Kota Cirebon. Yogyakarta: The 5th URECOL Proceeding.
- [17] Rosenberg E, Ron EZ. 1996. Bioremediation of Petroleum Contamination. Cambridge: Cambridge University Press
- [18] Sang-Hwan L, Seokho L, Dae-Yeon K, Jeong-gyu K. 2007. Degradation Characteristic of Waste Lubricants under Different Nutrient Conditions.





Pemakalah :

Muhammad Arief Mahardhika

11.23- 11.36 WIB

<p>Pertanyaan :</p> <p>1. - Menggunakan limbah organik dari pasar, mengapa masih perlu mencampurkan dengan urin kelinci, dsb? Padahal pakai feses kambing, dsb tidak efektif.</p> <p>- Kenapa memilih tanah yang tercampur oli dan minyak? (Zahwa)</p> <p>2. Bagaimana mekanisme bioremediasi dan butuh waktu berapa lama? Untuk aplikasinya untuk insitu atau exsitu? (Wusana)</p>	<p>Jawaban : B</p> <p>1. - Bioremediasi perlu menggunakan mikroorganisme. Kalau hanya menggunakan sayur, nitrogen, dan fosfornya bila difementasi dengan EM4 dirasa kurang sehingga ditambah urin dan dedak padi untuk sumber karbon mikroorganisme.</p> <p>- Memilih tanah oli karena biasanya oli sering digunakan dan sering mencamari tanah. Sehingga menguji oli dan minyak. Terbukti oli dapat dilakukan bioremediasi, sedangkan minyak membutuhkan proses yang lebih lama.</p> <p>2. Mekanisme : tidak meneliti secara langsung. Yang kami tau terdiri dari yeast dan berbagai bakteri. Bakteri yang berperan adalah bakteri asam laktat. Proses bioremediasi berkisar 3 bulan.</p> <p>Model penelitiannya dituangkan langsung ke tanah, kendalanya untuk insitu butuh biostimulan yang banyak. Untuk exsitu dirasa kurang efektif.</p>
---	--



# Penanganan Sampah untuk Mendukung Pariwisata Desa Labuhan Kertasari Kecamatan Taliwang Kabupaten Sumbawa Barat

Bagas Kiswanton<sup>1,a</sup>, Muhamad Eko Saputro<sup>1,b</sup>, Ulfa Hardila Gitasari<sup>1,c</sup>, Restu Ari Nugroho<sup>1,d</sup>, Aan Hanung Wicaksono<sup>1,e</sup>, Shofirul Sholikhatun Nisa<sup>1,f</sup>, Sperisa Distantina<sup>1,g\*</sup>, Inayati<sup>1,h</sup>, Sunu Herwi Pranolo<sup>1,i</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A Jebres, Surakarta 57126

Email : <sup>a</sup>bagaskiswanton@gmail.com, <sup>b</sup>ekosaputro1997@gmail.com, <sup>c</sup>ulfahardila21@gmail.com, <sup>d</sup>restuarinugroho@gmail.com, <sup>e</sup>aanhannung28@gmail.com, <sup>f</sup>shofirulnisa@gmail.com, <sup>g</sup>sperisa\_distantina@staff.uns.ac.id, <sup>h</sup>inayati@staff.uns.ac.id, <sup>i</sup>Sunu\_pranolo@staff.uns.ac.id  
(\*Corresponding author)

**Abstrak.** Desa Labuhan Kertasari merupakan desa yang memiliki potensi pariwisata berbasis rumput laut. Hasil pertanian yang melimpah dapat menyebabkan banyak sampah yang menumpuk. Penanganan sampah perlu dilakukan untuk mendukung terwujudnya Desa Labuhan Kertasari menjadi desa pariwisata bersih sampah. Tujuan tulisan ini adalah menyajikan beberapa cara penanganan sampah yang mendukung pariwisata itu. Penanganan sampah yang dilakukan melalui edukasi *reduce, reuse* dan *recycle* kepada masyarakat Labuhan Kertasari terutama anak-anak, melalui kegiatan pengumpulan sampah plastik di pinggir pantai dan pemanfaatan limbah bonggol jagung sebagai bahan baku kerajinan. Berdasarkan pengamatan di lapangan, metode penanganan sampah plastik dan bonggol jagung yang telah dilakukan diharapkan meningkatkan produktivitas rumput laut karena lautnya bersih, sehingga mendukung kesejahteraan ekonomi masyarakat Labuhan Kertasari melalui pariwisata berbasis rumput laut.

**Kata kunci:** Rumput laut, pariwisata, Labuhan Kertasari, sampah.

**Abstract.** Labuhan Kertasari Village has seaweed-based tourism potential. Huge amount of agricultural product made a huge waste production too. Waste handling needs to be done to support Labuhan Kertasari Village waste free. This article will show some ways to handling the waste so later support the tourism itself. The ways of handling the waste are by teaching reduce, reuse and recycle to Labuhan Kertasari Village community, especially children. We did some activities; collecting plastic waste on the beach and utilize corncob as main material for crafts. This method hopefully can rising the productivity from seaweed farming and later can support the village by seaweed-based tourism.

**Keywords:** Seaweed, tourism, Labuhan Kertasari, waste.



## 1. Pendahuluan

Desa Labuhan Kertasari, Kecamatan Taliwang, Kabupaten Sumbawa Barat merupakan desa penghasil utama rumput laut dari Pulau Sumbawa. Mayoritas penduduk di desa tersebut memiliki mata pencarian sebagai petani rumput laut, sehingga sebagian besar wilayah pantai banyak digunakan sebagai ladang untuk budidaya rumput laut. Selain terkenal karena potensi rumput laut, Desa Labuhan Kertasari juga memiliki potensi lain mulai dari peternakan, perikanan, pertanian, dan pariwisata serta sumber daya manusia yang memiliki jiwa kreativitas yang tinggi.

Sebagai salah satu desa pesisir yang berada di Kabupaten Sumbawa Barat, Desa Labuhan Kertasari memiliki potensi wisata dengan nilai keindahan alam yang tinggi. Pantai-pantai di desa tersebut menjadi daya tarik bagi wisatawan domestik maupun internasional. Sebagian besar pantai di Desa Labuhan Kertasari dapat dimanfaatkan sebagai sarana olahraga *surfing* yang banyak diminati oleh wisatawan Internasional dengan tingginya ombak yang sempurna<sup>[1]</sup>. Akan tetapi, dengan banyaknya wisatawan yang datang ke Desa Labuhan Kertasari menimbulkan permasalahan sampah bagi desa. Banyak sekali dijumpai sampah-sampah terutama plastik yang berserakan di pantai-pantai tersebut akibat kurangnya kesadaran wisatawan. Hal ini diperparah dengan masih sedikitnya tempat sampah di masing-masing pantai sehingga banyak sekali tumpukan sampah.

Permasalahan sampah desa tidak hanya berasal dari wisatawan saja, akan tetapi dari hasil pertanian warga terutama jagung. Dalam setahun petani jagung di Desa Kertasari dapat memproduksi kurang lebih sekitar 3.600 ton dalam setahun. Dengan hasil panen yang sangat melimpah, masyarakat masih kurang dalam mengolah sumber daya alam tersebut. Para petani jagung hanya menjual biji jagungnya saja, sedangkan bonggol jagungnya dibuang begitu saja. Sehingga bonggol-bonggol jagung ini menjadi tumpukan limbah dan banyak sekali ditemukan di kebun warga. Padahal dari bonggol jagung ini bisa dimanfaatkan misalnya diolah menjadi kerajinan tangan sehingga dapat memberikan nilai ekonomis bagi warga Labuhan Kertasari.

Penanganan terhadap permasalahan sampah perlu dilakukan untuk mendukung terwujudnya Desa Labuhan Kertasari menjadi desa pariwisata bersih sampah. Tujuan tulisan ini adalah menyajikan hasil pengamatan keterlibatan pengabdian kepada masyarakat tim Kuliah Kerja Nyata Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (KKN PPM) mahasiswa Universitas Sebelas Maret (UNS) Juli-Agustus 2018 dibeberapa cara penanganan sampah yang telah dilakukan sebagian masyarakat setempat untuk mendukung pariwisata berbasis rumput laut. Tulisan ini diharapkan dapat menjadi salah satu acuan program pengelolaan sampah.

## 2. Metode

Berdasarkan pengamatan dan wawancara antara tim penulis (anggota KKN dan dosen pembimbing lapangan KKN) dengan masyarakat desa Labuhan Kertasari, metode yang telah dilakukan untuk mengatasi problem sampah di pantai di sekitar pantai Labuhan kertasari adalah:

1. program kegiatan edukasi *reduce, reuse* dan *recycle* kepada masyarakat Labuhan Kertasari terutama anak-anak,
2. program kegiatan pengumpulan sampah plastik di pinggir pantai,
3. kegiatan pemanfaatan limbah bonggol jagung sebagai bahan baku kerajian yang dapat memberikan nilai ekonomis bagi warga Desa Labuhan Kertasari.

Kegiatan edukasi dilakukan bersamaan dengan pengumpulan sampah plastik di pinggir pantai melibatkan sekitar 20 anak-anak Labuhan Kertasari setiap hari Minggu. Kegiatan ini telah dilakukan sejak bulan Januari 2018 sampai dengan Agustus 2018.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Mengatasi Permasalahan Sampah di Pantai

Desa Labuhan Kertasari memiliki enam titik pantai yang sebagian besar pantai tersebut banyak ditemukan sampah, terutama sampah plastik. Akibatnya menimbulkan beberapa dampak negatif seperti dapat mengganggu produktivitas rumput laut karena laut yang kotor dan dapat mengurangi daya tarik wisatawan yang datang karena kesan pantainya yang kotor. Program kegiatan edukasi dan pengumpulan sampah oleh anak-anak mampu mengurangi sampah di ladang rumput laut, sehingga produktivitas rumput laut dapat meningkat. Kegiatan ini didukung para orang tua petani rumput laut. Kondisi pantai sebelum (Gambar 1)



dan setelah dilakukan program kegiatan ini (Gambar 2) juga mampu menambah jumlah wisatawan yang berkunjung di pantai setempat.



Gambar 1. Kondisi pantai Kertasari dengan sampah plastik



Gambar 2. Kondisi pantai Kertasari setelah beberapa kali program kegiatan penanganan sampah plastik

Kegiatan edukasi sampah mengenalkan kepada anak-anak setempat tentang konsep pengelolaan sampah, yaitu konsep *reduce*, *reuse* dan *recycle* yang telah banyak diterapkan di beberapa negara [2][3][4].. Usaha *reduce* (pengurangan) penggunaan plastik sebagai bahan kemasan mulai dikampanyekan. Namun, karena sifat kemasan plastik lebih unggul dibandingkan kemasan lain, seperti kertas, kaca dan logam, menjadikan penggunaan plastik sulit untuk dikurangi. Usaha *reuse* sampah perlu memperhatikan kandungan kimia yang berbahaya dalam sampah<sup>[5]</sup>. Beberapa jenis sampah tidak direkomendasikan untuk dimanfaatkan setelah digunakan. Konsep pengolahan sampah plastik yang lain adalah *recycle* atau mendaur ulang sehingga sampah plastik dapat dikembalikan menjadi plastik dengan sifat utamanya tidak berubah.

Ketiga konsep tersebut dilaksanakan dalam suatu kegiatan edukasi kepada masyarakat Labuhan Kertasari terutama anak-anak dengan rentang usia 4-13 tahun. Anak-anak menjadi sasaran kegiatan edukasi karena usia yang paling efektif untuk ditularkan kebiasaan-kebiasaan baik seperti membuang sampah pada tempatnya, beretika baik terhadap lingkungan serta memiliki karakter yang kuat tanpa meninggalkan identitas mereka sebagai putra daerah yang mencintai budaya adat dan istiadat mereka sendiri.

Salah satu program kegiatan yang dilakukan adalah Kegiatan Bersih Pantai yang dijadwalkan setiap hari Minggu pagi. Kegiatan tersebut dapat dilihat dalam Gambar 3



Gambar 3 Kegiatan Bersih Pantai

Mengisi hari libur dengan bermain sembari mengumpulkan sampah disepanjang pantai tentu menjadi kegiatan yang menyenangkan bagi anak-anak. Kegiatan berlangsung kurang lebih 2 - 3 jam saja. Sampah - sampah dikumpulkan ke dalam karung - karung plastik sampah. Sampah - sampah plastik yang masih dapat diolah kembali dikumpulkan kemudian disulap menjadi Ecobrick. Ecobrick merupakan bata ramah lingkungan yang dibuat dengan memasukkan plastik-plastik bekas kedalam botol plastik bekas hingga padat dan mengeras. Salah satu hasil ecobrick yang sudah dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Produk Ecobrick berbasis sampah plastik pantai Kertasari

Selain ecobrick, sampah - sampah plastik itu juga mereka kumpulkan juga dijual ke pengepul sampah. Uang hasil penjualan akan dikumpulkan untuk membiayai operasional kegiatan dan modal awal untuk Bank Sampah. Sementara memungut sampah plastik mereka juga memberikan pendampingan dan sosialisasi kepada pengunjung untuk ikut menjaga kebersihan dan kelestarian pantai. Selain pengunjung, warga sekitar pantai juga menjadi sasaran pendampingan untuk merubah pola pikir masyarakat terhadap lingkungan.

### 3.2. Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Kerajinan

Salah satu potensi Desa Labuhan Kertasari yang belum banyak dimanfaatkan adalah limbah pertanian. Limbah pada dasarnya adalah suatu bahan yang tidak dipergunakan kembali dari hasil aktivitas manusia, ataupun proses-proses alam yang belum mempunyai nilai ekonomi, bahkan mempunyai nilai ekonomi yang sangat kecil. Dikatakan mempunyai nilai ekonomi yang sangat kecil karena limbah dapat mencemari lingkungan dan penangannya memerlukan biaya yang cukup besar. Pemanfaatan limbah merupakan salah satu alternatif untuk menaikkan nilai ekonomi limbah tersebut [6].

Salah satu limbah pertanian yang paling banyak dijumpai di Desa Labuhan Kertasari adalah bonggol jagung. Dalam setahun petani jagung di Desa Kertasari dapat memproduksi kurang lebih sekitar 3.600 ton dalam setahun. Akan tetapi, dengan melimpahnya hasil jagung tersebut masih belum dimanfaatkan secara maksimal oleh petani. Salah satu yang belum dimanfaatkan adalah bonggol jagung. Karena para petani jagung



hanya menjual biji jagungnya saja, sedangkan bonggol jagungnya dibuang begitu saja, sehingga menjadi limbah di kebun.Untuk itulah dilakukan kegiatan pelatihan kerajinan dengan memanfaatkan bonggol jagung tersebutmenjadi kerajinan lampu tidur dan kotak tisu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Kegiatan pelatihan ini dilaksanakan dengan sasaran yaitu anak-anak SMP maupun SMA.Dengan kegiatan pelatihan ini, limbah bonggol jagung bukan menjadi masalah lagi karena dapat memberikan rmanfaat bagi peningkatan nilai tambah limbah pertanian dan memberikan nilai ekonomis bagi masyarakat.



Gambar 5. Contoh hasil kerajinan dari bonggol jagung berupa Kotak tisu dan Lampu tidur

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan di lapangan, program penanganan sampah plastik melalui edukasi dan kegiatan bersih pantai yang melibatkan anak-anak usia sekolah, serta penanganan sampah bonggol jagung yang telah dilakukan diharapkan meningkatkan produktivitas rumput laut karena lautnya bersih, sehingga mendukung kesejahteraan ekonomi masyarakat Labuhan Kertasari melalui pariwisata berbasis rumput laut.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Tim penulis menyampaikan terima kasih kepada KEMENRISTEKDIKTI yang telah mendanai kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui skim KKN PPM Nomor kontrak 475/UN27.21/PM/2018.

#### Referensi

- [1] Putera, Andri Donnal. *Belajar Surfing di Pantai Perawan Kertasari Hanya Rp20.000* (edisi 12 April 2016). Available: <https://travel.kompas.com> [Accessed: 3 September 2018]
- [2] Olukanni, D.O., Akimyika, O.O., Ede, A.N., Akinwuni, I.I., and Ajanaku, K.O., 2014, “Appraisal of municipal solid waste management, its effect and resource potential in a semi-urban cit: a case study”, *Journal of South African Research*, DOI: 10.5171/2014.705695.
- [3] Gertman, R., “Innovative rate structures for a zero-waste world”, *Resource Recycling*, October 2010.
- [4] Muise, I., Adams, M., Cote, R., and Price, G.W., 2016, “Attitudes to the recovery and recycling of agricultural plastic: case study of nova cotia, Canada”, *Resources, Conservation and Recycling*, 109, 137-145.
- [5] Rahman, M.S., 2007, “Handbook of Preservation”, pp. 907-1031, 2nd edition, CRC Press., Boca Raton.
- [6] Rahmanto, M Ikhwan, 2011, “Identifikasi Potensi dan Pemanfaatan Limbah Pertanian di Kabupaten Bekasi”, *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah* Vol. 2, No. 2



Pemakalah :  
Bagas Kiswantono  
11.37-11.47 WIB

Pertanyaan :

Bagaimana prospek kedepannya pemanfaatan bonggol jagung dalam perekonomian desa Kertasari?  
(Tara)

Jawaban :

Ini masih proses pengenalan pemanfaatan bonggol jagung, memberikan ide untuk dijadikan kotak tissue dan lampu tidur. Jika nanti sudah dimanfaatkan, dapat digunakan sebagai souvenir untuk mendukung desa pariwisata. Saat ini masih dalam tahap pengenalan, belum sampai pemasaran.





# Kinerja kolom bahan isian penyerap tar hasil gasifikasi kulit buah kakao berbasis minyak pelumas bekas

**Sunu Herwi Pranolo<sup>1,a</sup>, Joko Waluyo<sup>1,b</sup>, Imaduddin Ahsan<sup>2</sup>, Muhamad Abdul Aziz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta 57126

<sup>2</sup> Program Studi Diploma Tiga Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta 57126

Email: <sup>a</sup>sunu\_pranolo@staff.uns.ac.id, <sup>b</sup>jokowaluyo@staff.uns.ac.id (\*Corresponding author)

**Abstrak.** Gas produser hasil gasifikasi biomassa tidak hanya mengandung gas mempan bakar saja namun juga tar yang bersifat merugikan. Penelitian ini menyajikan metode penyisihan tar dari gas produser hasil gasifikasi kulit buah kakao dengan kolom bahan isian menggunakan penyerap berbasis minyak pelumas bekas. Gas produser dikontakkan dengan minyak pelumas bekas secara berlawanan arah di dalam sebuah kolom silinder berbahan isian berbentuk bola dan *raschig ring*. Variabel penelitian yaitu laju alir minyak pelumas bekas masuk kolom pada kisaran 0,029 m<sup>3</sup>/jam sampai 0,326 m<sup>3</sup>/jam dan bentuk bahan isian. Bahan isian kelereng memiliki luas permukaan 2,27 m<sup>2</sup>/m dan 1,08 m<sup>2</sup>/m. Permukaan *raschig ring* seluas 0,73 m<sup>2</sup>/m. Hasil percobaan menunjukkan gas produser hasil gasifikasi kulit buah kakao mengandung 0,013 gram tar setiap liter. Penggunaan bahan isian berbentuk sama tetapi luas permukaan lebih besar akan berakibat pada penyerapan tar lebih banyak. Walaupun luas permukaan lebih kecil tetapi penggunaan bahan isian *raschig ring* mampu menunjukkan kinerja penyerapan paling baik, yaitu sebesar 90,6%.

**Kata Kunci:** *gasifikasi, kulit buah kakao, penyisihan tar, kolom bahan isian, minyak pelumas bekas*

## 1. Pendahuluan

Gasifikasi merupakan proses pengkonversian bahan bakar padat menjadi gas mampan bakar (CO, CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>) melalui proses pembakaran dengan *suplay* udara terbatas antara 20% sampai 40% udara stoikiometri. Gasifikasi berlangsung pada suhu 100°C-1200°C dan terjadi di dalam reaktor yang disebut *gasifier*. Pada proses gasifikasi terjadi reaksi bertingkat jika disederhanakan dapat dituliskan sebagai berikut.



Bahan baku gasifikasi berupa biomassa seperti limbah pertanian dan perkebunan. Kulit buah kakao merupakan bahan potensial yang dapat digunakan sebagai bahan baku gasifikasi karena jumlahnya banyak dan belum termanfaatkan dengan baik. Kulit kakao tergolong dalam limbah lignoselulosa yaitu serat kasar yang terdiri dari tiga penyusun utama, yaitu selulosa (31,25%), hemiselulosa (48,64%), dan lignin (20,11%).

Selain menghasilkan gas produser/*syngas*, proses gasifikasi biomassa juga menghasilkan produk samping berupa tar yang menjadi masalah pada proses-proses hilir pemanfaatan gas. Tar yang terkondensasi dapat menyumbat saluran dingin pada rangkaian alat pembersih gas, hal ini sering terjadi pada penerapan proses gasifikasi yang terintegrasi dengan mesin *diesel-genset* [1].

Terdapat 2 metode penyisihan tar, primer dan sekunder. Metode primer adalah metode yang dilakukan dalam reaktor *gasifier* seperti penambahan zat aditif, rekayasa proses maupun modifikasi *gasifier*. Metode sekunder dibagi menjadi 2 teknik, *dry technik* dan *wet technik*. *Dry technik* dilakukan secara kimia dengan proses perengkahan tar melalui *thermal cracking*, *catalytic cracking*, dan *plasma*

cracking. Wet technik umumnya dilakukan dengan proses absorpsi menggunakan berbagai jenis absorben [2]. Tujuan penelitian ini adalah melakukan uji kinerja kolom bahan isian penyerap tar dengan menggunakan medium penyerap. Tar merupakan campuran berbagai komponen hidrokarbon berat yang sebagian memiliki sifat larut dalam air dan sebagian lain tidak larut dalam air (*hydrophobic compound*). Oleh karena itu, perlu dicari absorben yang memiliki sifat *hydrophobic* seperti berbagai senyawa minyak [3]. Minyak pelumas bekas (*waste engine oil*) merupakan salah satu jenis absorben yang diteliti sebagai salah satu jenis absorben tar.

## 2. Metodologi

### 2.1 Bahan percobaan

Kulit buah kakao sebagai bahan baku pembuatan gas produser didapatkan dari petani di daerah Kadipiro, Jumapolo, Karanganyar. Kulit kakao dikeringkan sampai kadar air 8% dengan penjemuran di bawah sinar matahari selama 8 x 7 hari. Kulit kakao kering dikecilkan ukuranya menjadi rata-rata diameter 3 cm agar mempermudah pengumpulan ke *gasifier* serta mempermudah terjadinya proses gasifikasi. Penampakan kulit kakao kering dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kulit kakao kering umpan gasifikasi

Kulit kakao diumpulkan ke gasifier dengan kecepatan 3 kg/jam. Uji proksimat dan ultimatum terhadap kulit kakao menunjukkan hasil sebagai berikut (Tabel 1).

Tabel 1. Uji proksimat dan ultimatum kulit kakao

<i>Analysis Parameters</i>	<i>Sample marks</i>	<i>Basis</i>
	1836/2018	
<i>Total moisture</i>	14,53	ar
<b><i>proximate</i></b>		
<i>Moisture in air dried</i>	12,66	adb
<i>Ash</i>	7,97	adb
<i>Volatile matter</i>	60,95	adb
<i>Fixed carbon</i>	18,42	adb
<b><i>Ultimate</i></b>		
<i>Total sulfur</i>	0,13	adb
<i>Carbon</i>	39,87	adb
<i>Hydrogen</i>	5,96	adb
<i>Nitrogen</i>	0,74	adb
<i>Oxygen</i>	45,33	adb

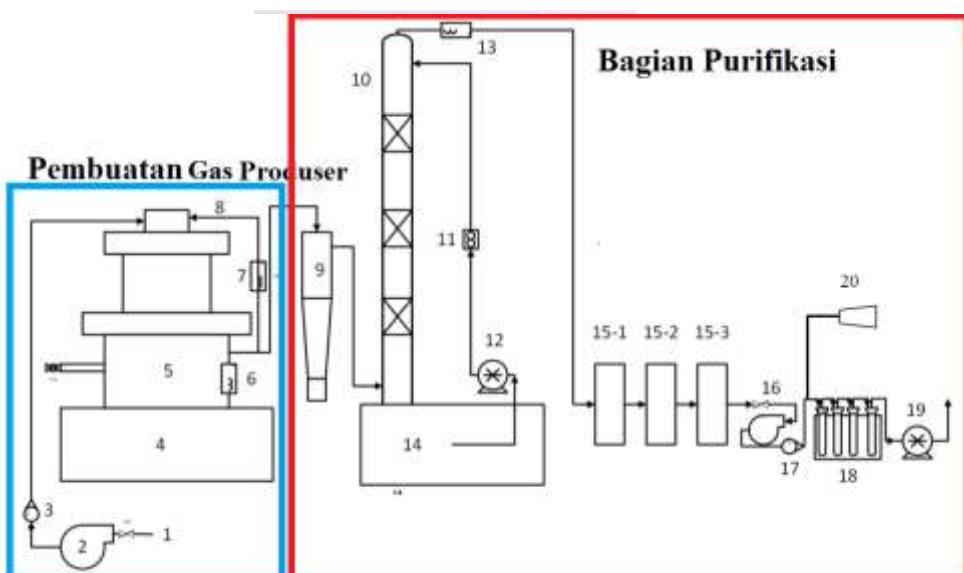


<i>Gross Calorific Value</i>	3,692	adb
----------------------------------	-------	-----

Minyak pelumas bekas didapatkan dari pengepul terdekat di daerah Pucang Sawit, Jebres, Surakarta. Minyak Pelumas bekas didiamkan selama 1 hari untuk memisahkan impuritasnya. Minyak pelumas bekas memiliki densitas 0,8848 g/L dengan viskositas 175 cP. Selama percobaan, digunakan minyak pelumas bekas sebanyak 100 liter.

## 2.2 Alat percobaan

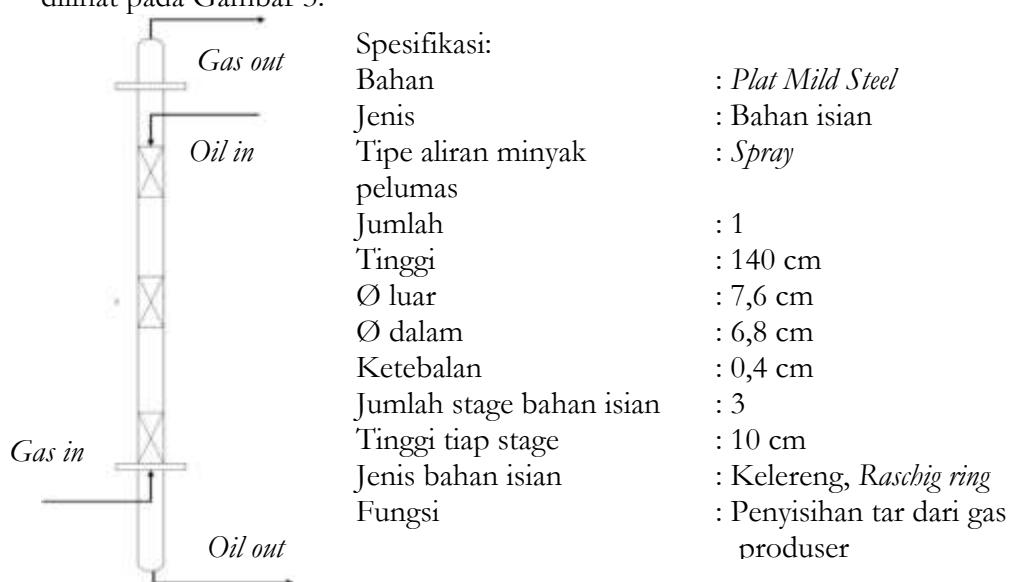
Gas produser dikontakkan secara berlawanan arah dengan minyak pelumas bekas di dalam kolom vertikal yang diisi dengan bahan isian. Bahan isian terdiri dari 3 jenis dengan total permukaan yang berbeda, kelereng diameter 1,5 cm dengan luas permukaan 2,27 m<sup>2</sup>/m, kelereng diameter 2,4 cm dengan luas permukaan 1,08 m<sup>2</sup>/m, dan *raschig ring* diameter 1,4 cm dengan luas permukaan 0,73 m<sup>2</sup>/m. Laju alir minyak pelumas masuk kolom juga divariasi dengan kisaran antara 0,029 m<sup>3</sup>/jam sampai 0,326 m<sup>3</sup>/jam dengan tujuan mencari kondisi terbaik pada tiap jenis bahan isian. Rangkaian alat percobaan terbagi dalam dua bagian, yaitu bagian pembuatan gas produser dan bagian purifikasi. Rangkaian alat percobaan dapat dilihat pada Gambar 2 dan keterangan gambar dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Rangkaian alat percobaan penyerapan tar dengan minyak pelumas bekas  
Tabel 2. Keterangan gambar alat percobaan

Nomor Alat	Keterangan Alat	Nomor Alat	Keterangan Alat
1	Input Udara	11	Flowmeter
2	Blower	12	Pompa minyak pelumas
3	Rotameter	13	Bimetallic Thermometer
4	Water Seal	14	Tangki minyak pelumas
5	Fix Bed Downd draft Gasifier	15	Filter
6	Thermocouple	16	Valve
7	Bimetallic Thermometer	17	Rotameter
8	Pipa aliran gas recycle	18	Impinger
9	Siklon	19	Pompa vakum
10	Kolom bahan isian	20	Burner

Kolom bahan isian sebagai tempat terjadinya penyerapan tar memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spesifikasi kolom bahan isian penyerap tar

Proses gasifikasi terjadi pada suhu 800°C dengan laju alir udara berkisar 10 L/menit-15 L/menit. Kulit kakao kering diumpulkan ke dalam gasifier dengan kecepatan 3 kg/jam.

## 2.3 Pengambilan sampel dan uji gravimetric

Pengambilan sampel tar dilakukan dengan menggunakan *impinger*. Enam tabung silinder diletakkan dalam *water bath* bersuhu 0°C agar tar dapat terkondensasi. Lima botol pertama diisi isopropanol masing-masing 50 mL sebagai medium penyerap tar dan botol lainnya diisi kapas. Laju alir gas masuk *impinger* diatur 0,75 NL/menit untuk mengetahui volume gas sampel. Waktu penyerapan dihitung selama 50 menit. Tar yang terserap dalam isopropanol kemudian diuji gravimetri. Uji gravimetri dilakukan dengan menguapkan isopropanol pada suhu 85°C-90°C kemudian menimbang berat tar sisa ( $m_{tar}$ ). Perhitungan konsentrasi tar dalam gas sampel ( $W_{tar}$ ) menggunakan persamaan (1).

$$\text{Konsentrasi Tar} = \frac{m_{tar \text{ uji gravimetri}}}{V_{gas \text{ sampel}}} \quad (1)$$

Konsentrasi tar terserap minyak pelumas dihitung berdasarkan konsentrasi tar yang terserap isopropanol dan konsentrasi tar dalam gas produser mula-mula. Perhitungan menggunakan persamaan 2.

$$W_{tar \text{ terserap minyak pelumas}} = W_{tar \text{ mula-mula}} - W_{tar \text{ terserap isopropanol}} \quad (2)$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

Percobaan pada penggunaan 3 jenis bahan isian menunjukkan hasil yang berbeda. Beberapa variabel dipantau untuk mengetahui variabel yang berpengaruh terhadap kinerja kolom bahan isian dan kondisi operasi terbaik. Variabel yang dipantau berupa luas permukaan total bahan isian, laju alir minyak pelumas masuk kolom, lama waktu tinggal, dan konsentrasi tar terserap minyak pelumas. Pada percobaan tanpa proses penyerapan dengan minyak pelumas di dapat data konsentrasi tar mula-



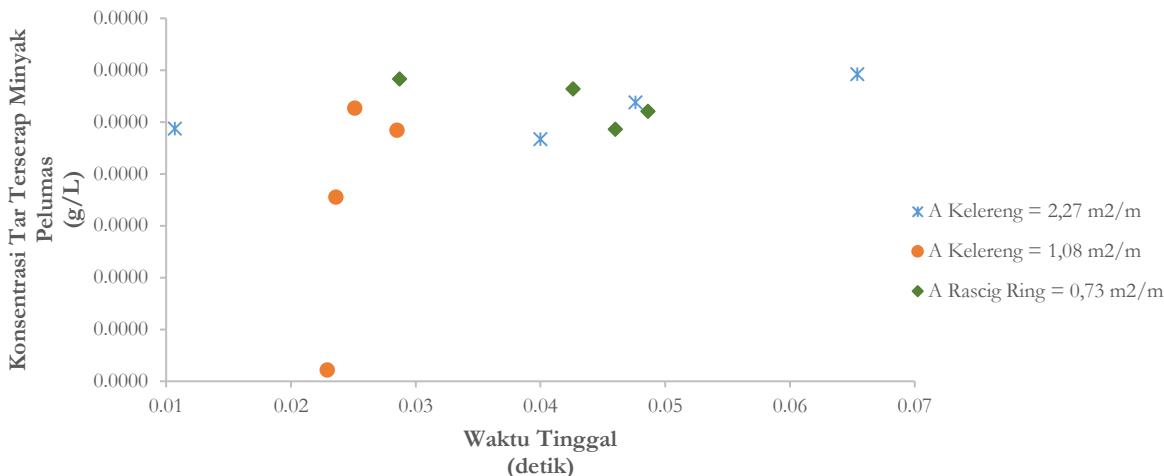
mula sebesar 0,013 g/L, sedangkan data percobaan dengan proses penyerapan dapat dilihat pada Tabel 2.

Bentuk dan luas permukaan total bahan isian mempengaruhi banyaknya tar terserap minyak pelumas. Pada penggunaan kelereng berbentuk bola, kelereng dengan luas permukaan  $2,27 \text{ m}^2/\text{m}$  menunjukkan semakin lama waktu tinggal maka semakin besar kandungan tar terserap minyak pelumas. Kinerja terbaik didapat pada variasi laju alir  $0,053 \text{ m}^3/\text{jam}$  dengan waktu tinggal selama 6,54 detik. Kandungan tar terserap minyak pelumas sebesar 0,0128 g/L dengan efisiensi penyerapan rata-rata sebesar 86,78%. Penggunaan kelereng dengan luas permukaan total  $1,08 \text{ m}^2/\text{m}$  menunjukkan hasil yang serupa. Efisiensi penyerapan tar pada penggunaan bahan isian ini sebesar 61,13%. Hasil berbeda ditunjukkan pada penggunaan *raschig ring* semakin lama waktu tinggal maka semakin kecil kandungan tar terserap minyak pelumas. Kondisi terbaik pada didapat pada variasi laju alir  $0,154 \text{ m}^3/\text{jam}$  dengan total waktu tinggal selama 2,87 detik. Tar yang terserap minyak pelumas sebanyak 0,0127 g/L. Meskipun demikian, secara umum penggunaan *raschig ring* rata-rata mampu mengurangi konsentrasi tar lebih besar dibanding dengan penggunaan bahan isian kelereng berbentuk bola. Efisiensi yang dicapai pada penggunaan *raschig ring* sebesar 90,6%.

Tabel 2. Data hasil percobaan penyerapan tar dan uji gravimetri

	Percobaan-1	Percobaan-2	Percobaan-3	Percobaan-4
1. Kelereng 1 ( $\varnothing = 1,5 \text{ cm}$ )				
a. $A_{\text{kontak}}$	$2,27 \text{ m}^2/\text{m}$	$2,27 \text{ m}^2/\text{m}$	$2,27 \text{ m}^2/\text{m}$	$2,27 \text{ m}^2/\text{m}$
b. $V_{\text{Minyak pelumas}}$	$0,053 \text{ m}^3/\text{jam}$	$0,117 \text{ m}^3/\text{jam}$	$0,144 \text{ m}^3/\text{jam}$	$0,326 \text{ m}^3/\text{jam}$
c. $t_{\text{tinggal}}$	6,54 detik	4,76 detik	4 detik	1,07 detik
d. $W_{\text{tar terserap minyak pulumas}}$	0,0128 g/L	0,0118 g/L	0,0103 g/L	0,0107 g/L
2. Kelereng 2 ( $\varnothing = 2,4 \text{ cm}$ )				
a. $A_{\text{kontak}}$	$1,08 \text{ m}^2/\text{m}$	$1,08 \text{ m}^2/\text{m}$	$1,08 \text{ m}^2/\text{m}$	$1,08 \text{ m}^2/\text{m}$
b. $V_{\text{Minyak pelumas}}$	$0,053 \text{ m}^3/\text{jam}$	$0,089 \text{ m}^3/\text{jam}$	$0,105 \text{ m}^3/\text{jam}$	$0,113 \text{ m}^3/\text{jam}$
c. $t_{\text{tinggal}}$	2,85 detik	2,51 detik	2,36 detik	2,29 detik
d. $W_{\text{tar terserap minyak pulumas}}$	0,0107 g/L	0,0115 g/L	0,0081 g/L	0,0014 g/L
3. <i>Raschig Ring</i> ( $\varnothing = 1,4 \text{ cm}$ )				
a. $A_{\text{kontak}}$	$0,73 \text{ m}^2/\text{m}$	$0,73 \text{ m}^2/\text{m}$	$0,73 \text{ m}^2/\text{m}$	$0,73 \text{ m}^2/\text{m}$
b. $V_{\text{Minyak pelumas}}$	$0,029 \text{ m}^3/\text{jam}$	$0,053 \text{ m}^3/\text{jam}$	$0,101 \text{ m}^3/\text{jam}$	$0,154 \text{ m}^3/\text{jam}$
c. $t_{\text{tinggal}}$	4,60 detik	4,26 detik	4,26 detik	2,87 detik
d. $W_{\text{tar terserap minyak pulumas}}$	0,0107 g/L	0,0114 g/L	0,0123 g/L	0,0127 g/L

Jika disajikan dalam kurva hubungan antara konsentrasi tar terserap minyak pelumas dengan lama waktu tinggal, penggunaan 3 jenis bahan isian menunjukkan kecenderungan yang berbeda.



Gambar 3. Kurva hubungan antara konsentrasi tar terserap minyak pelumas dengan lama waktu tinggal

#### 4. Kesimpulan

Hasil percobaan menunjukkan luas permukaan total bahan isian, bentuk bahan isian, laju alir minyak pelumas, dan lama waktu tinggal berpengaruh terhadap kinerja bahan isian. Penggunaan kelereng berbentuk bola dengan luas kontak  $2,27 \text{ m}^2/\text{m}$  lebih banyak menyerap tar dibanding dengan kelereng dengan luas kontak  $1,08 \text{ m}^2/\text{m}$ . Penggunaan *rashig ring* dengan luas permukaan total lebih sempit dibanding kelereng ternyata rata-rata pada percobaan dengan berbagai laju alir minyak pelumas mampu menyerap tar lebih banyak dibanding kelereng berbentuk bola. Luas permukaan total bahan isian berbanding lurus dengan lama waktu tinggal. Semakin besar luas permukaan total bahan isian maka waktu tinggal semakin lama. Penyerapan tar semakin efisien dengan semakin lamanya waktu tinggal minyak dalam kolom bahan isian.

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa variabel yang harus di perhatikan yaitu temperatur minyak pelumas bekas dan kondisi minyak pelumas bekas. Suhu minyak pelumas bekas berpengaruh terhadap efisiensi absorpsi karena proses absorpsi semakin baik terjadi pada suhu yang rendah dengan tekanan tinggi. Selain itu, kondisi minyak pelumas juga perlu diperhatikan untuk mengidentifikasi terjadinya kejemuhan sehingga menyebabkan proses absorpsi kurang maksimal.

#### Daftar pustaka

- [1] D. Hantoko, T. Suria, J. Waluyo, H. Susanto, “Simulasi Termodinamika Perengkahan Tar pada Keluaran Tar Fixed Bed Gasifier”, dalam Seminar Teknik Kimia “Kejuangan”, Yogyakarta., 2015.
- [2] P. Nicolaou, “Removal Utilization/Separation of Tar from Syngas”, Department of Science in Sustainable Energy., Delft University of Technology., Delft, 2016.
- [3] T. Phuphuakrat, T. Namioka, K. Yoshikawa, “Absorbitive Removal of Biomass Tar Using Water and Oily Materials”, Biosource Technology, 102, 543-549, July, 2010.



Pemakalah :

Imaduddin Ahsan, Muhamad Abdul Aziz

11.48- 12.03 WIB

Pertanyaan :

1. Pada penelitian ini digunakan pelumas, apakah ada bahan lain yang bisa digunakan untuk absorben? Apa dasarnya memilih minyak?  
(Bagas)
2. Mengapa dipilih oli mesin bekas? Pada penelitian sebelumnya, lebih baik yang mana?  
(Wusana)

Jawaban :

1. Karena didasarkan pada sifat tar itu sendiri, senyawa organic polar larut dalam polar juga. Sehingga dicari absorben yg bisa melarutkan tar yang bersifat polar. Bahan lain yang pernah diteliti adalah oli, biodiesel, dsb.
2. Karena ketersediaan yang mudah didapatkan. Oli bekas untuk medium penyerapan tidak memerlukan treatment yang banyak. Kalau biodiesel, harus dibuat biodieselnnya terlebih dahulu. Oli bekas hanya perlu diendapkan untuk memisahkan minyak dan kotorannya. Penelitian lain menunjukkan minyak jelantah efisiensinya terbaik, baru oli bekas.



# Penurunan Kadar Pb(Ii) Dan Mn(Ii) Pada Sungai Code Dengan Adsorben Limbah Kulit Pisang

Ilham Satria Raditya Putra<sup>1,a</sup>, Early Zahwa Alharissa<sup>1,b\*</sup>, Hanifah Atika Rachma<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>2</sup> Fakultas Geografi dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

E-mail: [a.i.satria@mail.ugm.ac.id](mailto:a.i.satria@mail.ugm.ac.id), [b.early.zahwa.alharissa@mail.ugm.ac.id](mailto:b.early.zahwa.alharissa@mail.ugm.ac.id) (\*Corresponding author)

**Abstrak.** Dewasa ini banyak sumber air tercemar limbah logam berat yang berbahaya. Pencemaran limbah logam berat timbal (Pb) dan mangan (Mn) telah terjadi di Sungai Code Daerah Istimewa Yogyakarta. Kadar logam berat yang melebihi ambang batas berdampak buruk bagi makhluk hidup yang karena akan terakumulasi dalam tubuh dan memicu berbagai penyakit. Adsorben dari kulit pisang efektif menurunkan kadar ion logam berat seperti Pb dan Mn dalam air sungai. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis kulit pisang yang efektif diantara kulit pisang ambon, kulit pisang kepok, dan kulit pisang raja untuk mengadsorpsi ion logam berat Pb dan Mn dalam sampel air Sungai Code. Masing-masing kulit pisang diarangkan dan diaktivasi dengan variasi konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Hasil pengujian menunjukkan jenis kulit pisang ambon dengan konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2,0 M memiliki nilai adsorpsi optimum terhadap ion logam Pb dan Mn. Hal ini berdasarkan hasil karakterisasi, nilai kadar air, kadar abu, dan bilangan iod masing-masing sebesar 6,67%;5,90% dan 5397,49. Berdasarkan uji FTIR terdapat vibrasi di bilangan gelombang 3400 yang menandakan adanya gugus fungsional hidroksil. Uji SEM menunjukkan struktur dari karbon aktif yang tidak rata dan memiliki banyak pori. Dengan demikian adsorben dari kulit pisang ambon berpotensi lebih tinggi untuk mengadsorpsi ion logam berat Pb dan Mn.

**Kata kunci:** Adsorben, Ion logam berat, Kulit pisang

**Abstract.** Nowdays, there were many water source poluted by heavy metal wastes. One of water source that poluted is Code River in Yogyakarta Special Regions. Increases levels of heavy metal that exceed the threshold certainly affect living organism because can accumulate in the body and trigger various diseases. Adsorbents from banana peels are effective to reduce heavy metal ions such as lead (Pb) and manganese (Mn) in river water. This research has goal to determine the effectiveness type of banana peel among ambon, kepok, and raja in adsorbing heavy metal ions in the water samples of the Code River. Each banana peel is carbonized and activated by variation of H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> concentration. From the test, showed that ambon banana peel with concentration of H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2,0 M having optimum adsorption value. This is based on the value of moisture content, ash content, and iodine number respectively 6,67%;5,90%, and 5397,49. Based on FTIR test indicating the existence of vibration in area 3400 cm<sup>-1</sup> which signifies presence of hydroxyl functional group. The SEM test shows the structure of an uneven and highly pore activated carbon. Thus, the adsorbent of ambon banana peel has high potentially for adsorbing heavy metal ions of Pb and Mn.

**Keywords:** Adsorbent, Banana peel, Heavy metal ion



## 1. Pendahuluan

Kebutuhan akan air bersih meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan industri. Aktivitas-aktivitas penduduk yang berkaitan dengan industri logam berat nyatanya saling bahu-membahu memproduksi limbah yang beberapa diantaranya dialirkan menuju sungai. Sebagai akibatnya, kondisi sungai menjadi tercemar oleh berbagai limbah logam berat. Umumnya, logam berat bersifat toksik dan berbahaya bagi organisme hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Secara tak langsung toksitas dari polutan menjadi pemicu terjadinya pencemaran pada lingkungan sekitarnya. Apabila kadar logam berat sudah melebihi ambang batas yang ditentukan dapat membahayakan bagi kehidupan [6]

Salah satu kation logam berat yang sering dijumpai dalam limbah industri adalah Pb (II). Kation timbal ini memiliki efek samping yang berbahaya karena dapat meningkatkan kenaikan tekanan darah, kerusakan ginjal, dan penurunan kecerdasan intelektual. Metode yang cukup efektif dalam menangani distribusi kation logam berat pada perairan ini adalah dengan cara adsorpsi [9]. Kation logam terlarut memiliki karakteristik untuk mudah terserap pada suatu permukaan adsorben. Dengan demikian konsentrasi di perairan dapat mudah berkurang dengan kehadiran adsorben yang sesuai.

Pemilihan sampel yang berasal dari Sungai Code karena berdasarkan data dari Badan Lingkungan Hidup Daerah Istimewa Yogyakarta, kadar timbal dan mangan di Sungai Code mencapai angka 0,001-0,14 mg/L dan 0,05-0,15 mg/L. Padahal menurut Baku mutu air menurut PP No. 82 tahun 2001, kadar yang diperbolehkan masing-masing sebesar 0,03 mg/L dan 0,1 mg/L. Tingginya kadar logam berat di Sungai Code diakibatkan oleh berbagai aktivitas di sekitar Sungai Code diantaranya berupa masukan limbah dari sisa kaleng cat, kabel, keramik, serta limbah yang berasal dari bengkel kendaraan bermotor yang berada di sekitar Sungai Code yang mengalirkan limbahnya secara langsung ke badan Sungai Code. Keterdapatannya mangan di Sungai Code menyebabkan kondisi air menjadi berwarna coklat keruh [8].

Penentuan adsorben yang sesuai menggunakan pemanfaatan limbah organik, yakni kulit pisang. Limbah kulit pisang mengandung senyawa selulosa dan pektin yang mampu terdeformasi melalui proses pengarangan sehingga memunculkan pori. Pori-pori ini dengan bantuan aktivator  $H_3PO_4$  akan menjadi permukaan aktif untuk dapat menyerap kation logam berat. Metode dalam pembuatan BANANA-Bio Active Agent for Adsorbent dimulai dari pembuatan serbuk arang kulit pisang, karakterisasi adsorben, dan pengujian sample. Jenis pisang yang digunakan ada 3 macam, yaitu pisang raja, pisang kepok, dan pisang ambon. Nantinya akan dicari jenis pisang yang paling efektif untuk dijadikan adsorben logam berat. Diharapkan dari penelitian ini diperoleh jenis kulit pisang yang memiliki kemampuan adsorpsi yang optimal untuk menurunkan kadar ion logam berat timbal dan mangan dalam air Sungai Code.

## 2. Metode

### 2.1 Preparasi adsorben

Masing-masing kulit pisang digiling hingga menjadi serbuk dan diarangkan dengan suhu 450°C selama 1 jam agar menjadi abu. Abu yang diperoleh diayak dengan ukuran 100 mesh. Selanjutnya dilakukan aktivasi dengan variasi konsentrasi  $H_3PO_4$  0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 M dan dikontakkan dengan menggunakan *shaker* selama 2 jam. Hasil aktivasi dioven selama 1 hari dengan suhu 60°C.

### 2.2 Karakterisasi Adsorben



Setiap variasi adsorben dilakukan karakterisasi antara lain kadar air, kadar abu, dan bilangan iod. Pengujian kadar air dilakukan dengan membandingkan berat adsorben sesudah dan sebelum dioven dalam suhu 105°C selama 3 jam. Sementara pengujian kadar abu dilakukan dengan membandingkan berat adsorben sesudah dan sebelum diarangkan dalam suhu 500°C selama 2 jam. Pengujian terakhir adalah daya serap atau biasa disebut bilangan iodin dengan melakukan titrasi pada larutan iodin yang telah berisi adsorben dengan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N sampai warna biru hilang.

### 2.3 Sampling Air Sungai

Sampling air sungai dilakukan di tiga tempat yaitu bagian hulu Sungai Code (daerah Boyong), bagian tengah (daerah Sendowo dan belakang Fakultas Teknik UGM), serta bagian hilir (belakang Rumah Sakit Wirosaban). Hasil sampling diperoleh 8 botol sampel air. Agar kualitas air tetap terjaga, sampel ditambahkan HCl 1% dan dimasukkan ke dalam *coolbox* dengan suhu dingin.

Pengambilan sampel air Sungai Code yang digunakan dalam penelitian menggunakan metode pengambilan sampel air permukaan menurut aturan Badan Standardisasi Nasional tahun 2008 yaitu SNI 6989.57 [2] yang dilakukan dengan dasar hasil pengukuran debit aliran. Metode yang digunakan dalam pengukuran debit aliran Sungai Code adalah *slope area*. Pengukuran debit dengan metode slope area dilakukan dengan mengukur kecepatan aliran berdasarkan rumus Chezy serta perhitungan terhadap perimeter basah, luas penampang, dan mengidentifikasi karakteristik dasar aliran sungai [4]. Debit yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran adalah 4,87 m<sup>3</sup>/s pada bagian hulu dan 8,56 m<sup>3</sup>/s pada bagian tengah dan hilir Sungai Code.

### 2.4 Preparasi Sampel Air Sungai

Sampel air sungai dibutuhkan perlakuan tertentu sebelum dikontakkan dengan adsorben agar logam berat yang diperlukan dapat dideteksi oleh AAS (*Atomic Absorption Spectrometer*). Masing-masing sampel air sungai diambil sebanyak 50 mL dan dipanaskan sampai suhu 100°C. Setelah air mulai berkurang sampai kira-kira 20 mL ditambahkan dengan 5 mL HNO<sub>3</sub> untuk pengujian logam timbal dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk pengujian logam mangan. Lalu sampel dipanaskan selama 15 menit. Sampel kembali ditambah dengan 5 mL HNO<sub>3</sub> untuk pengujian logam timbal dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk pengujian logam mangan dan kembali dipanaskan selama 15 menit. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam vial kecil untuk selanjutnya diuji absorbansinya dengan AAS.

	<i>Sampel</i>	<i>A</i> (Pb)	<i>A (Mn)</i>	<i>C Pb</i>	<i>C Mn</i>	
Hasil sampel bahwa,	<i>Wt</i>	0,003	0,005	0,101911	0,042727	
	<i>Wb</i>	0,003	0,005	0,101911	0,042727	
	<i>Tb 1/3</i>	<b>0,005</b>	0,003	<b>0,229299</b>	0,024545	
	<i>Tb 2/3</i>	0,003	0,005	0,101911	0,042727	
	<i>Sdw 1/3</i>	0,002	0,004	0,038217	0,033636	
	<i>Sdw 2/3</i>	0,003	<b>0,064</b>	0,101911	<b>0,579091</b>	
	<i>H1</i>	0,002	0,008	0,038217	0,07	absorbansi diperoleh
	<i>H2</i>	0,004	0,003	0,165605	0,024545	konsentrasi

Pb dan Mn terbesar ada pada bagian tengah sungai, yang mana konsentrasi Pb tertinggi ada di titik sample Tb 1/3 dan konsentrasi Mn tertinggi ada di titik sample Sdw 2/3.

### 2.5 Pengujian Adsorben Terhadap Sampel Air Sungai



Adsorben yang telah sesuai kriteria dilakukan kontak dengan sample yang mengandung logam Mn dan Pb tertinggi lalu dihitung persen penurunan konsentrasi. Selain itu, juga dilakukan pengujian sample pada kondisi pH optimumnya. Variasi pH yang digunakan yakni 3, 4, 5, dan 6.

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### 3.1. Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Pisang

##### 3.1.1 Kadar Air

Karbon kulit pisang ambon, kapok, dan raja dengan jumlah 1,5 gram setiap jenisnya diaktivasi menggunakan  $H_3PO_4$  dengan variasi konsentrasi sebesar 0,5 M, 1 M, 1,5 M, 2 M, 2,5 M, serta karbon kulit pisang tanpa diaktivasi sebagai kontrol. Pengujian kadar air dalam karbon aktif kulit pisang dilakukan melalui perhitungan selisih bobot sampel sebelum dan sesudah dikeringkan dengan oven. Data yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian kadar air dalam karbon aktif kulit pisang adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.1.** Hasil perhitungan kadar air dalam karbon kulit pisang dengan variasi konsentrasi  $H_3PO_4$  0; 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 M

Jenis Pisang	Konsentrasi Aktivator $H_3PO_4$ (M)	Massa awal (g)	Kadar (%)	Rerata
Ambon	0	0,30	0,00	4,45%
	0,5	0,30	0,00	
	1	0,30	10,00	
	1,5	0,30	6,67	
	2	0,30	6,67	
	2,5	0,30	3,33	
Kepok	0	0,30	0,00	3,33%
	0,5	0,30	0,00	
	1	0,30	6,67	
	1,5	0,30	10,00	
	2	0,30	3,33	
	2,5	0,30	0,00	
Raja	0	0,30	0,00	3,89%
	0,5	0,30	6,67	
	1	0,30	3,33	
	1,5	0,30	3,33	
	2	0,30	3,33	
	2,5	0,30	6,67	

Berdasarkan data pada tabel 4.1 dapat diketahui bahwa karbon teraktivasi dengan jenis kulit pisang kepok menunjukkan kadar air yang paling sedikit jika dibandingkan dengan karbon teraktivasi yang berasal dari jenis kulit pisang ambon dan raja. Sesuai dengan referensi [3], bahwa semakin sedikit kadar air yang terkandung dalam karbon teraktivasi maka semakin baik kualitasnya sebagai adsorben. Kadar air pada karbon teraktivasi yang berasal dari kulit pisang ambon menunjukkan persentase tertinggi jika dibandingkan dengan dua jenis kulit pisang lainnya. Kondisi tersebut dapat menunjukkan bahwa kualitas pisang ambon kurang baik jika dijadikan sebagai adsorben. Kualitas



karbon yang teraktivasi berdasarkan data kadar air dapat dikaitkan atau diperkuat dengan data yang akan diperoleh pada tahap selanjutnya yaitu pada uji daya serap.

### 3.1.2 Kadar Abu

Kadar abu dalam karbon aktif kulit pisang dapat diketahui melalui hasil perbandingan bobot sampel sebelum dan sesudah proses pengabuan menggunakan furnace. Data yang diperoleh berdasarkan proses pengujian kadar abu dalam karbon aktif kulit pisang terlampir pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2.** Hasil perhitungan kadar abu dalam karbon kulit pisang dengan variasi konsentrasi  $H_3PO_4$  1,5 dan 2,5 M

Jenis Pisang	Konsentrasi Aktivator $H_3PO_4$ (M)	Massa awal (g)	Kadar (%)	Rerata
Ambon	0	0,40	29,08%	14,61%
	0,5	0,40	7,83%	
	1	0,40	11,15%	
	1,5	0,40	19,65%	
	<b>2</b>	<b>0,40</b>	<b>5,90%</b>	
	2,5	0,40	14,08%	
Kepok	0	0,40	25,98%	15,76%
	0,5	0,40	12,25%	
	1	0,40	13,78%	
	1,5	0,40	17,30%	
	2	0,40	9,95%	
	2,5	0,40	15,30%	
Raja	0	0,40	28,08%	17,08%
	0,5	0,40	11,75%	
	1	0,40	19,15%	
	1,5	0,40	15,48%	
	2	0,40	11,35%	
	2,5	0,40	17%	

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa kadar abu terendah terdapat pada jenis karbon aktif yang berasal dari kulit pisang jenis ambon. Rendahnya kandungan abu pada jenis kulit pisang ambon jika dibandingkan dengan jenis pisang lain menunjukkan bahwa kandungan mineral anorganik pada karbon tersebut rendah sehingga baik jika digunakan menjadi adsorben [3]. Secara keseluruhan, kadar abu untuk karbon kulit pisang jenis raja, kepok, maupun ambon menunjukkan nilai lebih besar dari 10% yang berarti melebihi batas maksimal kadar abu dalam syarat mutu karbon aktif di Indonesia menurut SNI [1]. Akan tetapi pada karbon aktif yang berasal dari kulit pisang ambon dengan variasi konsentrasi aktivator sebesar 2 M menunjukkan nilai yang terendah yakni 5,90% dari keseluruhan. Hal ini dapat menjadi hipotesa bahwa adsorben dari kulit pisang ambon terutama dengan konsentrasi aktivator 2 M dapat dijadikan alternatif sebagai adsorben yang efektif.



### 3.1.3 Daya Serap

Daya serap dalam karbon aktif kulit pisang dapat diketahui melalui metode titrasi iodometri yaitu dengan larutan iodin sebagai titrat setelah kontak dengan karbon aktif dan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N sebagai titran. Penentuan ini bertujuan untuk mengetahui daya adsorpsi dari karbon aktif terhadap molekul iodin. Apabila karbon aktif memiliki kemampuan menyerap iodin sangat tinggi, maka memiliki struktur mikro dan mesopori yang banyak [7]. Data daya serap karbon aktif kulit pisang terlampir pada tabel 3.3.

**Tabel 3.3.** Hasil perhitungan daya serap dalam karbon kulit pisang dengan variasi konsentrasi  $\text{H}_3\text{PO}_4$  yang memiliki daya serap terbesar

Jenis Pisang	Konsentrasi Aktivator $\text{H}_3\text{PO}_4$ (M)	Massa awal (g)	Volume Natrium Thiosulfat 0,1 N (mL)	Iodin yang diserap (mg/g)	Rerata
<b>Ambon</b>	0	0,50	0,70	4685,73	
	0,5	0,50	1,2	3499,47	
	1	0,50	0,52	5112,79	
	1,5	0,50	0,48	5212,43	4844,49
	<b>2</b>	<b>0,50</b>	<b>0,40</b>	<b>5397,49</b>	
	2,5	0,50	0,50	5160,24	
<b>Kepok</b>	0	0,50	0,60	4922,99	
	0,5	0,50	0,87	4284,78	
	1	0,50	0,91	4187,50	
	1,5	0,50	0,57	5006,02	4549,71
	2	0,50	1,10	3736,72	
	2,5	0,50	0,50	5160,24	
<b>Raja</b>	0	0,50	0,90	4211,23	
	0,5	0,50	0,70	4696,05	
	1	0,50	0,48	5212,43	
	1,5	0,50	0,74	4593,21	4403,94
	2	0,50	0,90	4211,23	
	2,5	0,50	1,20	3499,47	

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa dua jenis karbon aktif dari kulit pisang ambon secara umum memiliki daya serap tertinggi dilihat dari rata-rata bilangan iodine yang tertinggi di antara ketiga jenis pisang. Pada karbon aktif dari kulit pisang ambon dengan konsentrasi aktivator sebesar 2 M memiliki bilangan iodine tertinggi secara keseluruhan. Dengan demikian, secara spesifik daya serap karbon aktif yang terbaik diraih oleh karbon aktif dari kulit pisang ambon dengan konsentrasi aktivator sebesar 2 M. Daya serap adsorben dapat meningkat dikarenakan proses

aktivasi oleh asam fosfat dengan konsentrasi yang tinggi akan menambah jumlah gugus hidroksil yang terikat pada permukaan pori. Namun apabila konsentrasi yang ditambahkan terlalu besar untuk karbon tersebut maka akan menurunkan daya serapnya karena akan merusak struktur pori dari karbon aktif tersebut. Hal ini sesuai pada variasi konsentrasi aktivator tertinggi untuk dua jenis karbon aktif dari kulit pisang ambon dan raja justru mengalami penurunan bilangan iodine.

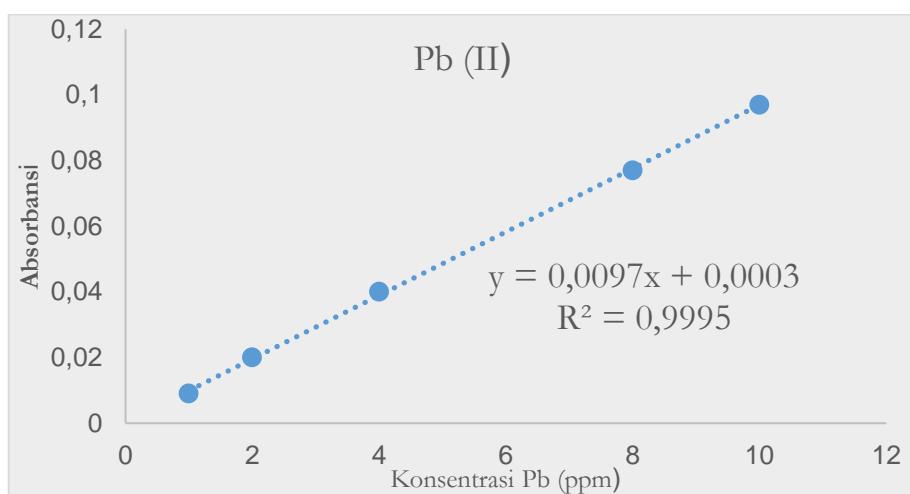
Berdasarkan hasil karakterisasi kadar air, kadar abu, dan uji daya serap maka diperoleh bahwa karbon aktif yang memiliki karakter terbaik sebagai adsorben logam berat adalah karbon aktif yang berasal dari limbah kulit pisang ambon dengan konsentrasi aktivator 2 M. Pada uji kadar air, karbon aktif dari kulit pisang ambon memang tidak memberikan nilai yang terendah. Akan tetapi, pada uji karakterisasi kadar abu dan daya serap, karbon aktif dari kulit pisang ambon memiliki nilai yang unggul secara signifikan dibanding dua jenis karbon aktif dari kulit pisang kepok dan raja. Dengan demikian dipilihlah karbon aktif dari kulit pisang ambon dengan konsentrasi 2 M yang memiliki kadar abu terendah secara keseluruhan dan daya serap tertinggi dibanding karbon aktif dari jenis kulit pisang yang lain dan variasi konsentrasi aktivator lainnya.

### 3.2. Pembuatan Kurva Kalibrasi Pb (II) dan Mn (II)

Proses yang dilakukan dalam membuat kurva kalibrasi Pb (II) dan Mn (II) berupa pengenceran  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  serta  $\text{MnSO}_4$  dengan aquades yang kemudian dilakukan pengujian dengan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Berdasarkan hasil pengujian dengan AAS diperoleh data yang dapat diolah menjadi kurva kalibrasi seperti pada gambar 3.1 dan 3.2.

**Tabel 3.4.** Data kalibrasi Pb untuk penentuan konsentrasi optimum adsorpsi Pb

Konsentrasi Pb (ppm)	Absorbansi
0	0,00
0,02	0,009
0,04	0,02
0,06	0,04
0,08	0,077
0,1	0,097

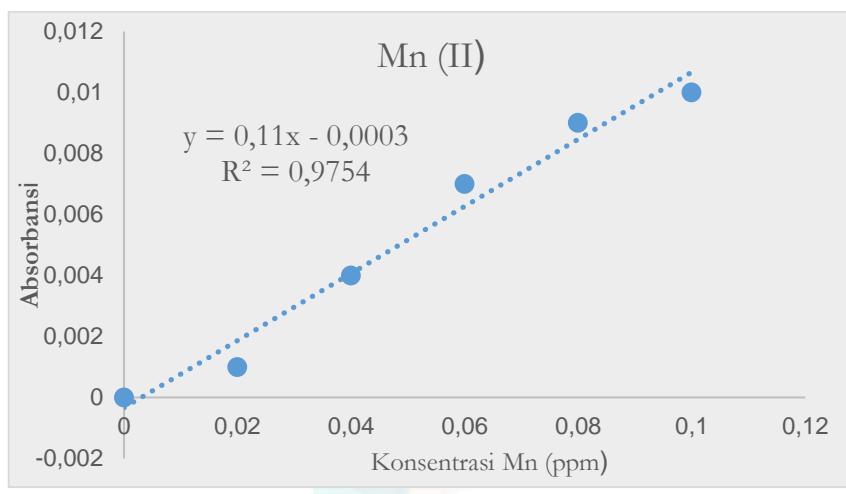




**Gambar 3.1** Kurva kalibrasi Pb untuk penentuan konsentrasi optimum adsorpsi Pb

**Tabel 3.5.** Data kalibrasi Mn untuk penentuan konsentrasi optimum adsorpsi Mn

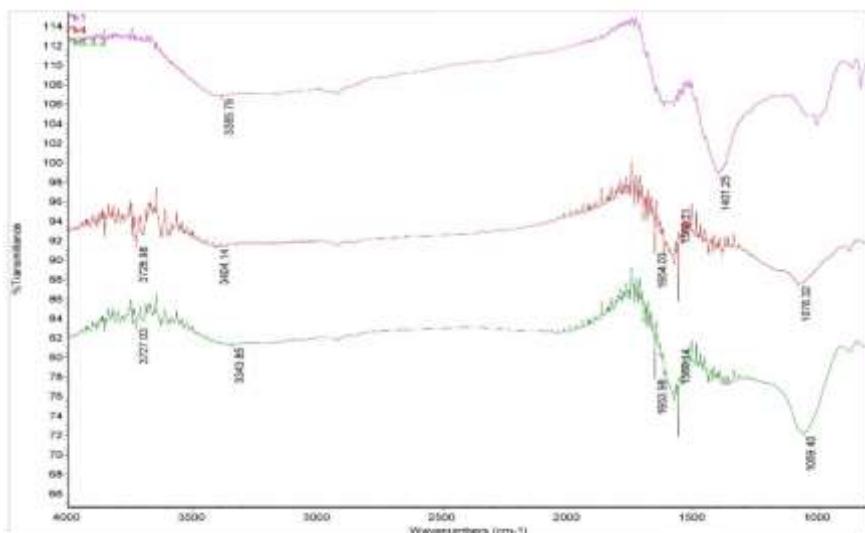
Konsentrasi Mn (ppm)	Absorbansi
0	0
0,02	0,001
0,04	0,004
0,06	0,007
0,08	0,009
0,1	0,01



**Gambar 3.2** Kurva kalibrasi Mn untuk penentuan konsentrasi optimum adsorpsi Mn

Kurva kalibrasi Pb yang diperoleh memiliki nilai regresi 0,9995 sedangkan nilai regresi yang dihasilkan pada kurva kalibrasi Mn sebesar 0,9754. Nilai regresi Pb dan Mn telah mendekati angka 1 sehingga kedua larutan standar tersebut sudah dapat digunakan dalam proses pengujian ditahap selanjutnya.

### 3.3. Data FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)



**Gambar 3.3** Data analisis FTIR dari 3 sampel karbon aktif dari kulit pisang kepok teraktivasi  $H_3PO_4$  0; 1,5; dan 2,5 M

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
3404,14 - 3443,85	vibrasi ulur O-H
1654,03 - 1653,98	vibrasi ulur C=C
1360,00 - 1401,25	vibrasi ulur C-H
1078,32 - 1059,40	vibrasi ulur C-O

Dari data analisis FTIR yang telah dilakukan, vibrasi ulur gugus hidroksil teridentifikasi pada bilangan gelombang 3404,14 - 3443,85 cm<sup>-1</sup>. Sementara vibrasi ulur gugus C=C teridentifikasi pada bilangan gelombang 1654,03 - 1653,98 cm<sup>-1</sup>. Selain itu, terdapat perubahan spektra pada vibrasi daerah 1360,00 - 1401,25 cm<sup>-1</sup>. dan 1078-1059cm<sup>-1</sup> yang menandakan adanya vibrasi ulur C-H dan C-O dari atom karbon yang terikat gugus hidroksil. Hasil ini menunjukkan bahwa karbon aktif ini kaya akan gugus metil yang terikat pada gugus karboksilat dan gugus hidroksil. Hal ini sudah sesuai dengan teori, yang mana karbon aktif dari kulit pisang mengandung senyawa pektin, lignin, dan selulosa yang mengandung gugus-gugus fungsi tersebut [5].

### 3.4 Kontak Adsorben dengan Sample

Proses kontak adsorben dengan sample menggunakan karbon aktif yang memiliki karakter terbaik sesuai uji karakterisasi sebelumnya, yakni terpilih karbon aktif dari limbah kulit pisang ambon dengan konsentrasi aktivator sebesar 2 M. Selanjutnya sample yang dikontakkan tersebut merupakan sample dengan konsentrasi logam berat Pb dan Mn terbesar yakni di titik Tb 1/3 (Teknik) untuk Pb



dan Sdw (Sendowo) 2/3 (Sendowo) untuk Mn. Berdasarkan proses kontak yang dilakukan pada karbon aktif dari kulit pisang ambon pada kondisi tak teraktivasi dan teraktivasi  $H_3PO_4$  2 M maka diperoleh hasil sebagai berikut:

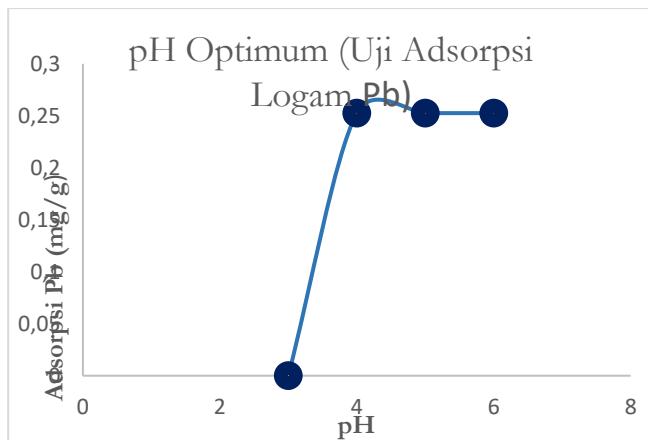
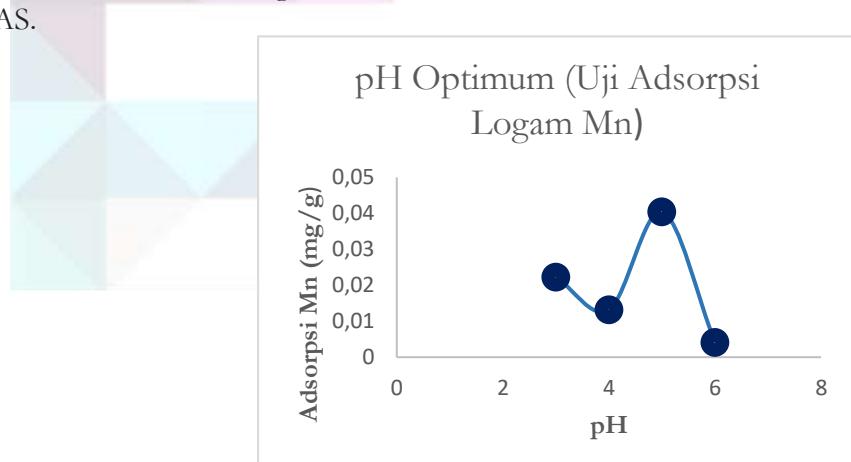
Jenis logam berat	Awal / tak teraktivasi (ppm)	Akhir/Teraktivasi 2 M (ppm)
Mn	0,193636	0,066364
Pb	0,152866	0,089172

Hasil ini menunjukkan

bahwa konsentrasi logam berat Pb dan Mn menunjukkan penurunan dari kontak pada karbon aktif tak teraktivasi ke karbon aktif teraktivasi. Dengan demikian karbon aktif teraktivasi teruji telah berhasil menurunkan konsentrasi kedua logam berat tersebut, dengan persentase penurunannya untuk Pb sebesar 41,66% dan Mn sebesar 65,72744%.

### 3.5 Uji pH Optimum pada Sample

Uji pH optimum dilakukan pada sample dengan variasi nilai pH yaitu 3, 4, 5, dan 6. Pada uji pH optimum masing-masing sample diukur pH menggunakan alat pH-meter, lalu diatur pH nya dengan penambahan asam  $HNO_3$  atau basa  $NaOH$  sampai mencapai nilai pH yang diinginkan. Sample yang telah diukur dan diatur pH nya dilakukan kontak dengan karbon aktif kulit pisang ambon baik yang belum teraktivasi maupun yang sudah teraktivasi dengan konsentrasi aktivator 2 M. Kemudian dilakukan pengukuran dengan AAS.



Gambar 3.4 Grafik pH optimum Uji Adsorpsi Logam Pb dan Mn

Berdasarkan grafik di atas, maka diperoleh pH optimum untuk adsorpsi ion logam Pb terdapat pada pH 4 dan pH optimum untuk adsorpsi ion logam Mn terdapat pada pH 5, yang mana selisih



absorbansi atau konsentrasi yang terserap dari karbon aktif tak teraktivasi dan karbon aktif teraktivasi menunjukkan nilai maksimum pada pH tersebut.

#### 4. Kesimpulan

Kulit pisang ambon dengan konsentrasi aktivator  $H_3PO_4$  sebesar 2 M memiliki kemampuan optimum dalam mengadsorpsi ion logam berat, dengan presentase penurunan konsentrasi logam Pb sebesar 41,66%. dan Mn sebesar 65,72744%. Sementara itu pH optimum untuk adsorpsi Pb terdapat pada pH 4 dan untuk adsorpsi Mn terdapat pada pH 5.

#### Daftar Pustaka

- [1] Badan standarisasi Nasional, 1995."Arang Aktif Teknis",SNI 06-3730-1995.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, 2008, "Air dan Limbah-Bagian 57: Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan", Jakarta, Badan Standardisasi Nasional.
- [3] Dewi, M.S., 2015, Pemanfaatan Arang Kulit Pisang Raja Teraktivasi  $H_2SO_4$  untuk Menurunkan Kadar Ion  $Pb^{2+}$ Dalam Larutan, *Skripsi*, Semarang, Universitas Negeri Semarang.
- [4] Haryono, Eko, 2016, "Pedoman Praktis Survei Terintegrasi Kawasan Karst", Yogyakarta, Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPGF) Universitas Gadjah Mada.
- [5] Kabenge, Isa., Godfrey Omulo, Noble Banadda, Jeffrey Seay, Ahamada Zziwha., dan Nocholas Kigundu. 2018. Characterization of Banana Peels Wastes as Potential Slow Pyrolysis Feedstock, "Journal of Sustainable Development".2 (11). 14-24.
- [6] Koester, Y. 1995. "Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran." Terjemahan dari Chemistry and Ecotoxicology of Pollution oleh D.W. Connell. Jakarta : UI Press.
- [7] Miranti, S.T. 2012. Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Activitiwa, ng Agent  $H_3PO_4$  dan KOH. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- [8] Pemerintah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. 2014. *Data Hasil Pemantauan BLH DIY tahun 2014*. Daerah Istimewa Yogyakarta : Pemerintah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
- [9] Riapanitra, A dan R. Andreas. 2010. Pemanfaatan Arang Batok Kelapa dan Tanah Humus Baturraden untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr). "Jurnal MIPA." 5 (2) : 66-74.



Pemakalah :

Ilham Satria Raditya Putra, Early Zahwa Alharissa

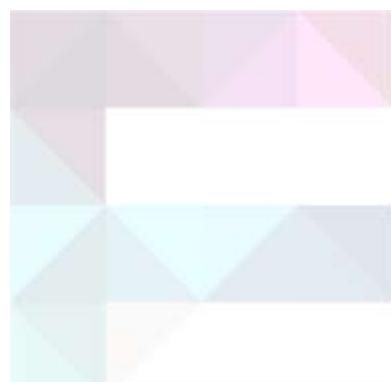
13.10-13.25 WIB

Pertanyaan :

- Menggunakan limbah kulit pisang. Kalau berhubungan dg sumber biomassa, keberadaan kulit pisang itu menyebar. Bagaimana untuk pengembangan aplikasinya?
  
- Masalah dengan absorben ada kejemuhan, jadi 1 kg absorben bisa mengabsorb berapa banyak? (Wusana)

Jawaban :

- Untuk pengembangan nanti kami akan mengambil ke industri rumah tangga.
  
- Limbah 10 mL dengan absorben 1,5 gram dengan waktu tinggal selama 2 jam dapat menurunkan kadar logam sampai 50%. Untuk waktu jenuh, belum diteliti lebih lanjut.





# Pemanfaatan Asap Cair Dari Limbah Kulit Kakao Sebagai Antijamur Pada Benih Tanaman Kakao (*Theobroma Cacao L.*)

Mashuni<sup>1\*</sup>, Nur Arfa Yanti<sup>2</sup>, M. Jahidin<sup>3</sup>, Kartina<sup>1</sup>, Fitri Handayani Hamid<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara

<sup>2</sup>Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara

<sup>3</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara

\*E-mail: [mashuni2696@gmail.com](mailto:mashuni2696@gmail.com)

**Abstrak.** Peningkatan produksi kakao di Indonesia ditunjang oleh penyedian benih kakao unggul bebas jamur. Material antijamur dapat diperoleh dari asap cair limbah kulit kakao. Kulit kakao mengandung komponen lignoselulosa yang dapat terdekomposisi menghasilkan senyawa bioaktif antijamur. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas asap cair dari hasil pirolisis kulit kakao sebagai antijamur pada benih tanaman kakao. Asap cair dihasilkan dari reaktor pirolisis pada temperatur 500 °C. Konsentrasi asap cair yang digunakan dalam uji antijamur adalah 20% (v/v). Uji efektivitas asap cair sebagai antijamur pada benih tanaman kakao menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) dengan pengamatan setiap 5 hari selama 15 hari. Hasil Penelitian menunjukkan pada hari ke-5 belum ditemukan adanya jamur. Asap cair dan fungisida sintetik (kontrol positif) memperlihat efektivitas antijamur signifikan sama masing-masing  $8,3 \times 10^2$  dan  $9,0 \times 10^2$  CFU/g pada hari ke-10 serta  $6,2 \times 10^4$  dan  $6,5 \times 10^4$  CFU/g pada hari ke-15. Benih kakao hasil perlakuan asap cair mengikuti standar mutu benih kakao yang dikeluarkan oleh Pemerintah melalui Peraturan Menteri Pertanian tahun 2013 dan Standar Nasional Indonesia 7388:2009. Asap cair dari limbah kulit kakao berpotensi sebagai antijamur alami yang ramah lingkungan.

**Kata kunci:** Antijamur, benih kakao, asap cair, kulit kakao, pirolisis

**Abstract.** Increased cocoa production in Indonesia is supported by provision of cocoa seeds the superior fungus-free. Antifungal materials can be obtained from liquid smoke of the cocoa pod husk waste. The cocoa pod husk contain lignocellulose components which can be decomposed to produce antifungal bioactive compounds. This study aims to examine the effectiveness of liquid smoke from cocoa pod husk pyrolysis as antifungals in cocoa seed. Liquid smoke is produced from pyrolysis reactor at 500 °C temperature. The concentration of liquid smoke used in the antifungal test is 20% (v/v). The effectiveness test of liquid smoke as an antifungal in cocoa seeds using the Total Plate Count (TPC) method with observations every 5 days for 15 days. The results showed that on the 5th day no fungus was growth. Liquid smoke and synthetic fungicide (positive control) showed the antifungal effectiveness same significant, each of  $8.3 \times 10^2$  and  $9.0 \times 10^2$  CFU/g on the 10th day further  $6.2 \times 10^4$  and  $6.5 \times 10^4$  CFU/g on the 15th day. Cocoa seeds produced by liquid smoke follow the cocoa seed quality standards issued by the Government through the Minister of Agriculture Regulation 2013 and Indonesian National Standard 7388: 2009. Liquid smoke from cocoa pod husk waste has the potential as natural antifungal an environmentally friendly .

**Keywords:** Antifungal, cocoa seed, liquid smoke, cocoa pod husk, pyrolysis



## 1. Pendahuluan

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi untuk dikembangkan dan salah satu komoditas ekspor yang berpotensi sebagai penghasil devisa negara. Di Indonesia, produksi kakao menduduki urutan ketiga pada sub-sektor perkebunan setelah kelapa sawit dan karet. Peningkatan produksi tersebut dipengaruhi oleh cara perawatan tanaman kakao baik pada pertumbuhan tanaman maupun penyediaan benih unggul. Benih tanaman sangat menentukan keragaman tumbuh tanaman [1], prekositas pembungaan, laju fotosintesis, ketahanan terhadap pengaruh lingkungan, serangan hama dan penyakit [2].

Saat ini, kebun induk benih yang menghasilkan benih unggul masih sangat terbatas dan menyebabkan harga benih terus meningkat. Keterbatasan benih tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu tingginya gangguan hama dan penyakit yang disebabkan oleh jamur. Usaha yang dilakukan oleh petani saat ini dalam pengendalian jamur pada benih kakao guna menghasilkan benih bebas jamur yaitu menggunakan metode inhibisi dengan bantuan fungisida sintetik. Akan tetapi, penggunaan fungisida sintetik kurang efektif dan berdampak negatif baik pada manusia maupun hewan dan lingkungan sekitar [3]. Meningkatnya kesadaran akan pentingnya kesehatan dalam masyarakat menuntut penggunaan bahan fungisida yang alami dan ramah lingkungan. Fungisida alami dapat diperoleh dari limbah kulit buah kakao.

Kulit buah kakao mengandung lignoselulosa yang mempunyai komponen aktif alkaloid yaitu theobromin (*3,7-dimethylxantine*), flavonoid, saponin, triterpenoid dan tanin terkondensasi atau terpolimerisasi [4-6]. Menurut Mashuni dkk. [7] komponen kimia dari kulit kakao adalah senyawa amonia, heksana, alkohol, keton, asam asetat dan fenolik. Senyawa fenolik, flavonoid, tanin, dan terpenoid pada kulit buah kakao diketahui memiliki aktivitas antimikroba. Senyawa aktif fenol memiliki aktifitas antifungi yang dapat merusak membran sel jamur sehingga terjadi perubahan permeabilitas sel yang dapat mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan sel atau matinya sel jamur [8].

Selama ini, limbah kulit buah kakao hanya digunakan sebagai bahan pakan ternak, biogas dan pupuk organik, namun penggunaan sebagai fungisida oleh petani belum pernah dilakukan. Salah satu cara memanfaatkan limbah kulit kakao yaitu menghasilkan asap cair dengan metode pirolisis. Pirolisis adalah proses pemanasan suatu bahan biomassa dengan oksigen terbatas sehingga terjadi penguraian komponen senyawa kimia [9]. Pirolisis merupakan salah satu metode yang menarik untuk mendaur ulang limbah dalam upaya penanganan limbah organik [10]. Pirolisis biomassa pada suhu tinggi terdekomposisi menjadi karbon, tar dan *Liquid Volatile Matter* (LVM) atau asap cair [11].

Kulit kakao mengandung lignoselulosa terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin yang dapat terdekomposisi dalam reaktor pirolisis pada suhu tinggi. Secara umum pirolisis selulosa akan terdekomposisi menghasilkan alkohol, asam asetat dan senyawa karbonil. Hemiselulosa menghasilkan senyawa: fulfural, furan dan turunannya. Lignin terdekomposisi menjadi senyawa fenol dan turunannya [12]. Senyawa yang dihasilkan dari pirolisis tersebut dapat berperan sebagai fungisida, antimikrobal, antijamur, dan antibakteri [13]. Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan analisis efektivitas asap cair dari limbah kulit kakao sebagai antijamur pada benih tanaman kakao untuk menghasilkan benih kakao berkualitas dan unggul.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Metode Pirolisis

Buah kakao dipisahkan antara kulit dan bijinya kemudian kulit buah dikeringkan dibawah sinar matahari selama 7-10 hari dan dipotong hingga berukuran  $\pm 5 \times 5$  cm, selanjutnya kulit kakao siap untuk dipirolisis. Sampel kulit kakao ditimbang sebanyak 1000 gram dan dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis yang dilengkapi dengan rangkaian kondensor. Pirolisis dilakukan dengan suhu



500 °C selama ± 2-3 jam. Pirolisis dihentikan setelah tidak ada asap cair yang menetes ke penampungan dan akan dihasilkan asap cair, tar dan arang [14].

## 2.2 Penyediaan benih tanaman kakao

Buah kakao dipisahkan dari biji dan kulitnya, biji kakao yang akan dijadikan benih hanya pada bagian tengahnya. Biji kakao dibersihkan dari *pulp*-nya dengan menggunakan serbuk gergaji dan dikupas kulit arinya kemudian dicuci dengan air hingga bersih. Setelah bersih kemudian direndam ke dalam asap cair 20% (v/v), *amure* 20% sebagai kontrol positif (fungisida sintetik) dan akuades sebagai kontrol negatif pada wadah yang berbeda selama 15 menit dan dikeringkan pada ruangan terbuka dengan bantuan kipas angin selama 2 jam. Biji kakao kering yang digunakan sebagai benih disimpan selama 15 hari [15].

## 2.3 Uji Efektivitas Antijamur

Sampel benih tanaman kakao ditimbang sebanyak ±10 g kemudian dihaluskan menggunakan mortal selanjutnya dimasukkan ke dalam botol yang berisi 90 mL aquades yang sudah disterilkan sebagai pengenceran pertama  $10^{-1}$  dan di *shaker*, selanjutnya dilakukan pengenceran  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  dan  $10^{-4}$ . Suspensi masing-masing dipipet 1 mL ke dalam cawan petri dan dilanjutkan dengan menuangkan media PDA. Sampel dihomogenkan dengan cara memutar cawan petri di atas meja dengan gerakan membentuk angka delapan. Setelah media memadat, cawan-cawan tersebut diinkubasi pada suhu ruang dengan posisi terbalik dan diamati pertumbuhan koloni setiap hari selama 5 hari inkubasi. Perlakuan yang sama dilakukan pada hari ke-5, 10 dan 15 masa penyimpanan benih kakao [16]. Setelah diinkubasi 5 hari, dilakukan perhitungan jumlah koloni kapang masing-masing isolat yang tumbuh pada media dengan rumus *Total Plate Count* (TPC) [17].

$$\text{TPC} = \text{Jumlah koloni} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \quad (1)$$

Keterangan:

Faktor pengenceran = faktor pengencer × volume yang diinokulasikan

## 2.4 Karakteristik Benih Kakao

### 2.4.1 Uji pH

Pengukuran nilai pH dilakukan dengan cara benih tanaman kakao dihaluskan dan ditimbang sebanyak 1 g. Benih halus dimasukkan ke dalam pelarut 9 mL akuades dan dihomogenkan, diamkan selama 1 jam kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh diukur tingkat keasamannya menggunakan kertas pH [18].

### 2.4.2 Uji Kadar Air

Uji kadar air yaitu benih kakao dihaluskan dan ditimbang sebanyak 10 g dan dicatat berat awalnya (A), dimasukkan ke dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C} \pm 7^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam. Setelah 5 jam sampel didinginkan ke dalam desikator dan ditimbang kembali (B). Pengujian kadar air dilakukan setiap 3 hari sekali selama 15 hari masa penyimpanan. [19] Kadar air dinyatakan dalam persentase bobot seperti berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

A = berat awal sampel (gram)

B = berat akhir sampel setelah dioven (gram)



### 3. Hasil dan Pembahasan

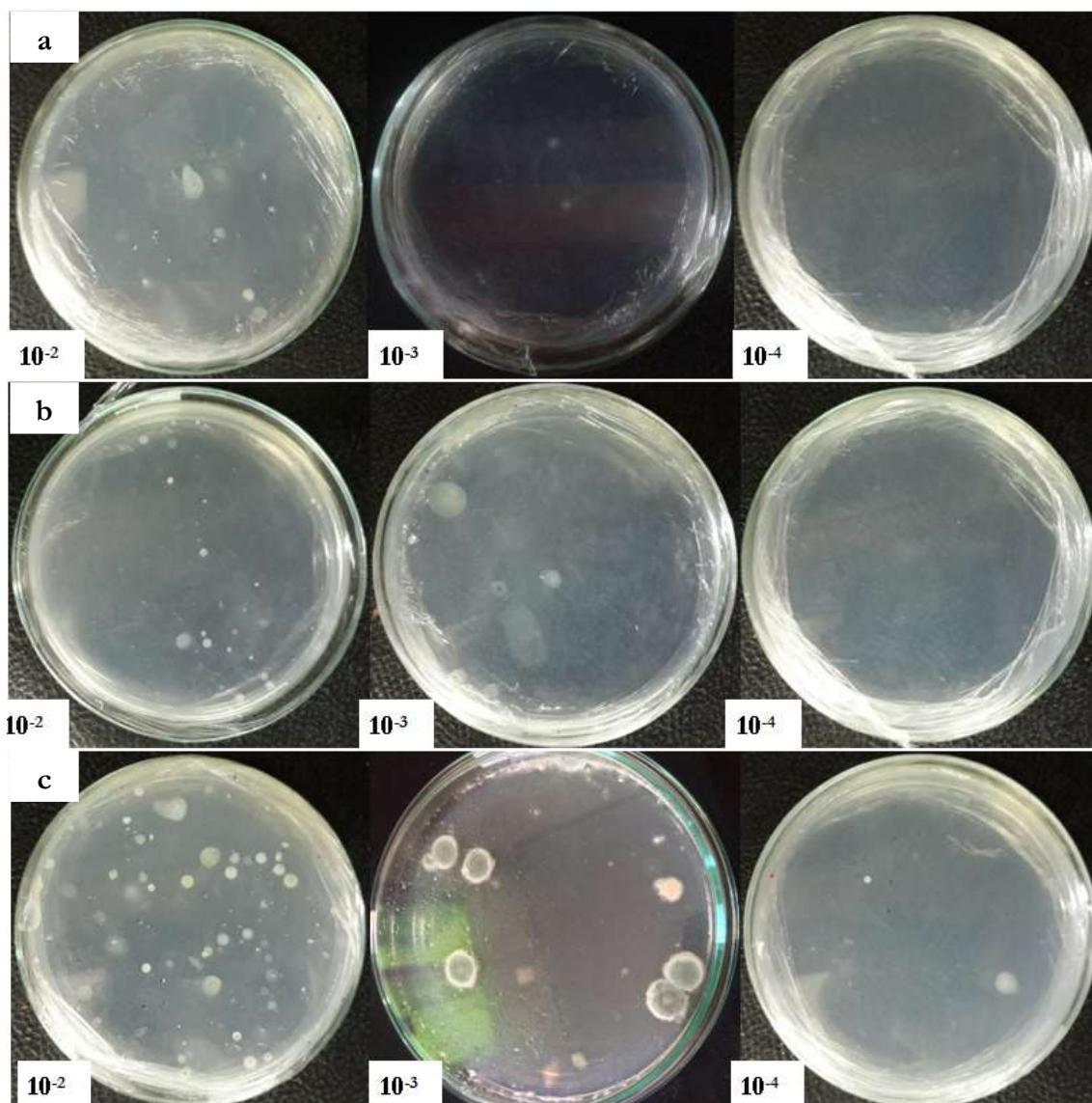
Tanaman kakao diperbanyak secara generatif maupun vegetatif, untuk memperoleh tanaman kakao yang tetap memiliki produksi tinggi dan tahan terhadap hama dan jamur. Sampai saat ini, kerusakan pada biji kakao yang disebabkan oleh keberadaan jamur masih menjadi kendala utama dalam upaya peningkatan kualitas benih kakao nasional [20]. Dalam penelitian ini digunakan cara generatif dengan memanfaatkan benih kakao yang berasal dari buah kakao unggul yang umumnya hanya disediakan oleh perkebunan besar terletak berjauhan dengan perkebunan rakyat, sehingga memerlukan waktu relatif lama selama pengiriman yang dapat menurunkan mutu benih, terutama mutu fisiologis [21].

Asap cair kulit kakao sebagai antijamur pada benih tanaman kakao dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan asap cair menghambat pertumbuhan jamur pada benih selama masa penyimpanan. Penyediaan benih berkualitas dimulai dengan menyeleksi buah kakao yakni buah dengan bentuk dan ukuran yang normal, sehat, tidak berkerut dan bebas bintik-bintik (Gambar 1.).



Gambar 1. Struktur buah kakao (*Theobroma cacao* L.)

Biji berdaging (*pulp*) dikeluarkan dari buah dan dikupas kulit ari dan dagingnya karena daging mengandung kadar air yang tinggi yang dapat menyebabkan jamur cepat tumbuh, setelah itu dicuci dengan air agar bersih. Biji kakao direndam pada asap cair kulit kakao dan *amure* sebagai kontrol positif (fungisida sintetik) masing-masing konsentrasi 20%. Pengamatan pertumbuhan koloni dilakukan selama 15 hari penyimpanan. Hari ke-5 belum ditemukan pertumbuhan koloni sedangkan hari ke-10 dan 15 penyimpanan benih kakao yang diberi perlakuan asap cair dan kontrol positif telah tumbuh koloni pada media PDA (Gambar 2.).



Gambar 2. Pertumbuhan koloni kapang pada hari ke-10 (a) asap cair kulit kakao, (b) kontrol positif dan (c) kontrol negatif

Berikut hasil pengamatan jumlah koloni yang tumbuh pada benih dengan lama penyimpanan 15 hari, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah koloni pada benih kakao

Hari ke-	Jenis fungisida benih	Jumlah koloni perpengenceran		
		$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-4}$
0	LVM Kulit Kakao	-	-	-
	Kontrol (+)	-	-	-
	Kontrol (-)	-	-	-
5	LVM Kulit Kakao	-	-	-
	Kontrol (+)	-	-	-
	Kontrol (-)	9	5	1
10	LVM Kulit Kakao	5	2	-
	Kontrol (+)	7	2	-
	Kontrol (-)	13	9	1



15	LVM Kulit Kakao	26	22	16
	Kontrol (+)	28	23	17
	Kontrol (-)	35	28	21

Hari ke-5 masa penyimpanan benih kakao pada kontrol negatif sudah ada pertumbuhan koloni pada masing-masing pengenceran, hal ini ditandai bahwa kontrol negatif (akuades) sebagai pelarut tidak berpengaruh terhadap efektifitas fungisida yang digunakan. Hari ke-10 masa penyimpanan benih kakao yang menggunakan asap cair kulit kakao dan fungisida sintetik sudah tumbuh koloni pada pengenceran  $1 \times 10^{-2}$  dan  $1 \times 10^{-3}$  sedangkan pengeceran  $1 \times 10^{-4}$  belum tumbuh koloni. Hal ini dikarenakan, pengeceran  $1 \times 10^{-4}$  memiliki konsentrasi suspensi rendah. Jumlah koloni masing-masing isolat yang tumbuh pada media dengan rumus *Total Plate Count* (TPC) [17]. TPC pada benih tanaman kakao, disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. *Total Plate Count* pada benih tanaman kakao

Perlakuan	<i>Total Plate Count</i> pada benih tanaman kakao (CFU/g)		
	Asap cair kulit kakao	Kontrol positif	Kontrol negative
H <sub>0</sub>	-	-	-
H <sub>5</sub>	-	-	$5,3 \times 10^3$
H <sub>10</sub>	$8,3 \times 10^2$	$9,0 \times 10^2$	$6,8 \times 10^3$
H <sub>15</sub>	$6,2 \times 10^4$	$6,5 \times 10^4$	$8,1 \times 10^4$

Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 2.) menunjukkan bahwa asap cair maupun fungisida sintetik (kontrol positif) mampu menghambat pertumbuhan koloni pada benih kakao hingga 10 hari masa penyimpanan dengan masing-masing TPC  $8,3 \times 10^2$  dan  $9,0 \times 10^2$  CFU/g sedangkan benih pada kontrol negatif (akuades) hanya mampu bertahan hingga 5 hari masa penyimpanan dengan TPC yaitu  $6,8 \times 10^3$  CFU/g. Pestisida sintetik dan asap cair kulit kakao memiliki efektivitas yang sama dalam menghambat pertumbuhan kapang pada benih kakao untuk menghasilkan benih berkualitas. Benih berkualitas mengikuti standar mutu benih kakao yang dikeluarkan Peraturan Menteri Pertanian (2013) yaitu memiliki lama penyimpanan maksimum selama 10 hari [20,22] dan TPC tidak melewati batas maksimum cemaran kapang pada benih kakao adalah  $1 \times 10^4$  CFU/g [23].

Kemampuan asap cair menghambat pertumbuhan kapang dipengaruhi oleh kandungan senyawa kimianya antara lain senyawa fenol, asam, keton, dan alkohol yang dapat berperan sebagai antioksidan dan antimikroba (antibakteri dan antifungi) [7,24]. Senyawa asam dan fenol yang berasal dari tanaman mempunyai kemampuan menghambat pertumbuhan kapang, karena dapat membentuk ikatan hidrogen dengan protein pada sel kapang menyebabkan timbulnya reaksi denaturasi. Gugus -OH pada senyawa fenol dapat melarutkan lipid pada dinding sel sehingga mengganggu dan memengaruhi integritas membran sitoplasma serta menghambat ikatan ATP-ase pada membran sel, menyebabkan lisis sel pada kapang [25].

Karakteristik benih kakao pada masa penyimpanan 10 hari yang telah diberi perlakuan dengan asap cair memiliki pH 5 dan kadar air 32,2%. Menurut Tarigan dkk. tingkat keasaman benih kakao sebesar 4,92-6,12 [26], pada pH tersebut benih dalam keadaan siap untuk menyerap unsur hara yang ada dalam tanah. pH yang terlalu asam dapat menyebabkan keracunan benih, sedangkan pada pH yang basa benih tidak dapat menyerap unsur hara. Kadar air pada benih kakao yang berkualitas mengikuti standar mutu benih kakao yang dikeluarkan Peraturan Menteri Pertanian tahun 2013 yaitu 30-40 %. Kadar air benih kakao berperan penting untuk mempertahankan daya berkecambah benih kakao [27]. Kadar air tinggi juga membantu mempertahankan struktur sel benih kakao dengan menjaga stabilitas membran dan makromolekul benih [28].



Aplikasi asap cair konsentrasi 20% dari pirolisis limbah kulit kakao pada suhu 500°C dapat dimanfaatkan sebagai fungisida alami pada benih tanaman kakao karena memiliki efektivitas yang sama dengan fungisida sintetik. Hasil analisis karakteristik pH, kadar air dan lama penyimpanan memenuhi standar mutu kualitas benih kakao. Sehingga, usaha yang dilakukan dalam pengendalian jamur pada benih kakao guna menghasilkan benih bebas jamur dan berkualitas yaitu menggunakan fungisida alami dari asap cair kulit kakao. Penggunaan fungisida alami lebih efektif dan tidak berdampak negatif pada manusia maupun hewan dan lingkungan.

#### 4. Kesimpulan

Aplikasi asap cair konsentrasi 20% dari pirolisis limbah kulit kakao pada suhu 500°C dapat dimanfaatkan sebagai fungisida alami pada benih tanaman kakao karena memiliki efektivitas yang sama dengan fungisida sintetik. Pada hari ke-10 penyimpanan benih kakao yang telah diaplikasikan dengan asap cair memiliki karakteristik pH 5, kadar air 32,2% dan *Total Plate Count* (TPC) yaitu  $8,3 \times 10^2$  CFU/g. Benih kakao hasil perlakuan asap cair mengikuti standar mutu benih kakao yang dikeluarkan oleh Pemerintah melalui Peraturan Menteri Pertanian tahun 2013 dan Standar Nasional Indonesia 7388:2009.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemenristekdikti melalui program penelitian PSN-Institusi tahun anggaran 2018-2019 atas pembiayaan penelitian ini dan Universitas Halu Oleo atas dukungan dan fasilitas yang telah diberikan.

#### Daftar Pustaka

- [1] A. A. Prawoto, W. Soerodikoesoemo, S. Sastriowinoto dan H. Hartiko, "Kajian Okulasi pada Tanaman Kakao (*Theobroma Cacao L.*) V. Pengaruh Batang Bawah Terhadap Daya Hasil Batang Atas," *Pelita Perkebunan*, vol. 6, no. 1, pp. 13–20, 1990.
- [2] C. J. Atkinson, M. A. Else, L. Taylor dan C. J. Dover, "Root and Stem Hydraul In Conductivity as Determinants of Growth Potential in Grafted Trees of Apple (*Malus Pumila Mill.*)," *Journal of Experimental Botany*, vol. 54, no. 385, pp. 1221–1229, April, 2003.
- [3] Asrul, "Uji Daya Hambat Jamur Antagonis *Trichoderma* Spp dalam Formulasi Kering Berbentuk Tablet Terhadap Luas Bercak *Phytophthora Palmivora* pada Buah Kakao," *Jurnal Agrisains*, vol. 10, no. 1, pp. 21-27, April, 2009.
- [4] A. S. Mulyati, A. Budiani dan D. Taniwiryo, "Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Terhadap *Escherichia Coli*, *Bacillus Subtilis*, dan *Staphylococcus Aureus*," *Jurnal Menara Perkebunan*, vol. 80, no. 2, pp. 77-84, 2012.
- [5] S. N. Wulan, "Kemungkinan Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao, L*) sebagai Sumber Zat Pewarna (B-Karoten)," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 2, no. 2, pp. 22-29, 2001.
- [6] M. Matsumoto, M. Tsuji, J. Okuda, H. Sasaki, K. Nakano, K. Osawa, S. Shimura dan T. Ooshima, Inhibitory effects of cacao bean husk extract on plaque formation in vitro and in vivo, *Eur J Oral Sci*, vol. 112, no. 3, pp. 249-52, 2004.
- [7] Mashuni, M. Jahidin, I. Kurniasih, Zulkaidah, Characterization of Preservative and Pesticide as Potential of Bio Oil Compound From Pyrolysis of Cocoa Shell Using Gas Chromatography, *International Conference on Chemistry, Chemical Process and Engineering (IC3PE)*, vol. 020008, pp. 1-8, 2017.
- [8] Rachmawaty, A. Hasri, P. Halifah, Hartati, M. Zulkifli, "Active Compounds Extraction of Cocoa Pod Husk (*Thebroma Cacao l.*) and Potential as Fungicides," *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, vol. 1028, no. 012013), pp. 1-8, 2018.
- [9] T. M. Fisher, Hajaligol, B. Waymack dan D. Kellogg, "Pyrolysis behaviour and kinetics of biomass derived materials," *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 62, pp. 331-349, 2002.
- [10] A. M. Cunliffe dan P. T. Williams, "Composition of Oils Derived From the Batch Pyrolysis of Tires," *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 44, no. 3, pp. 131-152, 1998.



- [11] A. C. Boateng, Mullen, Goldberg dan Hicks, "Production of Bio-Oil From Alfalfa Stems by Fluidized-Bed Fast Pyrolysis," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 47, pp. 4115-4122, 2008.
- [12] J. P. Girard, *Technology of Meat and Meat Products*, New York, Ellis Horwood, 1992, pp. 165-201.
- [13] P. Darmadji, 2002, Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan Metode Redistilasi, *Teknologi dan Industri Pangan*, vol. 12, no. 3, pp. 267-271, 2002.
- [14] Mashuni, N. A. Yanti, M. Jahidin dan M. Edihar, "Validation of UV-Vis Spectrophotometric Method for Determination of Bio oil Total Phenolic Content from Pyrolysis of Cashew Nut Shell," *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, vol. 8, no. 3, pp. 1745-1752, 2017.
- [15] PT. Hasfarm Niaga Nusantara, "Kebun Benih Kakao F1," Lambandia, Sulawesi Tenggara, 2016.
- [16] B. W. Lay, "Analisis Mikroba di Laboratorium," Jakarta, Rajawali Pers, 1994.
- [17] Joetono, S. Soedarsono, S. Hartadi, S. Kabirun, S. Darmosuwito, dan Soesanto, "Pedoman Praktikum Mikrobiologi untuk Perguruan Tinggi," Departemen Pertanian, Fakultas Pertanian, UGM, Yogyakarta, 1975.
- [18] A. Apriyantono, D. Fardiaz dan N. L. Puspitasari, "Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan," Bogor, IPB Press, 1989.
- [19] ISTA Internasional Seed Testing Association, International Rules for Seed Testing 2017, *The International Seed Testing Association*, Switzerland (CH), ISTA, 2017.
- [20] W. Amaria, T. Iflah, R. Harni, "Dampak Kerusakan Benih oleh Jamur Kontaminan pada Biji Kakao serta Teknologi Pengendaliannya," Sukabumi, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, 2014.
- [21] E. Adelina dan Maemunah, "Pemotongan dan Pemberian Sitokinin pada Akar Kecambah Kakao," *Jurnal Agroland*, vol. 11, no. 3, pp. 255-260, 2004.
- [22] Peraturan Menteri Pertanian NOMOR 90/Permentan/OT.140/9/2013 tentang Standar Operasional Prosedur Penetapan Kebun Sumber Benih, Sertifikasi Benih, dan Evaluasi Kebun Sumber Benih Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.).
- [23] Standar Nasional Indonesia 7388:2009, "Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan," Bogor, Badan Standardisasi Nasional, 2009.
- [24] Karseno, P. Darmadji dan K. Rahayu, "Daya Hambat Asap Cair Kayu Karet Terhadap Bakteri Pengkontaminan Lateks dan Ribbed Smoke Sheet," *Agritech*, vol. 21, no. 1, pp. 10-15, 2002.
- [25] J. B. Harbone, "Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan 2<sup>nd</sup> Edition," Bandung, ITB, 1978.
- [26] L. Tarigan, F.E. Sitepu dan R.R. Lahay, "Respon Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Pupuk Organik Cair," *Jurnal Online Agroekoteknologi*, vol. 2, no. 4, pp. 1614-1626, 2014.
- [27] Syaiful SA, Ishak MA, Jusriana, "Viabilitas benih kakao (*Theobroma cacao* L.) pada berbagai tingkat kadar air benih dan media simpan benih," *Jurnal Agivigor*, vol. 6, no. 3, pp. 243-251, 2007.
- [28] Halimursyadah, "Studi Penanganan Benih Rekalsitran (*Arvicennia marina* (Forsk.) Vierh. : Desikasi, Penyimpanan dan Viabilitas," Thesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2007.



Pemakalah :

Fitri Handayani Hamid

13.25-13.39 WIB

Pertanyaan :

1. Anti jamurnya apakah hanya untuk kakao atau bisa untuk tanaman lain?  
(Hana)
2. Apakah penelitian ini sudah sampai bentuk produk dan dipasarkan? Kalau sudah, apakah harganya bisa bersaing dengan fungisida kimia?  
(Ahsan)
3. Untuk 1 kg benih kakao, diperlukan berapa banyak asap cair? Untuk menghasilkan 1 L asap cair butuh berapa banyak kulit kakao?  
(Pak Wusana)

Jawaban :

1. Belum sampai tahap penelitian itu karena di Sulawesi tenggara banyak tanaman kakao. Karena komoditas utama adalah kakao sehingga untuk meningkatkan kualitas benih kakao, dilakukan penelitian ini. Pada tomat dan cabai dapat juga terkontaminasi jamur, sudah dilakukan penelitiannya skala lab dan efektif. Angka KHM 1%, sedangkan minimumnya 10% . Jadi dapat disimpulkan bahwa efektif juga untuk tanaman tomat dan cabai.
2. Belum sampai sana. Kalau nanti didanai lagi, akan dicoba. Yang sudah dilakukan adalah membuat konsentrasi kecil supaya menghasilkan keuntungan yang besar tanpa mengurangi keefektifannya.
3. Konsentrasi dibuat 20%, misalkan 1 gram direndam dalam 10 mL. Untuk 1 kg kulit kakao tidak sampai 3 L.



# Pengaruh perlakuan kimia terhadap karakteristik zeolit alam aktif

Nizar<sup>1\*</sup> AAS, Saputra<sup>1</sup> ER, Ariany Zulkania

<sup>1</sup>Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

E : mail : [15521029@students.uii.ac.id](mailto:15521029@students.uii.ac.id), [15521030@students.uii.ac.id](mailto:15521030@students.uii.ac.id), [ariany.zulkania@uii.ac.id](mailto:ariany.zulkania@uii.ac.id)

**Abstract.** Natural zeolite is an inorganic mineral which is abundant in Indonesia. Its use is quite broad as an ion exchanger, adsorbent, dryer, air softener, filtering, catalyst and catalyst developer in the reaction. The zeolite process by removing air and impurity oxides that cover the surface of the zeolite. This study aims to re-study the activation and concentration of acid to the nature of active zeolites. HCl concentrations were 2, 4 and 6 N, while activation time was 4, 6 and 8 hours. Characteristics of active zeolites studied include pH, ash content, air content, ability to adsorb methyle blue and FT-IR. After the process of soaking natural zeolites with each combination of concentration and activation time, it was found that the pH value was between 4 - 6, ash content between 10% - 30%, air content between 12.5% - 25%, and the concentration of blue methyle adsorbed between 219.83 mg / gr - 249.59 mg / gr. From the results it appears that the active natural zeolite is obtained from 6 N HCl concentration and 6 hours activation time has the performance according to the adsorbent requirements, where the ash content value is 10%, 12.5% moisture content, adsorbed blue metallic 249.59 mg / gr. Cluster functions that can be analyzed in FT-IR are O-H (Carboxylic Acid Monomer), C = C (Alkene), C-O (Carboxylic Acid) and C-H (Aromatic Ring).

**Keywords:** A zeolite nature , Activation chemical , Characteristic.



## 1. Pendahuluan

Inovasi penelitian yang saat ini dikembangkan di Indonesia adalah memanfaatkan sumber daya alam yang ketersediaannya melimpah sehingga dapat memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan material aplikatif sebagai upaya dalam memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu mineral yang ketersediaannya di Indonesia dalam jumlah yang besar adalah zeolit [1]. Zeolit merupakan mineral dengan gugusan alumina silika yang bertaut silang melalui pengikatan atom oksigen dengan struktur  $(\text{Al},\text{Si})\text{O}_4$  tetrahedral yang terhidrasi logam alkali dan alkali tanah [2]. Lokasi zeolit alam dapat dijumpai di daerah yang secara geografis terletak pada jalur pegunungan vulkanik seperti pulau Sumatera, Jawa, dan Nusa Tenggara Timur [3]. Secara umum, kualitas dan potensi zeolit dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi. Selain untuk menghilangkan unsur pengotor, proses aktivasi zeolitpun dapat merubah rasio Si/Al sehingga karakteristik zeolit sesuai dengan bahan yang akan diadsorpsi [5].

Aktivasi zeolit dapat dilakukan baik secara fisika maupun secara kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan melalui pengecilan ukuran butir, pengayakan, dan pemanasan pada suhu tinggi, dimana fungsi dari pemanasan ini adalah untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar pori dan memperluas permukaan. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan dengan proses pengasaman. Tujuannya adalah untuk menghilangkan pengotor anorganik. Proses pengasaman ini akan menyebabkan terjadinya pertukaran kation dengan ion  $\text{H}^+$ .

Perlakuan aktivasi terhadap zeolit alam dilakukan agar mempunyai kemampuan adsorpsi yang tinggi. Pilihan proses aktivasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah aktivasi secara kimia. Selanjutnya dilakukan uji kadar abu, kadar air, adsorpsi methylene blue dan FT-IR zeolit alam yang telah diaktifasi pada berbagai konsentrasi HCl. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi HCl pada aktivasi zeolit alam.

## 2. Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah HCl (p.a), aquadest, methylene blue dan zeolit alam yang berasal pulau jawa. Zeolite hasil aktivasi di analisis dengan beberapa metode yaitu analisis daya serap methylene blue dengan alat UV-Vis, analisis FT-IR, kadar air dan kadar abu.

### 2.1 Preparasi Sampel Zeolit Alam

Zeolit alam dihaluskan dalam lumpang porcelain untuk memperkecil ukuran partikel, kemudian mengayak dengan ukuran ayakan -100+140 mesh dengan ketentuan ukuran partikel yang diambil merupakan partikel-partikel yang lolos pada pengayak 100 mesh dan tertahan pada pengayak 140 mesh, dilakukan pencucian menggunakan aquadest, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C, dan disimpan dalam desikator untuk pemakaian selanjutnya.

### 2.2 Aktivasi katalis

Aktivasi zeolite dilakukan dengan merefluks Zeolit alam sebanyak 10 gram didalam larutan HCl 6N, 4N, dan 2N sebanyak 50 ml selama 4, 6, dan 8 jam untuk masing masing konsentrasi HCl pada temperatur 90°C sambil diaduk dengan magnetic stirer, kemudian disaring dan dicuci menggunakan aquadest berulang kali sampai pH 6-7. Setelah pH stabil maka zeolit dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 350°C selama 12 jam



### 2.3 Analisis Zeolite

Pengujian Zeolite pada percobaan ini terdiri dari pengujian kadar air, pengujian kadar abu, pengujian pH, pengujian daya serap *methylene blue* dan pengujian FT-IR. Pengujian pH, kadar air dan kadar abu dilakukan praktikan di laboratorium riset Teknik Kimia UII sedangkan Pengujian daya serap *methylene blue* dan FT-IR dilakukan di Laboratorium Terpadu MIPA UII.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Kajian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi HCl dan waktu aktivasi terhadap karakteristik zeolite aktif dari zeolite alam serta mengetahui konsentrasi HCl dan waktu aktivasi yang optimum. Dalam pembahasan ini akan membahas tentang hasil aktivasi dari zeolite dengan variasi waktu aktivasi dan konsentrasi HCl, pH, kadar air, kadar abu, daya serap *methylene blue* dan FT-IR.

### 3.1. Waktu Aktivasi dan Konsentrasi HCl

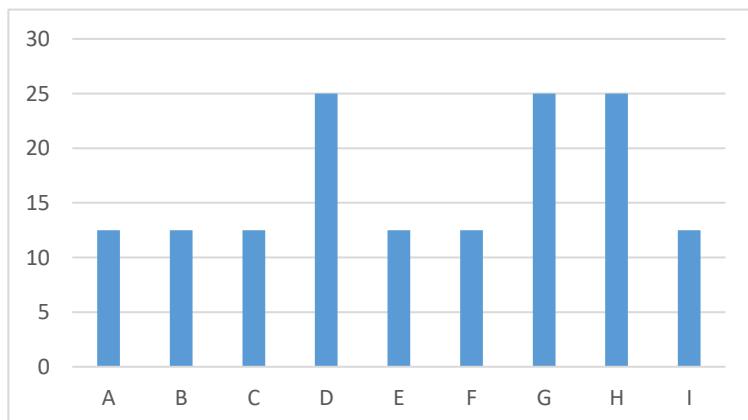
Variable yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah waktu aktivasi dan konsentrasi HCl untuk proses aktivasi zeolite alam. Variasi waktu aktivasi adalah 4 jam, 6 jam dan 8 jam, sedangkan untuk variasi konsentrasi HCl adalah 2N, 4N dan 6N. Dari setiap konsentrasi HCl yang digunakan, dilakukan aktivasi dengan variasi waktu yang ada, yang dapat dilihat dari Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 1. Variasi  
zeolite aktif

Waktu Aktivasi (jam)	Konsentrasi (N)			komponen
	2	4	6	
4	A	B	C	
6	D	E	F	
8	G	H	I	

### 3.2. Kadar air

Kadar air adalah sejumlah air yang terkandung di dalam suatu benda, seperti tanah (yang disebut juga kelembaban tanah), bebatuan, bahan pertanian, dan sebagainya. Kadar air digunakan secara luas dalam bidang ilmiah dan teknik dan diekspresikan dalam rasio, dari 0 (kering total) hingga nilai jenuh air di mana semua pori terisi air. Nilainya bisa secara volumetrik ataupun gravimetrik (massa), basis basah maupun basis kering. Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis zeolite aktif.



Gambar 1. Kadar air setiap sampel

Hasil dari analisis pengujian kadar air dari zeolite hasil analisis yang diperoleh berkisar antara 12,5% sampai 25%. Kadar air paling rendah menjelaskan bahwa sedikitnya kandungan air yang masih terperangkap dalam pori - pori zeolite, semakin kecil kadar airnya maka semakin banyak pori - pori zeolite yang kosong sehingga luas permukaan zeolite tersebut akan semakin luas dan kemampuan zeolite sebagai adsorbent maupun sebagai katalis akan semakin baik.

Nilai kadar air zeolite aktif tertinggi melebihi batas maksimum 10%. Kadar air yang terkandung didalam zeolite aktif dipengaruhi oleh jumlah uap air di udara, lama proses pendinginan, penggilingan dan pengayakan mempengaruhi jumlah kadar air dalam zeolite aktif. Kadar air yang tinggi dapat mengurangi daya adsorpsi zeolite aktif terhadap cairan maupun gas. Zeolite aktif mudah menyerap dan menangkap uap air dari udara karena strukturnya yang memiliki rongga dan pori yang besar dan luas permukaan yang luas. Hal ini menjelaskan bahwa kadar air setelah proses aktivasi menjadi tinggi yaitu 12,5 – 25 % , dimana zeolite setelah melakukan proses aktivasi memiliki luas permukaan yang lebih luas sehingga mudah menyerap uap air yang terkandung di udara.

### 3.3 Kadar Abu

Kadar abu suatu bahan erat kaitannya dengan kandungan mineral bahan tersebut. Mineral yang terdapat dalam suatu bahan dapat merupakan dua macam garam, yaitu garam organik dan garam anorganik, Selain kedua garam tersebut, mineral dapat juga berbentuk senyawaan kompleks yang bersifat organik, sehingga penentuan jumlah mineral dalam bentuk aslinya sulit dilakukan. Oleh karenanya biasanya dilakukan dengan menentukan sisa-sisa pembakaran garam mineral dengan pengabuan. Penentuan kadar abu bertujuan untuk mementukan kandungan oksida logam yang terdapat dalam zeolite aktif.



Gambar 2. Kadar abu per sampel

Dari hasil penelitian (Grafik 4.2) yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kadar abu antara 10-30 %. Kadar abu terendah diperoleh pada sampel C, E, dan F dengan konsentrasi HCl 6N, 4N dan 6N dan waktu aktivasi 4, 6 dan 6 jam yaitu 10 % dan kadar abu tertinggi diperoleh sampel D, H, dan I dengan konsentrasi HCl 2N, 4N dan 6N dan waktu aktivasi 6, 8 dan 8 jam. Nilai kadar abu yang dihasilkan oleh zeolite yang telah di aktivasi selama 8 jam menunjukkan nilai kadar abu yang melebihi dari batas maksimum yaitu 10% dilihat dari tabel 3.1. Besarnya nilai kadar abu disebabkan karena proses aktivasi dilakukan terlalu lama sehingga HCl merusak Kristal zeolite itu sendiri. Kadar abu yang besar dapat mengurangi kemampuan zeolite aktif untuk mengadsorpsi gas dan larutan karena kandungan mineral yang terdapat dalam abu seperti kalium, natrium, magnesium dan kalsium akan menyebar dan akan menutupi pori-pori zeolite aktif.



### 3.4 pH

Nilai pH merupakan salah satu parameter kualitas dari zeolite yang dihasilkan. Pengukuran nilai pH zeolite yang dihasilkan bertujuan untuk mengetahui tingkat keasaman suatu bahan, hal ini penting dilakukan untuk prosedur pengaplikasian zeolite aktif.



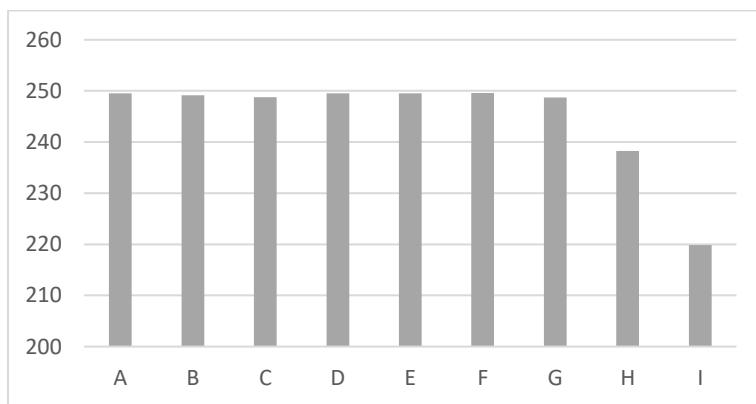
Gambar .3. Nilai pH setiap sampel

Hasil pengukuran nilai pH zeolite yang sudah melalui proses aktivasi mempunyai kadar pH antara 4 – 6 (Tabel 4.4). Terlihat pada grafik 4.3 , nilai pH terendah didapatkan pada sampel H dengan konsentrasi HCl 4N dan waktu aktivasi 8 jam yaitu 4,11 dan nilai pH tertinggi didapatkan pada sampel F dengan konsentrasi HCl 6N dan waktu aktivasi 6 jam yaitu 6,0 . Nilai pH ini menunjukkan bahwa zeolite yang dihasilkan selama proses aktivasi bersifat asam.

Nilai pH setelah proses aktivasi bergantung pada konsentrasi HCl yang digunakan, semakin tinggi konsentrasi HCl akan menurunkan harga pH dan semakin rendah konsentrasi HCl yang digunakan akan manikkan harga pH.

### 3.5 Daya Serap Methylene Blue

Daya serap adalah Kemampuan atau kekuatan untuk melakukan sesuatu, untuk bertindak dalam menyerap. Nilai daya serap yang diperoleh dari zeolite menggunakan alat *spektrometri UV-Vis* berkisar antara 219,83 mg/gr – 249,59 mg/gr.



Gambar 4. Daya serap methylene blue setiap sampel



Nilai daya serap tertinggi didapatkan pada sampel F dengan konsentrasi HCl 6N dan waktu aktivasi 6 jam yaitu 249,59 mg/gr dan nilai daya serap terendah pada sampel I dengan konsentrasi HCl 6N dan waktu aktivasi 8 jam yaitu 219,83 mg/gr.

*Methylene blue* (CI 52015) adalah senyawa kimia aromatik heterosiklik dengan rumus kimia  $C_{16}H_{18}N_3S\text{Cl}$ . Senyawa ini banyak digunakan pada bidang biologi dan kimia. Pada suhu ruangan senyawa ini berbentuk padatan, tak berbau, berbentuk bubuk warna hijau tua yang akan menghasilkan larutan warna biru tua bila dilarutkan dalam air. Bentuk hidratnya mengandung 3 molekul air per molekul metilena biru

Menurut standar industry Indonesia (SII No. 0258-88), syarat mutu karbon aktif pada daya serap methylene blue minimal 120 mg/gr. Jika di bandingkan dengan standar carbon aktif zeolite aktif dalam penelitian ini telah mencapai standar minimum yang di tentukan yaitu 249,59 mg/gr. Dapat dilihat dari grafik daya serap paling tinggi terdapat pada sampel F dengan daya serap sebesar 249,59 mg/gr hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor yaitu kadar air dan kadar abu yang relative kecil pada sampel F, kadar air yang besar menjelaskan bahwa masih banyaknya molekul air yang terperangkap di pori-pori zeolite sehingga menurunkan daya serap zeolite terhadap methylene blue, demikian juga halnya dengan kadar abu, semakin besar kadar abunya semakin banyak permukaan zeolite yang tertutupi oleh abu sehingga menurunkan daya serap zeolite terhadap methylene blue.

### 3.6 FT-IR

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) adalah sebuah teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum inframerah dari absorbansi, emisi, fotokonduktivitas atau Raman Scattering dari sampel padat, cair dan gas. FTIR digunakan untuk mengamati interaksi molekul dengan menggunakan radiasi elektromagnetik yang berada pada panjang gelombang  $0,75\text{-}1000\mu\text{m}$  atau pada bilangan gelombang  $13.000\text{-}10\text{ cm}^{-1}$ . FTIR dapat digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik. Selain itu, FTIR juga dapat digunakan untuk analisa kualitatif meliputi analisa gugus fungsi (adanya ‘peak’ dari gugus fungsi spesifik) beserta polanya dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu.

Hasil analisis zeolite aktif menggunakan spektrofotometri FT-IR di dapatkan rata rata panjang gelombang ( $\lambda$ ) yaitu 3462, 1642, 1090 dan 793 sehingga Gugus fungsi yang di dapatkan pada analisa FT-IR adalah O-H (Monomer Asam Karboksilat), C=C (Alkena), C-O (Asam Karboksilat) dan C-H (Cincin Aromatik).

## 4. Kesimpulan

Variabel yang berpengaruh pada proses aktivasi yaitu perbandingan konsentrasi HCl, dan waktu aktifasi. Dari hasil analisis didapat bahwa nilai pH antara 4 - 6, kadar abu antara 10% - 30%, kadar air antara 12,5% - 25%, dan konsentrasi *methylene blue* teradsorp antara 219,83 mg/gr – 249,59 mg/gr. Dari beberapa sampel didapatkan sampel yang terbaik pada konsentrasi HCl 4N dan waktu aktivasi 6 jam, dimana nilai pH 6, kadar abu antara 10%, kadar air 12,5%, dan konsentrasi *methylene blue* teradsorp 249,59 mg/gr. Gugus fungsi yang di dapat pada analisa FT-IR adalah O-H (Monomer Asam Karboksilat), C=C (Alkena), C-O (Asam Karboksilat) dan C-H (Cincin Aromatik). Zeolite hasil aktivasi memiliki kadar abu yang memenuhi standar SNI dalam penyerapan. Zeolite hasil aktivasi memiliki kadar air yang relative lebih tinggi dari standar



## Daftar Pustaka

- [1] Razzak, M. Las, T. and Priyambodo., 2013, *Valensi.*, 3(2), 129-137.
- [2] Gougazeh, M. Buhl, J.C., 2014, *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Science.*, 15, 35- 42.
- [3] Wustoni, S. Mukti, R.R. Wahyudi, A. and Ismunandari., 2011, *Jurnal Matematika dan Sains.*, 16(3), 34-41.
- [4] Kurniasari, L. Djaeni, M. and Purbasari, A., 2011, *Reaktor.*, 13(3), 178-184.
- [5] Cakicioglu-Ozkan, F. and Ulku, S., 2005, The effect of HCl Treatment on Water Vapor Adsorption Characteristics of Clinoptilolite Rich Natural Zeolite,
- [6] Said Muhammad, Arie W.P, Eldis, Murenda., Aktivasi Zeolit Alam sebagai Adsorbent pada Adsorpsi Larutan Iodium, *Jurnal TeknikKimia*, 2008 15
- [7] Kurama, H., Zimmer, A., and Reschetilowski, T., 2002, Chemical Modification Effect on the Sorption Capacities of Natural Clinoptilolite, *Chem. Eng.Technol.*, 25, 301-305.





Pemakalah :

Azmi Azfar Saeful Nizar, Ernanda Ridho Saputra

13.39-14.15 WIB

Pertanyaan :

- Untuk apa dicari kadar abunya?
  
- Apakah dilakukan uji abu sebelum dan sesudah diaktifkan?

Saran :

- Sebelum diaktivasi, Baiknya dibandingkan sebelum dan sesudah. Kalau sudah ada, dibandingkan dengan zeolite yang ada di pasaran. (Wusana)
- Baiknya ada karakterisasi SEM untuk melihat luas permukaannya karena morfologi permukaan itu sangat penting. (Fitri)

Jawaban :

- Di dalam zeolite masih ada kadar pengotornya. Dari uji abu, semakin banyak abu, semakin banyak senyawa organik atau impuritas dalam zeolit.
  
- Kami tidak melakukannya. Tetapi kami membandingkan aktivasi antara 2 N, 4 N, dan 6 N dan variasi waktu. Fokusnya kami adalah seberapa bagus zeolit yang diaktivasi dengan berapa konsentrasi HCl dan variasi waktu yang tepat.



# Tinjauan Waktu Pengadukan pada Kondisi Kesetimbangan Proses Kompleksasi Urea Minyak Biji Anggur

Dwi Ardiana Setyawardhani<sup>1,a</sup>, Bagas Kiswantonono<sup>1,b</sup>, Yulinar Pramesti Cahyani<sup>1,c</sup>, Mujtahid Kaavessina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta  
E-mail: <sup>a\*</sup>[dwiardiana@staff.uns.ac.id](mailto:dwiardiana@staff.uns.ac.id), <sup>b</sup>[bagaskiswantonono@gmail.com](mailto:bagaskiswantonono@gmail.com), <sup>c</sup>[yulinarp@gmail.com](mailto:yulinarp@gmail.com),  
[dmkaavessina@gmail.com](mailto:dmkaavessina@gmail.com)

**Abstrak.** Asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) berfungsi sebagai sumber nutrisi perkembangan otak pada anak, dan dapat mencegah berbagai penyakit degeneratif. Asam lemak tak jenuh ganda dapat diperoleh dari minyak nabati, salah satunya minyak biji anggur yang merupakan minyak non-edible. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan terhadap peningkatan kadar asam lemak omega dalam minyak biji anggur dengan metode kompleksasi urea. Metode kompleksasi urea terdiri atas 3 tahap yaitu (1) tahap pemungutan asam lemak bebas, (2) tahap kristalisasi, dan (3) tahap pengambilan asam lemak tak jenuh. Langkah pertama yaitu pemungutan asam lemak bebas dari sampel yang telah disabunkan menggunakan KOH dan etanol 96%. Asam lemak bebas yang diperoleh dikristalisasi dengan penambahan urea, dengan 3 variasi waktu pengadukan (0 jam, 2 jam, dan 5 jam). Selanjutnya dilakukan pemurnian dengan evaporasi untuk mendapatkan senyawa kompleks urea, dan dilakukan analisis gas kromatografi untuk mengetahui komposisi asam lemak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu pengadukan pada kondisi kesetimbangan tidak terlalu berpengaruh untuk peningkatan kadar MUFA pada fase konsentrasi. Hal ini ditandai dengan kadar SFA dalam fase konsentrasi relatif tidak berubah, namun konsentrasi MUFA pada kondisi kesetimbangan (pengadukan 2-5 jam) relatif konstan.

**Kata kunci:** Asam lemak omega, kompleksasi urea, minyak biji anggur, asam lemak tak jenuh.

**Abstract.** Polyunsaturated fatty acids (PUFA) are important as a nutrient source for children's brain, and can prevent various degenerative diseases. Polyunsaturated fatty acids can be obtained from vegetable oils, such as grape seed oil which is a non-edible oil. This study aims to determine the effect of stirring time on increasing levels of omega fatty acids in grape seed oil using urea complexation method. Urea complexation method consists of 3 stages, there are (1) the stage of free fatty acid collection, (2) the crystallization stage, and (3) the stage of taking unsaturated fatty acids. The first step is collecting of free fatty acids from samples that have been saponification by using KOH and 96% ethanol. The free fatty acids obtained were crystallized by the addition of urea, with 3 variations of stirring time (0 hours, 2 hours, and 5 hours). Then purification is done by evaporation to obtain complex urea compounds, and gas chromatography analysis is performed to determine the composition of fatty acids. The results showed that the stirring time at equilibrium conditions did not significantly affect MUFA levels in the concentrate phase. This is characterized by relatively unchanged levels of SFA in the concentrate phase, but MUFA concentration at equilibrium conditions (stirring 2-5 hours) is relatively constant.

**Keywords:** Omega fatty acids, urea complexation, grape seed oil, unsaturated fatty acids.



## 9. Pendahuluan

Zat gizi yang berperan vital dalam proses tumbuh kembang sel-sel neuron otak untuk bekal kecerdasan bayi yang dilahirkan adalah asam lemak. Asam lemak terdiri dari asam lemak esensial (omega 3,EPA,DHA,omega 6,AA) dan asam lemak nonesensial (omega 9 ). Salah satu penyebab gizi buruk dan gizi kurang yaitu kurangnya konsumsi asam lemak esensial omega 3 pada balita[1]. Menurut data Departemen Kesehatan tan Indonesia (2016), pada balita umur 0-59 bulan status gizi buruk sebesar 3,4% dan gizi kurang 14,4%. Untuk terus menurunkan persen gizi buruk di Indonesia setiap tahun, perlu dilakukan beberapa upaya. Salah satunya adalah perbaikan gizi dengan mencukupi kebutuhan nutrisi pada balita. Dengan terpenuhinya kebutuhan nutrisi pada balita, diharapkan mereka dapat tumbuh dengan cepat sesuai dengan usia tumbuh kembang dan dapat meningkatkan kualitas hidup serta mencegah terjadinya morbiditas dan mortalitas[2].

Asam lemak omega merupakan jenis asam lemak tak jenuh, baik ganda (Poly Unsaturated Fatty Acid - PUFA) maupun tunggal (Mono Unsaturated Fatty Acid-MUFA). PUFA bersifat essensial dan harus dikonsumsi lewat makanan, sedangkan MUFA bersifat non-essensial dan dapat dihasilkan dari dalam tubuh. Keduanya sangat bermanfaat bagi kesehatan. PUFA terbagi atas asam lemak omega-3 (Linoleic Acid (LA), Alpha-Linolenic Acid (ALA), Eicosa Pentaenoic Acid (EPA) dan Docosa Hexaenoic Acid (DHA)) serta omega-6 (Gamma-Linolenic Acid-GLA), sedangkan asam lemak omega-9 (asam oleat) tergolong dalam MUFA[3].

Sumber asam lemak omega yaitu minyak nabati. Salah satu golongan minyak non edible adalah minyak biji anggur. Minyak biji anggur atau yang dikenal juga dengan nama *Grape seed oil* diperoleh dari biji anggur. Kandungan utama dalam minyak biji anggur yaitu asam lemak tak jenuh seperti asam linoleat dan vitamin E. Minyak biji anggur mengandung 75% asam linoleat, 15% asam oleat, 6% asam palmitat, 3% asam stearat dan 1% asam linolenat. Sifat antioksidan senyawa yang terkandung dalam minyak biji anggur serta asam lemak tidak jenuh yang tinggi dari minyak biji anggur menyebabkan minyak biji anggur lebih tahan dan tidak mudah teroksidasi sehingga sering dimanfaatkan dalam industri kosmetik, kuliner, farmasetika dan tujuan kesehatan lainnya[4].

Salah satu cara untuk meningkatkan PUFA yaitu dengan metode kompleksasi urea. Kompleksasi urea adalah metode untuk memisahkan asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh dengan membentuk kristal melalui penambahan urea. Teknik kristalisasi didasarkan pada kemampuan urea untuk membentuk kompleks dengan asam lemak bebas yang dikenal dengan nama inklusi urea (*urea inclusion compound*). Teknik kristalisasi urea telah diaplikasikan lebih dari 50 tahun untuk memisahkan asam lemak bebas. Teknik ini digunakan baik skala kecil untuk keperluan analisis maupun skala besar yang dilakukan di industri. Teknik ini banyak digunakan karena menggunakan suhu yang rendah, murah, dan ramah lingkungan. Biasanya teknik kristalisasi juga merupakan tahap yang dilakukan sebelum distiliasi asam lemak bebas yang tidak jenuh untuk keperluan pemurnian[5].

Pada produksi konsentrat asam lemak omega, faktor-faktor yang berperan penting di antaranya adalah suhu kristalisasi[6], perbandingan jumlah urea dan asam lemak[7], waktu kristalisasi dan pengaruh pengadukan[5].

Pada penelitian sebelumnya telah dipelajari pengaruh perbandingan jumlah urea/FFA maupun perbandingan urea/etanol terhadap komposisi asam lemak di dalam konsentrat, serta jumlah perolehan (yield) yang dihasilkan dari sejumlah campuran asam lemak. Semakin tinggi perbandingan urea terhadap FFA, semakin besar pula kadar PUFA di dalam konsentrat, meskipun jumlah perolehannya menurun. Demikian pula apabila etanol yang ditambahkan makin banyak, kelarutan urea dalam etanol semakin besar sehingga menurunkan kecenderungan terbentuknya kristal, yang berakibat menurunnya kadar asam lemak omega dalam konsentrat[7].

Pengaruh suhu kristalisasi juga telah dipelajari pada penelitian sebelumnya[6]. Suhu merupakan faktor yang sangat penting, karena perubahan komposisi asam lemak yang terjadi cukup signifikan. Suhu yang semakin rendah menurunkan kelarutan inklusi urea-asam lemak, sehingga kristal yang terbentuk semakin banyak dan kadar PUFA dalam konsentrat meningkat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan terhadap peningkatan PUFA dalam minyak biji anggur dengan menggunakan metode kompleksasi urea.



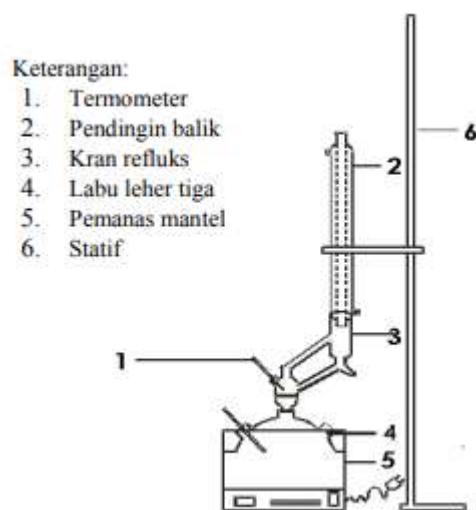
## 10. Metodologi

### 10.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu minyak biji anggur. Bahan pendukung yang digunakan antara lain: etanol *food grade* berkadar 96,0%, KOH *pro analyze grade* dari Merck berkadar 85,0%, urea *pro analyze grade* dari Merck berkadar > 99,5%, aquadest, n-hexana teknis, HCl kadar 37,8%, dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> *pro analyze grade* dari Merck berkadar 99,0%.

### 10.2. Alat

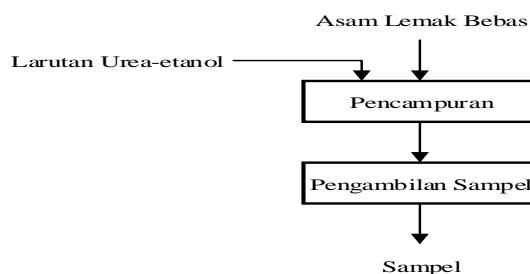
Alat yang digunakan dalam proses pengambilan FFA maupun inklusi urea meliputi alat-alat gelas (labu leher tiga dengan rangkaian pendingin), alat pemanas dan pengaduk (tersaji pada Gambar 1), serta *rotary evaporator*.



Gambar. 1. Skema rangkaian alat kompleksasi urea.

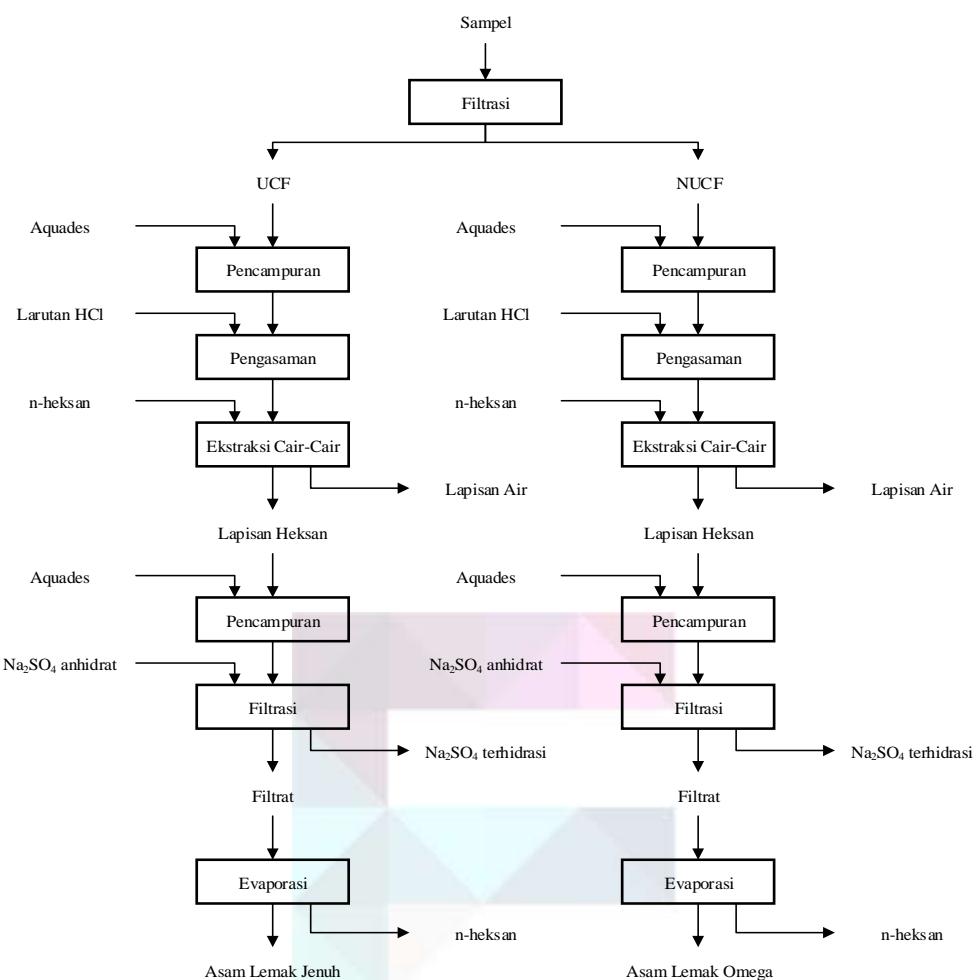
### 10.3. Prosedur

Langkah kerja pada penelitian ini meliputi tiga tahap, yaitu: 1) tahap penyiapan asam lemak bebas dari minyak nabati, 2) tahap kristalisasi (fraksinasi kompleksasi urea), dan 3) tahap pemungutan asam lemak tak jenuh[8]. Tahap penyiapan asam lemak bebas dari minyak biji anggur, meliputi hidrolisis minyak biji anggur dengan katalis KOH hingga diperoleh campuran asam lemak jenuh dan tak jenuh. Tahap fraksinasi kompleksasi urea ditunjukkan pada Gambar 2. Tahap ini diawali dengan proses kristalisasi yaitu dilakukan dengan mencampur 10 gram asam lemak bebas dengan larutan urea-ethanol 95% (w/v) dengan perbandingan urea : ethanol = 30 gram : 300 mL. Campuran tersebut diaduk hingga terbentuk campuran homogen. Kemudian pada proses kristalisasi divariasikan waktu pengadukan yang berbeda, yaitu tanpa pengadukan (0 jam), 2 jam, dan 5 jam, dengan suhu kristalisasi yang sama yaitu suhu kamar (28°C).



Gambar. 2. Diagram Alir Tahap Kristalisasi

Tahap pemungutan asam lemak omega, pemisahan dan pemurnian dari asam lemak jenuh ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar. 3. Diagram Alir Tahap Pemungutan Asam Lemak Omega

Tahap analisis sampel asam lemak di kedua fraksi dilakukan dengan rangkaian alat Gas Chromatography. Komposisi asam lemak dihitung berdasarkan luas area puncak dari masing-masing asam lemak pada kromatogram, relatif terhadap total asam lemak.

## 11. Hasil dan Pembahasan

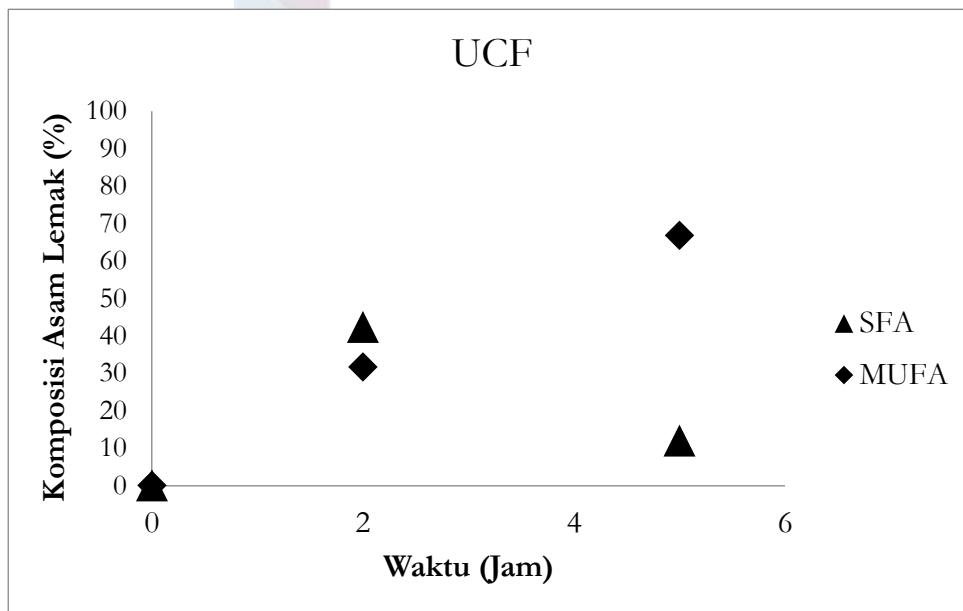
Minyak biji anggur merupakan minyak alami yang berasal dari biji anggur jenis *Vitis Vinifera* yang banyak tumbuh di Spanyol, Italia, dan Prancis. Minyak biji anggur dipilih karena dengan pertimbangan minyak biji anggur merupakan salah jenis *non edible oil* yang memiliki kandungan asam linoleat (omega 6) yang tinggi yaitu 60-76%, asam oleat (omega 9) 12-27%, asam stearat 3-6%, dan asam palmitat 6-8% [9]. Penelitian ini mempelajari pengaruh waktu pengadukan terhadap komposisi asam lemak pada kompleksasi urea dari minyak biji anggur. Dari hasil analisis asam lemak pada penelitian ini terlihat bahwa pengadukan memberikan pengaruh terhadap perubahan komposisi asam lemak di fasa konsentrat (NUCF) maupun di fase kristal (UCF) pada awal kompleksasi. Kemampuan senyawa organik berantai lurus untuk membentuk inklusi dengan urea lebih mudah dibandingkan senyawa organik yang rantainya bercabang. SFA merupakan asam lemak jenuh sehingga termasuk senyawa berantai lurus. Sedangkan MUFA merupakan asam lemak tak jenuh yang memiliki satu ikatan rangkap sehingga sedikit berbelok, namun lelikannya tidak terlalu signifikan. Karena termasuk senyawa berikatan lurus, SFA dan MUFA berdasarkan hasil prediksi menggunakan *molecular*



*connectivity index*; Wiener's *index* dan *eccentric connectivity index* yang digambarkan melalui *topological descriptors*, asam lemak tersebut mampu membentuk inklusi dengan urea[10].

Metode kompleksasi merupakan metode peningkatan asam lemak tak jenuh yang berdasarkan pada kemampuan urea untuk membentuk senyawa kompleks dengan asam lemak bebas atau lebih dikenal dengan nama fraksinasi kompleksasi urea[11]. Senyawa kompleks yang terbentuk dalam metode fraksinasi kompleksasi urea berbentuk kristal. Pembentukan senyawa kompleks urea terjadi pada saat proses kompleksasi. SFA dan PUFA dapat dipisahkan dengan kompleksasi urea karena perbedaan linearitas rantai alkil keduanya. SFA tidak memiliki ikatan rangkap, akibatnya ikatan rantainya berupa ikatan lurus dan panjang serta bersifat rigid (kaku) sehingga ukurannya kecil dan relatif mudah memasuki rongga kristal urea. Sedangkan MUFA memiliki satu ikatan rangkap pada ikatannya sehingga bentuk ikatan molekul MUFA cenderung melekuk dan lebih lentur dibandingkan SFA akibatnya ukurannya lebih besar, sehingga makin sulit untuk memasuki rongga kristal urea dan sulit terinklusi ke dalam kristal urea.

Dalam metode fraksinasi kompleksasi urea, pencampuran antara asam lemak bebas dengan urea dilakukan dengan bantuan pengadukan dengan variasi 0 jam (tanpa pengadukan), 2 jam dan 5 jam. Kemudian didapatkan hasil analisa terhadap komposisi asam lemak yang diperoleh. Hasil analisa tersebut membuktikan bahwa perbedaan perlakuan waktu pengadukan menghasilkan perbedaan komposisi asam lemak di fase kristal (UCF) maupun konsentrasi (NUCF). Pada fraksi UCF terjadi peningkatan kadar SFA untuk pengadukan antara 0 jam hingga 2 jam. Pengadukan selama 2 jam menunjukkan konsentrasi SFA paling banyak, sedangkan pada waktu pengadukan 5 jam konsentrasi SFA kembali menurun. Hal ini terjadi karena pengadukan yang terlalu lama dapat mengubah tendensi asam-asam lemak untuk membentuk inklusi dengan urea, dan mempermudah pergantian *guest molecules* bagi asam lemak tak jenuh khususnya MUFA yang membentuk inklusi-kurang stabil, sehingga MUFA yang awalnya tidak dapat berinklusdi dengan urea, dapat masuk ke rongga kristal urea menggantikan SFA[12]. Di sisi lain, konsentrasi MUFA di fraksi UCF menunjukkan kecenderungan bahwa semakin lama waktu pengadukan semakin meningkat pula konsentrasi MUFA yang didapatkan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1

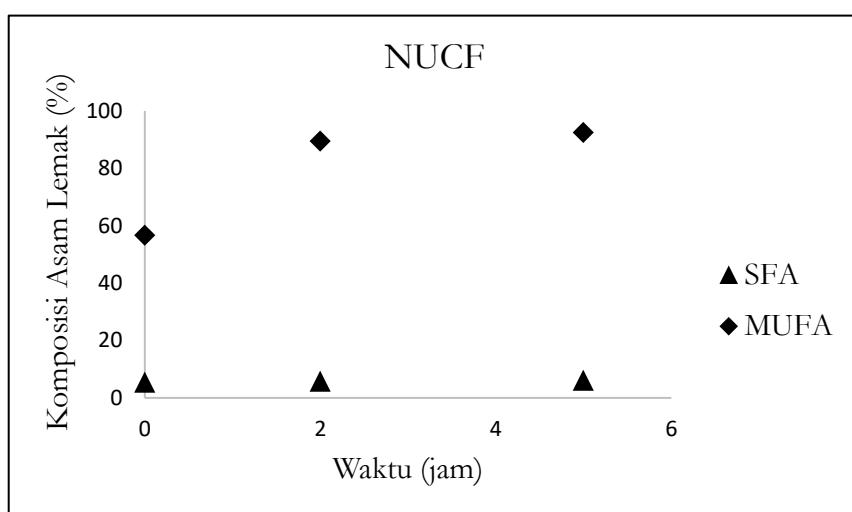


Gambar 4. Pengaruh waktu pengadukan terhadap komposisi SFA dan MUFA di fase kristal (UCF)

Selain dapat mempermudah pergantian *guest molecules*, pengadukan juga dapat menipiskan lapisan film di permukaan rongga kristal urea, sehingga mampu menurunkan tahanan transfer massa. Dengan semakin kecilnya tahanan transfer massa, maka molekul asam lemak dapat berpindah lebih cepat dari bulk cairan ke permukaan rongga kristal. Dengan demikian, molekul asam lemak dapat semakin mudah masuk ke dalam rongga kristal dan membentuk inklusi dengan urea, khususnya bagi asam lemak yang diameter lebih kecil. Waktu pengadukan yang semakin lama juga terbukti mempermudah asam oleat (MUFA) untuk lebih mudah terinklusi ke dalam kristal urea, karena memiliki ukuran molekul yang masih relatif kecil untuk masuk ke rongga kristal. Selain itu pengadukan terbukti juga dapat meningkatkan frekuensi tumbukan antara partikel

urea dengan asam asam lemak, yang mengakibatkan penambahan jumlah dan jenis asam lemak yang dapat terinklusii ke dalam kristal urea[13].

Perubahan komposisi asam lemak di fasa konsentrat (NUCF) merupakan dampak dari perubahan komposisi asam lemak di fasa UCF. Apabila terjadi pergantian *guest molecules* pada fraksi UCF maka akan berdampak juga terhadap perubahan komposisi asam lemak di NUCF. Pada Gambar 2 terlihat bahwa di fraksi NUCF, pengadukan berpengaruh terhadap kadar MUFA sedangkan SFA tidak terlalu terpengaruh dengan adanya pengadukan. Hal ini dapat dilihat pada waktu pengadukan antara 0-2 jam kadar MUFA yang didapatkan semakin meningkat akan tetapi setelah lebih dari 2 jam pengadukan konsentrasi MUFA yang didapatkan tidak terlalu berubah signifikan (konstan) karena sudah dalam kondisi mendekati kesetimbangan.



Gambar 4. Pengaruh waktu pengadukan terhadap perubahan komposisi SFA dan MUFA di fase konsentrat (NUCF)

### Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu pengadukan tidak terlalu berpengaruh pada komposisi SFA pada fase konsentrat. Hal ini ditandai dengan kadar SFA dalam fase konsentrat relatif tidak berubah. Pada kondisi kesetimbangan pengadukan 2-5 jam), konsentrasi MUFA relatif konstan

### Referensi

- [1] F. M. Diana, "Omega 3," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 6, no. 2, pp. 113–117, 2012.
- [2] Y. Retnowati, "Pola Konsumsi Omega 3 Dari Makanan Berbahan Ikan Pada Ibu Hamil di Kota Tarakan," pp. 3–11, 2007.
- [3] J. . Nettleton, *Omega-3 Fatty Acids and Health*. New York: Chapman & Hall, 1995.
- [4] M. U. Maheswari and P. G. M. Rao, "Antihepatotoxic effect of grape seed oil in rat," Tamilnadu, India, 2004.
- [5] D. A. Setyawardhani, H. Sulistyo, W. B. Sediawan, and M. Fahrurrozi, "Peranan Waktu Pengadukan Terhadap Karakteristik Kompleksasi Urea sebagai Sarana Pemisahan Asam Lemak Omega dari Minyak Nabati," *J. Tek. Kim.*, vol. 16, no. 2, pp. 81–86, 2016.
- [6] D. A. Setyawardhani, H. Sulistyo, W. B. Sediawan, and M. Fahrurrozi, "Separating poly-unsaturated fatty acids from vegetable oil using urea complexation: The crystallisation temperature effects," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 10, no. Spec.issue3, pp. 41–49, 2015.
- [7] D. A. Setyawardhani, A. Pratama, and F. Petratama, "The Concentration of Polyunsaturated Fatty Acid in Palm Oil by Urea Complexation," *Equilibrium*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [8] U. N. Wanawandara and F. Shahidi, "Concentration of omega 3-polyunsaturated fatty acids of seal blubber oil by urea complexation : optimization of reaction conditions," *Food Chem.*, vol. 65, pp. 41–49, 1999.



- [9] B. Martinez, "Grape Seed Oil," 2006.
- [10] S. Thakral and A. K. Madan, "Topological models for prediction of adductability of branched aliphatic compounds in urea," *J. Incl. Phenom. Macrocycl. Chem.*, vol. 56, no. 3–4, pp. 405–412, 2006.
- [11] D. G. Hayes, Y. C. Bengtsson, J. M. Van Alstine, and F. Setterwall, "Urea complexation for the rapid, ecologically responsible fractionation of fatty acids from seed oil," *JAOCs, J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 75, no. 10, pp. 1403–1409, 1998.
- [12] J. Martí-Rujas, A. Desmedt, K. D. M. Harris, and F. Guillaume, "Kinetics of molecular transport in a nanoporous crystal studied by confocal raman microspectrometry: Single-file diffusion in a densely filled tunnel," *J. Phys. Chem. B*, vol. 111, no. 43, pp. 12339–12344, 2007.
- [13] J. L. Guil-Guerrero and E.-H. Belarbi, "Purification process for cod liver oil polyunsaturated fatty acids," *J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 78, no. 5, pp. 477–484, 2001.





Pemakalah :

Yulinar Pramesti Cahyani

11.30-11.40 WIB

Pertanyaan :

- Menurut saudari Yulinar apakah sudah mencapai harapan ?
- Bagaimana yang harus dilakukan untuk mengetasinya ?  
(Dwi Ardiana)

Jawaban :

- Belum, seharusnya sfa semakin lama semakin meningkat, tapi kenyataannya menurun pada jam tertentu. Kadar mufa nya harusnya semakin menurun pada SCF.
- Ditambah lagi variasi pengadukannya.





# Nori Berbasis Rumput Laut *Ulva lactuca Linnaeus* dan *Eucheuma cottonii*: Pengaruh Komposisi

EndahTianasari<sup>a</sup>, Mar'atul Sholihah Junaidi <sup>b</sup>, dan Sperisa Distantina <sup>c\*</sup>

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir.Sutami 36A Jebres, Surakarta.

E-mail: <sup>a</sup>[endahtianasari@gmail.com](mailto:endahtianasari@gmail.com), <sup>b</sup>[maratulsolihahjunaidi283@gmail.com](mailto:maratulsolihahjunaidi283@gmail.com), <sup>c</sup>[sperisa\\_distantina@staff.uns.ac.id](mailto:sperisa_distantina@staff.uns.ac.id) (corresponding author).

**Abstrak.** Rumput laut jenis *Ulva lactuca linnaeus* dan *Eucheuma cottonii* merupakan rumput laut yang dapat dijumpai di perairan Indonesia, namun pemanfaatannya sebagai bahan baku nori belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat nori dari rumput laut *Ulva lactuca linnaeus* dan *Eucheuma cottonii*, mengetahui pengaruh rasio berat *Ulva lactuca linnaeus* dan *Eucheuma cottonii* terhadap karakteristik nori, dan mengetahui kandungan gizi nori. Proses pembuatan nori meliputi pencucian rumput laut, perendaman dengan air dan asam asetat 4%, pencucian kembali, penghalusan, pemasakan dengan penambahan gliserol dan saos tiram kemudian dilakukan pencetakan dan pengeringan. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh hasil nori terbaik dengan komposisi rumput laut *Ulva lactuca linnaeus* : *Eucheuma cottonii* = 95% : 5%. Nori yang dihasilkan memiliki tekstur yang lentur dapat diaplikasikan untuk *sushi* tetapi kurang renyah. Analisis nori menunjukkan hasil bahwa nori dari *Ulva lactuca linnaeus* dan *Eucheuma cottonii* memiliki hidrasi 29,9%, kandungan air 10,86 %, mineral 15,2 %, lemak 4,36%, protein 13,3%, karbohidrat 56,28% dan tidak terindikasi adanya bakteri *E-Coli*.

**Kata kunci:** Rumput Laut, Nori, *Ulva lactuca linnaeus*, *Eucheuma cottonii*.

**Abstract.** *Ulva lactuca linnaeus* and *Eucheuma cottonii* are seaweeds that are available in Indonesia, but their utilizations as nori raw material are still very limited. This study aimed to make nori from mixture of *Ulva lactuca linnaeus* and *Eucheuma cottonii* seaweeds, to know influence of weight ratio of *Ulva lactuca linnaeus* and *Eucheuma cottonii* to characteristics of the nori, and to know nutrient of the obtained nori. The process of making nori is washing, soaking with water and 4% acetic acid, washing back, smooting, cooking with addition of glycerol and oyster sauce then printing and drying. Based on the results of the study, obtained the best nori with the composition of *Ulva lactuca linnaeus* : *Eucheuma cottonii* seaweeds = 95% : 5%. The result showed that a mixture of *Ulva lactuca linnaeus* and *Eucheuma cottonii* seaweeds could be processed into te nori with flexible texture that could be applied to sushi but less crunchy. The result showed that nori from mixture of *Ulva lactuca linnaeus* and *Eucheuma cottonii* contained index hydration 29.9%, water 10.86%, minerals 15.2%, fat 4.36%, protein 13.3%, carbohydrate 56.28% and no indicated of *E-Coli*.

**Keywords:** Seaweeds, Nori, *Ulva lactuca linnaeus*, *Eucheuma cottonii*.



## 1. Pendahuluan

Nori merupakan salah satu produk olahan rumput laut alami yang dikeringkan berbentuk lembaran tipis yang bernilai gizi tinggi. Nori sering digunakan sebagai bahan pelengkap untuk membuat *temakizushi*, *makizushi*, *onigiri*, *ajitsuke nori*, *okazunori*, *donburi*, *chirashizushi*, *okonomiyaki*, *takoyaki*, *yakisoba* dan bisa dimakan secara langsung sebagai cemilan. Banyaknya cafe, restoran dan hotel yang menyajikan makanan Jepang membuat permintaan impor nori tinggi. Nori impor menggunakan bahan baku rumput laut jenis *porphyra*. *Porphyra* tidak terdapat di Indonesia karena rumput laut tersebut hidup dalam iklim yang subtropis. Oleh karena itu perlu mencari alternatif bahan baku selain *porphyra*.

Rumput laut atau alga (*seaweed*) merupakan salah satu komoditas utama budidaya perikanan di Indonesia. Produksi rumput laut Indonesia dari tahun 2009-2014 mengalami peningkatan rata-rata 27,88 % setiap tahunnya. Pada tahun 2011, Indonesia merupakan produsen rumput laut terbesar di dunia untuk jenis *Eucheuma Cottonii* [1]. Target produksi rumput laut pada tahun 2016 produksinya mencapai 11 juta ton, ditahun 2017 akan dinaikkan menjadi 13,4 juta ton [2]. Pembuatan nori dari rumput laut *Ulva lactuca L.* dan *Glacilaria sp.* [3], pembuatan nori dari rumput laut *Ulva lactuca L.* dan *Glacilaria sp.* [4], pembuatan nori dari rumput laut *Glacilaria sp.* [5] dan pembuatan nori dari rumput laut *Ulva lactuca L.* dan *Eucheuma cottonii* [6].

Rumput laut di Indonesia saat ini digunakan sebagai penghasil agar, karaginan dan alginat yang merupakan bahan baku penting dalam industri pangan maupun non pangan. Rumput laut *Ulva Lactuca L.* atau yang biasa dikenal dengan nama selada laut merupakan rumput laut yang termasuk ke dalam *Chlorophyta* atau ganggang hijau adalah rumput laut yang tumbuh secara alami di perairan Indonesia yang memiliki habitat di daerah pantai, air laut, air payau dan karang. Tanaman ini banyak terdapat di daerah pantai Pidakan, Pacitan, Jawa Timur dan Pantai Kukup, Gunung Kidul, Yogyakarta. Sedangkan, rumput laut *Eucheuma Cottonii* yang banyak dibudidayakan di Indonesia dimanfaatkan untuk industri penghasil karaginan dan untuk produk pangan lainnya seperti untuk campuran es, dodol dan lain-lain. Saat ini Indonesia merupakan pengekspor rumput laut dalam bentuk bahan mentah ke berbagai negara di dunia dengan nilai jual rendah. Sekitar 90% rumput laut yang dihasilkan diekspor dalam bentuk kering dan tanpa diolah lebih lanjut.

Melihat potensi yang ada di Indonesia, pemanfaatan *Ulva Lactuca L.* Dan *Eucheuma Cottonii* sebenarnya dapat lebih dioptimalkan sebagai bahan baku untuk membuat nori lembaran. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh variasi rasio berat campuran *Ulva Lactuca L.* dan *Eucheuma Cottonii* terhadap karakteristik nori yang dihasilkan. Diharapkan produk ini mempunyai karakteristik yang sesuai dengan nori yang ada di pasaran, mempunyai kandungan gizi yang tinggi dengan harga yang lebih murah.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi rumput laut *Ulva Lactuca L.*, diperoleh di Pantai Kukup, Desa Kemadang, Gunungkidul, Yogyakarta dan rumput laut *Eucheuma Cottonii*, dibeli dari Makasar, Sulawesi Selatan, sedangkan air, asam asetat konsentrasi 4 %, saus tiram, gliserol, dan minyak kelapa dibeli dari pasar di Surakarta.

### 2.2. Cara Kerja

Garis besar cara kerja disajikan di Gambar 1.

**Pembersihan Rumput Laut.** Rumput laut jenis *Ulva Lactuca L.* dan *Eucheuma Cottonii* kering dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel dengan mencuci menggunakan air biasa. Proses pembersihan ini bertujuan untuk membersihkan rumput laut dari sisa pasir dan kotoran yang masih menempel.



**Perendaman Rumput Laut.** Rumput laut kering jenis *Ulva Lactuca L.* yang sudah bersih direndam dalam air dengan perbandingan antara rumput laut kering (gram) : air (mL) = 2 : 60. Sedangkan Rumput laut kering jenis *Eucheuma Cottonii* yang sudah bersih direndam dalam campuran air dan asam asetat dengan perbandingan rumput laut kering (gram) : air (mL) : asam asetat (mL) = 2 : 60 : 1. Asam asetat yang digunakan adalah konsentrasi 4%. Fungsi dari perendaman ini untuk melunakkan jaringan rumput laut. Proses perendaman *Ulva Lactuca L.* dan *Eucheuma Cottonii* dilakukan dalam wadah yang berbeda. Perendaman dilakukan selama 24 jam.

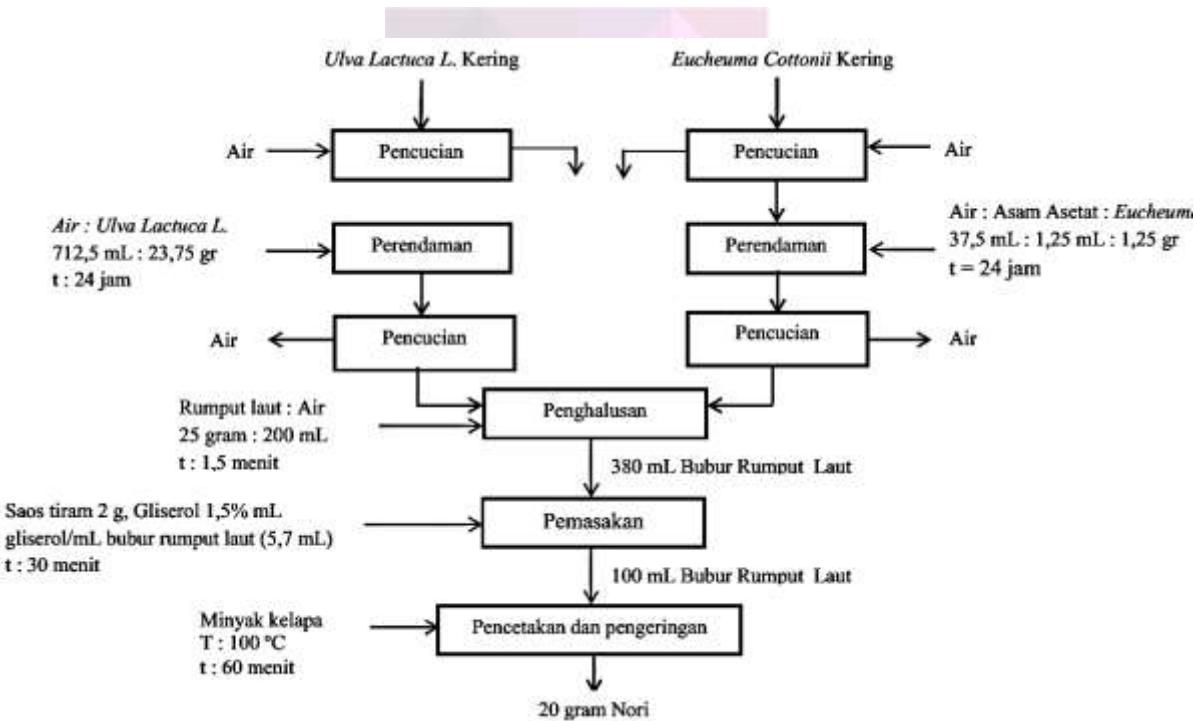
**Pencucian.** Setelah dilakukan proses perendaman, rumput laut dicuci kembali dengan air sampai bersih atau sampai air hasil cucian bening.

**Penghalusan.** Rumput laut hasil pencucian ditambahkan air dengan perbandingan antara rumput laut kering (gram) dengan air mineral (mL) = 1 : 8 kemudian dihaluskan menggunakan blender selama 1,5 menit. Proses ini bertujuan untuk mempermudah proses pemasakan dan pencetakan.

**Pemasakan.** Bubur rumput laut hasil dari proses penghalusan dimasak selama kurang lebih 30 menit. Selama proses pemasakan, bubur rumput laut ditambahkan saos tiram sebanyak 2 gr saos tiram/25 gr rumput laut kering, gliserol sebanyak 1,5% mL gliserol/mL bubur rumput laut hasil penghalusan.

**Pencetakan.** Bubur rumput laut hasil pemasakan dipipihkan kemudian diletakkan pada loyang ukuran 26×14 cm yang telah diolesi dengan minyak kelapa secara merata.

**Pengeringan.** Pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 60 menit. Proses pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kandungan air di dalam nori sehingga dihasilkan nori yang lebih tahan lama dan mempunyai tekstur yang renyah.



Gambar 1. Skema cara kerja penelitian.

### 2.3. Analisa

Analisa yang dilakukan adalah analisa hidrasi, kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat, dan analisa E-Coli. Analisa kadar air dilakukan menggunakan metode termogravimetri. Analisa kadar abu dilakukan menggunakan metode kering [7]. Analisa kadar protein menggunakan metode Kjeldahl [8]. Analisa kadar lemak menggunakan metode Soxhlet [9].

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan nori dilakukan dengan memasak campuran rumput laut jenis *Ulva Lactuca L.* dan *Eucheuma Cottonii*. Komposisi rumput laut divariasi seperti yang disajikan di Tabel 1. Sebelum proses pemasakan, rumput laut dicuci bersih, kemudian direndam dalam asam asetat 4% dan air bersih. Proses perendaman ini bertujuan untuk melunakkan jaringan rumput laut dan menghilangkan aroma amis yang terdapat pada rumput laut. Setelah direndam selama 24 jam, rumput laut dicuci sampai bersih kemudian dihaluskan selama 1,5 menit. Pada proses penghalusan, rumput laut terlebih dahulu ditambahkan dengan air. Perbandingan antara rumput laut kering (gram) dan air (mL) = 1 : 8. Setelah rumput laut menjadi bubur kemudian dimasak. Dalam proses pemasakan ini ditambahkan gliserol sebanyak 1,5% mL gliserol/mL bubur rumput laut hasil penghalusan dan 2 gram saos tiram. Proses pemasakan dilakukan selama 30 menit. Setelah dari proses pemasakan, bubur nori dipipihkan kemudian diletakkan pada loyang dengan ukuran 26×14 cm yang telah diolesi minyak kelapa secara merata. Setelah diletakkan pada loyang, nori dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 1 jam.

Table 1. Pengaruh Rasio Berat Rumput Laut terhadap Warna dan Tekstur Nori

Sampel	Rasio Berat Rumput Laut Kering (25 gr Total Rumput Laut Kering)		Warna dan Tekstur yang Dihasilkan
	<i>Ulva Lactuca L.</i>	<i>Eucheuma Cottonii</i>	
I	100 %	-	Warna hijau tua mirip nori komersil, tekstur rapuh dan tidak beraturan serta keras (Gambar 2).
II	97 %	3 %	Warna hijau tua mirip nori komersil, tekstur rapuh (Gambar 3).
III	96 %	4 %	Warna hijau tua mirip nori komersil, tekstur rapuh (Gambar 4).
IV	95 %	5 %	Warna hijau tua mirip nori komersil, tekstur menyatu (Gambar 5).

Pada penelitian ini terbukti rumput laut campuran jenis *Ulva Lactuca L.* dan *Eucheuma Cottonii* dapat dijadikan sebagai bahan baku alternatif pembuatan nori. Hal ini dapat terlihat dari karakteristik nori hasil penelitian yang menyerupai nori komersil. Nori yang dihasilkan dilihat dari bentuk fisiknya yang meliputi warna, ukuran dan tekstur. Nori yang dihasilkan dari hasil penelitian berwarna hijau tua kecoklatan dengan tekstur yang berbeda-beda pada masing-masing formula seperti ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Sampel Nori I



Gambar 3. Sampel Nori II



Gambar 4. Sampel Nori III



Gambar 5. Sampel Nori IV

Dari berbagai formulasi yang disebutkan pada Tabel 1, karakteristik terbaik yaitu rasio berat rumput laut sampel IV dengan perbandingan antara *Ulva Lactuca L.* : *Eucheuma Cottonii* = 95 % : 5 %.

Hidrasi adalah kemampuan suatu bahan untuk menyerap air. Tujuan dari dilakukannya uji hidrasi ini adalah untuk mengetahui berapa lama nori bisa bertahan di udara terbuka tanpa kemasan khusus. Berdasarkan hasil uji hidrasi, kemampuan nori pada sampel IV untuk menyerap air pada suhu 30°C setelah 5 hari tanpa kemasan. Kadar air merupakan banyaknya jumlah air yang terkandung dalam sampel bahan. Kadar air sangat penting karena dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, dan cita rasa pada produk. Kadar air dalam suatu bahan dapat menentukan kesegaran dan keawetan produk tersebut.

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, nori dari rumput laut *Ulva Lactuca L.* dan *Eucheuma Cottonii* dengan formulasi 95 % : 5 %. dilakukan analisa proksimat terhadap produk nori tersebut. Berikut hasil analisa proksimat ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisa Uji Proksimat 95 % : 5 %

No	Macam Analisa	Hasil Analisa Nori (%wb)
1	Air	11,42%
2	Abu	14,69%
3	Lemak	3,88%
4	Protein	12,40%
5	Karbohidrat	57,61%
6	Total Energi	314.96 Kkal/100 g

Berdasarkan Tabel 2 hasil uji proksimat menunjukkan dari serangkaian uji yang dilakukan, didapatkan bahwa kandungan terbesar dari nori adalah karbohidrat yaitu sebesar 57,61 %.

Analisa kandungan E-Coli dilakukan pada sampel yang memiliki karakteristik paling baik yaitu sampel ke IV. Analisa ini dilakukan dengan uji pendugaan yaitu dengan metode pengenceran. Pengenceran dilakukan sebanyak 3 kali dan dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali. Media yang digunakan dalam analisa ini adalah larutan lactose. Setelah waktu inkubasi selama 4 hari didapat hasil negatif dari bakteri E-Coli yang ditandai dengan tidak adanya gelembung udara pada tabung durham serta nilai Most Probable Number (MPN) adalah 0, sehingga nori dari rumput laut *Ulva Lactuca L.* dan *Eucheuma Cottonii* layak untuk dikonsumsi.

Uji penerimaan produk oleh calon konsumen merupakan salah satu uji yang menyangkut penilaian seseorang terhadap kesukaan atau ketidaksuakaan suatu produk. Uji kesukaan dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan konsumen terhadap nori yang dihasilkan. Kriteria uji penerimaan calon konsumen yang dilakukan meliputi aroma, rasa, warna dan tekstur dari nori. Total koresponden pada uji ini sebanyak 24 orang. Hasil uji organoleptik dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Organoleptik Nori



Keterangan	Nilai		
	1	2	3
Rasa	0%	75%	25%
Warna	0%	67%	33%
Aroma	4%	67%	29%
Tekstur	17%	79%	4%

Berdasarkan uji organoleptik yang meliputi rasa, warna, aroma, dan tekstur diperoleh hasil bahwa 75% responden mengatakan suka dan 25% responden sangat suka rasa nori. Untuk warna 67% responden suka dan 33% responden tidak suka, dari aroma 4% responden mengatakan tidak suka, 67% responden suka, 29% responden sangat suka dan tekstur 17% responden mengatakan tidak suka, 79% responden mengatakan suka dan 4% responden mengatakan tidak suka.

## Kesimpulan

Proses pembuatan nori dilakukan dengan tahapan pencucian rumput laut kering untuk membersihkan pasir dan kotoran yang menempel pada rumput laut. Perendaman dengan air, perendaman dengan larutan asam asetat, pencucian kembali, penghalusan, pemasakan 30 menit dan pengeringan pada suhu 100 °C selama 60 menit kemudian didapatkan nori lembaran. Nori formulasi IV dengan rasio berat kering *Uha Lactuca L* : *Eucheuma Cottonii* = 95% : 5% menghasilkan nori dengan karakteristik yang terbaik mirip dengan nori di pasaran dan memiliki tekstur yang lentur yang dapat diaplikasikan sebagai pembungkus *sushi* tetapi kurang renyah. Nori yang dihasilkan memiliki kandungan air 10,86 %, mineral 15,2 %, lemak 4,36 %, protein 13,3 %, karbohidrat 56,28 %.

## Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti menyampaikan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah mendanai penelitian ini melalui skim hibah riset Fundamental PNBP UNS 2017-2018 no kotrak 543/UN27.21/PP/2018.

## Referensi

- [1] Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya KKP. 2013. Laporan tahunan Direktorat Produksi Tahun 2013. <http://perpustakaan.kkp.go.id>. Diakses pada tanggal : 4 September 2017.
- [2] Kementerian Perindustrian. 2016. Rumput laut. <http://agro.kemenperin.go.id>. Diakses pada tanggal : 25 Agustus 2017
- [3] Ningtyas, S. A., dan Putri, R. C. T. 2016. Inovasi nori dari rumput laut *Ulva Lactuca* dan *Gracilaria sp* (ULGANORI) sebagai substitusi nori impor di Indonesia. Laporan Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [4] Sari, L. R. P., dan Indah, M. P. 2014. Laporan Tugas Akhir Pembuatan Nori dari Rumput Laut Campuran *Ulva Lactuca L* dan *Gracilaria sp*. Laporan Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [5] Teddy, M. 2009. Pembuatan Nori Secara Tradisional dari Rumput Laut Jenis *Gracilaria sp*. Laporan Skripsi Program Studi Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [6] Zakaria, F. R., Priosoeryanto, B. P., Erniati, dan Sajida. 2017. Karakteristik Nori dari Campuran Rumput Laut *Ulva Lactuca* dan *Eucheuma Cottonii*. JPB Kelautan dan Perikanan Vol. 12 No. 1 Tahun 2017: 23-30, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [7] Nurilmala, M, M. Wahyuni, H. Wiratmaja. 2006. *Perbaikan Nilai Tambah Limbah Tulang Ikan Tuna (thunnus sp) Menjadi Gelatin Serta Analisa Fisika Kimia*. Jurnal Buletin Teknologi Hasil Perikanan. 9(2):22-33.
- [8] Sumantri, dan Rohman, A. (2013) *Analisa Makanan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Halaman 7-10.
- [9] Ketaren, S., 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, UI Press, Jakarta.



Pemakalah :

Maratus Sholihah Junaidi

11.40-11.50 WIB

Pertanyaan :

1. Apa latar belakang pemilihan bahan baku dan pertimbangannya ?  
(Luthfiatul Azizah Aini)
2. Apakah ada perbedaan rasa yang signifikan dari nori tersebut dari nori biasanya?  
(Hanifah)

Jawaban :

1. Karena ulfa lactuca banyak dibudidayakan di Indonesia, uecimacatoni banyak di budidayakan di Indonesia. Pemanfaatan keduanya di Indonesia masih kurang.
2. Tidak ada perbedaan yang signifikan. Namun nori buatan kami kurang renyah dari pada nori import dari Jepang.





# Pembuatan Susu Kedelai yang Tahan Lama Tanpa Bahan Pengawet

Ratri Desy Mawarni<sup>1,a</sup>, Yuni Anggraini<sup>1,b\*</sup>, dan Arif Jumari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Diploma III Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

<sup>2</sup>Dosen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami No.36 A, Surakarta

E-mail : <sup>a</sup>[ratridessy11@gmail.com](mailto:ratridessy11@gmail.com), <sup>b</sup>[yunianggraini204@gmail.com](mailto:yunianggraini204@gmail.com)

**Abstrak.** Susu kedelai memiliki susunan asam amino yang mirip dengan susu sapi sehingga dapat digunakan sebagai pengganti susu sapi. Kelemahannya adalah tidak tahan lama yang ditandai dengan perubahan tekstur, aroma, rasa dan warna. Metode pengawetan susu kedelai yaitu dengan pendinginan dan pemanasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pasteurisasi terhadap daya simpan susu kedelai. Metode yang digunakan yaitu pasteurisasi *Low Temperature Long Time* pada suhu 62,8°C selama 30 menit dan *High Temperature Short Time* pada suhu 71,7°C selama 15 detik. Setiap selang waktu 3 hari dilakukan pengamatan perubahan tekstur (pengukuran densitas dan viskositas), rasa dan aroma (pengukuran derajat keasaman), warna dan cemaran total bakteri. Dari penelitian disimpulkan bahwa susu kedelai yang diolah dengan metode pasteurisasi *High Temperature Short Time* memiliki mutu yang lebih baik daripada *Low Temperature Long Time*. Total cemaran bakteri lebih banyak pada susu kedelai dengan metode pasteurisasi *Low Temperature Long Time*. Susu kedelai dengan metode pasteurisasi *Low Temperature Long Time* memiliki daya simpan maksimal 13 hari dan dimungkinkan susu kedelai dengan metode *High Temperature Short Time* mampu bertahan lebih dari 13 hari. Dengan demikian metode pasteurisasi *High Temperature Short Time* lebih sesuai digunakan untuk proses pembuatan susu kedelai yang tahan lama tanpa bahan pengawet.

**Kata kunci :** pengganti susu sapi, susu kedelai, pasteurisasi, tahan lama, kualitas

**Abstract.** Soy milk has an amino acid structure similar to cow's milk Can't be used as cow's milk. The disadvantage is not durable which is marked by the change of texture, smell, taste and color. This research aims to determine the pasteurization information on soybean milk storage. The method used for the processing of milk is pasteurization method of Low Temperature Long Time at temperature of 62.8 ° C for 30 minutes and High Temperature Short Time at temperature of 71.7 ° C for 15 seconds. Every 3-day interval is done by way (thickness and viscosity), taste and smell (measurement of acidity degree), color and total bacteria contamination. From the research, it was concluded that soy milk processed by pasteurization method of High Temperature Short Time has better quality than Low Temperature Long Time. The amount of bacterial contamination is more in soybean milk with pasteurized method of Low Temperature Long Time. Soybean milk with pasteurized method Low Temperature Long Time has a maximum shelf life of 13 days and ordering of milk with the method of High Temperature Short Time can last more than 13 days. Pasteurization of High



Temperature Short Time is more appropriate to process long-lasting soy milk without preservatives.

**Keywords:** cow's milk substitute, soy milk, pasteurization, long life, quality

## 1. Pendahuluan

Susu merupakan produk pangan yang hampir sempurna kandungan gizinya dan sangat dianjurkan dikonsumsi terutama oleh anak-anak yang berada dalam masa pertumbuhan. Komponen utama dari susu adalah lemak (3,9% didominasi oleh lemak jenuh); protein susu 3,4%; laktosa 4,8%; abu 0,72%; serta air 87,10%. Susu dari binatang ini mengandung lemak hewani yang dapat meningkatkan kadar kolesterol sehingga tidak dianjurkan dikonsumsi secara berlebihan, terutama bagi seseorang yang menderita beberapa penyakit tertentu dan alergi terhadap protein hewani. Untuk memenuhi kebutuhan protein tersebut, dapat dipenuhi dengan makanan yang berasal dari kedelai. Salah satu produk olahan kedelai adalah susu kedelai.

Protein susu kedelai memiliki susunan asam amino yang hampir sama dengan susu sapi sehingga susu kedelai dapat digunakan sebagai pengganti susu sapi bagi orang yang alergi terhadap protein hewani (Astawan, 2004). Kelemahan susu kedelai adalah tidak tahan lama sehingga gizi dan cita rasa berubah. Susu kedelai yang rusak ditandai dengan berubahnya bau, warna, rasa, atau cairan mengental kemudian pisahnya air dengan endapan sari kedelai.

Metode pengawetan susu kedelai yang dilakukan agar susu tidak mudah rusak dan tahan lama yaitu pendinginan dan pemanasan susu. Pengawetan susu dengan metode pemanasan dapat dilakukan dengan pasteurisasi dan sterilisasi. Metode pasteurisasi yang umum dilakukan pada susu ada 3 yaitu : *Low Temperature Long Time* (LT LT), *High Temperature Short Time* (HTST) dan *Ultra High Temperature* (UHT). Beberapa penjual menggunakan bahan kimia pengawet untuk memperpanjang daya simpan dan mencegah rusaknya susu kedelai. Namun penggunaan bahan kimia pengawet dapat membahayakan kesehatan manusia.

Berdasarkan hal-hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pasteurisasi terhadap daya simpan susu kedelai yang dibuat dengan metode pasteurisasi LT LT dan HTST. Diharapkan produk ini mempunyai karakteristik susu kedelai yang baik dan memiliki daya simpan yang lebih lama daripada susu kedelai di pasaran.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret dan Laboratorium Biologi UPT. Laboratorium Terpadu, Universitas Sebelas Maret mulai bulan Maret-Mei 2018.

### 2.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kedelai lokal yang diperoleh dari Pasar Gedhe Surakarta, air dan gula pasir.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: timbangan digital, blender, panci perebus, pengaduk, kain saring, termometer, botol kaca, viskometer Ostwald, piknometer, digital pH meter, autoclaf, stopwatch, cawan petri, tabung reaksi, erlenmeyer, pipet, LAF (*Laminar Air Flow*).

### 2.3. Prosedur Penelitian



Pembuatan susu kedelai menggunakan metode pasteurisasi dengan metode pasteurisasi *Low Temperature Long Time* (LTLT) dan *High Temperature Short Time* (HTST). Prosedur pembuatan susu kedelai diawali dengan merendam kedelai selama 12 jam dengan perbandingan kedelai dan air yaitu 1:2 (b/v). Setelah perendaman dilakukan proses pembuangan kulit, dan membilasnya dengan air. Selanjutnya kedelai direbus selama 15 menit untuk menghilangkan bau langu. Setelah itu, kedelai digiling menggunakan blender dengan perbandingan kedelai dan air yaitu 1:5 (b/v). Kedelai yang sudah halus disaring menggunakan kain dan saringan. Filtrat hasil penyaringan dipanaskan pada suhu 62,8°C selama 30 menit (*Low Temperature Long Time*) dan pemanasan pada suhu 71,7°C selama 15 detik (*High Temperature Short Time*) dengan penambahan gula secukupnya. Susu kedelai yang diperoleh kemudian dimasukkan dalam botol kaca steril, ditutup kemudian direbus 15 menit.

Pengamatan terhadap mutu susu kedelai dilakukan setiap 3 hari sekali untuk mengetahui tingkat perubahan dari segi tekstur (pengukuran densitas dan viskositas), aroma dan rasa (pengukuran derajat keasaman), warna dan perhitungan total cemaran bakteri.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Proses pembuatan susu kedelai dengan metode pasteurisasi berfungsi untuk membunuh sebagian bakteri patogenik yang ada dalam susu dan mempertahankan semaksimal mungkin sifat fisik dan cita rasa susu segar.

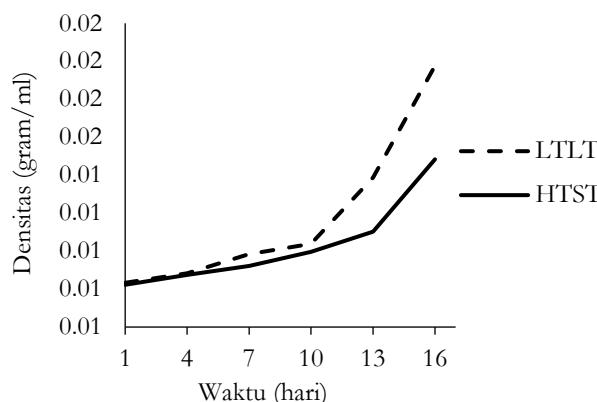
#### 3.1. Tekstur

Perubahan tekstur susu kedelai dapat diketahui dengan pengukuran densitas dan viskositas. Nilai densitas dan viskositas susu kedelai dipengaruhi oleh tekstur susu kedelai yang semakin kental dan menggumpal. Nilai densitas dan viskositas dapat dilihat pada tabel 2.

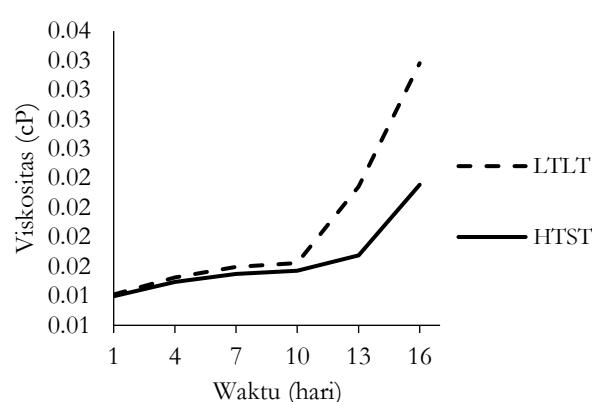
Tabel 1. Hasil Pengukuran Densitas dan Viskositas Susu Kedelai

Hari ke-	Densitas (gram/ml)		Viskositas (cP)	
	LTL T	HTS T	LTL T	HTS T
1	1,12	1,11	1,26	1,25
4	1,14	1,14	1,41	1,37
7	1,19	1,16	1,50	1,44
10	1,22	1,20	1,53	1,46
13	1,39	1,25	2,18	1,59
16	1,69	1,44	3,23	2,19

Berdasarkan tabel 2 hasil pengukuran densitas dan viskositas susu kedelai maka dapat dibuat grafik seperti gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Kenaikan Densitas sebagai Fungsi Waktu Penyimpanan



Gambar 2. Kenaikan Viskositas sebagai Fungsi Waktu Penyimpanan

Berdasarkan gambar 1 dan 2, dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya waktu simpan susu kedelai maka nilai densitas dan viskositas susu kedelai cenderung meningkat karena perubahan tekstur susu kedelai yang semakin mengental. Susu kedelai yang bagus memiliki tekstur sedang dan tidak menggumpal. Susu kedelai yang diolah dengan metode pasteurisasi *Low Temperature Long Time* pada hari ke 1-10 memiliki tekstur sedang. Sedangkan pada hari ke-13 teksturnya sudah kental. Pada hari ke-16 sudah kental dan menggumpal sehingga dapat disimpulkan bahwa pada hari ke-13 susu kedelai sudah tidak layak konsumsi.

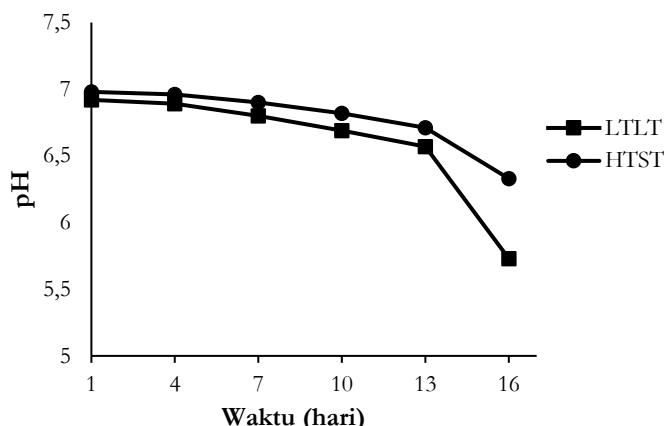
Susu kedelai yang diolah dengan metode pasteurisasi *High Temperature Short Time* pada hari ke 1-13 memiliki tekstur sedang, sedangkan pada hari ke-16 mengental dan sedikit menggumpal. Hal ini menunjukkan bahwa susu kedelai sudah tidak layak konsumsi pada hari ke-16. Nilai densitas dan viskositas terbesar diperoleh pada hari ke-16 karena tekstur susu kedelai sudah mulai kental dan menggumpal. Dengan demikian massa susu kedelai akan bertambah sehingga cenderung meningkatkan nilai densitas dan viskositas.

### 3.2. Derajat Keasaman

Derajat keasaman menunjukkan sifat asam atau basa susu kedelai yang dihasilkan. Sifat asam atau basa susu kedelai dapat diketahui dengan pengukuran pH dengan menggunakan pH meter. Perubahan derajat keasaman berpengaruh terhadap rasa dan aroma susu kedelai. Derajat keasaman yang semakin menurun menunjukkan aroma yang semakin asam dan rasa yang semakin masam. Tabel 2 dan gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran derajat keasaman susu kedelai.

Tabel 2. Hasil Pengukuran pH Susu Kedelai

Hari ke-	LTLT	HTST
1	6,92	6,98
4	6,89	6,96
7	6,80	6,90
10	6,69	6,82
13	6,57	6,71
16	5,73	6,33



Gambar 3. Penurunan pH sebagai Fungsi Waktu Penyimpanan

Berdasarkan gambar 3 menunjukkan bahwa derajat keasaman (pH) susu kedelai semakin menurun. Rasa yang dihasilkan dari susu kedelai metode *Low Temperature Long Time* pada hari ke 1-10 masih segar sehingga memiliki aroma khas kedelai, sedangkan pada hari ke-13 mulai terasa kurang segar tetapi masih beraroma khas kedelai dan pada hari ke-16 sudah terasa masam sehingga beraroma asam. Rasa susu kedelai metode *High Temperature Short Time* pada hari ke 1-13 masih segar sehingga beraroma khas kedelai, sedangkan pada hari ke 16 sudah terasa sedikit masam dan beraroma asam. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya waktu simpan susu kedelai maka rasa susu kedelai semakin masam dan beraroma asam karena nilai pH semakin menurun. Penurunan pH disebabkan oleh pembentukan asam laktat dan aktivitas bakteri. Syarat mutu susu kedelai berdasarkan SNI 01-3830-1995 memiliki pH 6,5-7,0. Berdasarkan data yang diperoleh, pada hari ke-16 susu kedelai memiliki pH <6,5 sehingga sudah tidak layak konsumsi.

Dalam pengujian mutu susu kedelai juga ditentukan oleh tingkat perubahan warna. Susu kedelai yang diolah dengan metode *Low Temperature Long Time* dan *High Temperature Short Time* pada hari ke-1 sampai dengan 13 berwarna putih tetapi pada hari ke-16 susu kedelai mulai berwarna putih kecoklatan. Hal ini disebabkan karena tekstur, rasa dan aroma yang sudah mulai berubah.

### 3.3. Cemaran Total Bakteri

Uji cemaran bakteri dilakukan untuk mengetahui adanya kontaminasi bakteri pada sampel susu kedelai. Hasil perhitungan total cemaran bakteri dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Cemaran Total Bakteri

Hari ke-	Cemaran Total Bakteri (cfu/ml)	
	LTLT	HTST
1	0	0
4	0	0
7	0	0
10	0	0
13	$0,064 \times 10^6$	0
16	$1,092 \times 10^6$	$0,512 \times 10^6$

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian maka susu kedelai yang diolah dengan metode pasteurisasi *Low Temperature Long Time* lebih cepat ditumbuhkan bakteri yaitu pada hari ke-13 dengan total bakteri sebanyak  $0,064 \times 10^6$  cfu/ml dan pada hari ke-16 dengan total bakteri sebanyak  $1,092 \times 10^6$  cfu/ml. Sedangkan susu kedelai yang diolah dengan metode pasteurisasi *High Temperature*



*Short Time* pada hari ke-13 belum ditumbuhkan bakteri dan pada hari ke-16 ditumbuhkan bakteri sebanyak  $0,512 \times 10^6$  cfu/ml. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri total susu kedelai yang diolah dengan metode pasteurisasi *Low Temperature Long Time* pada hari ke -16 ternyata melebihi batas maksimum cemaran yang ditetapkan oleh SNI 01-3830-1995 yaitu  $1 \times 10^6$  cfu/ml.

### Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa pasteurisasi dapat dijadikan sebagai alternatif untuk memperpanjang daya simpan susu kedelai tanpa bahan pengawet. Susu kedelai yang diolah dengan metode pasteurisasi *High Temperature Short Time* memiliki mutu yang lebih baik daripada *Low Temperature Long Time*. Cemaran total bakteri lebih banyak pada susu kedelai yang diolah dengan metode pasteurisasi *Low Temperature Long Time*. Susu kedelai yang diolah dengan metode pasteurisasi *Low Temperature Long Time* memiliki daya simpan maksimal 13 hari dan dimungkinkan susu kedelai yang diolah dengan metode *High Temperature Short Time* mampu bertahan lebih dari 13 hari. Dengan demikian metode pasteurisasi *High Temperature Short Time* lebih sesuai digunakan untuk proses pembuatan susu kedelai yang tahan lama tanpa bahan pengawet.

### Referensi

- [1] Abubakar, Triyantini, R. Sunarlim, H. Setiyanto, dan Nurjannah. 2001. *Pengaruh Suhu dan Waktu Pasteurisasi Terhadap Mutu Susu Selama Penyimpanan*. Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner Vol. 6 No. 1.
- [2] Affan, Ibnu. 2017. *Jumlah Cemaran Total Plate Count (TPC) dan Escherichia coli Susu Kambing Segar yang berasal dari Usaha Ternak Kambing Perah di Kecamatan Syiah Kuala Banda Aceh*. Banda Aceh : Universitas Syiah Kuala.
- [3] Amandan Hardjo. 1973. *Komposisi Gizi Susu Kedelai Cair dan Susu Sapi*. Gorontalo : Universitas Negeri Gorontalo.
- [4] Anggraeni, Frida Dwi, Prihandani, Ririen. 2016. *Pengaruh Jenis Komoditi Kedelai (Organik dan Anorganik) dan Suhu Penyimpanan Terhadap Umur Simpan Susu Kedelai*. Malang : Universitas WidyaGama.
- [5] Buckle, dkk. 1987. *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kedelai*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- [6] Istiqomah. 2014. *Studi Kualitas Susu Kedelai dari Beragam Varietas Biji Kedelai dan Kondisi Pengolahan*. Jember : Universitas Jember.
- [7] Jumadi. 2009. *Pengkajian Teknologi Pengolahan Susu Kedelai*. Jawa Timur : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- [8] Rohmah, Eka Efiyanti, Saputro, Triono Bagus. 2016. *Analisis Pertumbuhan Tanaman Kedelai (Glycine max L) Varietas Grobogan pada Kondisi Cekaman Genangan*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November. Jurnal Sains dan Seni ITS, Vol.5, No.2.
- [9] SNI 01-3830-1995, "Dewan Standardisasi Nasional Susu Kedelai". Jakarta.
- [10] Widowati, Sri. 2016. *Teknologi Pengolahan Kedelai*. Bogor : Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian.



Pemakalah :

Ratri Desy Mawarni

11.50-12.05 WIB

Pertanyaan :

- Batas maksimal 13 hari apakah di lemari es ?
- Apa saja faktor yang mempengaruhi penyimpanan susu kedelai ?
- Selain pasteurisasi ada apa aja ?  
(Sayyida Asyifaa)

Jawaban :

- Iya, di lemari es dengan suhu 4°C.
- Cara menyimpan dan cara mengolah, kalau mengolah sampai mendidih akan merusak susunan asam amino, penyimpanan di lemari es. Pada pasteurisasi tidak diolah sampai mendidih tetapi hanya membunuh bakteri.
- Ada cara lain yaitu UHT tetapi perlu biaya yang lebih banyak.





# Pengaruh Jumlah Inokulum terhadap Waktu Fermentasi pada Pembuatan Yoghurt dari Susu Sapi

Nugroho Santoso<sup>1</sup> dan Dr. Margono, S.T., M.T.<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami no. 36A Surakarta (57126)  
Email : <sup>1</sup>nugroho.san29@gmail.com, <sup>2</sup> mrgono08@gmail.com

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah inokulum dan waktu fermentasi terhadap mutu kimia dan mutu mikrobiologi pada yoghurt. Inkubasi susu sapi dilakukan selama 9 jam, konsentrasi inokulum 5%, 7%, dan 10%, dan pada suhu 37°C, 40°C, dan 45°C. Mutu kimia yang diuji pada penelitian ini meliputi pH dan kadar asam laktat. Mutu mikrobiologi yang diteliti adalah jumlah bakteri asam laktat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi inokulum dan suhu inkubasi berpengaruh terhadap mutu kimia dan mutu mikrobiologi pada pembuatan yoghurt ( $P<0,05$ ). Pada konsentrasi inokulum 10% serta suhu inkubasi 45°C menunjukkan pH rata-rata 4,47 dan kadar asam laktat 1,41%. Dari data tersebut memenuhi standar dalam hasil olahan fermentasi yoghurt.

**Kata kunci:** fermentasi, inokulum, susu, yoghurt

**Abstract.** This study aims to determine the effect from the amount of inoculum and fermentation time on chemical quality and microbiological quality in yoghurt. Incubation of cow's milk is done for 9 hours, the concentration of inoculum 5%, 7% and 10%, and at a temperature of 37 °C, 40 °C and 45 °C. Quality of chemicals tested on this study include pH and lactic acid levels . The quality of microbiology studied is the amount of lactic acid bacteria. The results showed that inoculum concentration and incubation temperature had an effect on chemical quality and microbiological quality on yogurt production ( $P <0,05$ ). At 10% inoculum concentration and 45 °C incubation temperature showed an average pH of 4.47 and a lactic acid level of 1.41%. From the data it meets the standard in the yoghurt fermented process .

**Keywords:** fermentation, inoculum, milk, yoghurt



## 1. Pendahuluan

Susu merupakan bahan makanan yang istimewa karena mengandung berbagai zat yang dibutuhkan untuk manusia diantaranya laktosa, protein, lemak, mineral dan vitamin. Susu mudah rusak oleh mikroorganisme, karena merupakan media pertumbuhan yang sangat baik bagi bakteri dan dapat menjadi sarana potensial bagi penyebaran bakteri patogen. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan pengolahan dan pengawetan, antara lain dengan fermentasi susu menjadi yoghurt. Produk hasil olahan ini merupakan hasil pemeraman susu yang mempunyai cita rasa yang dihasilkan melalui fermentasi bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*.

Sementara itu susu sapi mempunyai kandungan laktosa cukup tinggi yang dapat menimbulkan masalah bagi masyarakat yang menderita *Lactose intolerance* yaitu keadaan dimana usus tidak dapat mencerna dan menyerap laktosa secara sempurna. Laktosa yang tidak terurai akan tertinggal di permukaan usus halus dan menyerap banyak air sehingga menimbulkan diare. *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* merupakan bakteri asam laktat yang dapat mengubah laktosa dalam susu menjadi asam laktat, sehingga susu tersebut lebih mudah dicerna oleh lambung.

*Lactobacillus bulgaricus* yang digunakan sebagai inokulum yoghurt menghasilkan 2% berat asam laktat per volume susu. Temperatur optimum pada suhu 42°C dan tetap tumbuh dan hidup pada suhu 45°C atau lebih. *Streptococcus thermophilus* adalah satu-satunya spesies yang digunakan secara luas sebagai inokulum beberapa keju termasuk mozzarella dan yoghurt, bakteri asam laktat termasuk bakteri termofilik yang tumbuh optimal pada suhu diatas 45°C. Pembuatan yoghurt dalam penelitian ini menggunakan susu sapi dengan konsentrasi inokulum yang berbeda-beda, sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap mutu kimia dan mutu mikrobiologi pada yoghurt dari susu sapi.

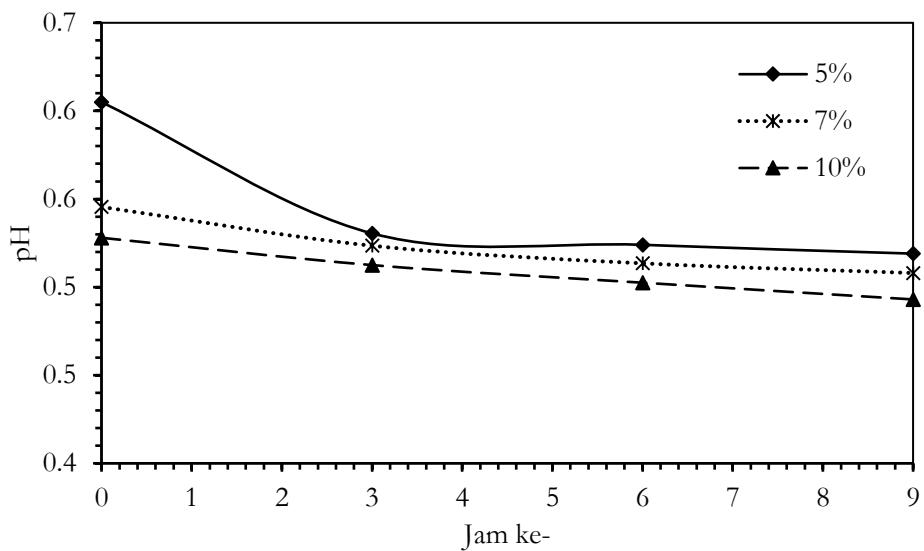
## 2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Teknik Kimia Fakultas Teknik dan Laboratorium Kimia Pangan dan Biokimia Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Materi yang digunakan adalah susu sapi segar, bubuk skim, serta bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* sebagai inokulum. Susu sapi terlebih dahulu disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 75°C kemudian setelah selesai disterilisasi susu sapi tersebut didinginkan hingga mencapai suhu ruangan. Setelah itu ditambahkan bubuk skim 3% (b/v) dan inokulum dengan konsentrasi 5% (v/v), 7% (v/v), dan 10% (v/v) pada susu sapi tersebut. Langkah selanjutnya adalah menginkubasi susu sapi yang telah ditambahkan bubuk skim dan inokulum pada suhu masing-masing 37°C, 40°C, dan 45°C selama 9 jam. Kemudian setiap interval waktu 3 jam dilakukan pengamatan terhadap pH, kadar asam laktat, dan jumlah bakteri asam laktat. Pengukuran pH menggunakan pH meter digital pada semua unit percobaan. Kadar asam laktat ditentukan dengan titrasi dengan menggunakan larutan alkali (Mann's Acid Test). Dan jumlah bakteri asam laktat diamati menggunakan *hemacytometer* pada mikroskop.

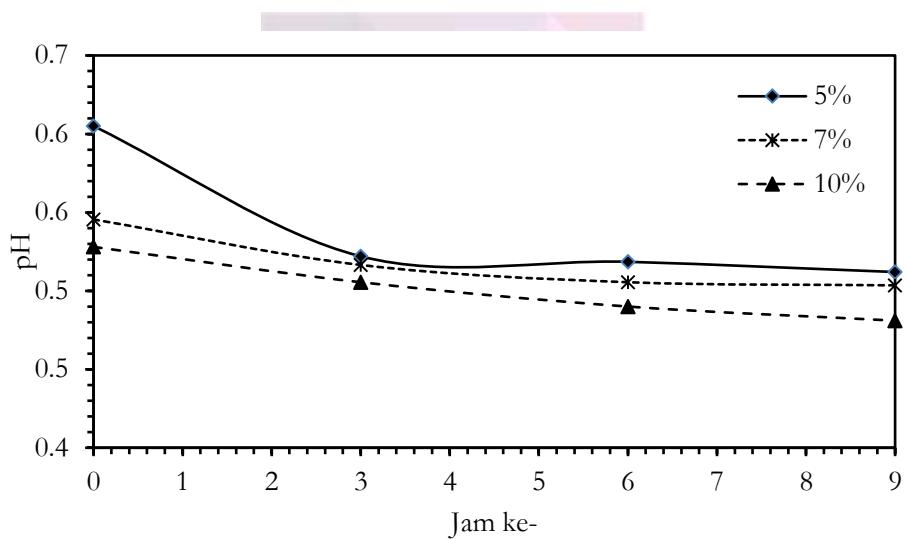
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Nilai Keasaman (pH)

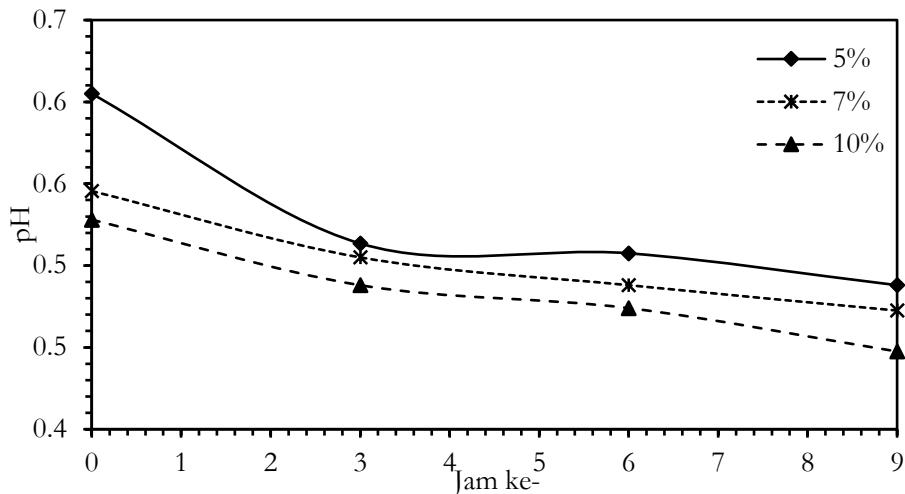
Dari gambar 1 terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi inokulum maka semakin tinggi juga pH dari waktu ke waktu. Hal tersebut juga berlaku terhadap pengamatan pada suhu 40°C dan 45°C, memiliki kecenderungan yang sama. Yang bisa dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Kadar pH pada suhu 37°C dari Beberapa Konsentrasi Inokulum Yoghurt Terhadap Waktu



Gambar 2. Kadar pH pada suhu 40°C dari Beberapa Konsentrasi Inokulum Yoghurt Terhadap Waktu

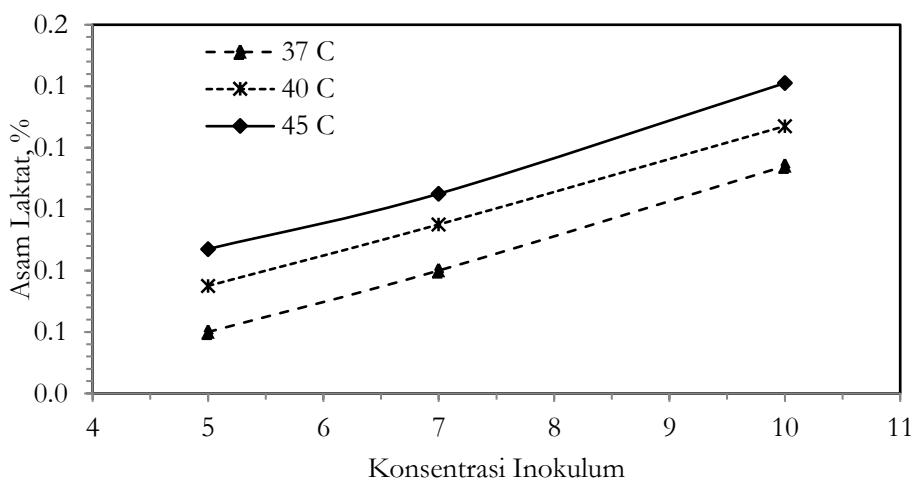


Gambar 3. Kadar pH pada suhu 45°C dari Beberapa Konsentrasi Inokulum Yoghurt Terhadap Waktu

Hal ini terjadi karena jumlah inokulum semakin tinggi menyebabkan semakin aktif bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* dalam menfermentasi laktosa menjadi asam laktat, sehingga menyebabkan pH turun.

Menurut Standar Nasional Indonesia pH standar pada pembuatan yoghurt berkisar antara 4 – 4,5. Dan jika dilihat dari data penelitian, pH pada suhu 45°C dengan konsentrasi inokulum sebesar 10% memiliki nilai pH yang sesuai dengan standar pada jam ke-9 dari waktu inkubasi.

### 3.2. Kadar Asam Laktat



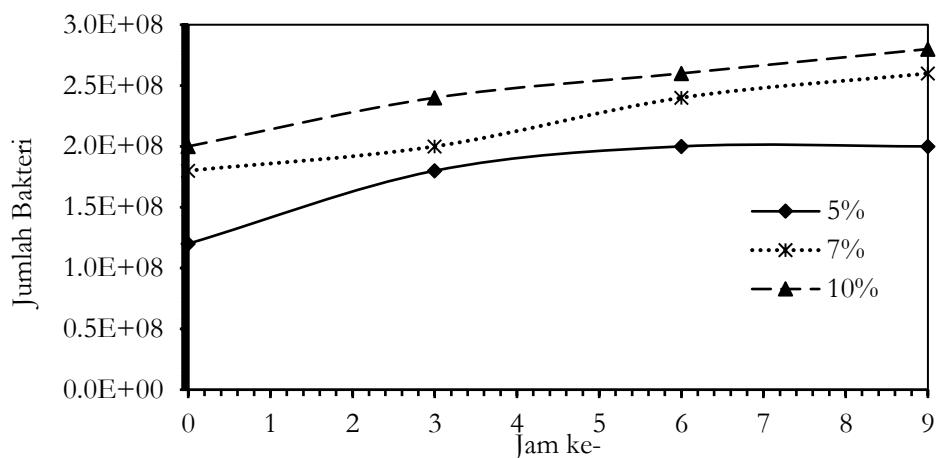
Gambar 4. Kadar Asam Laktat dari Beberapa Suhu Inkubasi terhadap Konsentrasi Inokulum Yoghurt

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa kadar asam laktat yoghurt berkisar antara 0,6 – 1,41%. Hal tersebut menerangkan bahwa semua kadar asam laktat yoghurt hasil penelitian berada dikisaran Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2981-1992) yaitu 0,5 – 2,0%.



Kadar asam laktat tertinggi (1,41%) dihasilkan oleh yoghurt dengan konsentrasi inokulum 10% dan pada suhu 45°C. Sedangkan kadar asam laktat terendah (0,6%) dihasilkan oleh yoghurt dengan konsentrasi inokulum 5% dan pada suhu 37°C. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi inokulum yang dimasukkan dan suhu inkubasi mempengaruhi kadar asam laktat pada yoghurt. Semakin tinggi konsentrasi inokulum dan suhu inkubasi maka semakin tinggi juga kadar asam laktat pada yoghurt.

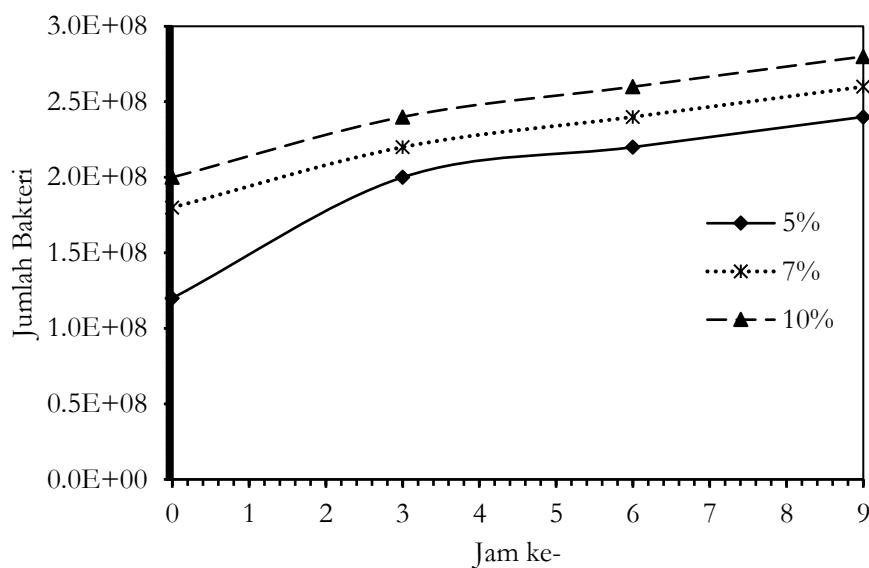
### 3.3. Jumlah Bakteri Asam Laktat



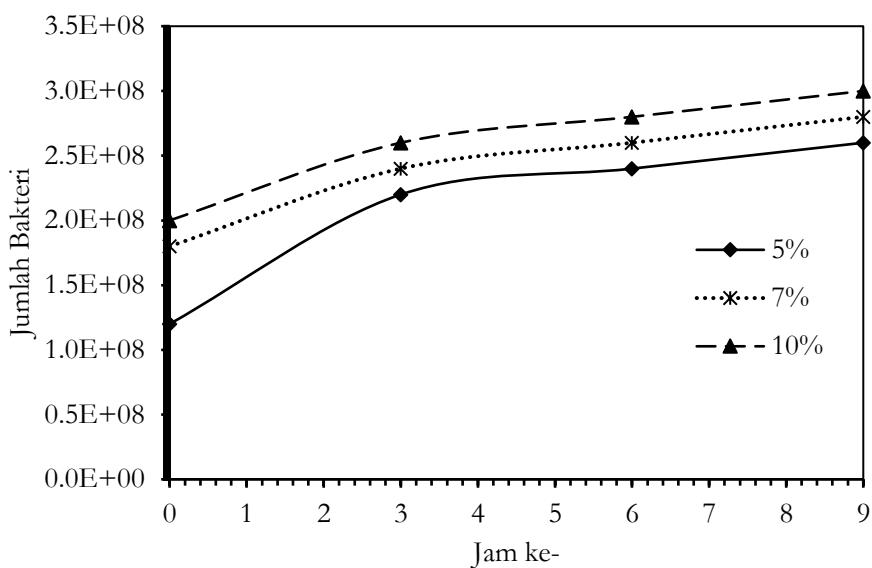
Gambar 5. Jumlah Bakteri Asam Laktat pada Suhu 37°C dari Beberapa Konsentrasi Inokulum Yoghurt terhadap Waktu

Dari gambar di atas menunjukkan bahwa bakteri asam laktat semakin meningkat seiring bertambahnya waktu inkubasi. Selain itu semakin tinggi konsentrasi inokulum yoghurt yang ditambahkan, semakin tinggi pula jumlah bakteri asam laktatnya. Hal ini berlaku juga pada pengamatan suhu 40 dan 45°C.

Meningkatnya total bakteri asam laktat di dalam produk fermentasi dapat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dalam susu terutama kadar laktosa, sehingga pertumbuhan bakteri asam laktat optimal.



Gambar 6. Jumlah Bakteri Asam Laktat pada Suhu 40°C dari Beberapa Konsentrasi Inokulum Yoghurt terhadap Waktu



Gambar 7. Jumlah Bakteri Asam Laktat pada Suhu 45°C dari Beberapa Konsentrasi Inokulum Yoghurt terhadap Waktu

## Kesimpulan

Semakin tinggi penambahan inokulum semakin tinggi kadar asam laktat pada yoghurt. Namun sebaliknya, semakin tinggi penambahan inokulum, semakin rendah pH pada yoghurt. Jika diinginkan hasil yang sesuai Standar Nasional Indonesia terutama dilihat dari kadar asam laktat dan pH, maka pembuatan yoghurt dengan konsentrasi inokulum 10%, suhu 45°C, dan waktu inkubasi ± 9 jam adalah yang paling sesuai.

## Referensi

- [1] U. Fatmawati dan F. I. Prasetyo, "Karakteristik Yoghurt Yang Terbuat Dari Berbagai Jenis Susu Dengan Penambahan Kultur Campuran", *Jurnal Bioedukasi*, Vol. 6, No.2, Hal. 1-9. Agustus, 2013.
- [2] H. Prasetyo, "Pengaruh Penggunaan Starter Yoghurt Pada Level Tertentu Terhadap Karakteristik Yoghurt Yang Dihasilkan", Skripsi S1, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia, 2010.
- [3] Yusriyah, H. Nuril dan R. Agustini, "Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Konsentrasi Bikit Kefir Terhadap Mutu Kefir Susu Sapi", *Unesa Journal of Chemistry*, Vol. 3, No.2. Mei, 2014.
- [4] Y. Zakaria, M. D. Yurliasni, , dan E. Diana, "Analisa Keasaman Dan Total Bakteri Asam Laktat Yoghurt Akibat Bahan Baku Dan Presentase Lactobacillus Casei Yang Berbeda", *Agripet*, Vol. 13, No. 2, Hal. 31-35. 2013.



Pemakalah :  
Nugroho Santoso  
13.10-13. 22 WIB

Pertanyaan :

1. Pengukuran menggunakan alat apa ?  
(Hasan)
2. Tujuan dari penelitian ini apa ?  
(Dwi Ardiana)

Jawaban :

1. pH meter digital, pertama pH meter dicelupkan pada aquades, setelah angka menunjukkan angka 7, maka akan dicelupkan ke sampel.
2. Untuk mengetahui konsentrasi, suhu, dan interval waktu yang sesuai untuk menghasilkan yogurt sesuai standard.





# Perlakuan Pendahuluan Limbah Padat Tapioka Menggunakan Natrium Karbonat untuk Pembuatan Bioetanol melalui Fermentasi *Saccharomyces cerevisiae*

Andy Trirakhmadi<sup>1,a\*</sup>, Ellyas Alga Nainggolan<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Bioproses, Fakultas Bioteknologi, Institut Teknologi Del  
Jalan Sisingamangaraja, Sitoluama, Laguboti, Toba Samosir 22381, Sumatera Utara, Indonesia  
E-mail: [andy.trirakhmadi@del.ac.id](mailto:andy.trirakhmadi@del.ac.id), [ellyas.nainggolan@del.ac.id](mailto:ellyas.nainggolan@del.ac.id)

**Abstrak.** Industri tepung tapioka berbahan baku singkong (*Manihot esculenta* Crantz) di Indonesia menyebabkan tingginya produksi limbah padat tapioka, dengan rata-rata produksi lebih dari 6.105 ton per tahun. Limbah padat tapioka memiliki potensi menjadi bioetanol, namun seperti bahan biomassa lainnya, membutuhkan perlakuan pendahuluan, salah satunya dengan menggunakan alkali seperti natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi perlakuan pendahuluan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  untuk produksi bioetanol dari limbah padat tapioka dengan cara fermentasi simultan (*simultaneous saccharification and fermentation, SSF*) menggunakan enzim selulase dan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan metode ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses perlakuan pendahuluan limbah padat tapioka menggunakan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  memberikan pengaruh positif terhadap pembentukan glukosa (25-87% untuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,5 M dan 49-134% untuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1,0 M) namun negatif terhadap pembentukan etanol (59-81% untuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,5 M dan 63-90% untuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1,0 M) pada akhir proses SSF; mengindikasikan adanya proses penghambatan proses fermentasi oleh  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

**Kata kunci:** : biethanol;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; *Saccharomyces cerevisiae*; SSF; limbah padat tapioka

**Abstract.** Tapioca flour industry using cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Indonesia is responsible for the high generation of tapioca solid waste, with average annual production of over 6,105 tonnes. Tapioca solid waste has a potential as bioethanol feedstock; however, similar to other biomass materials, it also requires pre-treatment, e.g. by use of sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). This research aims to determine the  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pre-treatment condition to produce bioethanol from tapioca solid waste by simultaneous saccharification and fermentation (SSF) using cellulose and *Saccharomyces cerevisiae*, with duplication. Result shows that solid waste pre-treatment using  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  affects glucose production positively (25-87% for  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0.5 M and 49-134% for  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1.0 M) but ethanol production negatively (59-81% for  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0.5 M and 63-90% for  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1.0 M) at the end of the SSF process; indicating the  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  inhibition to fermentation process.

**Keywords:** biethanol;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; *Saccharomyces cerevisiae*; SSF; tapioca solid waste



## 1. Pendahuluan

Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar cair bersih dan terbarukan yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan biologis. Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif untuk bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin terbatas. Ada banyak jenis bahan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan bioetanol, seperti singkong, ubi jalar, jagung, padi, dan tebu. Masalah dari bahan-bahan yang tersebut adalah fungsinya yang penting sebagai komoditas pangan utama di Indonesia, sehingga tidak diperbolehkan digunakan sebagai bahan baku bahan bakar karena dapat mengancam ketahanan pangan. Indonesia memiliki lahan perkebunan ubi kayu dengan rata-rata produksi ubi kayu pertahun sebesar 16 juta ton untuk produksi tapioka, yang menghasilkan limbah padat tapioka. Limbah padat tapioka memiliki kandungan gula dalam bentuk polisakarida sehingga potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol.

Untuk dapat memanfaatkan limbah padat tapioka menjadi bioetanol, diperlukan proses perlakuan pendahuluan, hidrolisis, dan fermentasi. Perlakuan pendahuluan dapat dilakukan secara fisik, fisikokimia, kimia, dan proses biologis telah diterapkan pada bahan lignoselulosa sebelum proses hidrolisis. Perlakuan pendahuluan dengan alkali merupakan salah satu metode yang paling efektif karena mampu menghilangkan lignin, dan meningkatkan aksesibilitas enzim selulase. Natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) merupakan salah satu alkali yang murah dan ramah lingkungan serta dapat digunakan dalam perlakuan pendahuluan dengan kondisi yang keras, misalnya pada kondisi 20 bar dan  $180^\circ\text{C}$ <sup>[1]</sup>.

Peningkatan rendemen bioetanol dengan adanya perlakuan pendahuluan menjadi perhatian utama dalam pemanfaatan limbah padat tapioka sebagai bahan baku dalam memproduksi bioetanol. Hasil penelitian tentang produksi bioetanol dari limbah padat singkong yang dilakukan oleh Manurung<sup>[2]</sup> menunjukkan bahwa fermentasi secara *repeated-batch* oleh *S. cerevisiae* terimobilisasi menghasilkan etanol berkadar 42.72-63.66 g/L dengan produktivitas 1.78-2.66 g/L/jam; berbeda dengan Eleveri dan Putra<sup>[3]</sup> yang melakukan produksi etanol menggunakan *S. cerevisiae* menghasilkan kadar etanol sebesar 31.9 g/L dengan produktivitas 0.66 g/L/jam.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka ditetapkan tujuan penelitian ini untuk untuk mengetahui pengaruh perlakuan pendahuluan menggunakan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) pada limbah padat tapioka terhadap produksi bioetanol yang diperoleh melalui proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Pengambilan Bahan Baku

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah padat tapioka yang diperoleh dari pabrik tapioka PT. Hutahaean, Sitoluama, Kabupaten Tobasa, Sumatera Utara. Limbah padat diambil sebanyak 1 kg dan disimpan di dalam kulkas  $4^\circ\text{C}$  hingga dipakai

### 2.2. Perlakuan pendahuluan

Perlakuan pendahuluan menggunakan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dengan variasi konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (0,5 dan 1 M) dan waktu perlakuan pendahuluan (1, 3, dan 7 jam). Sebanyak 25 g limbah padat tapioka dicampurkan dengan 500 mL larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , kemudian disiapkan dalam erlenmeyer 500 ml, lalu dijaga pada temperatur  $100^\circ\text{C}$  dalam keadaan teraduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga waktu perlakuan pendahuluan sesuai variasi (1, 3, dan 7 jam). Campuran ini kemudian disaring dan dicuci menggunakan akuades hingga mencapai pH netral, kemudian disaring untuk menghilangkan akuades pencuci. Limbah padat yang diperoleh digunakan untuk fermentasi.



### 2.3. Persiapan Inokulum

Inokulum dibuat dengan medium glukosa-ekstrak ragi (*glucose-yeast extract medium*) yang mengandung 50 g/L glukosa, 5 g/L ekstrak ragi, 3,5 g/L K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,75 g/L MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 1 g/L; CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, dan 0,05 M buffer sitrat pH 5,5. Sebanyak 50 ml medium ditempatkan dalam labu erlenmeyer 250 ml, lalu disterilkan dengan *autoclave* pada 121°C. Medium kemudian diinokulasi dengan *S. cerevisiae* dari kultur simpan (*stock culture*) dan diinkubasi selama 30 jam, 30°C, dan 130 rpm. Pada akhir inkubasi, isi labu erlenmeyer tersebut disentrifugasi secara aseptik pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit dan padatan sel *S. cerevisiae* yang diperoleh seterusnya digunakan untuk fermentasi produksi bioetanol.

### 2.4. Fermentasi Etanol

Etanol diproduksi dengan metode *simultaneous saccharification and fermentation* (SSF) pada temperatur 37°C dan 130 rpm dalam kondisi tidak diaerasi selama 72 jam. Media yang digunakan mengandung 5 g/L ekstrak ragi, 3,5 g/L K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,75 g/L MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 1 g/L; CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, dan 0,05 M buffer sitrat pH 5,5, (untuk seterusnya disebut nutrien) dan limbah padat tapioka, baik yang diberi perlakuan pendahuluan maupun yang tidak. Larutan nutrien disiapkan sebanyak 100 mL, lalu disterilkan secara terpisah dengan limbah padat tapioka dengan *autoclave* pada 121°C. Setelah dinginkan, larutan nutrien dicampurkan dengan 25 g/L limbah padat tapioka secara aseptis, lalu ditambahkan enzim selulase 30 FPU (*filter paper unit*) dan dicampurkan dengan 1 g/L sel *S. cerevisiae* yang telah disiapkan sebelumnya.

### 2.5. Perlakuan pendahuluan Sampel

Sampel diperiksa pada akhir proses SSF. Sampel diambil sebanyak 15 mL, kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Supernatan yang diperoleh kemudian diambil untuk analisis kadar glukosa dan etanol.

### 2.6. Analisis Glukosa

Analisis glukosa dilakukan dengan metode DNS (*dinitrosalicylic acid*). Reagen disiapkan sebanyak 2 macam, yaitu reagen DNS dan reagen Rochelle. Reagen DNS disiapkan dengan cara mencampurkan 10 g/L padatan DNS dengan 2 g/L fenol, 0,5 g/L Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, 10 g/L NaOH dengan air hingga larut. Reagen Rochelle dibuat dengan mencampurkan garam Rochelle (kalium natrium tartrat) dengan air sebanyak 40%-berat.

Sebelum melakukan prosedur analisis sampel, terlebih dahulu disiapkan kurva kalibrasi glukosa. Sebanyak 3 mL larutan glukosa dengan konsentrasi divariasikan sebanyak 8 titik (0,1-2,0 g/L) dicampur dengan 3 mL reagen DNS, lalu dipanaskan di dalam penangas air (*water bath*) pada temperatur 90°C selama 15 menit hingga larutan berwarna merah-kecoklatan. Selama pemanasan, campuran ditutup dengan lilin paraffin agar tidak ada air yang menguap. Campuran kemudian ditambahkan dengan 1 mL larutan Rochelle untuk menstabilkan warna yang terbentuk, lalu diperiksa pada spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang 575 nm. Absorbansi yang terbaca untuk setiap larutan dicatat. Kurva baku disusun dengan mengalurkan data absorbansi larutan terhadap konsentrasi glukosa nyata, kemudian diregresi linier untuk memperoleh persamaan seperti pada Persamaan (1).

$$\text{konsentrasi glukosa } \left( \frac{g}{L} \right) = K \times \text{absorbansi} \quad (1)$$

Hasil regresi linier diperiksa apakah memiliki R>0,95. Apabila sudah, persamaan regresi yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi glukosa dalam sampel. Sampel dianalisis dengan cara yang sama dengan larutan-larutan standar glukosa. Absorbansi yang terbaca untuk setiap larutan dicatat, Konsentrasi glukosa pada sampel dapat dihitung dengan Persamaan (1).

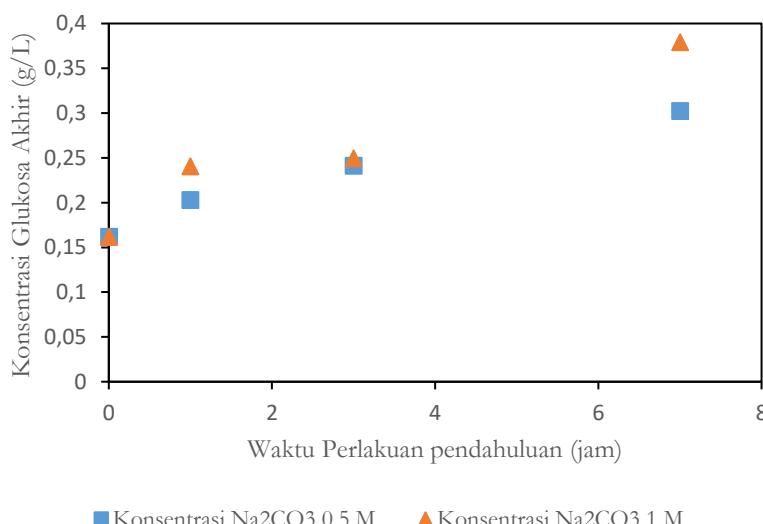


## 2.7. Analisis Etanol

Sebanyak 5 mL sampel difilter hingga bersih dari padatan. Sampel lalu dianalisis menggunakan kromatografi gas (*gas chromatography, GC*). Pengujian dengan GC ini dilakukan di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Medan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil percobaan menunjukkan bahwa baik waktu perlakuan pendahuluan maupun konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  menyebabkan konsentrasi glukosa pada akhir fermentasi semakin tinggi, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.

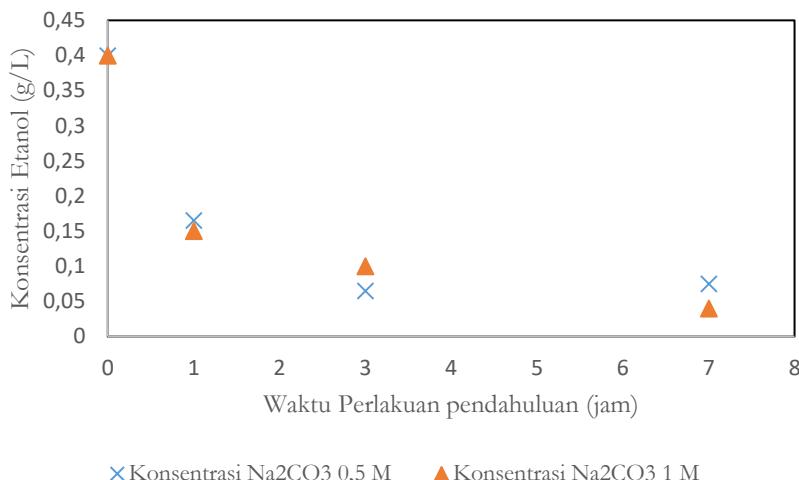


Gambar 1. Konsentrasi glukosa hasil SSF limbah padat tapioka dengan berbagai variasi perlakuan pendahuluan

Kenaikan konsentrasi glukosa seperti pada Gambar 1 (25-87% untuk sampel dengan perlakuan pendahuluan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,5 M dan 49-134% untuk sampel dengan perlakuan pendahuluan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1,0 M) menunjukkan bahwa baik waktu maupun konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada perlakuan pendahuluan berdampak positif pada keefektifan proses hidrolisis karena pada umumnya laju hidrolisis selulosa oleh selulase lebih tinggi daripada laju pembentukan etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* pada lingkungan anaerob. Hal ini menunjukkan bahwa proses perlakuan pendahuluan dengan menggunakan alkali seperti  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , membantu proses hidrolisis selulosa karena mengubah strukturnya<sup>[6]</sup>, walaupun tidak bertujuan menyingkirkan lignin, seperti pada jenis biomassa lain<sup>[4][5]</sup>.

Hidrolisis limbah padat tapioka yang tidak diberikan perlakuan pendahuluan sama sekali dan dilakukan selama 96 jam memberikan konsentrasi glukosa sebesar 2,658 g/L; secara signifikan lebih tinggi daripada konsentrasi glukosa yang diperoleh dari limbah padat tapioka hasil SSF. Hal ini menunjukkan bahwa masih banyak selulosa yang belum terhidrolisis selama proses SSF. Hal ini didukung dengan fakta bahwa jumlah limbah padat tapioka yang digunakan adalah 25 g/L, sehingga kadar selulosa dan hemiselulosa gabungan secara teoretis seharusnya berjumlah sekitar 9,425 g/L<sup>[7]</sup>.

Walaupun hasil percobaan menunjukkan bahwa baik waktu perlakuan pendahuluan maupun konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  memberikan dampak positif pada proses hidrolisis limbah padat tapioka, hasil tersebut juga menyatakan turunnya produksi etanol selama proses fermentasi, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsentrasi etanol hasil SSF limbah padat tapioka dengan berbagai variasi perlakuan pendahuluan

Fermentasi limbah padat tapioka yang tidak diberi perlakuan pendahuluan memberikan konsentrasi etanol 0,4 g/L; secara signifikan lebih tinggi daripada yang diberi perlakuan pendahuluan (konsentrasi etanol akhir lebih rendah 59-81% untuk sampel dengan perlakuan pendahuluan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,5 M dan 63-90% untuk sampel dengan perlakuan pendahuluan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1,0 M). Waktu perlakuan pendahuluan menyebabkan jumlah etanol yang lebih sedikit, dengan perbedaan yang tidak terlalu mencolok terhadap variasi konsentrasi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pendahuluan memberikan efek negatif terhadap fermentasi bioetanol. Salah satu kemungkinan terjadinya hal ini adalah karena keberadaan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang menyebabkan terhambatnya pembentukan etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae*.

Pada penelitian ini, tidak dapat disimpulkan apakah penghambatan ini menyatakan konversi etanol yang lebih rendah atau laju pembentukan etanol yang menurun. Untuk mengklarifikasi hal ini, disarankan untuk memperpanjang waktu fermentasi untuk penelitian lanjutan.

## Kesimpulan

Proses perlakuan pendahuluan limbah padat tapioka menggunakan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> diketahui berdampak positif terhadap pembentukan glukosa selama proses hidrolisis namun berdampak negatif terhadap pembentukan etanol selama proses fermentasi. Untuk mengatasi masalah serupa, dianjurkan untuk melakukan proses hidrolisis dan fermentasi secara terpisah, memperpanjang waktu fermentasi, dan menyingkirkan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> semaksimal mungkin sebelum memulai proses fermentasi..

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (RISTEKDIKTI) Republik Indonesia atas pendanaan penelitian ini dengan skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) untuk tahun pendanaan 2017. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Del atas fasilitasinya dan Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan atas bantuannya untuk jasa analisis.

## Referensi

- [1] Salehi, S.M.A., Karimi, K., Behzad, T., Poornejad, N., 2012. "Efficient conversion of rice straw to bioethanol using sodium carbonate pretreatment". *Energy Fuels* 26, 7354–7361.



- [2] Manurung, A.J. 2013. "Produksi Bioetanol dari Hidrolisat Pati Singkong Racun dengan Fermentasi Repeated-Batch oleh *Saccharomyces cerevisiae* Terimobilisasi pada Limbah padat Singkong". Central Library of Bogor Agricultural University.
- [3] Elevery, P.S., Putra, S.R. 2006. "Produksi Etanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang Diamobilisasi dengan Agar Batang". *J. Akta Kim. Indones.* 1(2), 105-114
- [4] Kim, T.H., Kim, J.S., Sunwoo, C., Lee, Y.Y. 2003. "Pretreatment of corn stover by aqueous ammonia". *Bioresour. Technol.* 90(1), 39–47
- [5] Kim, I., Lee, B., Song, D., Han, J.I., 2014. "Effects of ammonium carbonate pretreatment on the enzymatic digestibility and structural features of rice straw". *Bioresour. Technol.* 166, 353-357.
- [6] Kim, S., Holtzapple, M.T. 2005. "Lime pretreatment and enzymatic hydrolysis of corn stover". *Bioresour. Technol.* 96, 1994–2006
- [7] Soemarno. 2000. "Rancangan Teknologi Proses Pengolahan Tapioka dan Produk-produknya". *Kanisius*: Jakarta. 54 hal.





Pemakalah :  
Andy Trirahmadi  
12.05-12.20 WIB

Pertanyaan :

1. Apabila di lihat dari segi ekonomi, bagaimana efisiensi dari pengolahan limbah padat untuk menjadi produk?  
(Lani Gunawan)
2. Hasil dari penelitian ada ampas yang dihasilkan yang menurut saya juga sebagai waste, apakah penelitian ini focus pada otanolnya atau juga ada treatment untuk ampas tersebut?  
(Sayyida Asyifaa)

Jawaban :

1. Proses destilasi min 6-7 g/L, tetapi pada penitian saya masih sangat rendah, masih jauh dari diharapkan, mungkin jika dilakukan penelitian lebih lanjut bisa diperbaiki.
2. Ampas yang dihasilkan di penelitian ini sedikit, dan belum ada perlakuan menjajikan untuk ampas ini.





# Pengaruh Konsentrasi Pelarut dan Nisbah Bahan Baku dengan Pelarut Terhadap Ekstraksi Kunyit Putih (*Curcuma zedoaria*)

Ida Wati M.Si<sup>a</sup>, Maya Ramadianti M. Ir., M.T., Ph.D<sup>b</sup>, Nurbani F, Pratiwi H

Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Jurusan Teknik Kimia. Jl PHH. Mustopha 23 Bandung 40124  
[idawati237@gmail.com](mailto:idawati237@gmail.com)<sup>a</sup>, [mmusadi@yahoo.com](mailto:mmusadi@yahoo.com)<sup>b</sup>

**Abstrak.** Kunyit putih (*Curcuma zedoaria*) merupakan salah satu tanaman berkhasiat yang dapat diolah menjadi obat herbal karena terdapat kurkuminoid. Kurkuminoid yang terdapat pada kunyit putih dapat diperoleh dengan proses ekstraksi metode sokletasi. Penelitian ini bertujuan untuk menetukan faktor-faktor yang paling berpengaruh pada proses ekstraksi kurkuminoid dari kunyit putih, mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder dan aktivitas kanker leukemia sel murine P-388 terhadap kurkuminoid. Kunyit Putih diekstraksi menggunakan pelarut etanol 70 dan 96%, dengan perbandingan nisbah bahan baku dengan pelarut 1:6 dan 1:8. Rimpang kunyit putih diekstrak dengan variasi selama 2, 3, 4 dan 5 jam. Parameter yang akan diteliti antara lain perolehan kurkuminoid, konsentrasi akhir kurkumin, uji metabolit sekunder serta uji aktivitas sel murine leukimia P-388 terhadap kurkuminoid. Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh %yield tertinggi kurkuminoid pada konsentrasi etanol 96%, waktu ekstraksi 5 jam dan nisbah bahan baku dengan pelarut 1:8 sebesar 14,671%, senyawa metabolit sekunder dalam kunyit putih mengandung flavonoid, saponin dan nilai IC<sub>50</sub> memperlihatkan aktivitas sebesar 17,7887 µg/mL menunjukkan bahwa ekstrak aktif terhadap sel murine leukimia P-388.

Kata Kunci : kunyit putih, sel kanker leukimia P-388, ekstraksi

**Abstract.** White turmeric (*Curcuma zedoaria*) is one of the medicinal plants that can be processed into herbal medicine for their kurkuminoid. Kurkuminoid contained on white turmeric can be obtained by extraction process soxhletation method. This study aims to determine the factors that most influence the kurkuminoid extraction of white turmeric, determine the content of secondary metabolites, and cancer activity murine leukemia P-388 cells against kurkuminoid. White Turmeric extracted using ethanol 70 and 96%, with the ratio of raw material to solvent ratio of 1: 6 and 1: 8. White turmeric extracted with variations for 2, 3, 4 and 5 hours. The parameters to be studied include yield kurkuminoid, kurkumin levels, test secondary metabolites as well as test P388 leukemia cancer cell activity against kurkuminoid. Based on results of this study showed the highest %yield kurkuminoid ethanol at a concentration of 96%, the operating time of 5 hours, and the ratio of raw material to solvent 1: 8 amounted to 14.671%. Secondary metabolites in white turmeric containing flavonoids, saponins and IC<sub>50</sub> values gave an activity of 17.7887 µg/mL indicate that the extract was active against murine leukemia cells P-388.

Keywords: white turmeric, leukemia cancer cells P 388, extraction



## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki keanekaragaman hayati terbesar kedua di dunia dengan lebih dari 30 ribu spesies tanaman yang berkhasiat dan hanya sekitar 180 spesies diantaranya yang telah dimanfaatkan sebagai tanaman obat tradisional oleh industri obat tradisional Indonesia.<sup>[1]</sup> Dunia kedokteran dan pengobatan telah mengalami kemajuan yang cukup pesat, tetapi obat tradisional masih tetap populer di kalangan masyarakat. Keanekaragaman hayati yang dimiliki Indonesia banyak yang bermanfaat sebagai tanaman pangan, tanaman obat-obatan, dan tanaman industri salah satu tanaman yang bisa dikembangkan dan di manfaatkan adalah kunyit sebagai obat, pewarna dan bumbu masak sehari-hari.<sup>[2]</sup> Pada kunyit putih (*Curcuma zedoaria*), mengandung glukosa (28%), fruktosa (12%), protein, vitamin C dan mineral kandungan kalium (8%), 1,3-5,5% minyak atsiri yang terdiri 60% keton seskuiterpen, 25% zingiberina dan kurkumin berserta turunannya (25%).<sup>[3]</sup> Menurut Khasanah dan Husni,<sup>[4]</sup> kurkumin mempunyai aktivitas farmakologi sebagai antikanker, anti-inflamasi, antioksidan dan antibakteri. Kunyit putih merupakan tanaman herbal yang bisa digunakan sebagai salah satu pengobatan alternatif untuk mencegah dan mengurangi pertumbuhan dari sel kanker, pengobatan herbal ini sudah dikenal sejak lama dan dibudidayakan secara tradisional di negara-negara Asia seperti China dan Jepang. Selama dekade terakhir, minat penggunaan obat herbal meningkat drastis di Indonesia, mengingat Indonesia memiliki banyak keanekaragaman hayati yang kandungan zat alaminya dapat dimanfaatkan.<sup>[5]</sup>

Ekstrak dari kunyit putih diperoleh dengan cara ekstraksi. Ekstraksi yaitu proses untuk memisahkan komponen zat terlarut yang diinginkan atau menghilangkan komponen zat terlarut yang tidak diinginkan dari suatu campuran homogen dengan menggunakan pelarut cair (solvent). Ekstraksi kunyit putih merupakan suatu proses untuk mendapatkan ekstrak dari tanaman kunyit putih dengan cara memisahkan kurkumin dengan komponen lainnya yang terdapat pada tanaman tersebut. Metode yang dipilih dalam melakukan proses ekstraksi ini yaitu ekstraksi cara panas dengan metode sokletasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi kunyit putih dengan metode sokletasi untuk mendapatkan informasi terkait konsentrasi pelarut, waktu operasi, nisbah bahan baku dengan pelarut sehingga dapat diketahui kondisi optimum untuk mendapatkan kadar kurkuminoid yang maksimal, mengetahui kandungan metabolit sekunder dan uji aktivitas antikanker leukemia sel P388.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1 Persiapan bahan

Rimpang kunyit kuning dibersihkan lalu dipotong-potong dan selanjutnya dipanaskan menggunakan oven sampai kering. Kunyit yang sudah kering dihaluskan menggunakan *blender*.

### 2.2 Prosedur penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode ekstraksi soklet dan pemisahan ekstrak kurkumin dengan rotary evaporator. Penelitian yang akan dilakukan yaitu percobaan laboratorium dan pemodelan matematis untuk mengetahui variabel yang divariasikan yang paling berpengaruh dan kondisi optimum.<sup>[6]</sup> Percobaan ekstraksi dilakukan dengan berbagai kondisi yang berbeda-beda dan pengulangan sebanyak 2 kali ( $n = 2$ ). Variabel-variabel dalam penelitian ini meliputi nisbah bahan baku dengan pelarut, konsentrasi pelarut, dan waktu operasi ekstraksi. Pelarut yang digunakan etanol dengan konsentrasi 70% dan 96% dengan temperatur 78 °C. Nisbah bahan baku dengan pelarut yang digunakan yaitu 1:6 dan 1:8. Waktu operasi ekstraksi dilakukan selama 2, 3, 4, dan 5 jam.

### 2.3 Ekstraksi kunyit

Serbuk kunyit dimasukkan ke dalam soklet lalu dipadatkan. Dilakukan ekstraksi dengan suhu operasi sebesar 78 °C. Serbuk kunyit dan pelarut yang digunakan memiliki perbandingan 1:6 dan 1:8. Ekstraksi dilakukan selama 2, 3, 4, dan 5 jam.



## 2.4 analisis %yield kurkuminoid

Persen yield kurkuminoid digunakan untuk mengetahui seberapa banyak perolehan hasil ekstraksi dari kunyit putih.

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{hasil ekstraksi}}{\text{umpan}} \times 100\%. \quad [7]$$

## 2.5 Analisis kadar kurkumin dengan Spektrofotometer UV-Tampak.

Kurva standar dibuat dengan cara membuat larutan kurkumin standar dengan konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, 5 ppm dan 6 ppm. Setiap konsentrasi dianalisis dengan spektrofotometer UV-tampak pada panjang gelombang maksimum sehingga didapatkan absorbansi untuk setiap konsentrasi.

Setiap 0,1 gram ekstrak kering dari hasil ekstraksi dengan pelarut etanol 70% dn 96 % dilarutkan dalam etanol Pa untuk dilakukan pengenceran. Kemudian dilakukan pengukuran absorbansinya pada panjang gelombang maksimum. Hasil dari kuantifikasi kurkumin menggunakan UV-tampak biasanya dinyatakan sebagai kurkumin total.

## 2.6 Analisis fitokomia

Uji fitokimia dilakukan untuk mengetahui golongan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada kunyit putih. Golongan senyawa metabolit sekunder yang akan diuji meliputi flavonoid, alkaloid, steroid-triterpenoid, saponin,dan tanin. [8]

## 2.7 Uji aktivitas antikanker leukemia sel P388

Sel P 388 dibiakkan dalam media RPMI 1640 dilengkapi dengan 5% *fetal bovine serum* (FBS) dan kanamisin (100 µg/mL). Sel (3 x 103 sel/sumur) dikultur dalam *microplate* yang mengandung 100 µL media pertumbuhan per sumur dan diinkubasikan pada suhu 37 oC dalam kelembaban atmosfer 5% CO2 selama 2 x 24 jam. Kemudian sampel ditambahkan sebanyak 10 µL. Larutan MT'T (5 mg/mL) ditambahkan sebanyak 20 µL pada hari ke-3 ke dalam media kultur. Setelah 4 jam inkubasi, 100 µL larutan 10% SDS – 0,01 N HCl ditambahkan ke dalam sumur. [9]

## 3. Hasil dan Pembahasan

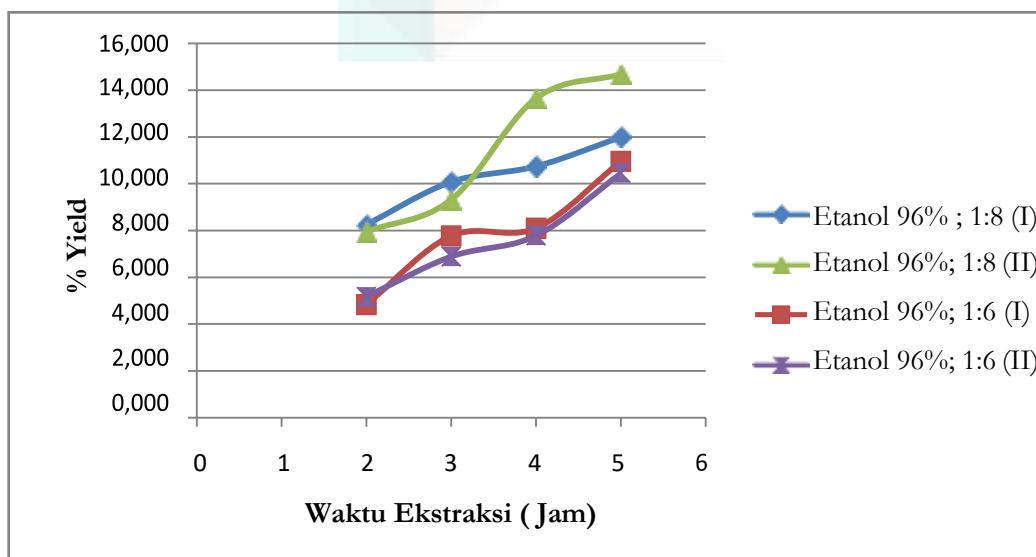
### 3.1 Analisis kadar % yield kurkuminoid

Pada Tabel 1 menunjukkan perolehan kurkuminoid yang didapatkan dari hasil ekstraksi menggunakan etanol 96 % yaitu antara 7,952% - 14,671% , etanol 70 % yaitu antara 3,383% -10,117%. Hasil perolehan yield kurkuminoid tertinggi didapatkan sebesar 14,671%, menggunakan pelarut etanol 96%, dengan waktu ekstraksi 5 jam dan nisbah bahan baku dengan pelarut 1:8. Faktor konsentrasi pelarut sangat berpengaruh, semakin besar konsentrasi maka semakin sedikit kandungan air di dalamnya, sehingga semakin tinggi selektifitas untuk melarutkan kurkuminoid.

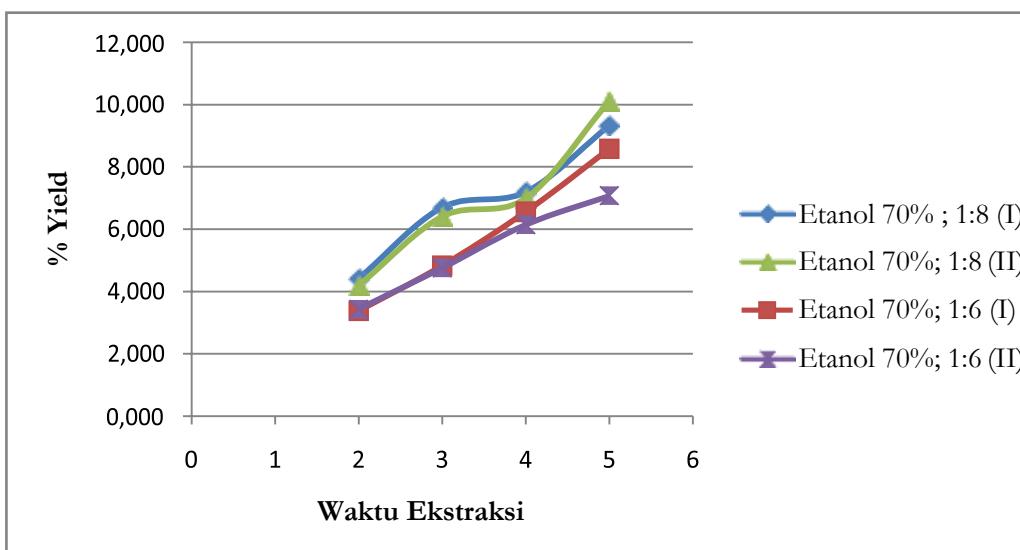
Tabel 1 Hasil Yield (%) Kurkuminoid dengan Etanol 96% dan 70%

Konsentrasi Etanol	Nisbah Bahan Baku : Pelarut	Waktu	Yield (%)	
			RUN I	RUN II
96%	1:8	2 jam	8,248	7,952
		3 jam	10,073	9,305
		4 jam	10,739	13,648
		5 jam	11,990	14,671
		2 jam	4,839	5,179
	1:6	3 jam	7,771	6,895
		4 jam	8,092	7,784
		5 jam	10,950	10,447
		2 jam	4,415	4,195
		3 jam	6,695	6,410
70%	1:8	4 jam	7,188	6,992
		5 jam	9,321	10,117
		2 jam	3,383	3,435
		3 jam	4,832	4,754
	1:6	4 jam	6,559	6,141
		5 jam	8,573	7,069

Gambar 1 dan 2 menunjukkan perolehan kurkuminoid berbanding lurus dengan lamanya waktu ekstraksi. Waktu terbaik yang didapatkan ini adalah 5 jam. Hal ini ditunjukkan dengan adanya perubahan warna yang semula bewarna coklat menjadi bening pada saat terjadi kontak antara pelarut dengan bahan baku. Hasil ini menandakan proses ekstraksi sudah mencapai kesetimbangan atau mencapai kemampuan maksimum pelarut dalam mengekstrak zat – zat yang terdapat pada kunyit putih.



Gambar 1 Hubungan Antara Yield Kurkuminoid dan Waktu Ekstraksi dengan Konsentrasi Pelarut 96%



Gambar 2 Hubungan Antara Yield Kurkuminoid dan Waktu Ekstraksi dengan Konsentrasi Pelarut 70%

### 3.2 Kadar Kurkumin Dalam Perolehan Kurkuminoid

Konsentrasi akhir kurkumin didapatkan dari hasil spektofotometri, dengan membuat kurva antara absorbansi dan konsentrasi pada panjang gelombang maksimum. Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir kurkumin yang diperoleh pada etanol 96% lebih tinggi dibandingkan etanol 70%, semakin tinggi konsentrasi etanol maka semakin tinggi pula kemurniannya sehingga semakin tinggi selektifitas untuk molarutkan kurkumin.

Tabel 2 Konsentrasi Kurkumin Dari Ekstraksi Kunyit Putih Dengan Etanol 96%

Konsentrasi Etanol	Perbandingan Etanol : Bahan Baku	Waktu	Konsentrasi Akhir (ppm)	
			RUN I	RUN II
96%	1:8	2 jam	22043,327	25897,864
		3 jam	29061,121	32033,404
		4 jam	36968,770	51089,416
		5 jam	41805,841	67252,903
	1:6	2 jam	10321,056	13840,330
		3 jam	22074,195	18793,451
		4 jam	23346,024	24590,876
		5 jam	33042,799	33652,391
70%	1:8	2 jam	7150,496	6384,802
		3 jam	11117,652	11117,652
		4 jam	13103,180	12436,504
		5 jam	18395,198	21218,142
	1:6	2 jam	4730,678	3830,177
		3 jam	7439,912	6899,127
		4 jam	10969,805	9346,855
		5 jam	16083,233	14012,885



### 3.3 Analisis Varians Perolehan Kurkuminoid Dan Konsentrasi Akhir Kurkumin

Tabel annova dari perolehan yield dan konsentrasi akhir kurkumin hasil ekstraksi kunyit putih dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4

**Tabel 3. Tabel Annova Perolehan Kurkuminoid**

SK	Db	JK	KT	F Hit	F table
Konsentrasi (A)	1	79,717	79,717	38,456	4,160
Waktu(B)	3	114,626	38,209	18,432	2,910
Nisbah(C)	1	38,848	38,848	18,741	4,160
AB	3	0,833	0,278	0,134	2,910
AC	1	6,198	6,198	2,990	4,160
BC	3	0,122	0,041	0,020	2,910
ABC	3	4,548	1,516	0,731	2,910
Galat	16	33,167	2,073		
TOTAL	31				

**Tabel 4 Tabel Annova Konsentrasi Akhir Kurkumin**

SK	db	JK	KT	F Hit	F table
Konsentrasi (A)	1	3035666455,850	3035666455,850	106,428	4,16
Waktu(B)	3	1559579546,196	519859848,732	18,226	2,91
Nisbah(C)	1	741172291,020	741172291,020	25,985	4,16
AB	3	234258864,611	78086288,204	2,738	2,91
AC	1	306145972,241	306145972,241	10,733	4,16
BC	3	53822854,560	17940951,520	0,629	2,91
ABC	3	44462967,582	14820989,194	0,520	2,91
Galat	16	456370143,711	28523133,982		
TOTAL	31				

Tabel 3 menunjukkan bahwa untuk faktor konsentrasi, waktu dan nisbah bahan baku terhadap pelarut didapatkan nilai F hitung > F tab maka keputusannya adalah tolak H<sub>0</sub> sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiga faktor ini berpengaruh nyata terhadap perolehan kurkuminoid. Tabel 4 menunjukkan bahwa untuk faktor konsentrasi, waktu, nisbah bahan baku terhadap pelarut, dan interaksi konsentrasi dengan nisbah bahan baku terhadap pelarut didapatkan nilai F hitung > F tab maka keputusannya adalah tolak H<sub>0</sub> sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiga faktor ini berpengaruh nyata terhadap konsentrasi akhir kurkumin <sup>[6]</sup>



### 3.4 Uji Fitokimia

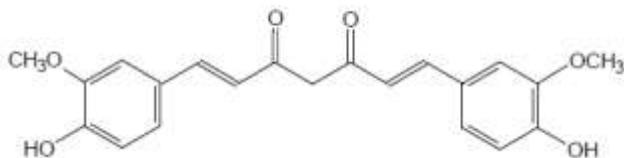
Uji fitokimia dilakukan untuk mengetahui golongan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada kunyit putih. Hasil uji fitokimia ekstrak etanol kunyit putih dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Hasil Uji Fitokimia

Fitokomia	Hasil		Pengamatan
	Positif	Negatif	
Alkaloid	-	✓	Tidak ada perubahan warna
Flavonoid	✓	-	Terdapat perubahan warna menjadi merah muda
Steroid/Terpenoid	-	✓	Tidak ada perubahan warna
Saponin	✓	-	Terbentuk busa

### 3.5 Uji Aktivitas Sel Murin Leukimia P-388

Kurkumin yang terkandung dalam kurkuminoid mempunyai aktivitas sebagai antikanker dan antioksidan.



Gambar 3 Senyawa Kurkumin

Gugus hidroksi pada cincin aromatik menunjukkan aktivitas antioksidan pada senyawa kurkumin, gugus keton dan ikatan rangkap berperan dalam aktivitas biologis sebagai antiinflamasi, antikanker dan antimutagenik. Kedua gugus tersebut berfungsi sebagai penangkap radikal bebas yang dapat menghambat pertumbuhan dari sel kanker.

Uji aktivitas terhadap sel murine leukimia P-388 merupakan uji awal untuk mengetahui potensi antikanker dari suatu senyawa yang disarankan oleh NCI (*National Cancer Institute*). Hasil uji sitotoksik dinyatakan dalam IC<sub>50</sub> (*Inhibitory Concentration*) yang menunjukkan konsentrasi suatu ekstrak atau senyawa murni yang dibutuhkan untuk menghambat pertumbuhan sel kanker sebanyak 50%. Senyawa murni dikategorikan aktif bila memiliki nilai IC<sub>50</sub> sebesar 2,0 – 4,0 µg/ml, untuk ekstrak memiliki aktivitas sitotoksik bila memiliki nilai IC<sub>50</sub> < 20,0 µg/mL.<sup>[9]</sup> Ekstrak kunyit putih dengan menggunakan pelarut etanol memberikan nilai IC<sub>50</sub> 17,7887 µg/mL yang menunjukkan bahwa ekstrak aktif terhadap sel murine leukimia P-388.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa *yield* ekstrak tertinggi diperoleh yaitu 14,671% dan konsentrasi akhir 67252,3 ppm dengan waktu 5 jam, konsentrasi pelarut 96% dan nisbah 1:8. Perolehan *yield* ekstrak dan kadar kurkumin semakin meningkat dengan lamanya waktu ekstraksi, besarnya konsentrasi pelarut, nisbah bahan baku dengan pelarut dan interaksi konsentrasi dengan nisbah bahan baku terhadap pelarut. Kandungan senyawa metabolit sekunder pada kunyit putih mengandung flavonoid dan saponin. Ekstrak kunyit putih aktif terhadap sel murine leukimia P-388 dengan nilai IC<sub>50</sub> yaitu 17,7887 µg/mL.

### Referensi

- [1] BPOM. *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat*. 2000.
- [2] Duvoix A, Blasius R, Delhalle S, Schnekenburger M, Morceau F, Henry E, Dicato M, Diederich M. *Chemopreventive and therapeutic effect of kurkumin*. Science Direct, Cancer Letter. 181-190. 2005.



- [3] Rismunandar. *Rempah-Rempah Komoditi Ekspor Indonesia*. Bandung : Sinar Baru. 2000.
- [4] Khasanah dan Husni. *Nanopartikel Kurkumin Solusi Masalah Kanker dan Antibakteri*. Universitas Padjadjaran. 2016.
- [5] Putri, Muflikha Sofiana. *White Tumeric (Curcuma zedoaria): Its Chemical Substance The Pharmacological Benefits*. Universitas Lampung: Lampung. 2014.
- [6] Ronald E. Walpole. *Probability & Statistics for Engineers & Scientists Ninth Edition*. University of Texas at San Antonio. 2012.
- [7] Robin Smith. *Chemical Process Design and Integration*. Centre for Process Integration, School of Chemical Engineering and Analytical Science, University of Manchester. 2005.
- [8] Laboratorium Kajian Dasar Teknik Kimia II. Penapisan dan Analisis Senyawa Metabolit Sekunder. Institut Teknologi Nasional. Bandung
- [9] Fitrya & Lenny, A. *Uji Aktivitas Antikanker Secara In Vitro dengan Sel Murine P-388 Senyawa Flavonoid dari Fraksi Etil asetat Akar Tumbuhan Tunjuk Langit (Helmynthostachis Zeylanica (Linn). Hook)*. Jurnal Penelitian Sains. Vol 12. 2009.





Pemakalah :  
Ida Wati  
13.23-13.35 WIB

Pertanyaan :	Jawaban :
<ol style="list-style-type: none"><li>1. - Apa ekstraksi yang dilakukan ? - Apa yakin itu kurkuminoid ? Analisa apa yang dilakukan ? - Sekali pake soxhlet berapa banyak etanol yang dipakai ? (Marlinda)</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. - Soxhlet. - Dilakukan analisis, yaitu spektrofotometri. - 1:6 dan 1:8, etanolnya yang banyak.</li></ol>
<ol style="list-style-type: none"><li>2. Bagaimana cara kerja kurkuminoid sebagai anti kanker leukimia? (Yulinar)</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>2. Penelitian dasar, masih kasar, saya belum melakukan isolasi lebih lanjut.</li></ol>





# Pengembangan Gliserol Hasil Samping Biodiesel Pada Produksi Asam Itakonat Dengan Metode Biosintesis *Aspergillus terreus*

\*Marlinda<sup>1,a</sup>, Mardhiyah Nadin<sup>2,b</sup>, dan Ramli<sup>3,c</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Petro Dan Oleo Kimia Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

<sup>2,3</sup>Program Studi Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

E-mail :: <sup>a</sup>[lin\\_syam@yahoo.co.id](mailto:lin_syam@yahoo.co.id), <sup>b</sup>[Dhiyahnadir@yahoo.com](mailto:Dhiyahnadir@yahoo.com), <sup>c</sup>[ramli\\_polismd@yahoo.co.id](mailto:ramli_polismd@yahoo.co.id)

**Abstrak.** Pembuatan biodiesel di Indonesia semakin berkembang dengan program energi terbarukan. Gliserol yang dihasilkan semakin banyak selama ini kurang termanfaatkan. Salah satu upaya pemanfaatannya adalah dengan dibuat menjadi asam itakonat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui substansi modifikasi gliserol dan waktu fermentasi terhadap konsentrasi asam itakonat yang dihasilkan. Modifikasi gliserol yaitu pencampuran gliserol dengan glukosa dengan konsentrasi 150 g/L dan gliserol dengan glukosa 250 g/L dan waktu fermentasi yang digunakan adalah 3,5,6,9, 12 dan 15 hari. Proses fermentasi aerobik dengan menggunakan laju alir udara 0,4 ml/min. Gliserol dengan konsentrasi 36% dicampur dengan glukosa konsentrasi 150 g/L dan 250 g/L perbandingan 2:1 hingga volume substrat 300 ml. Kemudian ditambahkan nutrisi tambahan sebanyak 250 ml jenis NPK dimasukkan kedalam bioreaktor aerobik batch dan mediabikan sebanyak 10% dari substrat. setelah fermentasi berjalan sesuai variasi, hasil fermentasi di saring kemudian di rotary evaporator setelah itu dilakukan analisa konsentrasi biomassa dan analisa konsentrasi asam itakonat menggunakan HPLC. Hasil yang terbaik pada kondisi modifikasi gliserol glukosa konsentrasi 150 g/L dengan waktu fermentasi 9 hari menghasilkan konsentrasi biomassa sel sebesar 26,87 g/L dan konsentrasi asam itakonat sebesar 63,28 g/L pada pH 2.

Kata kunci: asam itakonat, *aspergillus terreus*, fermentasi, gliserol, modifikasi gliserol

**Abstrack.** Biodiesel production in Indonesia is increasingly developing with renewable energy programs. The more glycerol produced so far has been underutilized. One effort to use it is to be made into itaconic acid. The purpose of this study was to determine the glycerol modification substrate and fermentation time to the concentration of itaconic acid produced. Glycerol modification is the mixing of glycerol with glucose with a concentration of 150 g / L and glycerol with glucose 250 g/L and the fermentation times used are 3,5,6,9, 12 and 15 days. Aerobic fermentation process using air flow rate of 0.4 ml / min. Glycerol with a concentration of 36% was mixed with 150 g/L glucose concentration and 250 g / L 2: 1 ratio to 300 ml substrate volume. Then additional nutrients of 250 ml of NPK were added to the batch aerobic bioreactor and mediated as much as 10% of the substrate. after fermentation runs according to variation, the fermentation results are filtered and then in the rotary evaporator after analysis of the biomass concentration and analysis of itaconic acid concentration using HPLC. The best results in conditions of modification of glucose glycerol concentration of 150 g / L with a fermentation time of 9 days resulted in a concentration of cell biomass of 26.87 g/L and the concentration of itaconic acid of 63.28 g/L at pH 2.

Keywords: itaconic acid, *aspergillus terreus*, fermentation, glycerol, glycerol modification



## 1. Pendahuluan

Pada era industrialisasi pemerintah semakin gencar mengembangkan energi terbarukan, salah satunya biodiesel. Menurut data yang di rilis Kementerian ESDM, produksi biodiesel semakin meningkat pertahunnya. Data terakhir yaitu per tanggal 11 Agustus 2013 menunjukkan, produksi biodiesel di indonesia mencapai 954 ribu KL. Pada pembuatan biodiesel, dihasilkan produk samping berupa gliserol dengan tingkat kemurnian yang rendah, yang biasa disebut dengan *crude glycerol*. Produk ini dihasilkan sekitar 10 % dari total produk (1). Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa dihasilkan sekitar 96.800 KL gliserol dari proses pembuatan biodiesel di Indonesia setiap tahunnya.

Komposisi gliserol hasil samping biodiesel (GHB) umumnya bervariasi. Tergantung dari jenis katalis yang digunakan untuk memproduksi biodiesel. Namun pada umumnya, gliserol hasil samping pembuatan biodiesel mengandung komposisi 30% gliserol, 50% metanol, 13% sabun, 2% air, serta sekitar 2–3% garam (biasanya sodium atau potassium) dan 2–3% lainnya adalah pengotor. GHB memiliki *kadar gula alkohol (metanol & gliserol) yang terkandung di dalamnya cukup besar, membuat gliserol merupakan bahan baku yang baik dalam proses fermentasi dengan menggunakan mikroorganisme sebagai biokatalisator*(2). Umumnya diperlukan proses pemurnian terlebih dahulu agar gliserol hasil samping biodiesel bisa digunakan sebagai bahan baku atau substrat untuk dapat meningkatkan nilai ekonomis dari GHB. Asam itaconat adalah salah satu produk fermentasi yang menjanjikan dari kelompok asam organik untuk menggantikan monomer berbasis petrokimia. Asam itaconat umumnya dimanfaatkan untuk bahan pembuatan polimer, serta pembuatan resin. (3)

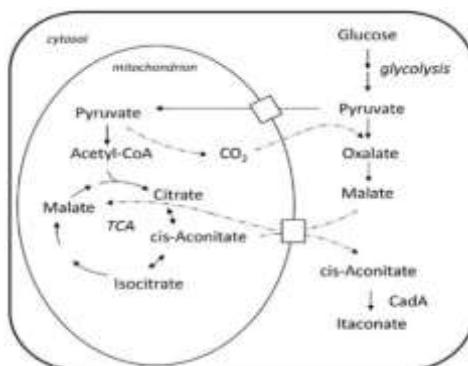
Permasalahan lingkungan dalam pengolahan biodiesel sehingga GHB digunakan sebagai sarana dalam peningkatan nilai ekonomisnya dalam pembentukan produk yang lebih bermanfaat. Akan tetapi GHB mempunyai beberapa kekurangan sebagai hasil samping biodiesel adalah kandungan gula yang ada didalamnya dalam bentuk gula alkohol (metanol dan gliserol) sehingga akan membuat substrat GHB tidak terlalu cukup memadai untuk kebutuhan nutrisi dan media tumbuh mikroorganisme untuk produksi asam itaconat. Perbaikan kualitas GHB atau modifikasi GHB sebagai salah satu cara dalam memperbaiki kinerja GHB sebagai substrat sehingga akan dapat meningkatkan produksi asam itaconat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis substrat gliserol dan modifikasi gliserol terhadap konsentrasi asam itaconat yang dihasilkan dari proses fermentasi *Aspergillus terreus*.

Gliserol hasil samping produksi biodiesel (GHB) belum dapat dimanfaatkan terlalu besar, baik dalam bidang farmasi maupun makanan sebagaimana lazimnya gliserol pada umumnya. Kualitas GHB yang masih rendah karena masih adanya beberapa pengotor yang dapat menurunkan kualitas gliserol. Sehingga GHB dapat dijadikan alternatif pengolahan sekunder untuk menjadi produk yang lain. Produk berbasis ramah lingkungan yang menjadi dasar pertimbangan memanfaatkan GHB menjadi asam organik sebagai alternatif produk monomer untuk pengembangan polimer yang ramah lingkungan (4).

Asam Itaconat atau *methylene butanedioic acid*, *methylene succinic acid*, *3-carboxy-3-butanoic acid*, *propylenedicarboxylate acid* adalah salah satu jenis asam organik yang dapat dengan mudah digabungkan untuk membentuk polimer dan dapat digunakan untuk menggantikan monomer berbasis petroleum dengan yang alami. Asam itaconat memiliki 5 atom karbon, serta memiliki 2 gugus karboksilat.

Proses pembuatan asam itaconat yang paling disukai adalah dengan proses fermentasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan asam itaconat antara lain mikroorganisme dapat mempengaruhi pembentukan asam itaconat, mikroorganisme yang sering digunakan dalam pembuatan asam itaconat adalah *Aspergillus terreus* atau *Aspergillus Niger*. Selain mikroorganisme faktor substrat pun dapat mempengaruhi yield asam itaconat, substrat yang besar didapatkan dari fermentasi dengan glukosa dan sukrosa sebagai substrat. Kemudian kondisi operasi, proses fermentasi asam itaconat akan maksimal pada saat kandungan glukosa terbatas, yaitu pada konsentrasi gula 100 – 150 g/L sehingga dapat dikatakan bahwa asam itaconat merupakan hasil dari metabolisme sekunder. Selama fermentasi, pH dijaga sekitar 2 dan suhu dijaga sekitar 37 °C. Proses fermentasi ini merupakan fermentasi aerob. Oksigen ditambahkan selama proses fermentasi karena kondisi anaerob akan mengganggu pertumbuhan sel (5).

Tahapan pembuatan asam itaconat dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Tahapan Reaksi Pembentukan Asam Itakonat

Reaksi pembentukan asam itakonat dimulai dari substrat (bahan baku) seperti glukosa, molekul karbonnya diproses melalui tahap glikolisis menjadi piruvat. Kemudian jalur terbagi dan bagian dari karbon dimetabolisme untuk menjadi Asetil-CoA melepaskan molekul karbon dioksida. Bagian lain diubah menjadi oksaloasetat sehingga molekul karbon dioksida yang dilepas sebelumnya tergabung lagi. Pada tahap pertama dari siklus asam sitrat, terbentuk sitrat. Tahap selanjutnya yaitu, sitrat melepas  $H_2O$  sehingga menjadi cis-Aconitate. Pada tahap terakhir, cis-Aconitate masuk ke jalur / tahap khusus dan diurai oleh enzim Cis-Aconitate Decarboxylase (Cad). Di tahap ini terjadi reaksi dekarboksilasi yaitu reaksi kimia yang menyebabkan sebuah gugus karboksil (-COOH) terlepas dari senyawa semula menjadi karbon dioksida ( $CO_2$ ) hingga terbentuk asam itakonat (6). Asam Itakonat mempunyai banyak manfaat antara lain dapat digunakan sebagai penyedia polimer plastik, resin untuk pencampur cat, deterjen, cleaner, dan dental adhesive.

Dalam industri fermentasi diperlukan substrat yang murah, mudah tersedia, dan efisien penggunaannya. Usaha selalu dilakukan untuk menemukan substrat baru yang lebih murah dan lebih baik, tetapi kadang kadang timbul masalah baru dalam hal cara penyimpanannya, ataupun kemudahannya untuk disterilisasi. Beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan substrat untuk fermentasi yaitu, tersedia dan mudah didapat,sifat fermentasi,harga dan pengolahan lingkungan (7).

## 2. Metode Penelitian

Bahan baku yang digunakan berupa substrat gliserol hasil samping biodiesel yang telah dimurnikan dengan kadar sekitar 36%, sedangkan nutrisi yang digunakan  $NH_4NO_3$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , dan kapang *Aspergillus Tereus*. Alat yang digunakan adalah fermentor kapasitas 1000 ml yang dilengkapi dengan pompa untuk penyedia oksigen, pH meter, piknometer dan alat-alat gelas untuk proses fermentasi.

### Tahap Pembuatan Starter (inokulasi *Aspergillus tereus*)

Menimbang nutrient broth sebanyak 52 g kemudian masukkan ke dalam gelas kimia yang berisi 1 L aquadest. Diaduk kemudian memasukkan ke dalam autoclave, setelah dikeluarkan dari autoclave menambahkan *Aspergillus Tereus* sebanyak 2 ose. Inkubasi selama 24 jam.

### Tahap modifikasi substrat

Substrat yang digunakan berupa gliserol hasil samping biodiesel yang akan dimodifikasi dengan gliserol dengan konsentrasi 150g/L dan 250 g/L dengan perbandingan 2:1

### Tahap Fermentasi Asam Itakonat

Menyiapkan larutan substrat berupa gliserol modifikasi dengan cara pencampuran gliserol (GHB) dengan glukosa konsentrasi 150g/L sebanyak 300 ml dengan perbandingan 2:1 dimasukkan kedalam fermentor kemudian ditambahkan nutrien berupa  $NH_4NO_3$  0,1g,  $KH_2PO_4$  0,025g dan  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0,025g diaduk sampai homogen dan diatur pH sampai 5,5. Kemudian dimasukkan starter *Aspergillus Tereus* sebanyak 10% (v/v) dari substansi kemudian dimasukkan ke dalam fermentor. Difermentasi dengan menggunakan fermentor aerobik yang dibantu dengan alat penyedia oksigen. Fermentasi dilakukan (3, 6, 9,12 dan 15 hari). Setelah fermentasi selesai dengan waktu yang ditentukan substrat dimasukkan kedalam inkubator selama 1 hari. Kemudian disaring untuk mengambil biomassa dan filtrat yang dihasilkan di murnikan dengan menggunakan rotary evaporator.

### Penentuan Konsentrasi Asam Itakonat



Konsentrasi asam itaconat ditentukan dengan menggunakan metode kromatografi. Gas kromatografi yang digunakan adalah Varian 450. Suhu injektor diatur sebesar 200°C, suhu oven sebesar 170°C dan suhu detektor sebesar 200°C.

### 3. Hasil Dan Pembahasan

Proses pembuatan asam itaconat dengan proses fermentasi menggunakan *aspergillus tereus* sebagai biokatalisator. Asam itaconat merupakan hasil metabolit lanjutan dari asam sitrat yang dapat dihasilkan oleh *aspergillus tereus*. Keaktifan reaksi mikrobial dapat dilihat dari parameter biomassa sel untuk metabolisme hasil metabolit dan parameter pembentukan asam itaconat atau konsentrasi asam itaconat yang dihasilkan (8).

#### Konsentrasi Biomassa Sel

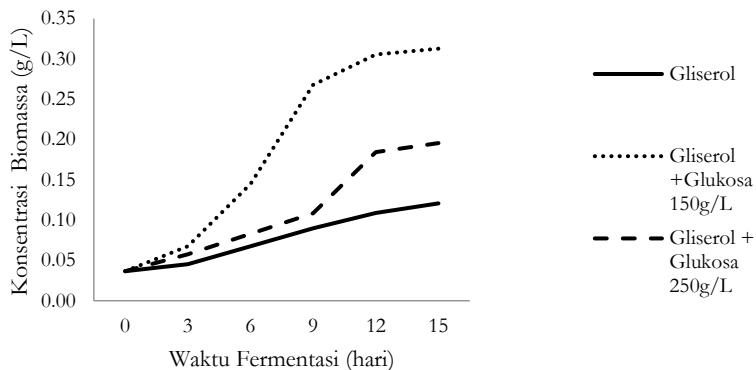
Kombinasi waktu fermentasi dan konsentrasi glukosa dalam substrat pada pembuatan asam itaconat berdasarkan data pH terlihat interaksi nyata antar perlakuan tersebut. Glukosa merupakan nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan metabolisme sel untuk menghasilkan metabolit berupa enzim untuk pembentukan asam itaconat. Penunjukan data tidak langsung pH dapat menunjuk aktivitas mikroorganisme yang tinggi. Hubungan antara waktu fermentasi dan modifikasi gliserol terhadap pH dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara waktu fermentasi dan modifikasi gliserol terhadap pH.

Waktu Fermentasi(hari)	pH		
	Gliserol	Gliserol + Glukosa 150g/L	Gliserol + Glukosa 250g/L
0	5,5	5,5	5,5
3	5,0	5,0	5,0
6	4,5	3,5	4,0
9	3,5	2,0	3,0
12	3,5	2,0	3,0
15	3,5	2,5	3,0

Kombinasi perlakuan waktu fermentasi dan jenis modifikasi substrat terhadap pH akan terkait dengan proses pertumbuhan mikroorganisme. Pada awal pH masih menunjukkan pH 5,5 sampai waktu fermentasi tertentu pH akan bergerak menuju ke pH asam sehingga akan menunjukkan aktifitas mikroorganisme sudah berjalan dengan baik dan terjadi pembentukan asam-asam organik salah satunya asam itaconat mulai berlangsung (9).

Hubungan antara aktifitas mikroorganisme dengan pH terkait dengan keaktifitas mikroorganisme sel dalam metabolisme sel. Ukuran ke aktifitas sel dapat dilihat dengan pertumbuhan sel apakah telah mengalami pertumbuhan atau tidak. Aktifitas pertumbuhan sel dapat dapat diukur dengan konsentrasi biomassa sel. Hubungan antara waktu fermentasi dan modifikasi substrat dengan konsentrasi biomassa sel dapat dilihat pada grafik 1.



Gambar 2. Hubungan Antara Waktu Fermentasi dan Modifikasi glicerol terhadap konsentrasi biomassa sel.

Hubungan yang terjadi antara waktu fermentasi dan modifikasi glicerol dengan konsentrasi biomassa sel terlihat saling berhubungan. Apabila waktu semakin lama maka konsentrasi biomassa semakin tinggi ini terlihat pada masing masing substrat glicerol dan glicerol modifikasi. Pada saat waktu fermentasi antara 0-3

hari untuk semua jenis substrat gliserol dan modifikasi gliserol menunjukkan fase adaptasi mikroorganisme dengan substrat, waktu fermentasi 6-12 hari menunjukkan fase pertumbuhan mikroorganisme karena pada waktu fermentasi tersebut dapat menghasilkan konsentrasi biomassa yang cenderung naik sangat signifikan ini dapat terjadi karena kebutuhan mikroorganisme akan makro nutrisi dapat terjangkau untuk proses metabolisme sel *aspergillus tereus*. Sedangkan untuk 12-15 hari *aspergillus tereus* mengalami fase stationer atau fase diam, hal ini dapat disebabkan karena kebutuhan mikroorganisme akan nutrisi semakin menurun sehingga metabolisme mikroorganisme pun semakin rendah aktivitas yang terjadi (10).

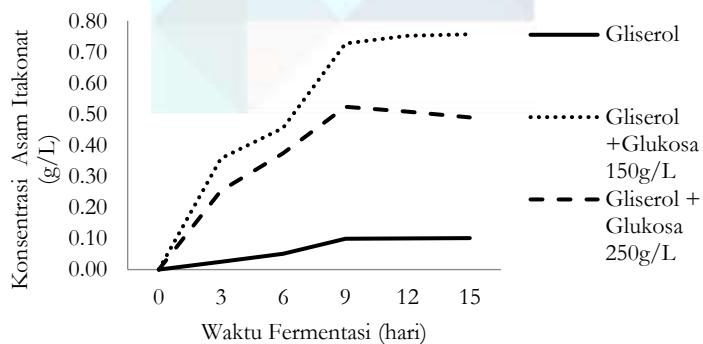
Ada perbedaan yang terjadi pada modifikasi gliserol 250g/L mengalami kenaikan populasi sel pada hari ke 12 hal ini dapat disebabkan karena apabila konsentrasi glukosa terlalu tinggi maka akan menurunkan aktifitas mikroorganisme atau kecepatan fermentasi semakin menurun sehingga membutuhkan waktu fermentasi yang lebih lama. Hal ini dapat disebabkan karena terjadi plasmolisis dinding sel mikroorganisme yang menyebabkan dinding sel mikroorganisme pecah (11).

Modifikasi substrat gliserol dapat dilakukan dengan konsentrasi glukosa lebih besar dari 150 g/L dan lebih kecil dari 250g/L untuk memperbaiki nutrisi substrat untuk aktivitas mikroorganisme dalam proses pembuatan asam itaconat. Gliserol juga mengandung glukosa alkohol sehingga dapat pula digunakan sebagai sumbernutrisi tetapi kemampuan aktivitas selnya agak lambat dalam proses metabolisme sel sehingga modifikasi substrat dilakukan agar pemanfaatan gliserol sebagai hasil samping biodiesel dapat dimanfaatkan.

Proses pertumbuhan sel terjadi untuk semua substrat sekitar 6 hari hanya konsentrasi biomassa terjadi kenaikan pertumbuhan yang berbeda-beda, ini dapat terjadi karena kandungan nutrisi glukosa yang ada ditiap substrat untuk kebutuhan metabolisme juga berbeda sehingga pola pengembangan laju kenaikan populasi mikroorganisme untuk substrat gliserol glukosa 150g/L mengalami kenaikan yang lebih besar dibandingkan substrat gliserol dan gliserol glukosa 250g/L.

### Konsentrasi Asam Itaconat

Proses fermentasi *aspergillus tereus* dalam biosintesis asam itaconat dapat terjadi di intraseluler dan ekstraseluler. Asam itaconat merupakan asam lanjutan yang dihasilkan oleh mikroorganisme *aspergillus tereus*. Aktivitas metabolisme sel dalam pertumbuhan sel akan mempengaruhi hasil produksi asam itaconat, hubungan waktu fermentasi dan modifikasi substrat gliserol terhadap konsentrasi asam itaconat dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Hubungan waktu fermentasi dan modifikasi substrat terhadap konsentrasi asam itaconat

Pengaruh waktu fermentasi dan modifikasi substrat terhadap konsentrasi asam itaconat dapat memberikan pengaruh yang cukup besar. Semakin lama waktu fermentasi akan memberikan efek peningkatan konsentrasi asam itaconat.

Pembentukan asam itaconat untuk substrat gliserol pada waktu fermentasi yang semakin lama akan memberikan hasil yang semakin tinggi tetapi dengan konsentrasi asam itaconat yang masih rendah sehingga akan memberikan hasil itaconat yang masih rendah. Untuk substrat modifikasi gliserol dengan glukosa 150g/L akan menghasilkan asam itaconat yang lebih tinggi dibandingkan dengan gliserol glukosa 250g/L. Hal ini dapat disebabkan karena pada modifikasi gliserol glukosa 250g/L memberikan efek plasmolisis dinding sel mikroorganisme sehingga pertumbuhan *aspergillus tereus* menjadi lambat, dengan begitu proses metabolisme menjadi terganggu utamanya pada saat pengubahan enzim cis aconitate masuk kedalam sel dan diurai menjadi enzim cis aconitate decarboxylase(CAD) ditahap inilah terjadi reaksi karboksilase melepas gugus (-COOH) terlepas menjadi CO<sub>2</sub> hingga terbentuk asam itaconat. Terhambatnya pembentukan asam itaconat ini membuat hasil asam itaconat menjadi berkurang seiring dengan berkurangnya jumlah biomassa



sel pada kondisi tersebut. (12)

Asam itakonat dapat terbentuk dengan konsentrasi yang tinggi pada waktu fermentasi sekitar 6-12 hari karena pada waktu inilah terjadi proses pertumbuhan mikroorganisme pada fase eksponensial atau fase pertumbuhan dipercepat kondisi inilah yang memungkinkan mikroorganisme dapat tumbuh dengan kebutuhan nutrisi yang mencukupi dan kebutuhan lingkungan yang sesuai pada pH sekitar 2-3. Pengaruh modifikasi gliserol terhadap konsentrasi asam itakonat sangat terlihat nyata, apabila gliserol tidak dimodifikasi dengan glukosa tetapi bisa digunakan sebagai substrat untuk menghasilkan asam itakonat tetapi konsentrasi rendah dan hasilnya masih sedikit karena perlu pemurnian yang lama. Hasil asam itakonat untuk berbagai modifikasi substrat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Asam Itakonat yang dihasilkan

waktu ferment asi (hari)	Volume hasil Asam Itakonat (ml)			Jumlah Asam Itakonat yang dihasilkan (g)		
	Gliserol	Gliserol + Glukosa 150g/L	Gliserol + Glukosa 250g/L	Gliserol	Gliserol + Glukosa 150g/L	Gliserol + Glukosa 250g/L
0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
3	356	485	390	0,91	17,34	9,89
6	350	520	410	1,76	23,70	15,34
9	365	578	426	3,60	42,00	22,30
12	370	542	412	3,71	40,77	20,92
15	365	530	398	3,69	40,11	19,46

Dari tabel 2 dapat dilihat hasil itakonat yang terbanyak dapat dihasilkan pada substrat gliserol glukosa 150g/L sebanyak 42 g dalam waktu fermentasi 9 hari. hasil asam itakonat ini tidak membutuhkan proses pemurnian yang terlalu lama sehingga hasil volume asam itakonat yang dihasilkan pun semakin banyak. Pemanfaatan gliserol sebagai hasil samping biodiesel dapat digunakan sebagai substrat untuk pembuatan asam itakonat dengan media biakan aspergillus tereus dengan proses fermentasi yang lebih lama dan memerlukan proses pemurnian juga yang lebih lama serta menghasilkan asam itakonat yang lebih sedikit sehingga membutuhkan bahan baku gliserol yang lebih banyak untuk hasil yang lebih optimal.

## Kesimpulan

Gliserol dapat dijadikan substrat pada pembuatan asam itakonat dengan nutrisi yang lebih baik dengan cara modifikasi gliserol dengan glukosa 150g/L. Semakin lama waktu fermentasi semakin tinggi konsentrasi asam itakonat yang dihasilkan sekitar 75,67 g/L, sedangkan modifikasi gliserol glukosa yang dapat menghasilkan asam itakonat yang lebih besar dengan kadar glukosa lebih besar dari 150g/L dan lebih kecil dari 250g/L.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih Kepada Kemenristek Dikti yang telah memberikan Pendanaan Penelitian Strategis Nasional 2016-2018 dan kepada P3M Politeknik Negeri Samarinda yang telah banyak membantu terkait Pelayanan Administrasi dan informasi terkait Penelitian dan Pengabdian Masyarakat.

## Referensi

- [1]. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2013. Program Percepatan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati.<http://www.esdm.go.id/siaran-pers/55-siaran-pers/6424-program-percepatan-pemanfaatan-bahan-bakar-nabati.html>, diakses pada 29 Februari 2016



- [2]. Dasari MA, Kiatsimkul P, Sutterlin WR, Suppes GJ. Low-pressure Hydrogenolysis of Glycerol to Propylene Glycol. *Applied Catalyst A*.2005. 281:225-231.
- [3] Suleman, Nita. Pemanfaatan Limbah Pemurnian Gliserol Hasil Samping Produksi Biodiesel Untuk Pembuatan Pupuk Potassium. Gorontalo. Universitas Negeri Gorontalo.2012.
- [4] Azis, Isalmi., et al. 2008. *Pemurnian Gliserol Dari Hasil Samping Pembuatan Biodiesel Menggunakan Bahan Bakar Minyak Goreng Bekas*. Jakarta : Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah.
- [4]. Wilke, Th. Biotechnical Production of Itaconic Acid. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2002.
- [5]. Bentley, R., and C. P. Thiessen. Biosynthesis of itaconic acid in *Aspergillus terreus*. III. The properties and reaction mechanism of cis-aconitic acid decarboxylase. *J. Biol. Chem.* 1957. 226:703–720.
- [6] Farobie O. Pemanfaatan Gliserol Hasil Samping Produksi Biodiesel Jarak Pagar sebagai Bahan Penolong Penghancur Semen. [Tesis]. Bogor : Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.2006.
- [7] Asad-ur-Rehman, Saman WRG, Nomura N, Sato S, Matsumura M. Pre-treatment and utilization of raw glycerol from sunflower oil biodiesel for growth and 1, 3-propanediol production by *Clostridium butyricum*. *J Chem Technol biotechnol*. 2008;83:1072–1080.
- [8] M. I. Juy, J.A. Orejas, M.E. Lucca. Study of itaconic acid production by *Aspergillus terreus* MJL05 strain with Different Variable. 2010.
- [9]. EL-Imam ama, Kazeem Mo, Odebisi MB, Mushaffa AO, Abidoye AO. Production Of itaconic acid from Jatropha Curcas seed cake by aspergillus terreus. *Not Sci Biol*.2013;5(1):57
- [10] Choirunnisa Lely. Pengaruh Konsentrasi Strarter dan Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Fruith Ghurt Kulit Buah Naga, Skripsi UIN Maulana Malik Ibrahim, 2017
- [11]. Jarry, A., Seraudie, Y. Production of itaconic acid by fermentation. US Pat. N°. 1995. 5.457.040.
- [12] Henke, M.O., G.S. De Hoog, U. Gross, G.Zimmermann, D. Kraemer, and M. Weig. 2002. Human deep tissue infection with an entomopathogenic Beauveria species. *J. Clinical Microbiology* 40: 2698-2702.



Pemakalah :  
Marlinda  
13.36-13.49 WIB

Pertanyaan :  
Gliserolnya berapa banyak?  
(Aldy)

Jawaban :  
Kadarnya 36%, perbandingannya 3:2.





# Pengaruh Pengadukan pada Proses Produksi Alkohol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*

Clarissa Tsaniandra S.S.<sup>1,a</sup>, Hasan<sup>b</sup>, dan Margono<sup>1,c,\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta, Indonesia  
E-mail: [margono@ft.uns.ac.id](mailto:margono@ft.uns.ac.id)

**Abstrak.** Alkohol sebagai sumber energi terbarukan sudah dicanangkan oleh pemerintah untuk memenuhi kebutuhan substitusi bahan bakar bensin. Salah satu cara pembuatan alkohol adalah dengan fermentasi molase menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai pemecah gula menjadi alcohol dengan sel amobil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan dalam proses fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* amobil. *Saccharomyces cerevisiae* yang telah diinkubasi selama 24 jam digunakan sebagai starter untuk media flokulasi molase 100 mL. Kemudian fлок-fлок *Saccharomyces cerevisiae* ditambahkan pada media fermentasi molase 100 mL. Pengadukan dilakukan di *incubator shaker* pada suhu 30°C selama 36 jam dan menggunakan variasi kecepatan pengadukan 75 dan 100 rpm. Setiap 12 jam dilakukan pengambilan sampel yang kemudian digunakan untuk menganalisa jumlah sel, *yield*, kadar gula bereaksi, kadar alkohol, dan produktivitasnya. Kecepatan pengadukan berpengaruh pada proses fermentasi, hal ini ditunjukkan dengan nilai kadar gula tereduksi, kadar alkohol, persentase *yield*, dan produktivitas alcohol lebih tinggi pada kecepatan 75 rpm. Sedangkan, untuk pertumbuhan jumlah sel optimal pada kecepatan 100 rpm.

**Kata kunci :** alkohol, fermentasi, *Saccharomyces cerevisiae*, amobil, molase, pengadukan

**Abstract.** Alcohol as a renewable energy source has been intensified by the government to fulfill the need for substitution of gasoline. One of the ways to production alcohol is by fermenting molasses using *Saccharomyces cerevisiae* as converting sugar into alcohol using immobile cell. This study aims to determine the effect of stirring speed in the fermentation process using immobilized *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* which has been incubated for 24 hours is used as a starter for flocculation molasses 100 mL medium. Then, *Saccharomyces cerevisiae*'s floc was added to the molasses fermentation medium 100 mL. Stirring is done in a incubator shaker at a temperature 30°C for 36 hours and using variation of 75 and 100 rpm. Every 12 hours, a sample is taken which is then used to analyze the number of cells, yield, sugar content, alcohol content, and productivity. Stirring speed affect the fermentation process, this is indicated by the value of reduced sugar content, alcohol content, yield percentage, and alcohol productivity higher at a speed of 75 rpm. Whereas in the growth of cell numbers is optimal at a speed of 100 rpm.

**Keyword :** alcohol, fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*, ammobile, molasses, stirring



## 1. Pendahuluan

Dewasa ini penggunaan bahan bakar fosil semakin meningkat seiring peningkatan perekonomian negara. Hal ini dapat berakibat pada ketersediaan sumber bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui apabila terus dilakukan eksploitasi sehingga dapat menyebabkan krisis energi. Salah satu upaya untuk mengatasi hal tersebut ialah menggunakan sumber daya energi terbarukan. Oleh karena itu perlu dilakukan tindak lanjut dalam meningkatkan produksi bahan bakar melalui sumber energi terbarukan. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah dengan mengkonversi alkohol menjadi biomassa melalui proses fermentasi [1].

Proses fermentasi merupakan salah satu metode pengkonversi bahan yang mengandung glukosa menjadi alkohol dengan bantuan bakteri pemecah gula. Pada proses ini bahan yang digunakan adalah molase yang merupakan hasil samping industri pengolahan gula yang masih mengandung kadar gula yang cukup tinggi. Kandungan gula dalam molases berkisar 48-55% proses fermentasi ini dibantu oleh *Saccharomyces cerevisiae* sebagai bakteri pemecah gula [2]. Bakteri tersebut dapat mengubah gula hampir 50% untuk dijadikan alkohol, atau lebih dari 90% dari hasil teoritis sekitar 50 jam fermentasi [3]. Untuk meningkatkan produktivitas alkohol dan mengurangi biaya produksi dilakukan penelitian fermentasi dengan metode imobilisasi sel.

Dengan metode ini diharapkan sel *S. Cerevisiae* dapat terjerat dalam suatu matrik atau membran sehingga pertumbuhan sel akan terhambat dan substrat yang diberikan hanya digunakan untuk menghasilkan produk [4]. Matriks atau bahan yang digunakan untuk menjerat sel ialah dengan menggunakan bioflokulan.

Dalam penelitian ini, bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan pada proses fermentasi. Dengan variasi kecepatan pengadukan yang digunakan ialah 75 dan 100 rpm. Proses fermentasi tersebut dilakukan selama 36 jam pada suhu ruang, menggunakan *incubator shaker*. Pengadukan berfungsi untuk meratakan kontak substrat dengan *S. Cerevisiae*, hal ini dilakukan agar *S. Cerevisiae* tidak mengendap di bawah serta dapat meratakan suhu di seluruh media. Oleh karena itu kecepatan pengadukan yang tepat diharapkan dapat meningkatkan hasil fermentasi.

## 2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah molase, ragi kering dari *Saccharomyces cerevisiae*, aquadest, bioflokulan dari *polyacrylamide*, ekstrak ragi, glukosa,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , phenol, dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Proses fermentasi dilakukan dengan beberapa langkah kerja.

Pada tahap pertama yaitu tahap pembuatan media starter. Media starter dibuat dari ragi kering *Saccharomyces cerevisiae* ditumbuhkan pada media yang mengandung ekstrak ragi 2,5 g/L, glukosa 20 g/L,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,06 g/L,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1,3 g/L, dan  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,25 g/L. Lalu ditambahkan ragi kering dengan 10% (v/v) dan diinkubasi pada suhu 30°C dan 150 rpm selama 24 jam.

Langkah kedua yaitu tahap flokulasi. Bioflokulan dari *polyacrylamide* dengan konsentrasi 30% (v/v) dimasukkan ke dalam campuran 90% (v/v) larutan molase dan 10% (v/v) media starter. Media diinkubasi dalam *incubator shaker* pada suhu 30°C dan 100 rpm selama 30 menit. Setelah itu, media didiamkan agar menggendap dan terbentuk flok selama 24 jam.

Langkah selanjutnya ialah tahap fermentasi. Flok yang terbentuk dari media flokulasi dipisahkan dan digunakan sebagai starter media fermentasi alkohol. Kemudian flok-flok *S. cerevisiae* ditambahkan pada media fermentasi molase 100 mL. Pada proses fermentasi dilakukan pengadukan agar kontak antara *S. cerevisiae* dengan substrat dapat optimal. Pengadukan dilakukan di *incubator shaker* pada suhu 30°C selama 36 jam dan menggunakan variasi kecepatan pengadukan 75 dan 100 rpm.

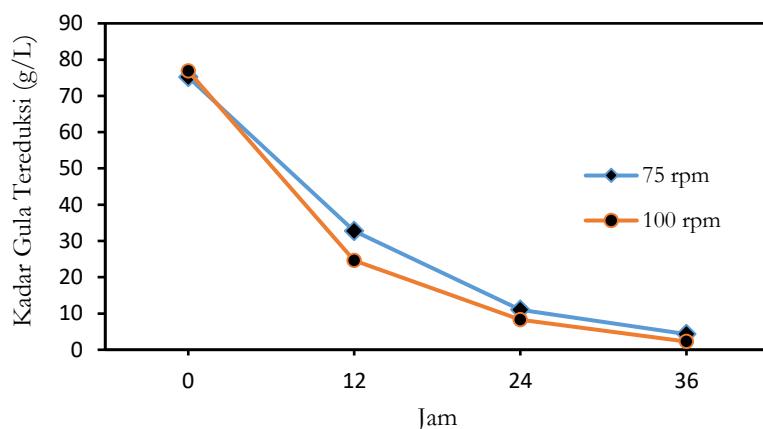
Langkah terakhir ialah tahap analisa hasil. Pada tahap ini, molase diuji dengan beberapa analisa. Dengan cara melakukan pengambilan sampel setiap 12 jam yang kemudian digunakan untuk menganalisa kadar gula tereduksi, kadar alkohol, pertumbuhan jumlah sel, persentase yield dan produktivitasnya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Kadar Glukosa Tereduksi

Kadar gula tereduksi merupakan jumlah gula dalam molase yang mampu dikonversi menjadi alkohol pada proses fermentasi. Tujuan dilakukan perhitungan kadar gula tereduksi ini adalah untuk mengetahui kemampuan *S. Cerevisiae* dalam mengubah gula menjadi alkohol. Semakin rendah kadar gula tereduksi maka

makin tinggi pula kinerja *S. Cerevisiae* dalam mengubah gula menjadi alkohol. Hasil analisa dapat dilihat pada Gambar 3.1.

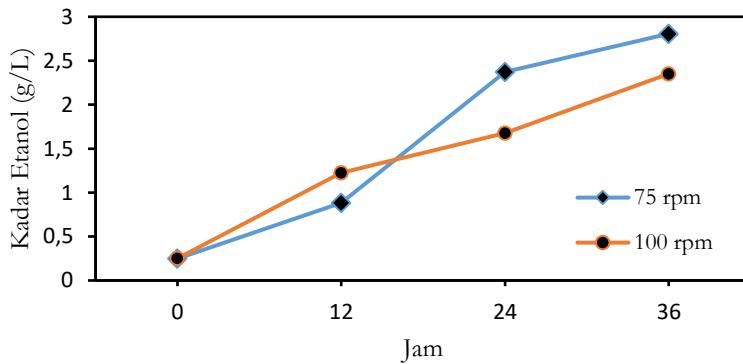


Gambar 3.1. Hubungan Kadar Gula Tereduksi dengan Waktu Fermentasi

Berdasarkan Gambar 3.1., ditunjukkan bahwa kadar gula semakin berkurang seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Hal ini terjadi karena gula dalam molase digunakan oleh *S. Cerevisiae* untuk pertumbuhan, memproduksi alkohol, dan digunakan untuk energi. Dari data diatas dapat dilihat pula hubungan kecepatan pengadukan mempengaruhi penurunan konversi gula menjadi alkohol pada kecepatan pengadukan dan waktu fermentasi tertentu. Tujuan dilakukannya pengadukan agar flok-flok dan *S. Cerevisiae* dapat bertumbuhkan dengan maksimal [5]. Dan hasil dari grafik menunjukkan bahwa analisa kadar gula tereduksi pada kecepatan pengadukan 75 rpm lebih tinggi daripada kecepatan pengaduk 100 rpm dengan masing-masing sebesar 4,308 g/L dan 2,254 g/L.

### 3.2. Kadar Alkohol

Pengadukan dilakukan agar kontak sel dengan substrat merata dan diharapkan mikroorganisme tidak mengendap [6]. Oleh karena itu, kecepatan pengadukan yang tepat diharapkan dapat meningkatkan hasil fermentasi.



Gambar 3.2. Grafik Hubungan Kadar Alkohol dengan Waktu Fermentasi

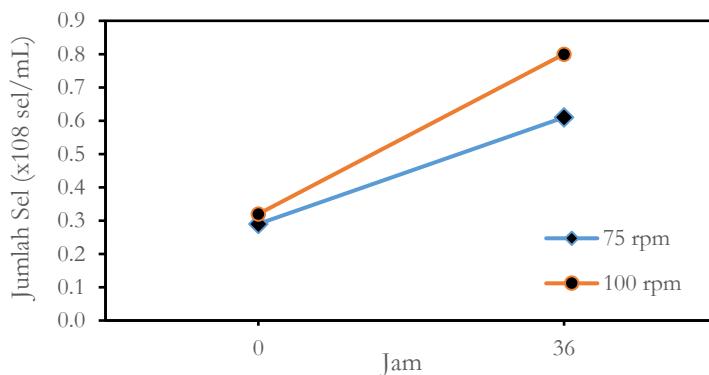
Gula pada substrat digunakan sebagai sumber karbon agar proses fermentasi dapat berlangsung. Semakin lama waktu fermentasi, maka jumlah *yeast* juga semakin bertambah sehingga kemampuan mengubah gula menjadi alkohol pun semakin besar [7]. Pada Gambar 3.2. menunjukkan bahwa kadar alkohol tertinggi yang dihasilkan dengan konsentrasi flokulasi 30% yaitu 2,806 g/L saat waktu fermentasi 36 jam. Sedangkan pada kecepatan pengadukan 100 rpm diperoleh kadar alkohol sebesar 2,3514 g/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan mempengaruhi kadar alkohol yang dihasilkan pada proses fermentasi. Pada percobaan ini dengan kecepatan pengadukan 100 rpm ditunjukkan kadar alkohol lebih rendah daripada kecepatan pengadukan 75 rpm. Hal itu dikarenakan besar arus yang tercipta akibat cepatnya pengadukan, sehingga menyebabkan kontak antara *S. Cerevisiae* dengan glukosa tidak maksimal. Produksi alkohol yang



dihasilkan semakin kecil apabila pengadukan yang dijalankan terlalu cepat karena dapat mengganggu konversi gula menjadi alkohol oleh *yeast* [8].

### 3.3. Pertumbuhan Jumlah Sel

Analisa jumlah sel dimaksudkan untuk mengetahui pertumbuhan jumlah sel dalam larutan molase. Apabila jumlah sel semakin meningkat seiring dengan peningkatan waktu, maka gula yang terkonversi menjadi alkohol juga akan meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi jumlah pertumbuhan sel, maka semakin banyak jumlah sel yang ada sehingga semakin banyak gula yang dipecah menjadi alkohol.

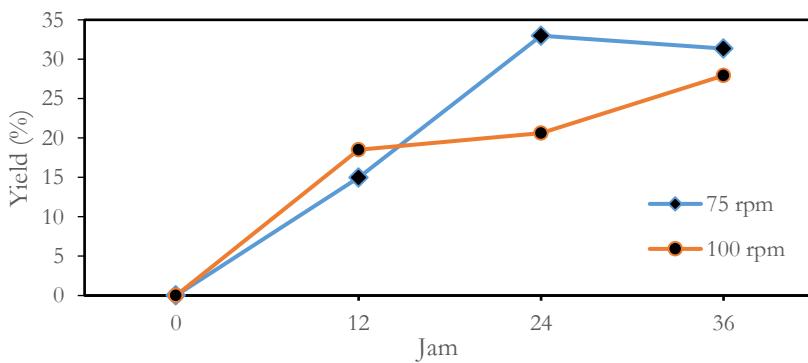


Gambar 3.3. Grafik Hubungan Jumlah Sel dengan Waktu Fermentasi

Pertumbuhan sel dipengaruhi oleh kadar gula pada substrat dan lamanya waktu fermentasi. Semakin banyak gula yang terdapat pada substrat maka makin banyak pula gula yang dikonsumsi oleh *S. cerevisiae*. Tetapi pertumbuhan *S. cerevisiae* memiliki waktu pertumbuhan optimum, apabila melebihi waktu optimum tersebut maka jumlah pertumbuhan *S. cerevisiae* akan menurun, hal ini dikarenakan kadar gula dan nutrisi pada substrat semakin berkurang [9]. Pada gambar diatas diperoleh jumlah sel paling tinggi terjadi pada proses fermentasi dengan kecepatan pengadukan 100 rpm berjumlah  $8,6 \times 10^8$  sel/mL. Sedangkan pada kecepatan pengadukan 75 rpm berjumlah  $6,1 \times 10^8$  sel/mL.

### 3.4. Yield

*Yield* adalah persentase perbandingan kadar alkohol yang terbentuk dengan kadar gula yang terkonsumsi oleh *S. cerevisiae*. Semakin tinggi nilai *yield* maka semakin tinggi pula kadar alkohol yang terbentuk dalam proses fermentasi.



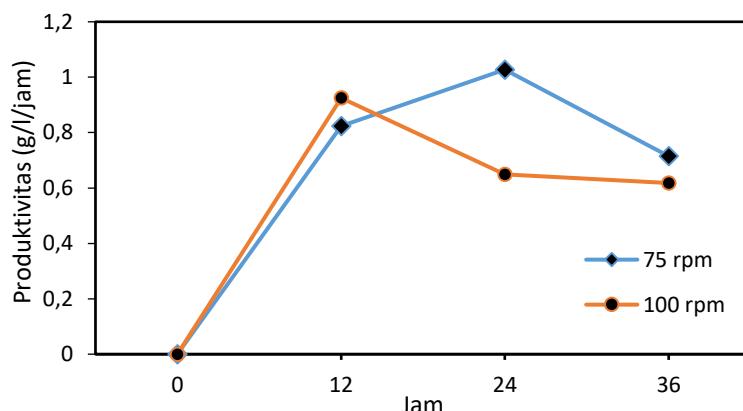
Gambar 3.4. Grafik Hubungan Persentase Yield dengan Waktu Fermentasi

Pada Gambar 3.4. dapat dilihat bahwa kecepatan pengadukan mempengaruhi persentase *yield*. Dengan kecepatan pengadukan yang berbeda menghasilkan persentase *yield* yang berbeda. Pada percobaan diperoleh persentase *yield* pada 75 rpm lebih tinggi yaitu sebesar 31,55% daripada 100 rpm sebesar 29,53%. Hal ini

menunjukkan bahwa pengadukan yang terlalu cepat dapat mengganggu kinerja *S. cerevisiae* dalam mengkonversi glukosa menjadi alkohol.

### 3.5. Analisa Produktivitas

Produktivitas merupakan laju produksi alkohol dalam tiap waktu, apabila nilai produktivitas semakin tinggi maka hasil alkohol yang diperoleh juga akan makin tinggi.



Gambar 3.5. Grafik Produktivitas Alkohol dengan Waktu Fermentasi

Dari gambar diatas menunjukkan produktivitas alkohol tertinggi terjadi pada waktu 24 jam dengan kecepatan pengadukan 75 rpm sebesar 0,715 g/(L.jam) sedangkan untuk kecepatan pengadukan 100 rpm sebesar 0,618 g/(L.jam). Hal ini dipengaruhi oleh kinerja *S. cerevisiae* optimal pada kondisi tersebut berjalan dengan baik sehingga produktivitas alkohol yang dihasilkan tinggi.

### Kesimpulan

Penelitian fermentasi molase menggunakan *S. Cerevisiae* amobil dinyatakan berhasil. Hal ini ditujukan dengan berpengaruhnya kecepatan pengadukan pada proses fermentasi. Dengan variasi kecepatan pengadukan yang dipelajari adalah 75 dan 100 rpm. Hasil fermentasi yang diperoleh dengan kadar flokulasi 30% pada suhu 30°C menunjukkan bahwa nilai kadar gula tereduksi, kadar alkohol, persentase yield, dan produktivitas alkohol lebih tinggi pada kecepatan 75 rpm dengan nilai masing-masing 4,308 g/L, 2,806 g/L; 31,55%; 0,715 g/(L.jam). Sedangkan untuk pertumbuhan jumlah sel optimal pada kecepatan 100 rpm dengan laju pertumbuhan  $8,6 \times 10^8$  sel/mL.

### Referensi

- [7] Elinur., dkk. 2010. "Perkembangan Konsumsi dan Penyediaan Energi dalam Perekonomian Indonesia". Indonesian Journal of Agricultural Economics (JJAЕ) Vol. 2., No. 1. Universitas Riau Pekanbaru.
- [8] Sebayang, Firman. 2006. "Pembuatan Etanol dari Molase Secara Fermentasi Menggunakan Sel *Saccharomyces cerevisiae* yang Terimobilisasi pada Kalsium Alginat". Jurnal Teknologi Proses 68-74, ISSN 1412-7814. Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara
- [9] Windhu Griyasti Suci, Margono, Mujtahid Kaavessina. 2016. "*A Preliminary Study on Performance of Saccharomyces cerevisiae* n°DY 7221 *Immobilized Using Grafted Bioflocculant in Bioethanol Production*". AIP Conference Proceeding. Universitas Sebelas Maret Surakarta
- [10] Awaltanova, Ella., Syaiful Bahri dan Chairul Chairul. 2015. "Fermentasi Nira Nipah menjadi Bioetanol Menggunakan Teknik Immobilisasi Sel *Sachharomyces cerevisiae*". Jurnal Online Mahasiswa. Vol. 2. No. 2. Universitas Riau Pekanbaru
- [11] Juwita, Rinna., Lailan Rizki Syarif dan Abubakar Tuhouloula. 2010. "Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Katalisator Asam terhadap Sintesis Furfural dari Sekam Padi". Jurnal Konversi. Vol. 1. No. 1. Universitas Lampung



- [12] Kurniawan, S. 2010. "Pengaruh Jenis dan Kecepatan Pengaduk pada Fermentasi Etanol secara Sinambung dalam Bioreaktor Tangki Berpengaduk Sel Tertambat". Seminar Tjipto Utomo 2010. Institut Teknologi Nasional Bandung
- [13] Junitania. 2011. "Pembuatan Bioetanol dari Nira Sorgum Manis dengan Proses Fermentasi Menggunakan Yeast Candida Utilis". Skripsi. Universitas Riau Pekanbaru
- [14] Rayana, M. 2013. "Variasi Kecepatan Pengadukan dan Waktu pada Pembuatan Bioetanol dari Pati Sorgum dengan Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SSF)". Skripsi. Universitas Riau Pekanbaru
- [15] Amalia, Y. 2014. "Pembuatan Bioetanol dari Limbah Padat Sagu menggunakan Enzim *Selulase* dan *Yeast Saccharomyces cerevisiae* dengan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Substrat dan Volume Inokulum". Skripsi. Universitas Riau Pekanbaru





Pemakalah :

Hasan, Clarissa Tsaniandra S.S.

13.50-14.05

Pertanyaan :

- Awalnya kan diimobilisasi, flokulasi untuk mobilisasinya apa ?
- Apakah habis diimobilisasi bisa dipakai lagi ?  
(Muftikhatul)

Jawaban :

- Poliakrilamik, yakni singkong, memanfaatkan yang ada.
- Dapat digunakan kembali.





# Pengaruh Penambahan Jumlah Flokulasi pada Fermentasi Alkohol dari Molase Menggunakan Flok *Saccharomyces cerevisiae*

**Febian Devi Fitriana<sup>1,1,a</sup>, Ratna Dewi Mustikawati<sup>b</sup>, Mujtahid Kaavessina<sup>1,c\*</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta, Indonesia

E-mail: <sup>a</sup> [febiandevi12@gmail.com](mailto:febiandevi12@gmail.com), <sup>b</sup> [ratnadewimustikawati@gmail.com](mailto:ratnadewimustikawati@gmail.com), <sup>c\*</sup> [mkaavessina@staff.uns.ac.id](mailto:mkaavessina@staff.uns.ac.id)

**Abstrak.** Pemanfaatan energi baru terbarukan menjadi topik penelitian yang menarik saat ini. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga ketersediaan energi dan tidak tergantung pada energi berbasis fosil yang semakin hari semakin menipis. Penelitian ini menitik beratkan pada produksi alkohol dari molase menggunakan sel amobil. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh variasi berat flokulasi dan waktu fermentasi terhadap alkohol. Pengembangan inokulum diinkubasi pada medium selama 24 jam dengan suhu 30°C dan pengadukan sebesar 125rpm. Bioflokulasi merupakan hasil pencangkokan rantai *polyacrylamide* ke dalam pati. Dosis penggunaan bioflokulasi adalah 10%, 20%, dan 30% v/v yang kemudian diinkubasi dalam shaker pada 100 rpm dan 30 °C selama 30 menit dan dibiarkan mengendap dan terbentuk endapan dalam 24 jam ke depan. Endapan yang terdapat pada inokulum digunakan sebagai starter untuk menghasilkan alkohol. Inkubasi dilakukan selama 36 jam pada 100 rpm dan 30 °C dan sampel diambil setiap 12 jam sekali. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi alkohol meningkat dengan peningkatan sel amobil. Kondisi produksi alkohol dari molase menggunakan sel amobil pada rentang variabel yang dipelajari didapatkan hasil terbaik pada berat flokulasi 30% b / v. Pada rentang ini didapatkan kadar gula tereduksi 4,31 b/v, kadar etanol 2,24 b/v, penambahan jumlah sel  $8 \times 10^8$  sel/mili dan produktivitas 0,92 b/v lebih baik pada konsentrasi bioflokulasi 30% sedangkan untuk persentase yield didapatkan data tertinggi pada konsentrasi flokulasi 20% sebesar 31,39% b/b.

**Kata kunci:** bioflokulasi, fermentasi, etanol, molase, *Saccharomyces cerevicae*.

**Abstract.** The use of new renewable energy is an interesting research topic at this time. This is intended to maintain the availability of energy and not depend on fossil-based energy which is increasingly depleting. This study focuses on the production of alcohol from molasses using immobilized cells. The purpose of the study was to determine the effect of variations in weight of flocculants and fermentation time on alcohol. The development of the inoculum was incubated on medium for 24 hours at 30°C and stirring at 125rpm. Bioflokalan is the result of transplanting a polyacrylamide chain into the starch. The dosage for using biofloculant was 10%, 20%, and 30% v/v which were then incubated in a shaker at 100 rpm and 30 °C for 30 minutes and allowed to settle and precipitate in the next 24 hours. The precipitate contained in the inoculum is used as a starter to produce alcohol. Incubation was carried out for 36 hours at 100 rpm and 30 °C and samples were taken every 12 hours. The results showed that alcohol concentration increased with the increase of immobilized cells. The conditions of alcohol production from molasses using immobilized cells in the range of variables studied obtained the best results in 30% w/v flocculant weight. In this range obtained 4.31 b / v of reduced sugar content, 2.24 b/v of ethanol content, addition of  $8 \times 10^8$  cell/mili cells and 0.92 b/v of productivity is better at 30% biofloculant concentration while for percentage the highest data obtained at 20% flocculant concentration of 31.39% b/b.

**Keywords:** *bio-flocculant, fermentation, ethanol, molasses, saccharomyces cerevicae*.



## 1. Pendahuluan

Tingginya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil seperti minyak bumi (sekitar 47%), batubara (sekitar 27%) dan gas (sekitar 20%) mengakibatkan pengurusan terhadap sumber daya fosil (minyak bumi, gas alam, dan batu bara) [3] Minyak bumi dan gas bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dan suatu saat akan habis apabila dilakukan eksploitasi secara terus menerus. Energi terbarukan yang dijadikan solusi untuk permasalahan tersebut juga masih belum optimal pengembangannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan dorongan terhadap teknologi energi terbarukan seperti konversi alkohol dari biomassa

Molase (tetes tebu) merupakan hasil samping dari industri pengolahan gula yang masih mengandung gula cukup tinggi. Kandungan gula molase terutama sukrosa berkisar 48 – 55%, sehingga merupakan bahan baku yang cukup potensial untuk pembuatan etanol [6] *S. cerevisiae* mampu mengkonversi hampir 50% gula untuk dijadikan alkohol atau lebih dari 90% dari hasil teoritis sekitar 50 jam fermentasi [7]. Namun, produktivitas alkohol masih rendah karena prosesnya yang lambat. Sehingga, untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya produksi, dilakukan beberapa usaha, salah satunya mengembangkan metode kultur sel amobil.

Teknik immobilisasi sel menyebabkan sel terjerat dalam suatu matriks atau membran. Immobilisasi sel bertujuan untuk membuat sel menjadi tidak bergerak atau berkurang ruang geraknya sehingga sel menjadi terhambat pertumbuhannya dan substrat yang diberikan hanya digunakan untuk menghasilkan produk [1]. Untuk menjebak *S. cerevisiae* maka dilakukan penambahan *bioflokulan* ke dalam media fermentasi.

Penelitian ini merupakan studi awal untuk mengetahui pengaruh penambahan jumlah *bioflokulan* terhadap produktivitas alkohol dengan metode imobilisasi *S. Cerevisiae* menggunakan substrat molase.

## 2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah ragi kering, molase, yeast ekstrak, glukosa, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, NH<sub>4</sub>Cl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, dan aquadest. Langkah pertama yaitu pembuatan inokulum menggunakan ragi kering instan *Saccharomyces cerevisiae*. Ragi kering ditumbuhkan pada medium sterilisasi yang mengandung (1/L) : Yeast ekstrak 2,5 g/L, Glukosa 20 g/L, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,25 g/L, NH<sub>4</sub>Cl 1,3 g/L, dan CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,06 g/L . Medium yang telah diinokulasi dengan 10% w/v ragi kering diinkubasi selama 24jam pada suhu 30°C dan 150rpm.

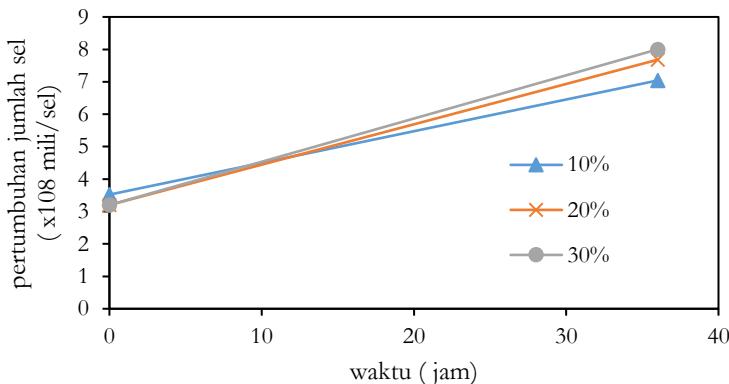
Selanjutnya dilakukan proses flokulasi, bioflokulan dimasukkan kedalam 100ml media produksi yang berisi 90ml (molase,air ) dan 10% v/v inokulum. Bioflokulan ditambahkan dengan berbagai varasi konsentrasi 10%, 20%, 30%, dan 40% kemudian diinkubasi dalam shaker selama 30 menit pada 150rpm, 30°C didiamkan selama 24 jam agar terbentuk endapan. Endapan dipisahkan dari media dan digunakan sebagai starter produksi etanol. Bioflokulan yang digunakan pada penelitian ini dibuat dari rantai polyacrylamide yang dicangkokan kedalam pati.

Proses terakhir yang dilakukan adalah produksi bioethanol. Endapan yang didapat dalam proses flokulasi, ditumbuhkan pada medium fermentasi yang mengandung (1/L): molase 24,5 ml dan aquadest 75,5 ml. Medium fermentasi yang telah ditambah dengan endapan flokulasi kemudian diinkubasi selama 36jam pada 100rpm dan 30°C. Kemudian sampel diambil secara berkala setiap 12 jam untuk dianalisis kadar etanol.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Pertumbuhan Jumlah Sel

Konsentrasi flokulasi yang ditambahkan ke dalam medium fermentasi berpengaruh terhadap pertumbuhan sel yang terjebak. Semakin tinggi konsentrasi bioflokulan yang ditambahkan dalam medium maka pertumbuhan sel yang terjebak dalam medium fermentasi semakin banyak [5].

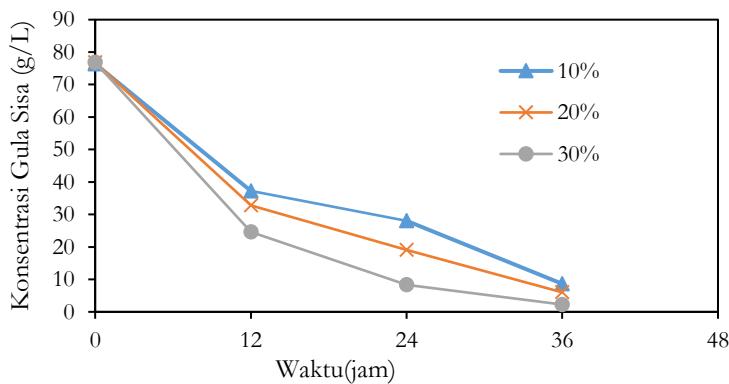


Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Bioflokulasi dan Waktu Fermentasi Terhadap Pertumbuhan sel

Dari hasil percobaan didapatkan pada konsentrasi 30% pertumbuhan sel yang didapatkan di jam ke 36 adalah  $8 \times 10^8$  sel/mili. Dalam grafik didapatkan semakin banyak konsentrasi bioflokulasi yang ditambahkan pertumbuhan sel pada filtrat semakin menurun, sehingga dapat diketahui bahwa semakin banyak konsentrasi bioflokulasi yang ditambahkan maka sel yang terjebak dalam flok semakin banyak. Hal ini dikarenakan bioflokulasi berperan sebagai immobilisasi sel yang akan menjerap sel-sel *S. Cerevisiae* dengan tujuan untuk membuat sel menjadi tidak bergerak atau berkurang ruang geraknya sehingga sel menjadi terhambat pertumbuhannya dan substrat yang diberikan hanya digunakan untuk menghasilkan produk.

### 3.2 Kadar Gula Tereduksi

Analisa gula sisa bertujuan untuk melihat efektivitas sel immobilisasi dalam mengkonversi gula menjadi alkohol. Gula yang dihasilkan menurun seiring dengan lamanya waktu fermentasi dan semakin tinggi



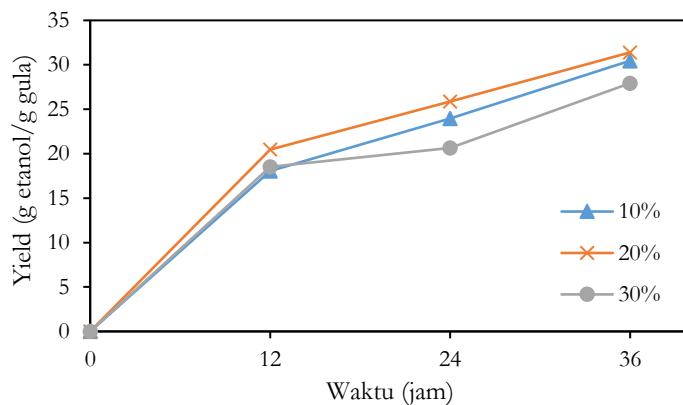
konsentrasi berat bioflokulasi yang ditambahkan maka jumlah gula yang terkonsumsi semakin banyak.

Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Bioflokulasi dan Waktu Fermentasi Terhadap Gula Sisa Fermentasi

Hasil percobaan diperoleh kadar gula yang semakin turun, pada variasi 10%, 20% dan 30% didapat kadar gula sisa 6,53 g/l, 6,01 g/l dan 4,31 g/l. Kadar gula semakin turun dikarenakan gula yang terdapat didalam medium fermentasi akan terkonversi menjadi alkohol dan juga sebagai sumber karbon (C) oleh *Saccharomyces cerevisiae* untuk pertumbuhan sel. Semakin tinggi konsentrasi bioflokulasi maka gula reduksi yang dihasilkan pada akhir fermentasi semakin sedikit yaitu terlihat pada konsentrasi bioflokulasi 30% (b/v), dengan gula reduksi yang tersisa sebesar 4,31 g/L. Konsentrasi bioflokulasi berpengaruh terhadap gula yang terkonsumsi. Semakin tinggi konsentrasi bioflokulasi maka semakin banyak sel dan semakin banyak enzim yang dihasilkan sehingga semakin banyak gula yang terkonversi menjadi alkohol. Konsentrasi gula yang semakin menurun seiring berjalannya waktu fermentasi disebabkan karena gula yang tersedia setiap waktunya terkonversi menjadi alkohol akibat dari aktivitas sel ragi dan juga digunakan untuk makanan sel ragi dalam mempertahankan hidupnya dan bereproduksi [2].

### 3.3 Yield

*Yield* adalah perbandingan banyaknya produk etanol yang dihasilkan terhadap glukosa yang terkonsumsi selama reaksi fermentasi. Semakin tinggi nilai *yield* maka semakin tinggi kadar alkohol yang terbentuk dalam proses fermentasi.



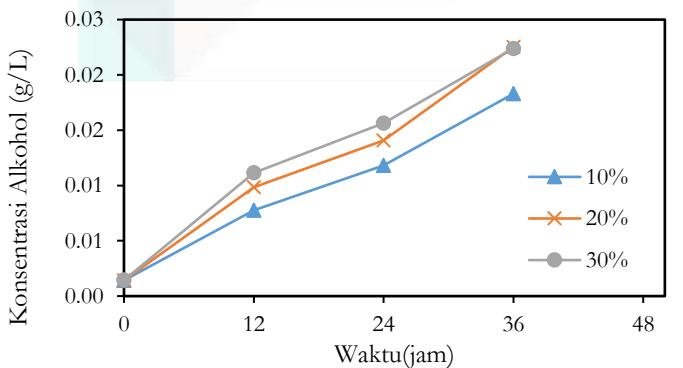
Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Bioflokulan Fermentasi terhadap Produktifitas Yield

dan Waktu

Pada Gambar 3 menunjukkan hubungan *yield* etanol (%) vs konsentrasi bioflokulan (%) terhadap waktu fermentasi. Dengan semakin lamanya waktu fermentasi dan adanya variasi konsentrasi bioflokulan, maka *yield* yang di dapat semakin meningkat. Dari data didapatkan *yield* yang paling tinggi pada konsentrasi bioflokulan 20% didapatkan *yield* 31,39% b/b, sedangkan pada 30% *yield* yang didapatkan penurunan sebesar 27,93 b/b.

### 3.4 Kadar Alkohol

Variasi konsentrasi Bioflokulan berpengaruh terhadap konsentrasi alkohol yang dihasilkan. Semakin banyak konsentrasi bioflokulan maka semakin tinggi konsentrasi alkohol yang dihasilkan.



Gambar 4. Pengaruh Bioflokulan Terhadap Alkohol.

Konsentrasi kadar

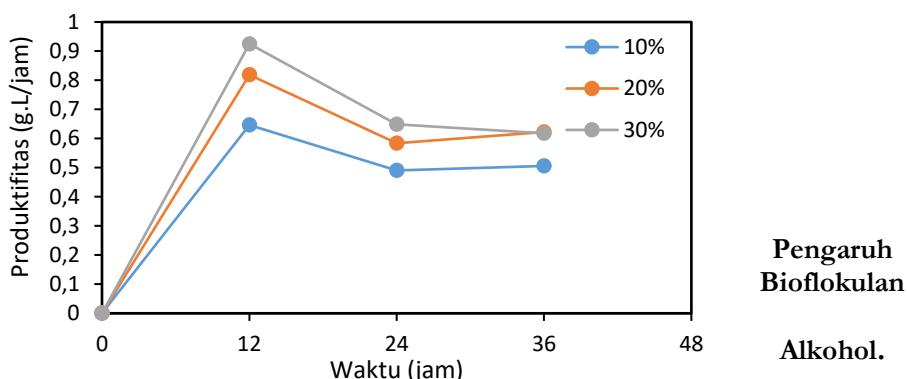
Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa konsentrasi alkohol yang dihasilkan semakin meningkat hingga mencapai kondisi maksimal. Pada variasi konsentrasi bioflokulan 30%(b/v) didapat konsentrasi alkohol paling tinggi yaitu 2.24 b/v. Pertumbuhan sel yang terjebak pada konsentrasi bioflouulan 30% masih banyak sehingga mampu menghasilkan konsentrasi alkohol yang tinggi di akhir fermentasi. Tingginya konsentrasi alkohol di akhir fermentasi pada konsentrasi bioflokulan 30% disebabkan akumulasi alkohol yang dihasilkan pada waktu sebelumnya dan tidak terjadinya reaksi lanjut alkohol menjadi asam asetat. Hal ini disebabkan semakin tingginya konsentrasi bioflokulan dalam fermentasi dapat meningkatkan yield produk fermentasi dan meningkatkan ketahanan sel mikroba dari pengaruh kondisi lingkungan seperti pH, suhu, pelarut organik, dan zat beracun, sehingga menyebabkan kadar alkohol yang dihasilkan tinggi [4].

### 3.5 Produktivitas Alkohol

Konsentrasi bioflokulan berpengaruh terhadap produktivitas alkohol yang dihasilkan. Semakin banyak konsentrasi bioflokulan maka semakin tinggi produktivitas alkohol.



**Gambar 3.5. Grafik Konsentrasi Terhadap Produktivitas**



Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.5 Pada konsentrasi 10%, 20%, dan 30% didapat produktifitas etanol tertinggi dicapai pada konsentrasi 30% pada 12 jam. Penurunan produktivitas terjadi karena sel *Saccharomyces cerevisiae* sudah mencapai kondisi maksimum untuk memproduksi bioetanol. Dari percobaan diatas didapatkan pada konsentrasi 30% di jam ke 12 diperoleh produktifitas nya sebesar 0,92 b/v.

## Kesimpulan

Dari percobaan yang telah dilakukan dengan pengadukan 100rpm pada suhu 30°C dan variasi konsentrasi biofloulan 10%, 20% dan 30% menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penambahan konsentrasi flokulon terhadap proses fermentasi, hal ini ditunjukkan dengan didapatnya kadar gula tereduksi 4,31 b/v, kadar etanol 2,24 b/v, penambahan jumlah sel  $8 \times 10^8$  sel/mili dan produktivitas 0,92 b/v lebih baik pada konsentrasi bioflokulon 30% sedangkan untuk persentase yield didapatkan data tertinggi pada konsentrasi flokulon 20% sebesar 31,39% b/b.

## Referensi

- [16] Azizah, Rezita. 2014. *Kajian Penggunaan Tween 80TM Dan Sel Amobil Pada Proses Fermentasi Alkohol Dari Nira Nipah Kental*. Skripsi. Universitas Riau.
- [17] Kurniawan,R., S.Juhanda., Melati Septiyanti., Yufithia Resgiaty. 2012. *Produksi Etanol Secara Continue dengan Sel Tertambat Menggunakan Bioreactor Tower Fluidized Bed*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuungan 2012. ISSN: 16934393.
- [18] Poernomo, A. 2014. *Prospek Panas Bumi Untuk Mendukung Ketahanan Energi*. Dewan Energi Nasional. Pekanbaru.
- [19] Talebrina, F., Taherzadeh, Mohammad J. 2006. In situ detoxification and continuous cultivation of dilute-acid hydrolysate to ethanol by encapsulated *Saccharomyces cerevisiae*. Journal of Biotechnology. 377-3
- [20] Tang,P.D.P. and Le, V.V.M. 2013. Fermentation Performance of Free and Immobilized Yeast On Crock (*Saccharomyces cerevisiae*) root- Application Of Immobilized Yeast To Repeated Batch Ethanol Fermentation. International Food Research Journal. 1813-1817
- [21] Tamunaïdu, Pramila, Takahito Kakihira, Hitoshi Miyasaka, and Shiro Saka. 2011. *Prospect of Nipa Sap for Bioethanol Production*. In ed. Takeshi Yao. Springer Japan, p. 159– 164.
- [22] Windhu Griyasti Suci, Margono, Mujtahid Kaavessina. 2016. “*A Preliminary Study on Performance of Saccharomyces cerevisiae n° DY 7221 Immobilized Using Grafted Bioflocculant in Bioethanol Production*”. AIP Conference Proceeding. Universitas Sebelas Maret Surakarta



Pemakalah :

Febian Devi Fitriana, Ratna Dewi Mustikawati

14.05-14. 20 WIB

Pertanyaan :

Apakah konsentrasinya berpengaruh ?  
(Anisa)

Jawaban :

Belum diketahui ada pengaruhnya atau tidak,  
mungkin di penelitian selanjutnya bisa diteliti.





# Bead Gel Berbasis Karagenan, Carboxymethyl Cellulose (CMC), dan Glukomanan sebagai Matrik Pelepasan Pupuk Urea Terkendali

Violita Permata Widayanti<sup>a</sup>, Yovanka Elisabeth<sup>b</sup>, dan Sperisa Distantina<sup>c\*</sup>

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A Jebres, Surakarta 57126

E-mail: <sup>a</sup>violitapermata@gmail.com, <sup>b</sup>yovanka@gmail.com, <sup>c\*</sup>sperisa\_distantina@staff.uns.ac.id  
(corresponding author)

**Abstrak.** Penggunaan pupuk dengan dosis tinggi dan kemampuan daya serap tanaman terhadap pupuk yang rendah menyebabkan sebagian besar pupuk terbuang ke lingkungan. Penelitian ini mensintesis matrik *bead* pengendali pelepasan pupuk urea atau *Controlled Released Fertilizer* (CRF). Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh jenis campuran polimer alam yaitu karagenan – CMC dan karagenan – glukomanan terhadap kemampuannya untuk menyimpan dan melepas urea, serta mempelajari model matematika pelepasan urea dari *bead gel* ke media air. Larutan homogen karagenan – CMC dan karagenan – glukomanan 2% diinjeksikan ke dalam larutan KCl 2M dan CaCl<sub>2</sub> 2M dengan media minyak kelapa sawit agar terbentuk *bead gel*. Struktur *bead gel* dimodifikasi dengan metode *crosslinking* menggunakan larutan glutaraldehid 4%. *Loading* urea ke dalam *bead gel* kering dilakukan dengan metode perendaman dan selanjutkan uji *release* dilakukan di dalam media air. Hasil percobaan menunjukkan kedua jenis campuran berpotensi sebagai CRF, CMC mampu menyimpan urea lebih banyak dibandingkan dengan glukomanan, dan model matematika yang disusun mampu menggambarkan peristiwa pelepasan urea dari *bead gel* ke dalam media air.

**Keywords:** *bead gel*, karagenan, *carboxymethyl cellulose*, glukomanan, glutaraldehid.

**Abstract.** The use of high doses of fertilizer and the ability of plants to absorb low fertilizer causes most of the fertilizer to be wasted into the environment. This study synthesizes bead matrix for controlling *release* fertilizer or called Controlled Released Fertilizer (CRF). The purpose of this study was to study the effect of a mixture of natural polymers namely carrageenan - CMC and carrageenan - glucomannan on their ability to load and *release* urea, as well as study the mathematical model of urea *release* from bead gel to water media. The 2% homogeneous of carrageenan - CMC and carrageenan - glucomannan was injected into KCl 2M and CaCl<sub>2</sub> 2M solutions with palm oil media to form a gel. The structure of bead gel was modified by crosslinking method using 4% glutaraldehyde. Urea loading into dry gel beads performed by immersion method and then the *release* test was carried out in water media. Result showed that both types of mixtures have the potential as CRF, CMC is able to load more urea compared to glucomannan, and the mathematical model is able to describe the *release* of urea from bead gel into water media.

**Keywords:** *bead gel*, carrageenan, *carboxymethyl cellulose*, glucomannan, glutaraldehyde.



#### 4. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam yang melimpah, sehingga bidang pertanian menjadi salah satu penyokong utama dalam meningkatkan perekonomian nasional. Untuk meningkatkan produktivitas diperlukan pupuk sebagai upaya peningkatan produktivitas tanaman. Penambahan pupuk diperlukan untuk menyediakan unsur-unsur yang diperlukan dalam pertumbuhan tanaman, seperti unsur hara [1]. Namun unsur-unsur hara yang dilepaskan oleh pupuk tidak semua dapat diserap oleh tanaman. Penyerapan pada tanaman yang rendah ini menyebabkan sebagian besar urea yang terbuang ke lingkungan dan terjadi pencemaran pada tanah dan lingkungan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan sistem pengendali pelepasan pupuk. Pelepasan pupuk terkendali atau *Controlled release fertilizer* (CRF) dapat menjadi solusi dalam meningkatkan efisiensi dalam penggunaan pupuk. CRF atau pelepasan pupuk secara terkendali, digunakan untuk mengatasi penggunaan pupuk yang kurang efisien [2]. CRF memiliki kemampuan dalam mengurangi toksitas tanah, meminimalkan dampak negatif yang terkait dengan overdosis karena pengurangan frekuensi pemupukan. Selain itu, CRF memiliki kemampuan untuk menunda pelepasan nutrisi sesuai dengan kebutuhan tanaman dan menyediakan nutrisi tambahan yang dapat digunakan semasa tanaman itu hidup [3].

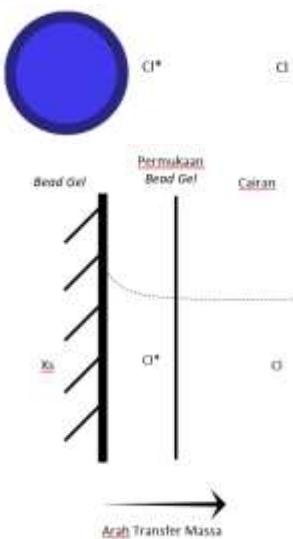
Saat ini banyak peneliti yang sedang mengembangkan CRF berbasis polimer alam [4]. Polimer alam yang digunakan sebagai bahan CRF memiliki kemampuan untuk menyerap air disebut polimer hidrogel. Hidrogel merupakan bahan polimer hidrofilik yang memiliki kemampuan mengembang dalam air dan membentuk keadaan kesetimbangan (*swelling*) serta memiliki permeabilitas tinggi sehingga sering digunakan sebagai material pelepasan pupuk [5][6].

Pada penelitian ini digunakan kombinasi karagenan-Carboxymethylcellulose (CMC) dan karagenan-glukomanan. Kombinasi bahan-bahan ini akan membentuk struktur hidrogel yang memiliki kemampuan mengembang (*swelling*) dalam air, tetapi tidak larut dalam air, serta mempunyai kemampuan mempertahankan bentuk asalnya [7]. Karena hidrogel yang terbentuk memiliki sifat fisik yang rapuh dan tidak stabil, untuk itu ikatan karagenan-CMC dan karagenan-Glukomanan perlu dimodifikasi terlebih dahulu dengan metode *crosslinking* [8]. *Crosslinking* atau modifikasi ikatan silang berfungsi untuk mengurangi selektivitas hidrogel akibat *swelling* yang berlebihan, karena *crosslinking* dapat menunjukkan derajat *swelling* yang rendah [9]. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari model matematika pelepasan urea dari *bead gel* ke media air serta mempelajari pengaruh jenis campuran polimer alam yaitu karagenan – CMC dan karagenan – glukomanan terhadap kemampuannya untuk menyimpan dan melepas urea.

#### 5. Dasar Teori

Pada penelitian ini, uji *release* dilakukan dengan memasukkan larutan urea ke dalam *bead gel*, selanjutnya *bead gel* direndam dalam air sebagai media *release*. Kemudian disusun model matematika peristiwa pelepasan urea dari CRF ke media air secara *batch*. Peristiwa ini merupakan rangkaian peristiwa perpindahan massa yaitu difusi urea dari dalam *bead gel* ke permukaan *bead gel*, dan perpindahan massa antar fase dari permukaan padatan ke cairan. Model matematis peristiwa pelepasan urea pada penelitian ini mengambil beberapa asumsi sebagai berikut :

1. *Bead gel* memiliki ukuran yang kecil (diameter kurang dari 0,4 cm) sehingga difusi urea dalam padatan sangat cepat dibandingkan transfer massa antar fase.
2. Volume larutan konstan.
3. Ukuran dan berat padatan konstan.



Gambar 1. Proses Transfer Massa Urea dari *bead gel* ke air

Persamaan kecepatan transfer massa urea dari permukaan *bead gel* ke cairan yaitu mengikuti persamaan (1).

$$N_A = k_{Ca} (Cl^* - Cl) \quad (1)$$

Hubungan keseimbangan antara konsentrasi urea di cairan dengan konsentrasi urea di permukaan padatan dapat dianggap mengikuti Hukum Henry (2).

$$Cl^* = H X_s^* \quad (2)$$

Kadar urea dalam *bead gel* ditentukan menggunakan neraca massa urea dalam wadah setiap waktunya dan diperoleh persamaan (3).

$$X_s = \frac{X_o m_1 - Cl V}{m_1} \quad (3)$$

Berdasarkan neraca massa urea dalam larutan di dalam wadah setiap waktunya diperoleh persamaan (4).

$$Cl = \frac{b}{a} - \frac{b}{a} \exp(-a \cdot t) \quad (4)$$

Ralat relatif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5).

$$\text{Ralat Relatif} = \left| \frac{Cl \text{ data} - Cl \text{ hitung}}{Cl \text{ data}} \right| \times 100\% \quad (5)$$

dengan,

a =  $k_{Ca} \cdot H \cdot (V/m_1) + k_{Ca}$

b =  $k_{Ca} \cdot H \cdot X_o$

$N_A$  = Kecepatan transfer massa (gr urea/mL.menit)

$k_{Ca}$  = Koefisien transfer massa volumetris (1/menit)

Cl = Konsentrasi urea di cairan (gr urea/mL)

$Cl^*$  = Konsentrasi urea di cairan yang berkesetimbangan dengan konsentrasi urea di permukaan padatan (gr urea/mL)

H = Konstanta Henry (gr padatan/mL larutan)

Xs = Kadar urea dalam padatan setelah direndam dalam air selama t tertentu (gr urea/gr padatan)

$X_s^*$  = Kadar urea dalam padatan saat kondisi setimbang (gr urea/gr padatan)

Xo = Kadar urea mula-mula dalam padatan (gr urea/gr padatan)

## 6. Metode Penelitian

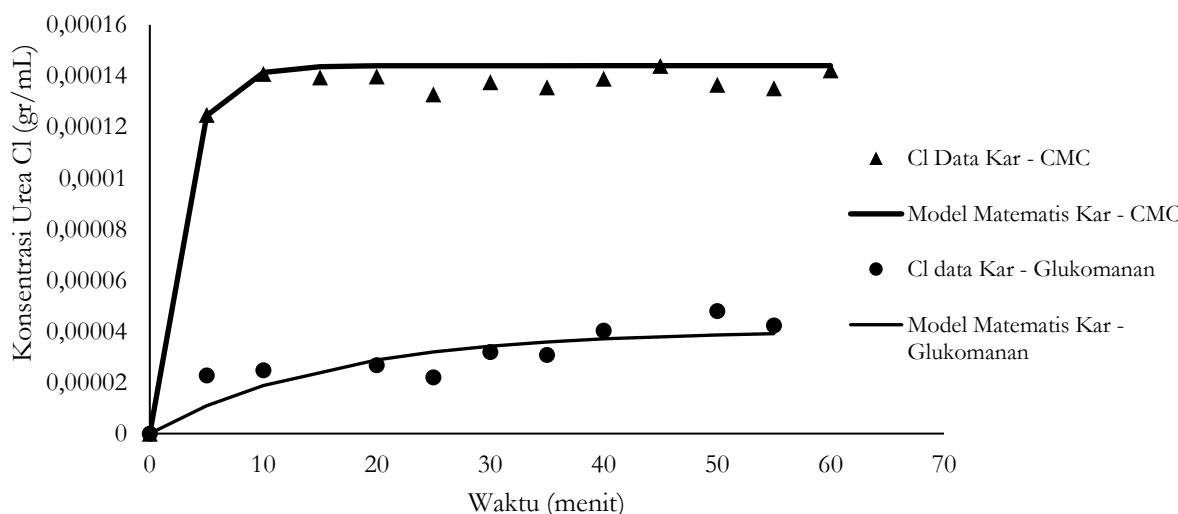
Bahan yang digunakan dalam pembuatan *bead gel* adalah CMC, karagenan, glukomanan, KCl,  $CaCl_2$ , glutaraldehid, urea, etanol, aquadest dan air dengan media minyak kelapa sawit. Proses pembuatan CRF dilakukan melalui tahap-tahap sebagai berikut.

- a. Tahap Pembuatan *bead gel* CMC-Karagenan

*Bead Gel* dibuat dengan mencampurkan karagenan – CMC dan karagenan – glukomanan dengan berat total *bead gel* 2 gram. Rasio yang digunakan yaitu 1:1. 100 mL *aquadest* bersuhu 85°C dimasukkan campuran karagenan – CMC dan karagenan – glukomanan dan diaduk menggunakan magnetic stirrer hingga larutan homogen. Larutan diinjeksikan ke dalam campuran larutan CaCl<sub>2</sub> 0,2M dan larutan KCl 0,2M yang ditambahkan minyak kelapa sawit setinggi 1 cm dalam penangas es. *Bead gel* terbentuk didiamkan selama 15 menit. Kemudian dicuci dengan *aquadest* 250 mL dan direndam dalam larutan etanol teknis (70%) 100 mL selama 4 jam. Selanjutnya ditiriskan dan dikeringkan pada suhu kamar sampai didapat berat konstan.

- b. Tahap *Crosslinking bead gel* CMC – Karagenan dan Glukomanan – Karagenan  
Bead gel CMC – karagenan dan karagenan – CMC dilakukan *crosslinking* dengan konsentrasi glutaraldehid (GA) 4%. *Bead gel* direndam ke dalam larutan GA 4% selama 2 menit (tepat), setelah itu ditiriskan dan dimasukkan ke dalam oven bersuhu 110°C selama 25 menit. Setelah 25 menit, semua *bead gel* dicuci dalam 50 mL *aquades* selama 1 menit. Selanjutnya ditiriskan dan direndam selama 4 jam dalam larutan etanol teknis. *Bead gel* ditiriskan dan dikeringkan pada suhu kamar sampai berat konstan.
- c. Tahap *Loading Urea* ke dalam *bead gel*  
Tahap ini bertujuan untuk menentukan kadar urea dalam *bead gel* mula-mula. *Bead gel* ditimbang dan dicatat berat mula – mula lalu direndam dalam larutan urea 9,48 gram. *Bead gel* diambil dan ditimbang beratnya (berat basah) setelah 30 menit.
- d. Tahap Uji *Release Urea* dalam *bead gel*  
Bead gel direndam di dalam 100 mL *aquades*. Sampel diambil sebanyak 4 mL dan ditambahkan reagen erlich sebanyak 1 mL. Selanjutnya campuran sampel dengan reagen erlich dicek absorbansinya menggunakan spektrofotometri UV-VIS dengan panjang gelombang 420 nm. Grafik hubungan Cl data dan waktu dibuat pada berbagai variasi rasio berat *bead gel*. Reagen erlich digunakan untuk menentukan kadar urea. Pembuatan reagen erlich diawali dengan melarutkan 5 gr *P-Dimethylaminobenzaldehyde* dalam 20 mL asam klorida pekat yang selanjutnya diencerkan sampai 100 mL.
- e. Tahap Penentuan Kurva Kalibrasi Hubungan Konstanta Urea dalam Air sebagai Fungsi Absorbansi Urea 1 gram dilarutkan ke dalam 100 mL air. Konsentrasi larutan urea sebesar 0,01 gram/mL air. Larutan tersebut dicek nilai absorbansinya. Larutan Urea 0,01 gram/mL air diencerkan hingga menghasilkan nilai absorbansi sesuai absorbansi yang diperoleh saat uji *release* urea. Larutan Blangko yang digunakan yaitu *aquadest*. Data yang diperoleh dibuat kurva kalibrasi Absorbansi vs Konsentrasi urea dalam air.

## 7. Hasil dan Pembahasan



Gambar 2. Grafik Hubungan Cl data dan Model Matematis pada *bead gel* untuk campuran karagenan-karboksimecelulosa (Kar-CMC) dan campuran karagenan-glukomanan (Kar-Glukomanan)

Tabel 1. Parameter X<sub>0</sub>, Cl\*, X<sub>s\*</sub>, H, K<sub>ca</sub>, dan Ralat Relatif pada *bead gel*

Parameter	Karagenan – CMC	Karagenan - Glukomanan
X <sub>0</sub> (gr urea/ gr padatan)	0,964283	0,437446
Cl* (gr/mL)	0,000144	0,000040
X <sub>s*</sub> (gr urea/ gr padatan)	0,527919	0,379732
H (gr padatan/ mL)	0,000273	0,000106
K <sub>ca</sub> (1/menit)	0,218610	0,052796
Ralat relatif (%)	1,546837	5,939216

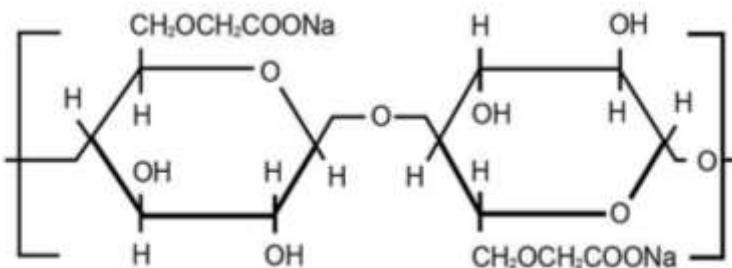
Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa hasil percobaan membuktikan bahwa model matematis yang disusun dapat digunakan untuk menggambarkan peristiwa pelepasan urea dari *bead gel* ke air sebagai media *release*. Hal ini dibuktikan dari ralat relatif yang didapat untuk *bead gel* berbasis karagenan – CMC sebesar 1,546837% dan untuk *bead gel* berbasis karagenan – glukomanan sebesar 5,94%.

X<sub>0</sub> merupakan parameter yang menunjukkan jumlah urea yang dapat tersimpan pada *bead gel*, dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa *bead gel* berbasis karagenan – CMC memiliki nilai X<sub>0</sub> yang lebih besar yaitu 0,964283 gr urea/ gr padatan dibandingkan dengan *bead gel* dengan jenis campuran karagenan – glukomanan yaitu 0,437446 gr urea/ gr padatan. Hal ini menunjukkan bahwa *bead gel* berbasis karagenan – CMC lebih dapat menyerap urea dikarenakan struktur molekul bahan baku pembuatan *bead gel* akan mempengaruhi sifat *bead gel* yang terbentuk. Struktur CMC memiliki gugus hidrofilik sehingga dapat menyerap air dan mengalami pembengkakan. Air yang sebelumnya ada di luar granula dan bebas bergerak, tidak dapat bergerak lagi dengan bebas sehingga keadaan larutan lebih mantap dan terjadi peningkatan viskositas [10]. Sementara itu, campuran glukomanan dengan karagenan sebagai pembuatan *bead gel* dengan perbandingan 1 : 1 menghasilkan struktur *bead gel* yang kompak dan padat. Pencampuran glukomanan dan karagenan mengakibatkan efek sinergis karena molekul glukomanan terabsorpsi ke permukaan *junction zone* atau zona penghubung dari molekul karagenan sehingga dapat menghasilkan gel dengan kekuatan gel yang tinggi dan tekstur gel yang padat dan kompak. Jika dibandingkan dengan *bead gel* dengan pencampuran karagenan – CMC, *bead gel* dengan pencampuran karagenan – glukomanan memiliki ketahanan yang lebih tinggi di dalam air [11].

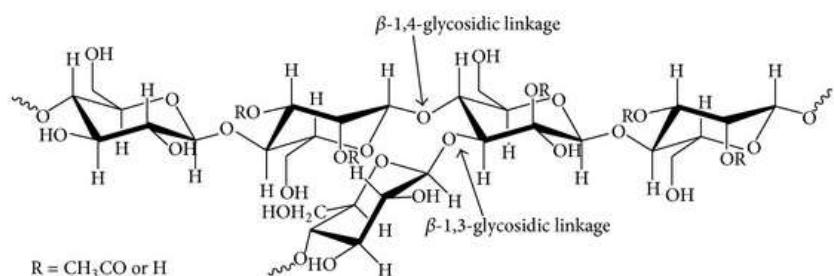
Berdasarkan Tabel 1 diperoleh nilai Cl\* sebesar 0,000144 gr/mL untuk *bead gel* berbasis karagenan – CMC dan 0,000040 gr/mL untuk *bead gel* berbasis karagenan – glukomanan. Cl\* merupakan parameter yang menunjukkan konsentrasi urea di cairan yang berkeseimbangan dengan konsentrasi urea di permukaan padatan. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa konsentrasi urea tidak fungsi waktu lagi, pada waktu *release* di menit ke-45 untuk bead berbasis karagenan – CMC dan menit ke-45 untuk *bead gel* berbasis karagenan – glukomanan.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa *bead gel* berbasis karagenan – CMC memiliki nilai H sebesar 0,000273 gr padatan/ mL sedangkan *bead gel* berbasis karagenan – glukomanan memiliki nilai H sebesar 0,000106 gr padatan/ mL. Nilai H (konstanta keseimbangan) menunjukkan perbandingan konsentrasi urea pada air sebagai media *release* dengan urea yang masih terdapat dalam *bead gel* saat kondisi seimbang. Parameter ini ditentukan ketika sistem sudah mencapai kondisi seimbang, hal ini ditandai dengan kecepatan pelepasan urea dari *bead gel* ke air menjadi sangat lambat, sehingga dapat dianggap konstan.

Parameter lainnya adalah nilai K<sub>ca</sub>, K<sub>ca</sub> adalah koefisien transfer massa volumetris. Parameter ini dapat menunjukkan kecepatan pelepasan urea dari permukaan *bead gel* ke dalam air karena kecepatan pelepasan urea berbanding lurus dengan nilai K<sub>ca</sub>. Untuk *bead gel* berbasis karagenan – CMC memiliki nilai K<sub>ca</sub> sebesar 0,218610/menit sedangkan *bead gel* berbasis karagenan – glukomanan memiliki nilai 0,052796/menit. Dari nilai K<sub>ca</sub> tersebut dapat disimpulkan bahwa pelepasan urea dari permukaan *bead gel* berbasis karagenan – CMC ke air lebih cepat dibandingkan dengan *bead gel* berbasis karagenan – glukomanan.



Gambar 3. Struktur Kimia CMC



Gambar 4.  
Struktur Kimia Glukomanan [12]

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa model matematis yang disusun dapat digunakan untuk menggambarkan peristiwa pelepasan urea dari *bead gel* ke air sebagai media *release*. Perbedaan jenis campuran polimer akan menyebabkan perbedaan parameter dalam peristiwa pelepasan urea dari *bead gel* ke air. *Bead gel* berbasis karagenan – CMC dapat menyimpan urea lebih banyak dibandingkan dengan *bead gel* berbasis karagenan – glukomanan. Selain itu kecepatan pelepasan urea dari *bead gel* berbasis karagenan – CMC pada media *release* lebih cepat dibandingkan dengan *bead gel* berbasis karagenan – glukomanan.

## Ucapan terimakasih

Tim peneliti menyampaikan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Skim Fundamental PNBP UNS 2017-2018 no kontrak 543/UN27.21/PP/2018.

## Referensi

- [1] Hadisuwito, S. 2007. Membuat Pupuk Kompos Cair. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- [2] Piluharto, B., Andraini, N., Mandala, M. 2005. Biopolimer Hybrid Sebagai Matriks dalam Sistem Controlled-Release Fertilizer.
- [3] Azeem, B., KuShaari, K., Man, Z., Basit, A., Thanh T. 2014. Review on Materials & Methods to Produce Controlled Release Urea Fertilizer. Journal of Controlled Release 181 (2014) 11–21.
- [4] Rashidzadeh, A., Olad, A., Salari, D., Reyhanitabar, A. 2014. On The Preparation and Swelling Properties of hydrogel nanocomposite Based on Sodium alginate-g-Poly (Acrylic Acid-co-Acrylamide). Journal of Polymer Research (2014).
- [5] Hekmat, A., Barati, A., Vasheghani, E., Afraz, A. 2009. Synthesis and Analysis of Swelling and Controlled Release Behaviour of Anionic sIPN Acrylamide based Hydrogels. World Academy of Science, Engineering and Technology 56 2009.
- [6] Shavit, U., Reiss, M., Shaviv, A. 2003. Wetting Mechanisms of Gel-Based Controlled-Release Fertilizers. Journal of Controlled Release Volume 88, Issue 1, 14 February 2003, Pages 71-83.



- [7] Rosiak, J., Ulanski, P. 1998. Synthesis of Hydrogels by Irradiation of Polymers in Aqueous Solution. *Radiation Physics and Chemistry* 55 (1999) 139-151.
- [8] Erizal, Perkasa, D., G. Sulistioso, Sudirman, Juniarti, Z., Hariyanti. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Biodegradabel Hidrogel Superabsorben Poli (Kalium Akrilat)-g-Glukomanan dengan Teknik Iradiasi Gamma. *Jurnal Sains Materi Indonesia* Vol. 19, No. 1, Oktober 2017, hal. 32-38.
- [9] Alauhdin, M., Widiarti, N. 2014. Sintesis dan Modifikasi Lapis Tipis Kitosan-Tripolifosfat. *Jurnal MIPA* 37 (1): 46-52 (2014).
- [10] Fennema, O. R., Karen, M., Lund, D. B. 1996. *Principle of Food Science*. The AVI Publishing, Connecticut.
- [11] O., Adrianus, Suryani, A., Santoso, J., Rusli, M. S. 2014. Karakteristik dan Struktur Mikro Gel Campuran Semirefined Carrageenan dan Glukomanan. *Jurnal Kimia dan Kemasan* Vol. 37 No. 1 April 2015.
- [12] Lee, H., Hamid, S., Zain S. 2014. Conversion of Lignocellulosic Biomass to Nanocellulose: Structure and Chemical Process. *Scientific World Journal* Volume 2014, Article ID 631013, 20 pages.





Pemakalah :

Yovanka Elisabeth, Violita Permata W.

11.24-11.39 WIB

Pertanyaan :

- Penelitian dilakukan berapa lama?
- Pengulangan data berapa kali?

(Hesa)

Jawaban :

- Penelitian dilakukan 4-5 bulan.
- 3 kali pengulangan data hingga didapat data yang terbaik.





# STUDI PEMBUATAN SPONSS DARI TEPUNG PORANG KUNING (*Amorphophallus muelleri* Blume)

Shidiq Trianto<sup>1,a</sup>, Tri Nova Prakoso<sup>1</sup>, dan Fadilah<sup>1,b,\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta  
E-mail: <sup>a</sup>triantoshidiq@gmail.com, fadilah@staff.uns.ac.id (\*Corresponding author)

**Abstrak.** Sponss atau busa padat adalah zat yang mana gelembung udara atau gas terdispersi di dalam padatan. Sponss pada umumnya dibuat dengan cara menggelembungkan gas ke dalam suatu polimer. Polimer alam seperti polisakarida dapat digunakan dalam pembuatan sponss. Glukomanan merupakan suatu polisakarida yang terkandung dalam jumlah relatif banyak di dalam umbi porang. Spons umbi porang dibuat dengan bantuan *sodium laureth sulfate* (SLS) sebagai agen pembusa. Sponss dibuat dengan membusakan secara manual larutan glukomanan dalam air, menambahkan larutan NaOH, lalu mendiamkannya sampai terbentuk gel basah yang kokoh. Air dalam gel basah ini selanjutnya dipisahkan dengan material busa dengan cara merendamnya dalam larutan etanol. Pemisahan air lebih lanjut dilakukan dengan dua kali proses pembekuan dan *thawing*. Sponss kering diperoleh setelah dikeringkan dengan sinar matahari. Sponss dianalisis daya serap (*swelling*), daya ekspansi sponss basah, dan besar diameter rongga. Pengaruh konsentrasi tepung porang terhadap ketiga parameter dipelajari, yang mana di dalam studi ini digunakan konsentrasi tepung sebesar 0,02, 0,025 dan 0,03 g/mL. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi tepung maka diameter rongga yang dihasilkan serta daya serap sponss semakin kecil. Daya ekspansi sponss terbesar diperoleh pada konsentrasi 0,02 g/mL. Sponss porang mempunyai tekstur keras sebelum *swelling* dan lembut serta kenyal setelah swelling. Sponss ini lebih lembut dibandingkan scrub, sehingga sangat aman dipakai dan tidak akan menimbulkan iritasi jika dipakai pada pemilik kulit sensitif ataupun yang sangat kering.

**Kata kunci:** glukomanan, sponss, sodium laureth sulfate, daya *swelling*, diameter rongga.

**Abstract.** In sponge, a solid foam, gas bubbles were dispersed in the matrix of solid state. The foam is basically produced by bubbling gas in a polymer solution. Natural polymer such as polysaccharides can be used as solid matrix in making a foam. Polysaccharide called glucomannan is contained in porang's tuber. Sponges from porang's tuber can be made with *sodium laureth sulfate* (SLS) as foaming agent. Sponges were made by dissolving glucomannan in water and then adding the solution of NaOH and SLS followed by stirring it. The wet strength gel of glucomannan foam were obtained after letting them for one night. The water were separated by soaking the wet gel in alcohol solution followed by freezing and thawing. The later were done twice. Dried foam were obtained after sun drying. Dried sponges were analysed for its swelling ratio, degree of expansion, and pore appearance. In this research the influence of concentration of porang flour in the three parameters were studied. The concentration were 0.02, 0.025 dan 0.03 g/mL. Results showed that swelling ratio and pore diameter decreased as the concentration of porang flour increased. While highest degree of expansion was found at concentration of 0.02 g/mL. The texture of sponges was hard when it dry but its soft and chewy when its wet. The wet sponss was soft to be used for cleansing the skin.

**Keywords:** glucomannan, sponges, sodium laureth sulfate, swelling ratio, pore diameter.



## 1. Pendahuluan

Sponss atau busa adalah suatu sistem koloid di mana gelembung udara atau gas terdispersi dalam zat padat atau cair. Sponss banyak digunakan sebagai bahan peralatan rumah tangga seperti alat cuci piring, peralatan make up, sebagai bahan pengisi busa kasur dan masih banyak lagi. Busa atau sponss umumnya adalah *polyurethane*, yang dibuat dari campuran antara polyol, toluen diisosianat,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , melamin dan pewarna.

Sebagai peralatan make up, sponss digunakan sebagai alat untuk membersihkan wajah. Untuk keperluan ini, sponss yang ramah untuk kulit wajah sangat diperlukan. Sponss yang terbuat dari bahan yang ramah lingkungan lebih bersahabat dengan kulit. Senyawa alami yang dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat sponss salah satunya adalah glukomanan.

Glukomanan merupakan polisakarida yang tersusun dari mannosa dan glukosa (Sumarwoto, 2005). Sumber glukomanan komersial adalah umbi konjak (*Amorphallus konjac*) yang tumbuh di Cina dan Jepang. Di Indonesia sebenarnya juga banyak dihasilkan glukomanan dari umbi porang kuning (*Amorphallus muelleri* Blume), namun pemasarannya tidak sebesar glukomanan dari umbi konjak yang berasal dari Jepang.

Daerah penghasil umbi porang kuning salah satunya berada di Madiun Jawa Timur dan saat ini umbi porang kuning banyak dieksport ke luar negeri berupa keripik atau *chips*. Peningkatan nilai ekonomis porang dapat dilakukan dengan menggunakannya sebagai bahan dasar sponss alami.

Glukomanan merupakan polisakarida yang terdiri atas satuan-satuan D-glukosa dan D-mannosa dengan komposisi 67 % D-mannosa dan 33% D-glukosa. Menurut Koswara (2013), jika irisan umbi porang diamati di bawah mikroskop akan terlihat sebagian besar umbi tersusun oleh sel-sel glukomanan. Sel-sel glukomanan berukuran 0,5 – 2 mm lebih besar 10 – 20 kali dari sel pati.

Menurut Prasetya dkk., (2015) dalam tepung porang kuning mengandung 64,98% glukomanan; 6,8% air; 10,24% pati; dan 17,33% merupakan protein, serat lemak, abu dan logam berat (Cu). Kandungan glukomanan yang cukup tinggi pada umbi porang kuning dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan sponss alami.

Gel glukomanan merupakan gel yang terbentuk akibat pencampuran tepung glukomanan dan larutan alkali disertai dengan pemanasan. Larutan glukomanan dapat menghasilkan gel yang tidak larut dalam air, termal ireversibel gel dalam kondisi basa (Kimura, 1994). Pembentukan gel glukomanan dapat dilakukan melalui proses deasetilisasi dengan penambahan larutan natrium hidroksida.

*Sodium laureth sulfate* (SLS) diperlukan dalam proses pembuatan sponss untuk membentuk ronggarongga di dalam sponss glukomanan. Busa dapat dihasilkan dengan cara mengaduk material yang menyebabkan polisakarida menjadi busa. Busa mekanis dihasilkan dengan memasukkan gas ke dalam larutan. Efek pencampuran menghasilkan dispersi gelembung gas yang sangat halus dalam larutan. Pada tahap awal pembusaan mekanik, ketika gas terperangkap dalam larutan, gelembung-gelembung gas mungkin berbentuk bulat. Jika volume gas yang terperangkap dalam larutan meningkat, gelembung-gelembung gas dapat mengalami transisi dari bentuk sferis ke bentuk polihedral. Ukuran pori busa biasanya pada kisaran 50–500 $\mu$  (Eagles, 1998) Karena potensi tepung porang yang cukup besar dan pengetahuan tentang pengolahan tepung porang di Indonesia yang masih rendah, sehingga perlu diadakan penelitian tentang pengolahan tepung porang menjadi inovasi produk yang mempunyai nilai lebih..

## 2. Metode

### Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas beker, pengaduk kaca, timbangan digital, termometer, gelas ukur, *impeller*, oven kering, refrigerator, pengaduk *overhead*, statif, klem, cawan porselin, sendok dan sikat kawat baja yang biasa digunakan di laboratorium operasi teknik kimia.

### Bahan

Tepung porang diperoleh dari *reseller* di Bekasi, Jawa Barat. Akuades diperoleh dari Sub Laboratorium Kimia, Universitas Sebelas Maret. Etanol 96%, *Sodium Laureth Sulfate* (SLS) dan *Sodium Hidroxide* (NaOH) diperoleh dari Toko Cipta Kimia, Jl. Yos Sudarso No.244, Gajahan, Ps. Kliwon, Kota Surakarta, Jawa Tengah.

### Prosedur



Pembuatan spons dilakukan dengan cara melarutkan 2,5 g tepung porang kuning dengan 100 mL akuades dan disertai pengadukan selama 1 jam. Selanjutnya menambahkan 0,25 g *sodium laureth sulfate* (SLS) dan 10 mL larutan NaOH 0,1 M ke dalam larutan glukomanan dan dilakukan pengadukan dengan tujuan pembusaan. Busa yang terbentuk didiamkan selama 12 jam. Setelah itu busa direndam selama 24 jam dengan etanol 96%. Busa dikeluarkan dari gelas beker sehingga didapatkan spons basah. Lalu spons basah dipanaskan dengan oven pada temperatur 100°C selama 90 menit. Spons basah yang telah melalui proses pemanasan dilubangi permukaan luarnya. Pemisahan air dilakukan dengan dua kali proses pembekuan pada refrigerator selama 12 jam dan *thawing* selama 6 jam. Spons kering diperoleh setelah dikeringkan dengan sinar matahari. Pekerjaan diulangi pada pelarutan 2 g dan 3 g tepung porang serta penambahan SLS 0,2 dan 0,3 g.

Analisis spons.

(i). Daya serap (*swelling*).

Daya serap (*swelling*) diukur dengan cara mencelupkan spons ke dalam air mendidih lalu diangkat serta dibiarkan sampai tidak adanya lagi air yang menetes dari spons. Spons basah ditimbang untuk mengetahui berat basahnya

$$SR = \frac{W_s - W_d}{W_s} \times 100 \%$$

dimana : SR = *Swelling Ratio* (daya *swelling*) (%)

W<sub>s</sub> = berat akhir (gram)

W<sub>d</sub> = berat awal (gram)

(ii). Daya ekspansi..

Daya swelling diukur dengan cara mencelupkan spons ke dalam air mendidih lalu diangkat serta dibiarkan sampai tidak adanya lagi air yang menetes dari spons. Spons basah diukur panjang liniernya dan dibandingkan dengan panjang saat kering.

$$\text{Daya ekspansi} = \frac{\Delta p}{p_1} \times 100\%$$

dimana : Δp = pertambahan panjang (mm)

p<sub>1</sub> = panjang awal (mm)

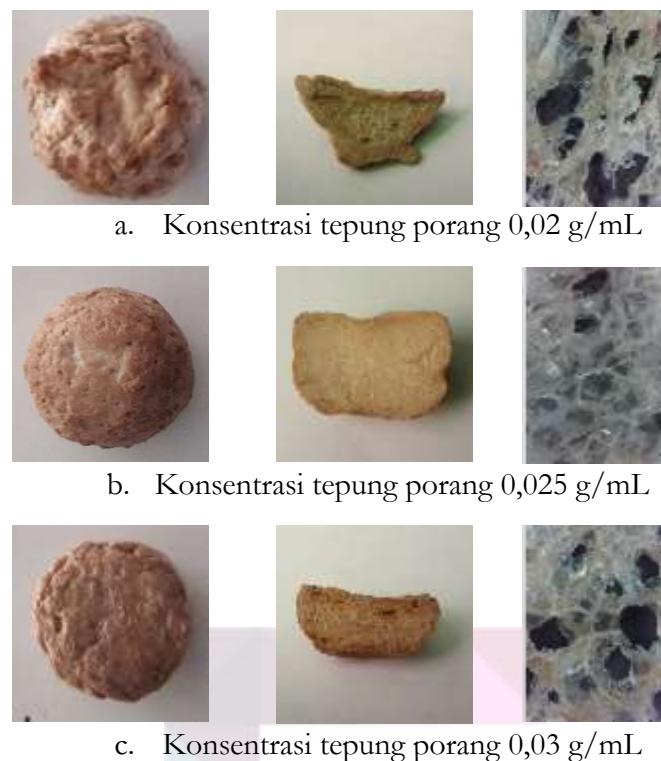
(iii). Penampakan rongga spons.

Spons dibelah sehingga terlihat rongga-rongganya. Pengamatan secara visual terhadap rongga-rongga spons dilakukan dengan difoto baik menggunakan foto digital maupun dengan perbesaran menggunakan mikroskop kamera Dinolite.

### 3. Hasil dan Pembahasan.

Spons glukomanan memiliki tekstur yang keras. Spons diamati penampakan bagian luar, penampakan bagian dalam dan penampakan rongga spons menggunakan mikroskop kamera Dinolite dengan perbesaran 230 kali. Hasil pengamatan terhadap spons dapat dilihat pada Gambar 1.

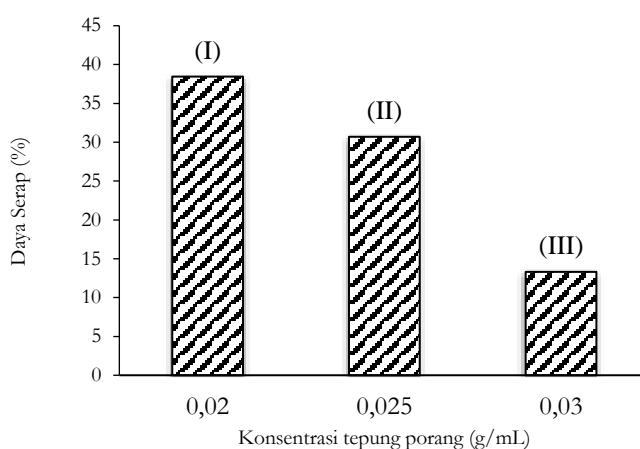
Terlihat dari Gambar 1 pengaruh konsentrasi glukomanan terhadap rongga spons yang dihasilkan yaitu pada konsentrasi glukomanan yang lebih tinggi maka ukuran pori spons lebih kecil. Matriks spons pada konsentrasi tepung porang yang tinggi (0,025 g/mL dan 0,03 g/mL) terlihat lebih kontinyu dibanding konsentrasi yang rendah (0,02 g/mL). Pori spons yang lebih seragam diperoleh pada konsentrasi glukomanan 0,025 g/mL.



Gambar 1. Sponss glukomanan pada berbagai konsentrasi tepung.

### 3.1 Daya serap spons.

Pengaruh konsentrasi tepung porang terhadap daya serap spons dapat dilihat pada Gambar 2.



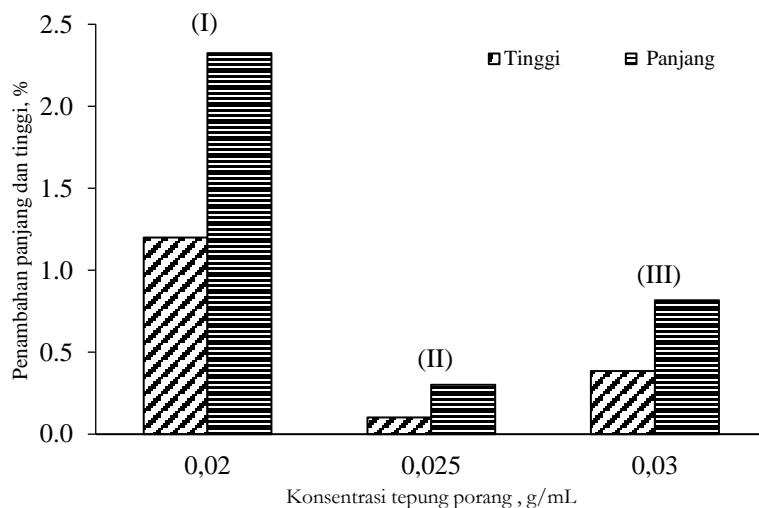
Gambar 2. Daya serap (swelling) pada berbagai konsentrasi tepung porang.

Gambar 2 diperoleh dari percobaan dengan perbandingan tepung porang : SLS = 1 : 0,1 dengan penambahan 10 mL NaOH 0,1 M. Semakin tinggi konsentrasi tepung porang maka semakin kecil persentase daya serap spons. Daya serap spons sebesar 38,45%, 30,7% dan 13,30% masing-masing untuk spons dengan konsentrasi tepung porang sebesar 0,02 g/mL, 0,025 g/mL dan 0,03 g/mL. Pada konsentrasi tepung porang 0,03 g/mL spons yang dihasilkan lebih padat, sehingga daya serap airnya lebih sedikit.

### 3.2 Daya ekspansi spons.



Daya ekspansi spons berupa penambahan persentase tinggi dan panjang sponss basah pada berbagai konsentrasi tepung porang dapat dilihat pada Gambar 3. Dari data hasil analisis ekspansi pada perbandingan tepung porang : SLS = 1 : 0,1 dengan penambahan 10 mL NaOH 0,1 M dapat diketahui pada konsentrasi 0,02 g/mL mempunyai persentase pertambahan tinggi dan panjang yang paling besar yaitu 12% dan 23,23%. Persentase pertambahan tinggi dan panjang yang paling rendah yaitu pada 0,025 g/mL dengan presentase pertambahan tinggi sebesar 1,02% dan pertambahan panjang 3%.



Gambar 3. Persentase penambahan tinggi dan panjang pada berbagai konsentrasi tepung porang.

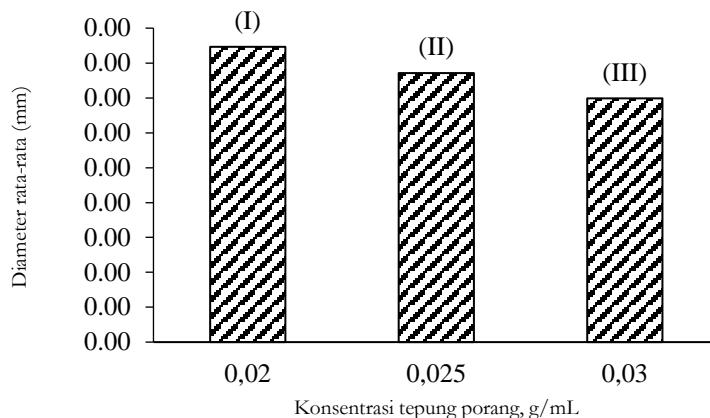
### 3.3 Penampakan rongga spons.

Diameter rata-rata spons pada berbagai konsentrasi tepung porang diukur dengan menggunakan data penampakan rongga pada perbesaran 699 kali. Gambar 4 menunjukkan pori spons hasil perbesaran 699 kali yang diperoleh dengan menggunakan mikroskop kamera Dinolite.



Gambar 4. Pori spons dengan perbesaran 699 kali. a. Konsentrasi 0,02 g/mL. b. Konsentrasi 0,025 g/mL. c. Konsentrasi 0,03 g/mL.

Gambar 5 menunjukkan diameter rerata pori spons pada berbagai konsentrasi tepung porang. Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi tepung porang maka diameter rerata pori semakin kecil. Diameter pori spons sebesar 0,1438 mm, 0,1363 mm dan 0,1693 mm masing-masing untuk konsentrasi tepung porang sebesar 0,02 g/mL, 0,025 g/mL dan 0,03 g/mL.



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi tepung porang terhadap diameter rerata paori spons.

### 3.4 Sifat spons basah.

Gambar 6 menunjukkan kenampakan spons kering dan spons basah. Spons basah mempunyai kenampakan lebih putih, terlihat mengembang serta mempunyai tekstur yang kenyal.



Gambar 6. Kenampakan spons kering dan spons basah.

## Kesimpulan

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa tepung porang dapat dipergunakan sebagai bahan baku pembuatan spons. Semakin tinggi konsentrasi tepung porang maka semakin kecil persentase daya serap spons dan diameter rerata pori semakin kecil. Daya ekspansi spons tidak mempunyai pola tertentu dan terbesar diperoleh pada konsentrasi 0,02 g/mL. Spons kering mempunyai tekstur yang keras dan berubah menjadi kenyal setelah direndam dengan air.

## Daftar pustaka

- [1] D.B. Eagles, "Method of Producing Polysaccharide Foams", Appl No:196,079, Albany International Corp, United States of America, 1998.
- [2] K. Kimura, "Method Of Producing Glucomannan Sponge", Appl. No:196.727, Shimizu Chemical Corporation Japan, , 1994.
- [3] K., N. Prasetya, Nurgirisia, dan Fadilah, "Sintesis Hidrogel Dari Glukomannan Umbi Porang. (*Amorphophallus Muelleri* Blume) Dengan Metode Deasetilasi Sebagai Super Absorben Polimer". Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta, 2015.
- [4] S. Koswara, "Teknologi Pengolahan Umbi-umbian Bagian 2: Pengolahan Umbi Porang", USAID, Bogor, 2013.



Pemakalah :  
Shidiq Trianto, Tri Nova Prakoso  
11.40-11.53 WIB

Pertanyaan :  
Kelebihan spons metode ini dari yang lain?  
(Ambar)

Jawaban :  
Bahan lebih ramah terhadap kulit.





# Potensi Kulit Pisang Raja (*Musa sapientum*) sebagai Bahan Baku Pembuatan *Biodegradable Film*

Nanda Erika Prastiwi<sup>1,a</sup>, Elisa Purnomo Putri<sup>1,b</sup>, dan Ari Diana Susanti<sup>1,c,\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta, Indonesia

E-mail: <sup>a</sup>[nandaerikapras@gmail.com](mailto:nandaerikapras@gmail.com), <sup>b</sup>[elisapp29@gmail.com](mailto:elisapp29@gmail.com), <sup>c,\*</sup>[aridiana@staff.uns.ac.id](mailto:aridiana@staff.uns.ac.id)

**Abstrak.** Pengemas makanan umumnya merupakan turunan minyak bumi sehingga menjadi masalah lingkungan karena sulit terurai sehingga perlu dicari bahan pengemas makanan yang mudah terurai (*biodegradable film*). *Biodegradable film* dapat dibuat dari bahan yang mengandung pati. Salah satu bahan yang berpotensi sebagai sumber pati adalah limbah kulit pisang. Dari berbagai varietas pisang yang tumbuh di Indonesia, kulit pisang raja (*Musa sapientum*) menunjukkan kadar pati yang paling tinggi (sekitar 59%). Percobaan awal menunjukkan kulit pisang mengalami *browning* akibat reaksi oksidasi dan *film* yang dihasilkan sangat rapuh. Penambahan asam sitrat diharapkan akan mengurangi proses *browning* terhadap bahan baku kulit pisang. Sedangkan sifat plastis *film* yang dihasilkan akan diperbaiki dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer*. Penelitian ini mempelajari pengaruh jumlah gliserol yang ditambahkan (1%, 3%, dan 5% (v/v)) terhadap sifat *film* yang dihasilkan. Karakterisasi *film* dilakukan melalui uji kuat tarik, uji elongasi, uji kemampuan biodegradasi, dan uji ketahanan air. Nilai kuat tarik yang diperoleh untuk konsentrasi gliserol 1%, 3%, dan 5% (v/v) yaitu 8,14 MPa, 2,21 MPa, dan 2,07 MPa. Nilai elongasi untuk konsentrasi gliserol 1%, 3%, dan 5% (v/v) yaitu 7,2%, 0,56%, dan 0,73%. Kemampuan biodegradasi pada hari ke-1, 2, dan 3 meningkat dengan bertambahnya konsentrasi gliserol. Ketahanan dalam air untuk setiap penambahan gliserol menurun, untuk konsentrasi gliserol 1%, 3%, dan 5% yaitu 8,56%, 3,11%, dan 1,59%.

**Kata kunci:** *biodegradable film*, *browning*, kulit pisang raja, *plasticizer*.

**Abstract.** Food packaging is generally a derivative of petroleum but it becomes an environmental problem because it is difficult to decompose. Therefore, it is necessary to look for biodegradable film packaging materials. Biodegradable films can be made from materials containing starch. One of the ingredients that has potential as a source is banana skin. Banana skin of Pisang raja (*Musa sapientum*) has the highest starch content (around 59%). Early experiments showed that banana peels had browning due to oxidation reactions and the films produced were very fragile. The addition of citric acid is to reduce the browning process to the raw material of banana peels. While the elasticity of the film product will be improved by adding glycerol as a plasticizer. This study studies the effect of the amount of glycerol added (1%, 3%, and 5% (v/v)) to the characteristic of film product. Film characterization was carried out through tensile strength test, elongation test, biodegradation, and water resist test. The tensile strength values obtained for the concentration of glycerol 1%, 3%, and 5% (v/v) were 8,14 MPa, 2,21 MPa, and 2,07 MPa. The value of elongation (elongation) for the concentration of glycerol 1%, 3%, and 5% (v/v) is 7,2%, 0,56%, and 0,73%. Biodegradation ability on days 1, 2 and 3 increased with increasing glycerol concentration. Water resist decreased with increasing the glycerol concentration, the values of this test are 8,56%, 3,11%, and 1,59% for the concentration of glycerol 1%, 3%, and 5% (v/v).

**Keywords:** *biodegradable film*, *browning*, *banana skin* (pisang raja), *plasticizer*.



## 1. Pendahuluan

Pengemas makanan yang umum digunakan yaitu plastik. Dengan bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan plastik juga bertambah sehingga berakibat pada meningkatnya jumlah limbah plastik. Material yang umum digunakan dalam plastik adalah polimer turunan minyak bumi yang sulit terurai sehingga menimbulkan masalah untuk lingkungan hidup. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu bahan pengemas makanan yang mudah terurai dan aman digunakan yaitu seperti *biodegradable film*. *Biodegradable film* dapat menjadi solusi pengemas makanan yang aman karena terbuat dari bahan alami sehingga mudah terurai oleh lingkungan.

Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk membuat *biodegradable film* adalah pati dari tumbuhan-tumbuhan. Saat ini banyak peneliti yang sedang mengembangkan penggunaan pati dari bahan non-pangan salah satunya yaitu kulit pisang. Sebagai limbah pangan, kulit pisang yang biasanya digunakan untuk pakan ternak kini dapat bernilai lebih ekonomis karena mengandung pati yang masih bisa dimanfaatkan. Semua jenis kulit pisang dapat diekstrak menjadi pati, namun yang terbaik adalah kulit pisang raja (*Musa sapientum*) karena memiliki kandungan pati yang tinggi, yaitu 59% [1][2]. Di sisi lain, kulit pisang sangat mudah mengalami *browning* akibat reaksi oksidasi sehingga diperlukan perlakuan khusus agar tidak mempengaruhi kualitas warna pati yang dihasilkan.

Pada penelitian ini digunakan kombinasi pati kulit pisang raja, gliserol sebagai *plasticizer*, dan *carboxy methyl cellulose* (CMC) *food grade*. Penambahan *plasticizer* pada pembuatan *biodegradable film* dimaksudkan untuk mengatasi sifat rapuh, rendahnya elastisitas, dan mudah patah [3]. Untuk mengurangi efek *browning* kulit pisang raja terhadap warna pati yang dihasilkan, digunakan larutan asam sitrat pada saat pengambilan pati[4]. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh jumlah gliserol sebagai *plasticizer* yang ditambahkan ke dalam cetakan *biodegradable film* terhadap sifat mekanis dan kemampuan biodegradabilitas *film*.

## 2. Dasar Teori

*Biodegradable film* juga dapat didefinisikan sebagai polimer yang dapat terdegradasi secara biotik atau abiotik atau gabungan keduanya tanpa meninggalkan residu toksik di lingkungan[5]. Sumber bahan baku utama penyusun *biodegradable film* dikelompokkan menjadi tiga yaitu hidrokoloid, lipida, dan komposit. Hidrokoloid dapat berupa protein (protein susu, gelatin, kolagen, protein jagung, dan protein gandum) dan polisakarida (pati, sodium alginat, dan karagenan). Kelompok lipida terdiri dari gliserol, lilin/wax, dan asam lemak sedangkan kelompok komposit mengandung campuran kelompok hidrokoloid dan lipid[6].

*Biodegradable film* yang terbuat dari hidrokoloid (pati) dinilai lebih efektif karena memiliki kandungan air rendah[4]. Selain itu pati juga memiliki stabilitas termal dan *minimum interface* dengan sifat pencairan yang cukup untuk membentuk produk dengan kualitas yang baik[7].

Pengaplikasian *biodegradable film* untuk pengemas memiliki karakteristik tertentu yang mempengaruhi performa kerja *biodegradable film*. Pada penelitian ini, uji yang dilakukan sebagai berikut:

### 2.1. Kuat Tarik (*Tensile strength*)

Kuat tarik (*tensile strength*) adalah tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai *film* dapat bertahan sebelum putus. Pengukuran kuat tarik digunakan untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk tarikan maksimum pada setiap satuan luas area *film* untuk merenggang. Besarnya nilai kuat tarik ditentukan dengan menggunakan persamaan (1)

$$TS = F_{\text{maks}} / A \quad (1)$$

dengan,

TS = *tensile strength* ( $\text{N}/\text{m}^2$ )

$F_{\text{maks}}$  = gaya maksimal (*Newton*)

A = luas penampang awal *film* ( $\text{m}^2$ )

### 2.2. Persen Pemanjangan (*Elongation*)

Persen pemanjangan adalah keadaan pada saat *biodegradable film* patah setelah mengalami perubahan panjang akibat peregangan. Persen pemanjangan mengindikasikan kemampuan *biodegradable film* dalam menahan sejumlah beban sebelum terputus. Persen pemanjangan dapat dihitung dengan membandingkan panjang *film*



saat putus dan panjang *film* sebelum ditarik oleh alat. Persen pemanjangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan (2)

Persentase pemanjangan:

$$e (\%) = [(L_1 - L_0)/L_0] \times 100 \quad (2)$$

dengan,

$e (\%)$  = elongation

$L_1$  = panjang akhir benda uji (cm)

$L_0$  = panjang awal benda uji (cm)

### 2.3. Kemampuan Biodegradasi

Uji biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui apakah suatu bahan dapat terdegradasi dengan baik di lingkungan. Proses biodegradabilitas dapat terjadi melalui proses hidrolisis, aerobik dan anaerobik, enzimatik, mekanik, dan fotodegradasi. Proses bioderadabilitas dengan bantuan bakteri atau jamur merupakan proses biodegradabilitas secara aerobik yang dapat dilakukan dengan cara menanamkan *biodegradable film* pada media tanah untuk selang waktu tertentu[8].

Kemampuan bahan untuk terdegradasi dapat diketahui dari persamaan (3)

$$W (\%) = (W - W_s)/W \times 100 \quad (3)$$

dengan,

$W (\%)$  = persentase berat yang hilang

$W$  = berat awal sampel (gram)

$W_s$  = berat akhir sampel (gram)

### 2.4. Ketahanan Terhadap Air

Uji ketahan terhadap air dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer serta tingkatan atau keteraturan dalam polimer yang ditentukan dengan persentase penambahan berat. Persentase penambahan berat dapat diukur dengan metode *swelling* yaitu terjadinya penggembungan karena adanya air yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan (4)

$$\text{Air yang diserap (\%)} = (W - W_s)/W_s \times 100 \quad (4)$$

dengan,

$W$  = Berat sampel mula-mula

$W_s$  = Berat sampel setelah di rendam

## 3. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* adalah pati kulit pisang raja (*Musa sapientum*), gliserol (*food grade*), CMC (*food grade*), asam sitrat (*food grade*), dan *aquadest*. Proses pembuatan *biodegradable film* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Tahap Pengambilan Pati Kulit Pisang Raja (*Musa sapientum*)

Pengambilan pati dilakukan dengan menimbang kulit pisang 200 gram kemudian memotong dan merendamnya dalam larutan asam sitrat 4000 ppm selama 10 menit dalam gelas *beaker*. Selanjutnya, larutan asam sitrat dan kulit pisang dihaluskan di dalam *blender*. *Slurry* yang dihasilkan disaring menggunakan kain untuk diambil filtratnya. Selanjutnya filtrat tersebut didiamkan selama 24 jam agar pati kulit pisang mengendap kemudian disaring dengan kertas saring. Pati yang tertahan kertas saring didiamkan selama 12 jam dalam suhu ruang (26°C) hingga kering kemudian dihaluskan.

b. Tahap Pencetakan *Biodegradable Film*

Melarutkan 3 gram CMC ke dalam *aquadest* 50 mL yang dipanaskan hingga 60°C pada kompor listrik dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 menit. Dua gram pati kulit pisang yang telah dilarutkan pada 50 mL *aquadest* dimasukkan ke dalam larutan CMC tersebut. Setelah homogen, gliserol (1%, 3%, 5% (v/v)) dicampurkan ke dalam larutan tersebut. Larutan *film* dicetak pada teflon (16x16 cm) kemudian dimasukkan ke dalam *oven* dengan temperatur 60°C selama 24 jam. Cetakan *biodegradable film* dimasukkan ke dalam desikator hingga mencapai temperatur ruangan.

c. Tahap Uji Kuat Tarik dan Elongasi



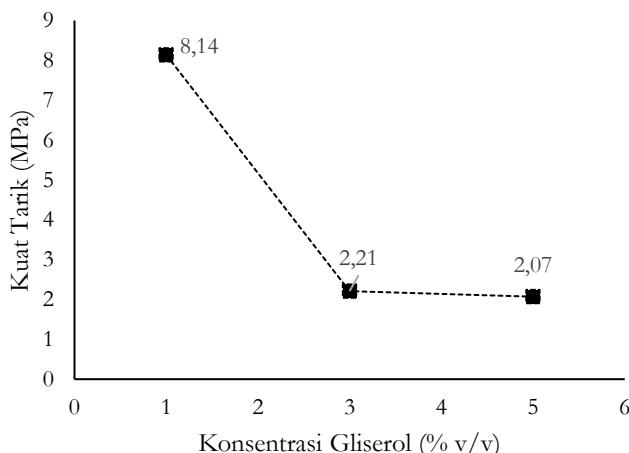
Pengujian bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tarik dan persen elongasi produk. Alat uji yang digunakan adalah *Universal Testing Machine* (UTM). Spesimen (sampel) dibuat menggunakan ASTM D-638 tipe V. Pengolahan data dilakukan dengan membuat grafik hubungan konsentrasi gliserol (1%, 3%, 5% (v/v)) dan kuat tarik serta elongasi.

d. Tahap Uji Biodegradabilitas

Pengujian dilakukan dengan mengubur sampel *biodegradable film* (5x1 cm) dalam media tanah humus selama 5 hari. Selanjutnya dilakukan pengurangan berat sampel sebelum dan setelah pengujian.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

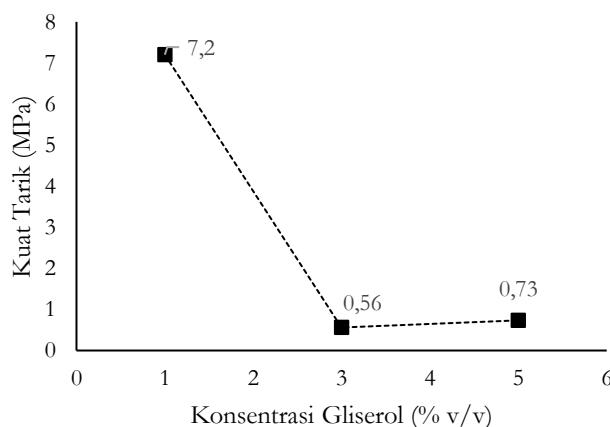
Pengaruh konsentrasi gliserol terhadap kuat tarik *biodegradable film* ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara Konsentrasi Gliserol dan Kuat Tarik *Biodegradable Film*

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada kenaikan konsentrasi *plasticizer* gliserol (1%, 3%, dan 5% (v/v)) *film* mengalami penurunan nilai kuat tarik. Hal ini dikarenakan kekompakan pati terganggu akibat masuknya gliserol ke dalam rantai polimer kemudian akan menurunkan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer sehingga *film* menjadi elastis namun kuat tarik menurun [9]. Pada penelitian ini diperoleh kuat tarik 2,07 – 8,14 MPa. Menurut *Japanese Industrial Standard*, nilai kuat tarik tersebut memenuhi standar sebagai *film* yaitu >0,35 MPa.

Pengaruh konsentrasi gliserol terhadap persen elongasi (pemanjangan) *biodegradable film* ditampilkan pada Gambar 2.

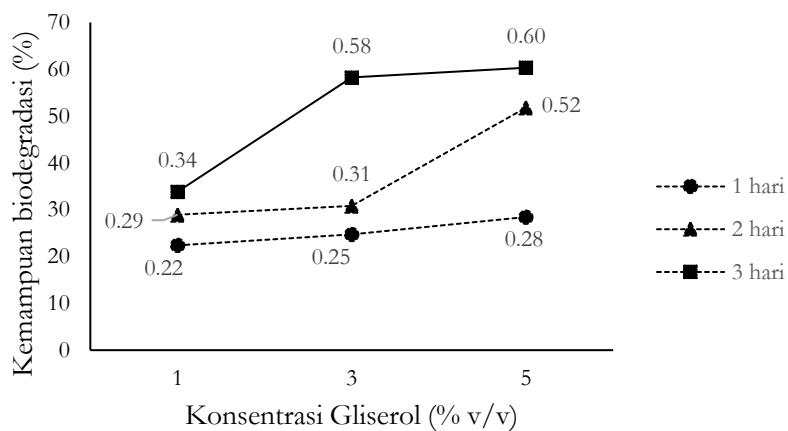


Gambar 2. Hubungan antara Konsentrasi Gliserol dan Persen Elongasi *Biodegradable Film*

Persen elongasi (pemanjangan) menunjukkan elastisitas *biodegradable film*. Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai elongasi mengalami fluktuasi dengan bertambahnya konsentrasi gliserol (1%, 3%, 5% (v/v)). Pada penelitian ini diperoleh nilai elongasi 0,73% – 7,02%. Gaya intermolekul sepanjang rantai polimer akan

menurun dengan adanya penambahan *plasticizer* sehingga fleksibilitas *film* akan meningkat. Tanpa penambahan gliserol, *film* akan menjadi rapuh dan mudah retak [10]. Interaksi antara gliserol dengan pati akan membentuk ikatan pati – gliserol yang dapat meningkatkan elastisitas *film*. Dengan naiknya kuat tarik berarti fleksibilitas *film* menurun karena kuat tarik merupakan ukuran dasar kekakuan sebuah *film* [11]. Selain gliserol, penambahan *filler* seperti CMC juga dapat meningkatkan kuat tarik pada produk film plastik karena adanya penambahan intensitas -OH karboksil.

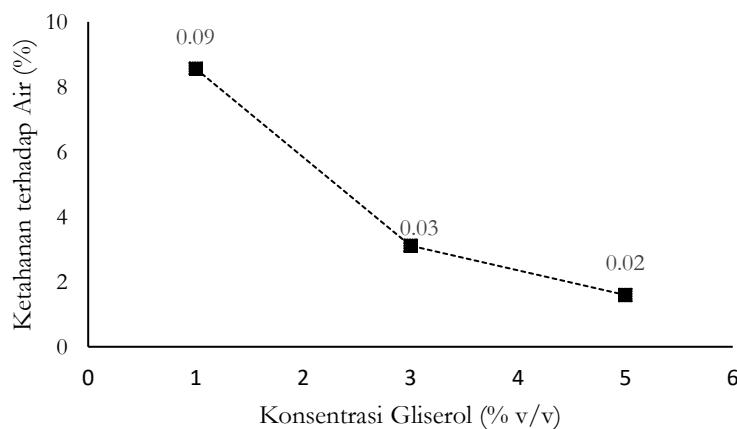
Pengaruh konsentrasi gliserol terhadap kemampuan biodegradasi *biodegradable film* ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kemampuan Biodegradasi *Film*

Pengujian biodegradabilitas telah dilakukan dengan metode *soil burial test* selama 1, 2, dan 3 hari [12]. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa kemampuan biodegradasi meningkat dengan bertambahnya jumlah gliserol yang digunakan. Hal ini disebabkan sifat gliserol yang hidroskopis akan meningkatkan kelembaban *film* sehingga gliserol akan masuk pada rantai polimer *film*. Pada setiap konsentrasi gliserol, juga terjadi peningkatan kemampuan biodegradasi pada hari ke-1, hari ke-2, dan hari ke-3. Hal ini berarti film akan terdegradasi secara terus-menerus di dalam media tanah. Penggunaan bahan untuk menghasilkan produk *film* plastik harus diperhatikan secara seksama karena apabila tidak sesuai maka produk film plastik akan memiliki kemampuan berdegradasi yang tinggi.

Pengaruh konsentrasi gliserol terhadap ketahanan air ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ketahanan terhadap Air

Uji ketahanan terhadap air telah dilakukan dengan metode *swelling* yaitu dengan merendam *film* ke dalam air selama 5 detik secara berulang hingga didapat berat konstan guna mengetahui daya serap *film* terhadap air.



Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa ketahan dalam air yang semakin menurun dengan meningkatnya jumlah gliserol. Hal tersebut dikarenakan semakin banyaknya kandungan gliserol maka produk yang dihasilkan juga semakin tebal, sehingga produk tersebut bersifat kurang terbuka yang artinya akan sulit untuk ditembus oleh fluida seperti air, O<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub> serta memiliki kerapatannya terhadap air juga semakin baik.

## Kesimpulan

Film plastik dari pati kulit pisang raja telah disintesis menggunakan gliserol sebagai *plasticizer*, CMC sebagai *filler*, dan asam sitrat sebagai bahan aditif yang dapat berfungsi mengurangi proses *browning* pada produk *biodegradable film*. Nilai kuat tarik pada pada *film* yang dihasilkan 2,07 MPa – 8,14 MPa dan persen pemanjangan 0,73% – 7,02%. Peningkatan jumlah gliserol dapat meningkatkan kemampuan biodegradasi namun menunjukkan angka persen pemanjangan yang fluktuatif dari produk *biodegradable film* yang dihasilkan. Akan tetapi nilai kuat tarik dan ketahanan terhadap air yang dihasilkan mengalami penurunan pada kenaikan konsentrasi gliserol. Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, kulit Pisang Raja (*Musa sapientum*) dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film* dan penambahan konsentrasi gliserol 1%, 3% dan 5% (v/v) berpengaruh secara nyata terhadap kuat tarik, pemanjangan, ketahanan terhadap air, dan kemampuan biodegradasi *film*.

## Referensi

- [23] Sukriyadi, L. 2010. "Kajian Sifat Kimia dan Sifat Organoleptik pada Tepung Kulit Pisang dari Beberapa Varietas Pisang". Skripsi. Ternate: Universitas Khairun Ternate.
- [24] Anhwange,B., Ugye, T., dan T. Nyiaatagher. 2009. "Chemical Composition of Musa sapientum (Banana) Peels". Electronical Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. Department of Chemistry, Benue State University, Nigeria.
- [25] Kroculta, J.M. 1994. "Edible Coatings and Films to Improve Food Quality". Technomic Publishing Co., Inc. Pennsylvania.
- [26] Nahwi, Naufal Fadli. 2016. "Analisis Pengaruh Penambahan *Plasticizer* Gliserol pada Karakteristik Edible Film dari Pati Kulit Pisang Raja, Tongkol Jagung, dan Bonggol Enceng Gondok". Skripsi. Malang: Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim.
- [27] Swift, G. 2001. "Agro-Industrial and Related Applications of Environmental Degradable Polymers".
- [28] Al Awwaly, Manab Sawitri, Purnomo. 2010. "Antimicrobial activity of whey protein based edible film incorporated with organic acids". Journal Animal Food, pp. 6 vol 5(1). Technology Brawijaya University.
- [29] Nolan-ITU. 2002. "Environment Australia: Biodegradable Plastics - Developments and Environmental Impacts". Nolan - ITU Pty. Ltd, Melbourne.
- [30] Harnist, R. dan Y Darni. 2011. "Penentuan Kondisi Optimum Konsentrasi *Plasticizer* pada Sintesa Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Sorgum". Seminar Sains dan Teknologi-II. Universitas Lampung.
- [31] Arisma. 2017. "Pengaruh Penambahan Plasticizer Gliserol terhadap Karakteristik Edible Film dari Pati Talas (*Colocasia esculenta* L. Schott)". Skripsi. Makassar: UIN Alauddin Makassar.
- [32] Ningsih, Sri Hastuti. 2015. "Pengaruh *Plasticizer* Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film Campuran Whey Dan Agar". Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin Makassar.
- [33] Nurfajrin, Zakiah Darajat dan Gde Sumawisesa Mahendrajaya. 2015. "Karakterisasi dan Sifat Biodegradasi Edible Film dari Pati Kulit Pisang Nangka (*Musa Paradisiaca* L.) dengan penambahan Kitosan dan *Plasticizer* Gliserol". Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan. Yogyakarta: UPN "Veteran" Yogyakarta.
- [34] Pimpan, Vimolvan, Korawan Ratanarat, dan M. Pongchawanakul. 2001. "Preliminary Study on Preparation of Biodegradable Plastic from Modified Cassava Starch". Journal Science Vol. 26, No.2. Chulalongkom University.



Pemakalah :

Elisa Purnomo Putri, Nanda Erika Prastiwi

11.49-12.05 WIB

Pertanyaan :

1. Laju pengeringan berapa lama ?  
(Robertinus)
2. Bagaimana cara pengujian Uji biodegradable?  
(Muftikhatul)

Jawaban :

1. Pengeringan dilakukan tanpa menghitung waktu. Hanya untuk mengetahui ada atau tidaknya pati.
2. Mengujinya dengan cara melihat degradasi per hari.





# Sintesis Biomaterial Hidroksiapatit *Porous* dengan Prekursor Cangkang Keong Mas dan Porogen Pati Sukun (*Artocarpus altilis*)

**Robertinus Filustra Siregar<sup>1,a,\*</sup>, Fajar Rizqy Widyawan<sup>1,b,\*</sup>, Ihda Zulfa Pratiwi<sup>1c\*</sup> dan Endang Sulistyawati<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta

Jl. SWK 104 ( Lingkar Utara ) Condong catur Yogyakarta.

E-mail: <sup>a</sup>[robertinussiregar0901@gmail.com](mailto:robertinussiregar0901@gmail.com), <sup>b</sup>[fajarwid96@gmail.com](mailto:fajarwid96@gmail.com), <sup>c</sup>[ihdazulfapratiwi@gmail.com](mailto:ihdazulfapratiwi@gmail.com)

[endang.sulist@yahoo.co.id](mailto:endang.sulist@yahoo.co.id)

**Abstrak.** Hidroksiapatit  $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$  pada umumnya digunakan dalam bidang medis untuk keperluan implan tulang dan harganya cukup mahal. Hidroksiapatit disintesis dengan mereaksikan Ca dan P pada perbandingan mol 1,67. Cangkang keong yang mengandung  $CaCO_3$  53,10 % berpotensi sebagai sumber Ca pada sintesis biomaterial hidroksiapatit. Biomaterial hidroksiapatit memiliki kelebihan yakni bersifat biokompatible dan osteokonduktif. Efektivitas hidroksiapatit sebagai implan tulang akan meningkat dengan membuat hidroksiapatit *porous*. Pembentukan pori dengan memanfaatkan pati sukun. Penelitian diawali dengan proses kalsinasi cangkang keong mas pada suhu 900°C selama 4 jam, untuk mendapatkan senyawa kalsium oksida (CaO). Reaksi kalsium dan fosfat dilakukan pada suhu 60°C dan variasi waktu stirring 3-5 jam. Hidroksiapatit yang dihasilkan disintering pada suhu 900°C dengan variasi waktu 3-5 jam dan dianalisis kualitas dan morfologinya menggunakan FTIR, AAS, Spektroskopi UV-VIS dan SEM. Kondisi optimum waktu stirring 3 jam dan sintering 4 jam. Hasil analisis menunjukkan perbandingan kalsium dan fosfor untuk hidroksiapatit *dense* dan *porous* masing-masing 1,677 dan 1,673, sehingga hidroksiapatit porous mendekati hidroksiapatit standar. Hidroksiapatit *dense* memiliki ukuran partikel 0,396  $\mu\text{m}$ , sedangkan hidroksiapatit porous memiliki ukuran partikel 0,9135  $\mu\text{m}$  dan pori 0,655  $\mu\text{m}$ , sehingga hidroksiapatit porous lebih efektif dalam infiltrasi nutrisi untuk memperbaiki kerusakan tulang.

**Kata kunci:** biomaterial, hidroksiapatit, *porous*, cangkang, sukun.

**Abstract.** Hydroxyapatite  $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$  is generally used in the medical field for bone implant needs which the price is quite expensive. Hydroxyapatite is synthesized by reacting Ca and P at a mole ratio of 1.67. Conch shell contains  $CaCO_3$  53.10% as a potential source of Ca in the synthesis of hydroxyapatite biomaterials. Hydroxyapatite biomaterials have the advantage of being biocompatible and osteoconductive. The effectiveness of hydroxyapatite as a bone implant will increase by making porous hydroxyapatite. Pore formation can utilize breadfruit starch. Research was initiated by calcination of golden snail shell at 900°C for 4 hours, to obtain calcium oxide (CaO) compounds. Calcium and phosphate reactions are carried out at a temperature of 60°C and a variation of time for 3-5 hours. The resulting hydroxyapatite is sintered at 900°C with a variation time for 3-5 hours. The resulting hydroxyapatite was analyzed for quality and morphology using FTIR, AAS, UV-VIS Spectroscopy, and SEM. The optimum conditions were obtained for 3 hours stirring time and 4 hours sintering. The results of the analysis showed a comparison of calcium and phosphorus for hydroxyapatite dense and porous, respectively 1.677 and 1.673, so that porous hydroxyapatite approaches the standard hydroxyapatite. Hydroxyapatite dense has a particle size of 0.396  $\mu\text{m}$ , while porous hydroxyapatite has a particle size of 0.9135  $\mu\text{m}$ .

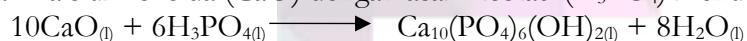


and a pore of  $0.655 \mu\text{m}$ , so porous hydroxyapatite is more effective in nutrient infiltration to repair bone damage.

**Keywords:** biomaterial, hydroxyapatite, porous, shell, breadfruit

## 1. Pendahuluan

Kerusakan tulang sangat mengganggu fungsi tubuh manusia karena tulang merupakan komponen yang penting. Menurut data dari Sistem Informasi Rumah Sakit (SIRS) 2010, kasus patah tulang di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Sejauh ini pemenuhan kebutuhan untuk menangani kerusakan tulang dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan impor. Mineral pengganti tulang yang umum digunakan diantaranya allograft, autograft, dan xenograft (Cucu, 2014). Ketiga material ini biasanya tersedia dalam jumlah terbatas. Keterbatasan tersebut memicu perkembangan riset dalam bidang material sehingga sampai saat ini studi biomaterial sintetik terus berkembang. Hidroksiapatit (HAp) dengan struktur kimia  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$  merupakan biomaterial yang bersifat osteokonduktif sehingga dapat digunakan dalam *bone graft* implan tulang untuk memperbaiki jaringan-jaringan yang rusak dan tulang yang patah. Biomaterial sintetik tersebut telah berhasil diproduksi oleh negara lain, tetapi dengan harga yang tinggi mencapai 10 juta rupiah per 5 gram. Oleh karena itu, perlu dikembangkan produksi biomaterial hidroksiapatit di tanah air. Saat ini telah dikenal dua jenis morfologi HAp yaitu HAp *dense* dan *porous*. Pada umumnya HAp disintesis dari kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dengan asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) menurut persamaan reaksi :



Keong mas merupakan binatang bercangkang yang banyak terdapat di persawahan yang biasa dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Selain itu di dalam daging keong mas terkandung makronutrien protein yang cukup tinggi dan mikronutrien vitamin dan mineral sehingga menjadikan daging keong mas sebagai komoditas eksport. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan tahun 2012, ekspor daging keong mas sebesar 2.113.654 ton, sedangkan cangkangnya sekitar 40% dari berat keong hanya dibuang sebagai limbah. Komponen penyusun cangkang keong mas adalah  $\text{CaCO}_3$  sebesar 53,10% sehingga berpotensi sebagai prekursor kalsium dalam sintesis HAp sekaligus dapat mengurangi limbah cangkang keong mas. Apabila  $\text{CaCO}_3$  dalam cangkang tersebut dikalsinasi akan diperoleh  $\text{CaO}$  yang merupakan penyusun utama HAp. Menurut Lestari Pudjiastuti (2015), proses kalsinasi berlangsung pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  dan waktu 2 jam. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Desy Kusuma Fitri (2014), HAp disintesis dengan mereaksikan kalsium oksida hasil kalsinasi, dengan asam fosfat pada suhu  $40^\circ\text{C}$ . Perbandingan mol kalsium dan fosfat untuk membentuk HAp sebesar 1,67 (Setia, 2009).

Kemampuan untuk transportasi nutrisi, infiltrasi jaringan dan vaskularisasi ke dalam jaringan tulang dapat ditingkatkan dengan modifikasi HAp *dense* menjadi *porous* menggunakan bahan porogen.. Bahan-bahan porogen yang dapat digunakan antara lain: parafin, naftalena, pati atau beberapa polimer seperti poli(asam laktat), gelatin, alginat, dan kitosan (Sopyan et al. 2007) Reaksi kalsium dan fosfat akan membentuk cluster. Kemampuan bahan porogen terjebak di dalam cluster-cluster tersebut merupakan salah satu pertimbangan dalam pemilihan bahan porogen. Proses pemanasan pada suhu yang tinggi menyebabkan bahan porogen yang terjebak di dalam cluster terurai dan menghilang, sehingga meninggalkan jejak berupa pori (Romawarni 2011).. Al-Sokanee et al (2009) telah berhasil menggunakan pati sebagai porogen dengan menggunakan HAp yang berasal dari tulang sapi untuk pembuatan pori steger pada aplikasi biomedis. Pemilihan pati sukun sebagai bahan porogen pada penelitian ini, karena di dalam pati sukun (*Artocarpus altilis*) mengandung amilosa yang dapat memberikan sifat keras pada HAp dan akan menghilang selama proses sintering sehingga terbentuk pori-pori (*void*). Pati sukun juga memiliki sifat biodegradabel, biokompatibel



(Sadjadi et al. 2010) dan keberadaannya di Indonesia melimpah dengan harga lebih murah dibandingkan bahan porogen yang lain.. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fajar Widyawan,dkk (2017), penggunaan kitosan sebagai bahan porogen dapat membentuk HAp *porous* dengan ukuran pori 0,221  $\mu\text{m}$  - 0,362  $\mu\text{m}$  dan ukuran partikel 0,35  $\mu\text{m}$  – 0,868  $\mu\text{m}$ . Menurut Kim et al. (2007) pori-pori dengan ukuran sekitar 100 mikrometer diperlukan untuk bahan implan agar dapat berfungsi dengan baik, karena dapat membentuk tulang yang baru, sebab jaringan ikat dan pembuluh darah akan tumbuh pada pori diantara implan dan tulang pada ukuran tersebut. Selain itu, material harus memiliki komposisi kimia yang mendekati dengan komponen-komponen yang terdapat di dalam tulang. Pada penelitian ini sintesis HAp menggunakan metode *single drop* karena akan menghasilkan HAp berukuran nano. Untuk mengetahui karakteristik serta morfologi dari HAp maka dilakukan pengujian menggunakan Fourier Transform Infra Merah (FTIR), Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), Spektroskopi UV-VIS dan Scanning Electron Microscopy (SEM)

## 2. Metode Penelitian

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah prekursor kalsium dari cangkang keong mas dan prekursor fosfat berupa asam fosfat. Bahan porogen yang digunakan adalah pati sukulen.

### 2.1 Preparasi Bahan

Cangkang keong mas dicuci dan dipanaskan di bawah sinar matahari sampai kering, kemudian digiling hingga halus. Serbuk cangkang selanjutnya dikalsinasi pada suhu 900°C selama 3 jam sehingga terbentuk kalsium (CaO). Larutan prekursor kalsium dibuat dengan melarutkan 5,6 gram serbuk CaO dengan 100 ml aquades. Pembuatan larutan asam fosfat dengan cara melarutkan melarutkan 5,88 gram serbuk  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ke dalam 100 ml Aquades. Bahan porogen diekstrak dari buah sukun dengan terlebih dahulu direndam ke dalam larutan garam NaCl 1%. Hasil pati sukulen dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari. Larutan porogen pati sukulen dibuat dengan melarutkan 3 gram, 6 gram, dan 9 gram masing-masing kedalam 100 ml aquades dan diaduk hingga homogen

### 2.2 Sintesis Hidroksiapatit *Dense* dan *Porous*

Sintesis hidroksiapatit *dense* dilakukan dengan metode single drop. Ke dalam 100 ml larutan kalsium dimasukkan 100 ml larutan fosfat sedikit demi sedikit sambil diaduk. Homegenisasi larutan dilakukan dengan proses stirring waktu yang divariasi selama 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Setelah stirring selesai, larutan diendapkan selama 12 jam pada suhu ruang. Hasil pengendapan disaring dan dicuci menggunakan aquades. Proses sintering dilakukan pada suhu 900°C dengan variasi waktu 3jam, 4jam, dan 5jam. Sintesis hidroksiapatit *porous* menggunakan metode yang sama dengan sintesis hidroksiapatit *dense*, namun sebelum proses stirring ditambahkan larutan pati sukulen dengan konsentrasi 3%,6%, dan 9% sebanyak 100 ml.

### 2.3 Analisis Hasil

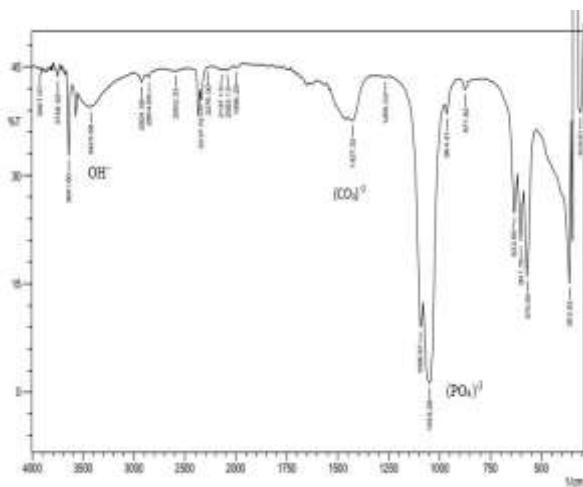
Analisis komposisi kalsium dan fosfor dalam HAp menggunakan FTIR, AAS dan Spektroskopi UV-Vis. untuk mengetahui adanya gugus  $\text{PO}_4^{3-}, \text{OH}^-$  dan  $\text{CO}_3^{2-}$  yang ditandai oleh adanya ikatan gugus tersebut pada sampel serta perbandingan mol kalsium dan fosfat pembentuk HAp *dense* dan *porous*. Morfologi HAp *dense* dan *porous* dianalisis menggunakan SEM untuk mengetahui ukuran partikel dan porinya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

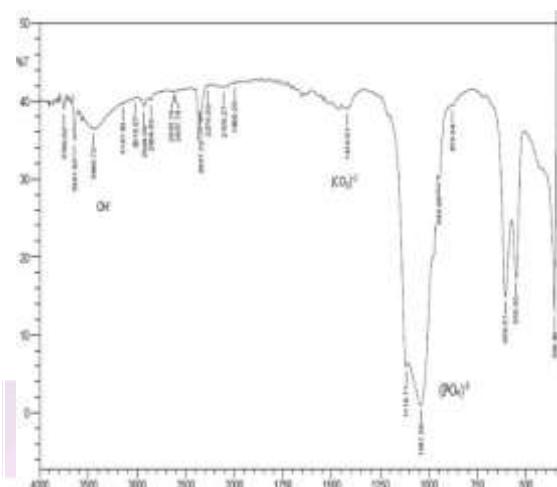
Pada proses kalsinasi, cangkang keong mas yang dilakukan dengan pemanasan pada suhu 900°C terjadi penghilangan pengotor-pengotor dalam bentuk gas-gas  $\text{O}_2$ , karbonat dan hidroksida serta pengotor-pengotor lainnya yang menyebabkan terjadinya pengurangan massa, sehingga kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) terkonversi menjadi CaO. Kadar kalsium rata-rata yang terdapat dalam kalsium oksida sebesar 48,02%, sedangkan kadar air rata-rata sebesar 0,11%. Sedangkan buah sukun yang digunakan sebagai bahan porogen mengandung kadar pati 10%.

### 3.1 Gugus Fungsi Hidroksiapatit

Gugus fungsi pembentuk apatit dianalisis dengan FTIR yang ditunjukkan pada gambar 1 dan gambar 2. Hasil pembacaan disajikan pada tabel 1. Spektra FTIR pada gambar tersebut diidentifikasi hadirnya gugus fungsi OH<sup>-</sup> dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, yang menunjukkan bahwa hasil sintesis terdapat hidroksiapatit. Terlihat pada gambar 1 dan gambar 2 hasil kisaran angka gelombang hidroksiapatit *dense* dan *porous* tidak memiliki perbedaan yang signifikan. HA<sub>p</sub> dense mempunyai gugus fungsi OH<sup>-</sup> dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> masing-masing pada bilangan gelombang 3425,58 dan 1049,28 cm<sup>-1</sup>. HA<sub>p</sub> porous mempunyai gugus fungsi OH<sup>-</sup> dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> masing-masing pada bilangan gelombang 3438,72 dan 1041,56 cm<sup>-1</sup>.



Gambar 1. Spektrum Hidroksiapatit *Dense*



Gambar 2. Spektrum Hidroksiapatit *Porous*

Tabel 1. Kandungan gugus dalam hidroksiapatit *dense* dan *porous*

No	Bilangan Gelombang (1/cm)	Hidroksiapatit <i>Dense</i>		Hidroksiapatit <i>Porous</i>	
		Puncak (1/cm)	Gugus	Puncak (1/cm)	Gugus
1	794,67 – 1303,88	871,82 964,41 1049,28 1095,67 1265,3	PO₄³⁻	879,54 948,98 1041,56 1118,71	PO₄³⁻
2	1334,74 – 1442,75	1427,35	CO₃²⁻	1419,61	CO₃²⁻
3	1967,39 – 4004,22	1998,25 2083,12 2137,13 2276 2337,72 2592,33 2854,65 2924,09 3425,08 3641,6 3749,62 3927,07	OH⁻	1998,25 2106,27 2276 2337,72 2607,76 2623,19 2854,65 2924,09 3016,67 3147,83 3448,72 3641,6 3749,62	OH⁻

Hasil analisis menggunakan FTIR juga menunjukkan adanya gugus CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> yang ditandai oleh adanya ikatan C-O. Pada sampel hidroksiapatit *dense* gugus CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> berada pada bilangan gelombang 1427,35 cm<sup>-1</sup> sedangkan



untuk hidroksiapatit *porous* ditunjukkan pada bilangan gelombang 1419,61 cm<sup>-1</sup>. Kehadiran gugus tersebut adalah hasil dari reaksi HAp dengan CO<sub>2</sub> yang terdapat dalam atmosfer pada saat sintesa dan perlakuan panas. Adanya CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ini tidak dapat dikatakan buruk karena memang pada tulang manusia sendiri memiliki CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> yang merupakan substitusi PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> secara natural mengikuti persamaan Ca<sub>10</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>x</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6-(2/3)x</sub>(OH)<sub>2</sub> atau yang biasa disebut dengan *Carbonat-Hydroxyapatite* (Purwasasmita, 2008). Namun karena pada proses sintesa ini adanya CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> tidak dikontrol maka dikategorikan sebagai pengotor. Pengotor lainnya dapat diasumsikan ada sejak sebelum proses sintesa dilakukan atau bawaan bahan baku.

### 3.2 Efisiensi Massa Sintesis Hidroksiapatit *Dense* dan *Porous*

Efisiensi massa hidroksiapatit merupakan perbandingan massa hasil *sintering* dengan massa hasil *stirring* yang bertujuan untuk mengetahui kondisi operasi sintesis hidroksiapatit *dense* yang optimum. Hasil persentase efisiensi massa dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Efisiensi massa hidroksiapatit *dense*

No	Waktu Stirring (Jam)	Waktu Sintering (Jam)	Massa Hasil Stirring (Gram)	Massa Hasil Sintering (Gram)	Effisiensi Massa (%)
1	3	3	19,184	13,707	71,45
	3	4	18,890	14,067	74,47
	3	5	18,780	13,762	73,28
2	4	3	20,487	15,799	77,12
	4	4	20,368	15,657	76,87
	4	5	19,876	15,025	75,58
3	5	3	19,487	14,746	75,67
	5	4	20,215	15,232	75,35
	5	5	19,87	14,960	75,29

Kondisi optimum sintesis hidroksiapatit *dense* diperoleh pada waktu *stirring* 4 jam dan waktu *sintering* 3 jam dengan efisiensi massa sebesar 77,12 %. Kondisi operasi ini yang selanjutnya digunakan untuk sintesis hidroksiapatit *Porous*. Sintesis hidroksiapatit *porous* dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum persentase konsentrasi larutan pati yang digunakan sebagai bahan porogen. Analisis hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Efisiensi massa hidroksiapatit *porous*

No	Konsentrasi Larutan Pati	Waktu Stirring (Jam)	Waktu Sintering (Jam)	Massa Hasil Stirring (gram)	Massa Hasil Sintering (gram)	Effisiensi Massa (%)
1	3%	4	3	25,67	19,599	76,35
2	6%	4	3	27,83	22,192	79,74
3	9%	4	3	29,12	22,172	76,14

Konsentrasi larutan pati berpengaruh terhadap jumlah hidroksiapatit yang dihasilkan terutama jumlah impuritiesnya. Keadaan ini harus dikontrol agar sifat hidroksiapatit yang dihasilkan sesuai dengan sifat tulang manusia. Disamping itu larutan pati juga berpengaruh terhadap pembentukan pori dalam hidroksiapatit, semakin besar konsentrasi larutan pati yang ditambahkan maka semakin banyak pori yang terbentuk tetapi kekuatan hidroksiapatit akan menurun. Efisiensi massa tertinggi sebesar 79,74 % diperoleh pada penggunaan kadar pati 6%. Komposisi rasio kadar kalsium dan fosfor dilakukan menggunakan AAS dan Spektroskopi UV-Vis. Hasil analisis menggunakan sampel hidroksiapatit *dense* dan *porous*, ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

Kadar kalsium dan fosfor sangat berpengaruh terhadap sifat dari hidroksiapatit. Perbandingan kalsium dan fosfor yang terdapat pada hidroksiapatit standar merupakan perbandingan yang sama dengan tulang

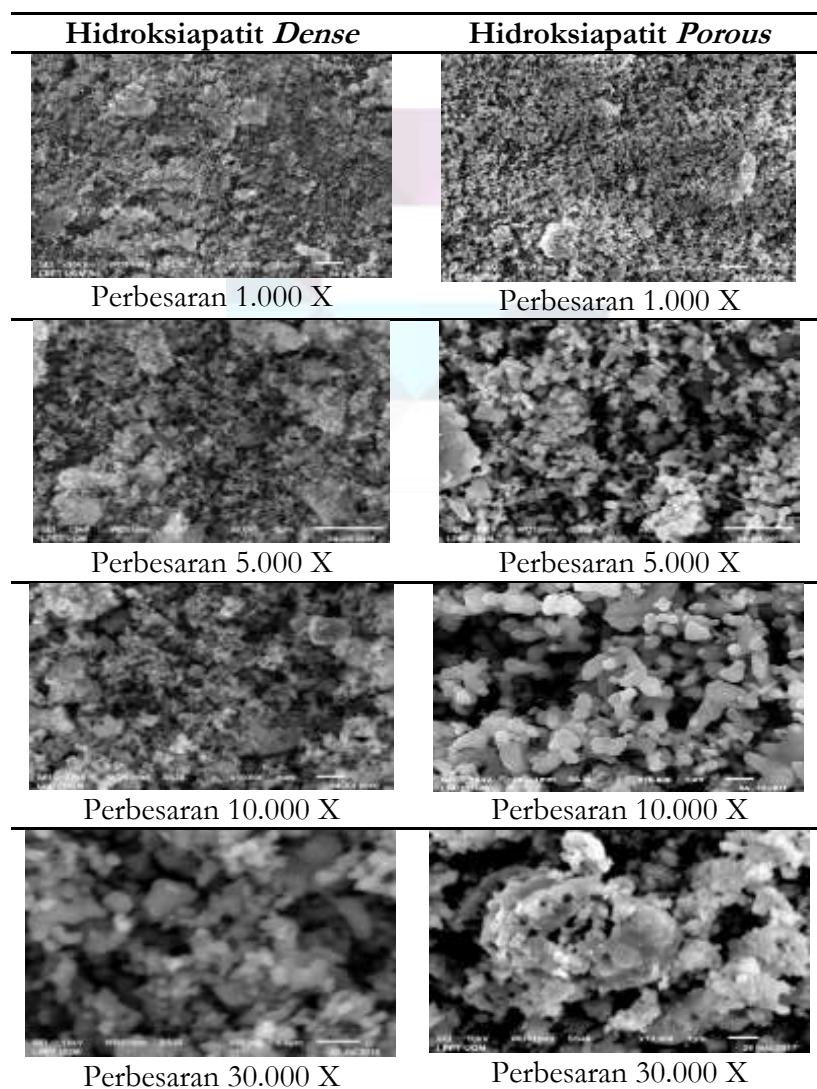
manusia. Sifat mekanis dan kimia hidroksiapatit pada perbandingan 1,673 adalah yang paling optimum. Dengan adanya perbandingan ini juga dapat diketahui pengaruh dari *impurities* yang ada di dalam hidroksiapatit. Apabila nilai perbandingan mol hidroksiapatit ini mendekati 1,67 maka akan semakin kecil pula *impurities* yang terkandung. Dari hasil yang didapat maka hidroksiapatit *porous* dan *dense* memiliki perbandingan yang hampir sama dengan hidroksiapatit standar.

Tabel 4. Kandungan kalsium dan fosfor dalam hidroksiapatit

No	Nama Sampel	Perbandingan Mol (Kalsium/Posfor)
1	Hidroksiapatit <i>Porous</i>	1,673
2	Hidroksiapatit <i>Dense</i>	1,677

### 3.3 Morfologi dan Ukuran Pori Hidroksiapatit

Hasil analisis morfologi hidroksiapatit *dense* dan *porous* menggunakan SEM dengan pembesaran masing-masing 1000, 5000, 10000, 30000 kali ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Morfologi Hidroksiapatit *Dense* dan *Porous*

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa hidroksiapatit *dense* memiliki morfologi yang tersusun dari butiran-butiran yang membentuk suatu agregat yang memiliki ukuran partikel rata-rata 0,396  $\mu\text{m}$  dan tidak menunjukkan struktur berpori. Hasil pengamatan menurut gambar 3. terlihat bahwa struktur permukaan



hidroksiapatit *dense* lebih rapat dibandingkan hidroksiapatit *porous*. Apabila diamati lebih lanjut, untuk hidroksiapatit *porous* terlihat perbedaan yang jelas. Hidroksiapatit *porous* memiliki pori – pori yang dihasilkan oleh penambahan pati sukon dengan ukuran pori rata-rata 0,655 µm dan ukuran partikel rata-rata 0,9135 µm . Pori sangat diperlukan untuk media infiltrasi sel osteoblas sehingga dapat mempercepat mineralisasi tulang. Hal ini membuktikan bahwa dengan adanya penambahan pati sukon dapat membuat pori-pori pada HAp. Namun ukuran pori yang terbentuk belum seragam, hal ini akan mengurangi sifat mekanik dari HAp porous. Dalam membentuk pori yang seragam maka perlu dilakukan pengadukan yang lebih lama supaya larutan lebih homogen. Dengan ukuran pori yang seragam maka dihasilkan biomaterial yang memiliki sifat dan karakteristik lebih baik. Hasil uji morfologi hidroksiapatit *dense* dan *porous* ditunjukkan pada gambar 3.

### Kesimpulan

Cangkang keong mas dapat digunakan sebagai prekursor kalsium dalam sintesis hidroksiapatit *porous* dengan bahan porogen pati sukon. Hasil uji menunjukkan kondisi relatif baik membutuhkan waktu stirring 4 jam dan waktu sintering 3 jam dengan menggunakan larutan porogen pati sukon 6%. Pada keadaan tersebut diperoleh hidroksiapatit *porous* dengan ratio Ca dan P 1,673 dengan ukuran pori rata-rata 0,665 µm dan ukuran partikel rata-rata 0,9135 µm . Keadaan tersebut menunjukkan hidroksiapatit *porous* dapat berfungsi sebagai media infiltrasi nutrisi dalam mempercepat pertumbuhan jaringan tulang.

### Referensi

- [35] Al-Sokanee ZN, AAK Toabi, MJ Al-Assadi, EA Al-Assadi. 2009. The drug release study of cefixime from porous hydroxyapatite scaffolds. *AAPS Pharmacy Science Technology*. 10(5): 772-779.
- [36] Cahyati, Cucu. 2014. Observasi Morfologi dan Komposisi Hidroksiapatit yang Terbuat dari Cangkang Telur Ayam Kampung dan Ayam Ras. Bogor: FMIPA Institut Pertanian Bogor.
- [37] Dewi, Setia Utami. 2009. Pembuatan Komposit Kalsium Fosfat – Kitosan dengan Metode Sonikasi, Tesis Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- [38] Fitri, Desy Kusuma. 2014. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Keong Sawah (*Bellamya javanica*) dengan Metode Basaha dan Modifikasi dengan Kitosan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [39] Hong Sun Kim, Jong Tae Kim, Young Jin Jung. 2007. Preparation of a porous chitosan /fibrola-hydroxyapatite composite matrix for tissue engineering. *Macromolecular Research* 15(1): 65- 73.
- [40] Pudjiastuti, Lestari. 2015. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Keong Sawah (*Bellamya javanica*) dengan Metode Simultan Presipitasi Pengadukan Berganda. Bogor : FMIPA Institut Pertanian Bogor.
- [41] Purwasasmita, Bambang S., Gultom, dan Ramous S. Sintesis dan Karakterisasi Serbuk Hidroksiapatit Skala Sub Mikron Menggunakan Metode Presipitasi. *Jurnal Bionatura*, 2008.10 (2): 155-167.
- [42] Romawarni, A. 2011. Sintesis dan Uji In Vitro Hidroksiapatit Berporogen Kitosan Dengan Metode Sol Gel. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor Sadat-shojaei M, Khorasani MT, Dinpanah-Khosdagri E, Jamsidi A. Synthesis methods for nanosized hydroxyapatite with diverse structures. *Acta Biomater* 2013;9(8):7591-621.
- [43] Sadjadi MS, Meskinfam M, Jazdarreh H. 2010. Hydroxyapatite-starch nano biocomposites synthesis and characterization. *Int Nano Dimens*. 1(1):57-63.
- [44] Sopyan I, Mel M, Ramesh S, Khalid KA. 2007. Porous hydroxyapatite for artificial bone application. *Science and Technology of Advanced Materials* 8:116-123.
- [45] Widyawan, Fajar. 2017. Sintesis Biomaterial Hidroksiapatit dense dan Porous Menggunakan Metode Sol Gel. Laporan Penelitian. Fakultas Teknik Industri. Departemen Teknik kimia. Universitas Pembangunan Naisonal “Veteran”. Yogyakarta.



Pemakalah :

Robertinus Filustra Siregar

13.11-13.22 WIB

Pertanyaan :

latar belakang pemilihan bahan pati sukun?  
(Moderator)

Jawaban :

Buah sukun lebih biodegradable, lebih murah dari kitosan.





# Plastik Biodegradable Limbah Nasi

**Alfia Nor Aini, Nur Riyati, Finka Restiandika, Retno A.S. Lestari**

<sup>1)</sup>Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UNTAG Semarang

<sup>2)</sup>Pusat Studi Lingkungan dan Energi Alternatif UNTAG Semarang

E-mail: <sup>a</sup>alfianoraini@gmail.com, <sup>b</sup>nurriyati02@gmail.com, <sup>c</sup>finkaresti@gmail.com, <sup>d</sup>retnotengaran@gmail.com

**Abstrak.** Plastik adalah istilah umum bagi polimer, material yang terdiri dari rantai panjang karbon dan elemen-elemen lain yang mudah dibuat menjadi berbagai bentuk dan ukuran. Penggunaan plastik yang tidak sesuai persyaratan akan menimbulkan berbagai gangguan kesehatan, karena dapat mengakibatkan pemicu kanker dan kerusakan jaringan pada tubuh manusia (karsinogenik). Selain itu plastik pada umumnya sulit untuk didegradasikan (diuraikan) oleh mikro organisme. Disamping merusak ekosistem tanah plastik juga mulai merusak ekosistem laut. Berdasarkan data Jambeck (2015), Indonesia berada di peringkat kedua dunia penghasil sampah plastik ke laut yang mencapai sebesar 187,2 juta ton setelah Cina yang mencapai 262,9 juta ton. Penelitian ini bertujuan untuk membuat plastik *biodegradable* yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Pada penelitian ini digunakan limbah nasi sebagai bahan baku dengan tambahan glierol, chitosan dan asam asetat. Pada percobaan pertama plastik dibuat dengan variasi volume glicerol yang berbeda yaitu 0 mL, 0,5 mL, 1,5 mL, 2 mL, 3 mL. Kemudian mencampurkannya dengan 5 gr nasi yang sudah dihaluskan, 2,5 gram kitosan, 50 mL aquadest dan 1,5 mL asam asetat 2 persen. Pemanasan dan pengadukan dilakukan pada suhu 60°C selama 30 menit. Campuran yang sudah homogen dicetak di atas lembaran kaca. Kemudian dilakukan pengeringan pada suhu 50-60 °C selama 9 jam. Lembaran plastik yang dihasilkan selanjutnya diuji kuat tarik, elongasi, daya serap air, biodegradable dan uji FTIR. Nilai hasil uji selanjutnya dibandingkan dengan nilai SNI plastic. Dari analisis kuat tarik menunjukkan bahwa plastik dengan jumlah glicerol rendah memiliki kuat tarik yang tinggi dibandingkan plastik dengan jumlah glicerol tinggi. Sedangkan untuk jumlah kitosan yang rendah memiliki kuat tarik yang rendah dibandingkan dengan plastik dengan jumlah kitosan yang tinggi.

**Kata kunci:** plastik biodegradable, limbah nasi, gliserol, kitosan.

**Abstract.** Plastics are a general term for polymers, materials consisting of long chains of carbon and other elements that are easily made into various shapes and sizes. The use of plastic that does not meet the requirements will cause a variety of health problems, because it can cause cancer triggers and damage to tissues in the human body (carcinogenic). In addition, plastic is generally difficult to degrade (decomposed) by micro-organisms. Besides damaging the plastic soil ecosystem, it also begins to damage the marine ecosystem. Based on Jambeck data (2015), Indonesia is ranked second in the world producing plastic waste into the sea which reached 187.2 million tons after China which reached 262.9 million tons. This study aims to make biodegradable plastic that can be broken down by microorganisms. In this study rice waste was used as raw material with the addition of glierol, chitosan and acetic acid. In the first experiment, plastic was made with a different volume of glycerol, ie 0 mL, 0,5 mL, 1,5 mL, 2 mL, 3 mL. Then mix it with 5 grams of ground rice, 2,5 grams of chitosan, 50 mL of aquadest and 1,5 mL of acetic acid 2 percent. Heating and stirring are carried out at 60°C for 30 minutes. The homogeneous mixture is printed on a sheet of glass. Then drying at a temperature of 50-60°C for 9 hours. The resulting plastic sheet was tested for tensile strength, elongation, water absorption, biodegradable and FTIR



test. The value of the next test results is compared with the value of plastic SNI. From the tensile strength analysis showed that the plastic with a low amount of glycerol has a high tensile strength compared to plastic with a high amount of glycerol. Whereas the low amount of chitosan has a low tensile strength compared to plastic with a high amount of chitosan.

**Keywords:** biodegradable plastic, rice waste, glycerol, chitosan.

## 1. Pendahuluan

Plastik banyak dibutuhkan oleh manusia baik sebagai bahan pengemas produk maupun untuk wadah suatu benda. Selain itu bisa digunakan sebagai wadah berbagai produk yang relatif kuat, ringan, dan mempunyai harga yang murah. Plastik yang beredar di pasaran saat ini merupakan polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi yang sulit terurai di alam. Biasanya plastik konvensional berbahan dasar petroleum, gas alam, atau batu bara, yang didegradasi. Akibatnya semakin banyak penggunaan plastik, meningkatkan pencemaran lingkungan seperti penurunan kualitas air dan tanah (Maharani, 2015).

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan, saat ini sedang dikembangkan plastik *biodegradable*, yakni plastik yang dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan. Plastik *biodegradable* terbuat dari polimer alami, dengan jenis *polyhidroksialcanoat acid* (PHA) dan poli-asam amino yang berasal dari sel bakteri; *polylactic acid* (PLA) merupakan modifikasi asam laktat hasil perubahan zat tepung/pati oleh mikroorganisme; dan *poliaspartat* sintesis yang dapat terdegradasi.

Pati merupakan salah satu polisakarida yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biofilm (Lopez dkk., 2013). Sifatnya yang hidrofilik serta berasal dari sumber yang dapat diperbarui (*renewable resources*) menyebabkan pati berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai materi pembentuk biofilm.

Nasi memiliki daya tahan terbatas, biasanya dalam waktu 24 jam nasi akan basi atau bau. Nasi yang sudah basi tidak layak untuk dikonsumsi karena mengandung bakteri yang dapat mengganggu pencernaan. Dalam kehidupan sehari-hari, banyak nasi sisa makanan dan nasi basi yang terbuang percuma. Pemanfaatan kembali nasi sisa menjadi kerupuk tidak memberi nilai gizi yang sama seperti nasi yang baru karena sudah melalui proses yang panjang. Disamping itu nasi sisa yang telah bau tidak lagi memiliki nutrisi dan mengandung jamur dan mikroorganisme merugikan lainnya.

Banyaknya limbah nasi dari sisa makanan di rumah tangga maupun beberapa rumah makan memberi peluang untuk melakukan penelitian pemanfaatan limbah nasi untuk bahan dasar plastik *biodegradable* karena tingginya kandungan pati dari nasi.

Kekuatan dan daya tahan mekanik bioplastik dinilai rendah jika dibandingkan dengan plastik konvensional. Untuk itu perlu ditambahkan bahan-bahan aditif seperti *plastisizer*, dan bahan lainnya. Gliserol merupakan salah satu *plastisizer* dan kitosan merupakan agen anti mikroba. Dalam penelitian ini akan diteliti pengaruh gliserol dan kitosan dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Untuk itu dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Diperoleh hasil plastik yang dibuat dari limbah nasi dengan tambahan glycerol, kitosan, dan asam asetat.
2. Diperoleh data hasil penelitian pembuatan plastik dari limbah nasi dengan tambahan glycerol, kitosan, dan asam asetat dengan berbagai variasi perlakuan.
3. Diperoleh spesifikasi plastik yang dibuat dari limbah nasi dengan tambahan glycerol, kitosan, dan asam asetat dengan berbagai variasi perlakuan.

## 4. Metode penelitian

### 4.1. Bahan

Limbah nasi, diperoleh dari rumah makan di sekitar kota Semarang. Limbah nasi tersebut dibersihkan dari campuran bahan lain, kemudian dicuci dan dihaluskan. Asam asetat, kitosan, gliserol, dan aquades diperoleh dari toko Indrasari Semarang.



#### 4.2. Alat

Alat yang digunakan meliputi: neraca analitik, blender , cawan porselin, batang pengaduk, thermometer, saringan kain, oven, inkubator, beaker glass, gelas ukur, cetakan, baskom, sendok porselin, hot plate, pipet tetes, sendok plastik.

#### 4.3. Cara Penelitian

Bahan baku berupa limbah nasi yang diperoleh dari rumah makan. Limbah nasi yang telah bersihkan kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga tekstur nasi menjadi halus. Selanjutnya nasi yang telah dihaluskan diolah menjadi bioplastik dengan menggunakan metode *film plastic biodegradable* yaitu *melt intercalation* atau teknik inversi fasa dengan penguapan pelarut setelah proses pencetakan yang menggunakan plat kaca.

Proses pembuatan bioplastik dengan variasi konsentrasi gliserol dilakukan dengan mencampurkan 2.5 gram kitosan dengan volume gliserol yang bervariasi 0 mL, 0.5 mL, 1.5 mL, 2 mL, 3 mL dan 50 mL aquadest, serta asam asetat 3% sebanyak 1.5 mL kedalam campuran guna melarutkan kitosan. Selanjutnya tambahkan nasi yang telah dihaluskan 5gr dan panaskan pada suhu 60°C disertai pengadukan selama 30 menit. Setelah itu dinginkan campuran beberapa saat, kemudian tuang campuran pada cetakan kaca, lalu dikeringkan dengan suhu 50-60°C selama 9 jam. Setelah proses pengovenan selesai, dinginkan cetakan pada suhu kamar dan lepas plastik secara hati-hati dari cetakan.

Pembuatan plastik dengan variasi konsentrasi kitosan dilakukan dengan mencampurkan gliserol sebanyak 1.5 mL dengan berat kitosan yang bervariasi : 0gr, 0.5 gr, 1.5 gr, 2.75 gr, 3.25 gr dan aquadest 50 mL, serta asam asetat 3% agar kitosan larut sempurna. Selanjutnya tambahkan nasi yang telah dihaluskan 5 gram, dan panaskan pada suhu 60°C disertai pengadukan selama 30 menit. Selanjutnya dinginkan beberapa saat, kemudian tuang campuran pada cetakan kaca, lalu dikeringkan dengan suhu 50-60°C selama 9 jam. Setelah proses pengovenan selesai, dinginkan cetakan pada suhu kamar dan lepas plastik secara hati-hati dari cetakan.

### 5. Hasil dan pembahasan

Dari penelitian pembuatan plastik biodegradable limbah nasi dengan tambahan gliserol, kitosan dan asam asetat telah dicapai hasil sebagai berikut:



Gambar 1. Produk Bioplastik Limbah Nasi dengan tambahan Gliserol, kitosan dan Asam Asetat.

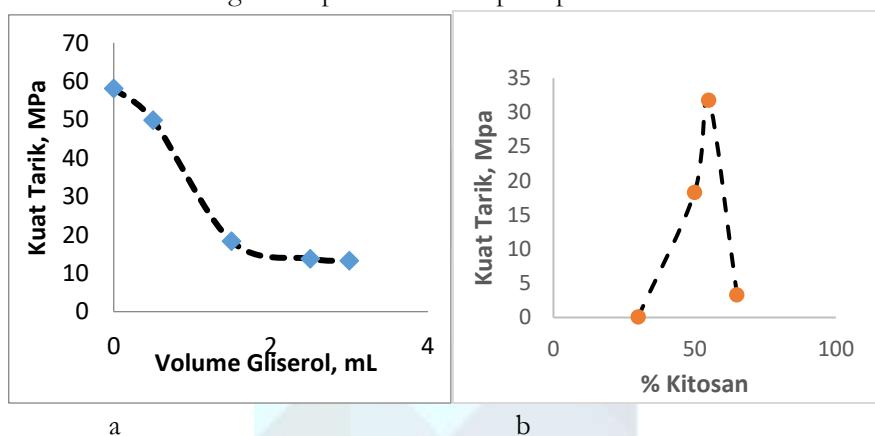
#### 5.1. Uji Kuat Tarik

Berdasarkan hasil uji kuat tarik terhadap plastik yang dibuat dari limbah nasi dengan tambahan kitosan dan glicerol diperoleh hasil seperti pada Tabel 1;

Tabel 1. Kuat Tarik Bioplastik Limbah Nasi pada berbagai tambahan Gliserol dan Kitosan

Glicerol	Kitosan	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi, %
0	50	58,1	2,1
10	50	49,87	3,2
30	50	18,33	3,6
40	50	13,77	3,9
60	50	13,2	4,2
30	30	0,1	1
30	55	31,8	1
30	65	3,33	3,2

Dari data pada Tabel 1 bila dibuat grafik diperoleh hasil seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3.

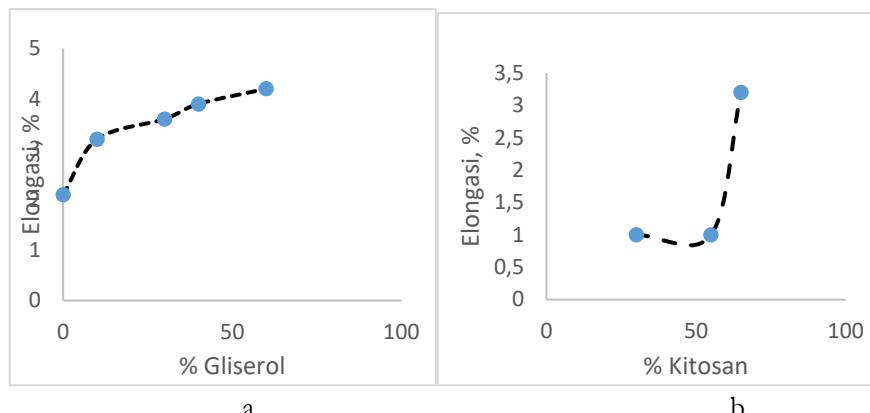


Gambar 2. Hubungan antara % Gliserol dan % Kitosan terhadap Kuat Tarik Bioplastik

Pada Tabel 1 dan Gambar 2a menunjukkan bahwa semakin besar jumlah gliserol yang ditambahkan pada bahan plastik, memberikan hasil kuat tarik pada plastik yang semakin rendah, hal ini disebabkan karena gliserol memiliki fungsi sebagai *plasticizer*, dimana fungsinya tersebut dapat menurunkan kekuatan intermolekuler, sehingga penambahan jumlah glicerol dapat mempengaruhi nilai kuat tarik bioplastik.. Sedangkan pada Tabel 1 dan Gambar 2b menunjukkan pengaruh jumlah kitosan yang ditambahkan terhadap nilai kuat tarik bioplastik, dimana pada saat kitosan yang ditambahkan 30 persen, nilai kuat tarik bioplastik masih rendah atau mendekati nol, dan pada saat kitosan diperbesar menjadi 50 persen dan 55 persen, kuat tarik bioplastik bertambah besar hingga mencapai 31,8 MPa. Namun pada saat kitosan diperbesar menjadi 60 persen, kuat tarik bioplastik menjadi berkurang, yaitu menjadi 3,33 MPa. Meningkatnya nilai kuat tarik bioplastik dikarenakan jumlah ikatan hydrogen yang ada di dalam plastik bertambah ketika prosen kitosan diperbesar. Bertambahnya ikatan hidrogen pada plastik ini menyebabkan film plastik semakin kuat dan sulit untuk putus.

## 5.2. Uji Elongasi

Berdasarkan hasil uji elongasi terhadap plastik yang dibuat dari limbah nasi dengan tambahan kitosan dan glicerol diperoleh hasil seperti pada Tabel 1 dan Gambar 3 a dan Gambar 3b.



Gambar 3. Hubungan antara % Gliserol dan % Kitosan terhadap Elongasi Bioplastik

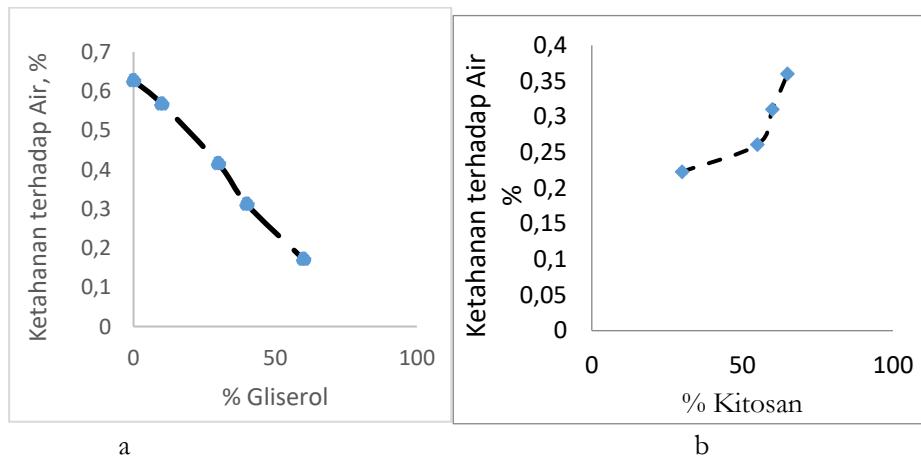
Pada Tabel 1 dan Gambar 3a, menunjukkan bahwa semakin besar jumlah gliserol yang ditambahkan pada bahan plastik, memberikan hasil prosen elongasi plastik yang semakin tinggi, hal ini disebabkan karena gliserol yang berfungsi sebagai *plasticizer* dapat meningkatkan kelenturan plastik. Disamping itu penambahan gliserol dapat melemahkan ikatan hidrogen, sehingga jarak antar molekul biopolimer menjadi renggang. Renggangnya antar molekul biopolimer ini dapat meningkatkan fleksibilitas bioplastik.

Sedangkan dari Tabel 1 dan Gambar 3b menunjukkan bahwa semakin besar persen kitosan yang ditambahkan pada bahan plastik, akan menghasilkan bioplastik yang memiliki prosen elongasi semakin rendah. Penambahan kitosan sebagai zat aditif ini, dapat menurunkan jarak antar molekul biopolimer. Hal ini disebabkan karena titik jenuh telah terlampaui sehingga molekul-molekul pemplastis yang berlebih berada di dalam fase tersendiri di luar fase polimer dan akan menurunkan gaya intermolekul antar rantai.

### 5.3. Uji Ketahanan Bioplastik terhadap Air

Tabel 2. Kuat Tarik Bioplastik dari Limbah Nasi pada berbagai tambahan Gliserol dan Kitosan

Glicerol	Kitosan	Ketahanan terhadap air, %	Prosen degradasi
0	50	62.71	29.41
10	50	56.76	32.81
30	50	41.51	54.41
40	50	31.17	56.25
60	50	17.14	66
30	30	22.28	29.41
30	55	26.09	32.81
30	65	36	54.41



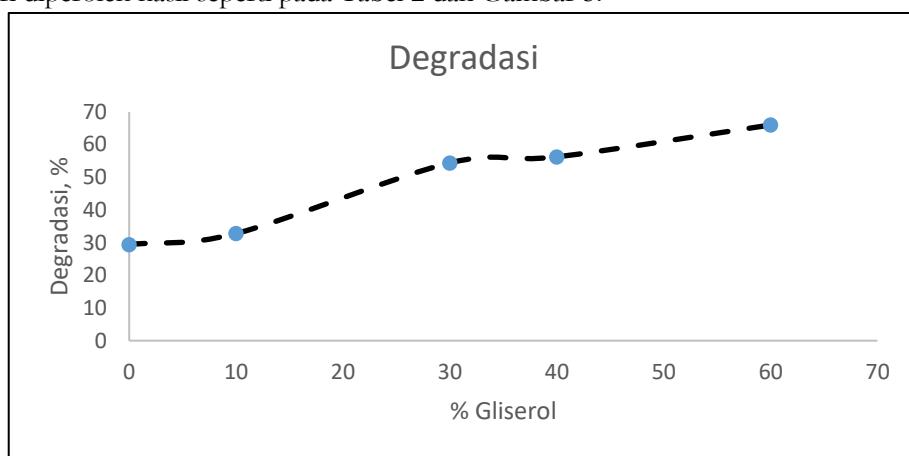
Gambar 4. Hubungan antara %Gliserol dan %Kitosan terhadap Daya Serap Air Bioplastik.

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 4 a, nampak bahwa semakin tinggi kadar gliserol yang ditambahkan pada campuran bahan bioplastik maka diperoleh hasil bioplastik yang memiliki daya serap air yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya jumlah gliserol pada bioplastik maka bertambah banyak gugus hidroksil dari gliserol pada bioplastik sehingga penyerapan air oleh bioplastik meningkat. Gliserol sebagai plasticizer akan menambah kelenturan plastik, dengan bertambahnya gliserol maka akan menambah ruang kosong (free volume) pada bioplastik, sehingga akan meningkatkan celah pada bioplastik untuk dapat ditempati oleh molekul-molekul air.

Pengaruh penambahan kitosan terhadap ketahanan bioplastik terhadap air dapat dilihat dari Tabel 2 dan Gambar 3b. Dari Gambar Nampak bahwa semakin besar kitosan yang ditambahkan pada bioplastik maka ketahanan bioplastik terhadap air juga semakin besar.

#### 5.4. Uji Degradasi Bioplastik

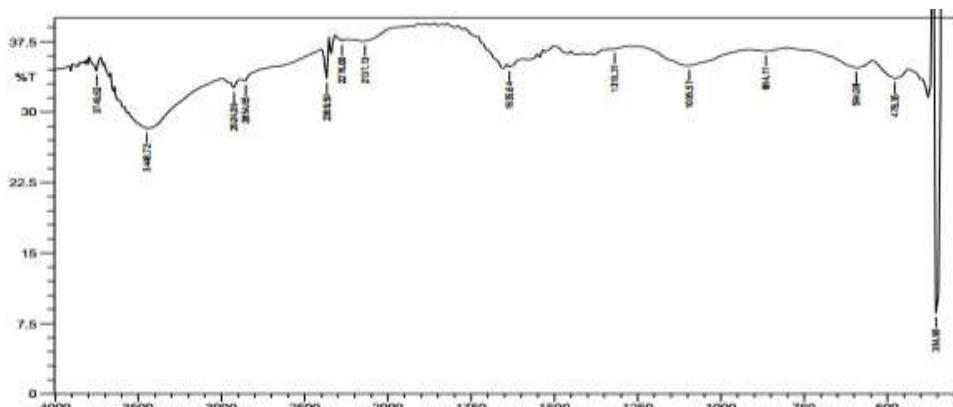
Uji degradasi bioplastik dengan cara Soil burial test yaitu penanaman plastik biodegradabel di dalam tanah selama 14 hari diperoleh hasil seperti pada Tabel 2 dan Gambar 5.



Gambar 5. Uji degradasi bioplastik.

Dari Tabel 2 dan Gambar 5a, nampak bahwa semakin tinggi kadar gliserol yang ditambahkan pada bahan bioplastik, diperoleh bioplastik dengan prosen degradasi lebih besar. Hal ini disebabkan semakin tinggi kadar gliserol pada bioplastik menyebabkan penyerapan air yang oleh bioplastik semakin cepat, karena gliserol bersifat hidrofilik sehingga mempercepat laju penyerapan air yang selanjutnya memudahkan bakteri untuk membubukkan sampel plastik.

#### 5.5. Karakteristik FT-IR



Gambar 6. Hasil Uji FT-IR Bioplastik

Karakteristik FTIR pada film plastik biodegradable limbah nasi berdasarkan gambar FTIR (Gambar 6) dihasilkan beberapa puncak gelombang di setiap rentang wilayah. Pada wilayah I (rentang wilayah dari 4000



– 2.500) terdapat puncak dengan bilangan gelombang  $3448,72\text{ cm}^{-1}$  dan  $2924,09\text{ cm}^{-1}$ . Puncak tersebut sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh ikatan C-H (tipe senyawa alkana), O-H (tipe senyawa fenol (alkohol ikatan hidrogen)) dan N-H (tipe senyawa amina (amina)). Pada wilayah II (rentang wilayah dari 2.500 – 2.000) terdapat puncak dengan bilangan gelombang  $2368,59\text{cm}^{-1}$ . Puncak tersebut sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh ikatan rangkap tiga  $\text{C}\equiv\text{C}$  (tipe senyawa alkuna). Pada wilayah III (rentang wilayah dari 2.000 – 1.500) terdapat puncak dengan bilangan gelombang  $1635,64\text{ cm}^{-1}$ . Puncak tersebut sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh ikatan  $\text{C=O}$  (tipe senyawa aldehid, keton, asam karboksilat, ester) dan  $\text{C=C}$  (tipe senyawa alkena). Pada wilayah IV (rentang wilayah dari 1.500 – 400) terdapat banyak puncak dengan bilangan gelombang dari  $1095,57\text{cm}^{-1}$  hingga  $354,90\text{cm}^{-1}$ . Puncak tersebut sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh ikatan  $\text{C-O}$  (tipe senyawa alkohol, asam karboksilat, ester). Bahan film plastik biodegradable dari limbah nasi dan kitosan dengan gliserol sebagai bahan plastizier, serta asam asetat sebagai katalisator, memiliki gugus fungsi dimana merupakan gabungan dari gugus fungsi spesifik yang terdapat komponen penyusunnya diantaranya adalah C-H, O-H, N-H,  $\text{C}\equiv\text{C}$ ,  $\text{C=O}$ , dan  $\text{C=C}$ , serta terdapat juga gugus fungsi amida dan ester pada sampel film plastik biodegradable, sehingga plastik dari limbah nasi ini dapat terdegradasi dan dapat dikatakan sebagai plastik yang ramah lingkungan.

## Kesimpulan

1. Limbah nasi dapat dibuat menjadi bioplastik
2. Semakin besar gliserol yang ditambahkan pada bahan plastik, memberikan hasil bioplastik yang memiliki kuat tarik semakin rendah, elongasi tinggi, ketahanan terhadap air rendah dan semakin mudah terdegradasi.
3. Semakin besar kitosan yang ditambahkan pada bahan plastik, memberikan hasil bioplastik yang memiliki kuat tarik semakin tinggi, elongasi semakin rendah, ketahanan terhadap air semakin tinggi dan semakin rendah terdegradasi.
4. Produk bioplastik yang memenuhi standart SNI, dengan kuat tarik  $49,87\text{ MPa}$  diperoleh pada penambahan gliserol 10% dari berat limbah nasi dan 50% dari berat limbah nasi. Bioplastik ini memiliki prosen degradasi 32,18% dalam waktu 14 hari.
5. Plastik yang dihasilkan memiliki gugus fungsi C-H, O-H, N-H,  $\text{C}\equiv\text{C}$ ,  $\text{C=O}$ , dan  $\text{C=C}$ , terdapat juga gugus fungsi amida dan ester, sehingga ramah lingkungan dan terurai.

## Referensi

- [46] Agustina, S., Swantara, I.M.D, dan Suartha, I.N. 2015. “Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang,” Jurnal Kimia 9 (2): 271-278.
- [47] Bayu. 2008. “Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol dan Komposisi Kitosan dalam Zat Pelarut terhadap Sifat Fisik Edible Film dari Kitosan,” Universitas Indonesia, Jakarta.
- [48] Selpiana, Patricia, Anggraeni, C.P., 2016. “Pengaruh Penambahan Kitosan dan Gliserol pada Pembuatan Bioplastik dari Ampas Tebu dan Ampas Tabu,” Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 22: 57-64.
- [49] Sukandi. 2014. “Penelitian Kadar Pati pada Limbah Nasi Rumah Makan,” <http://eprints.Ung.ac.id/5859/8/2013-1-84204-441408036-bab4> 01082013023524.pdf .
- [50] Katili, S., dkk. 2013. “Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol dan Komposisi Khitosan dalam Zat Pelarut terhadap Sifat Fisik Edible Film dari Khitosan,” Jurnal Teknologi, Volume 6 6 No. 1, 29- 38.
- [51] Lopez OV, Garcia MA, Zaritzky NE. 2013. “Film forming capacity of chemically modified corn starches. Carbohydr Polym,” 73:573-581. doi:10.1016/j.carbpol.2007.12.023.
- [52] Sinaga, R.F. 2014. Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik dari Pati Umbi Talas,” Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 3, No 2.



- [53] Syamsu, Khaswar. 2008. "Karakteristik Bioplastik Poli- $\beta$ -hidroksialcanoat yang Dihasilkan oleh *Ralstonia eutropha* pada Substrat Hidrosilat Pati Sagu dengan Pemlastis Isopropil Palmitat," Jurnal Teknologi Pertanian Universitas Mulawarman, ISSN, Vol. 3 No. 2: 1858-2419.
- [54] Michael. 2014. "Pengaruh Komposisi Selulosa sebagai Bahan Pengisi pada Komposit Polyester Tidak Jenuh. Medan," Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- [55] Mostafa, N.A., Farag A.A., Abo-diefad, H.M., Tayebc, A.M. 2015. "Production of biodegradable plastic from agricultural wastes. Arabian Journal of Chemistry," Vol 4.122-129.
- [56] Ningsih, S.W. 2010. "Optimasi Pembuatan Bioplastik Polihidroksialcanoat menggunakan Bakteri Mesofilik dan Media Cair pabrik Kelapa Sanit. Tesis Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatra Utara,". Medan.
- [57] Pudjiastuti dkk. 2012. "Polimer Nanokomposit sebagai Master Batch Polimer Biodegradable sebagai Kemas Makanan" Jurnal Riset Industri Vol. VI, No 1. 2010. Hal: 51-60





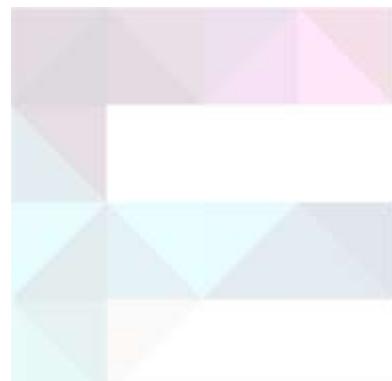
Pemakalah :  
Alfia Nur Aini  
13.23-13.37 WIB

Pertanyaan :

1. Apa yang menyebabkan adanya ruang kosong di plastik ?  
(Robertinus)
2. Nasi apa yang dimaksud?

Jawaban :

1. Ruang kosong yang dimaksud adalah gelembung-gelembung yang ada pada saat pencetakan plastik.
2. Nasi yang dimaksud adalah nasi sisa yang di piring (bukan nasi basi).





# Sintesis Nanoselulosa dari Batang Bambu menggunakan Hidrolisis Asam dan Gelombang Ultrasonik sebagai adsorben Logam Kadmium(II) dalam Limbah Industri Elektroplating

Lu'lul Fitriana<sup>1,a\*</sup>, Miftakhul Hidayah<sup>1,b</sup>, dan Widi Astuti<sup>1,c</sup>

<sup>1,a,b,c</sup> Jurusan Teknik Kimia FT Universitas Negeri Semarang, Sekaran, Gunung Pati, Semarang 50229  
E-mail: \*lulufitriana@students.unnes.ac.id

**Abstrak.** Perkembangan industri di Indonesia meningkat dengan cepat, salah satunya adalah industri elektroplating. Industri electroplating menimbulkan dampak negatif terutama limbah yang dihasilkan. Limbah yang paling banyak mendapat perhatian dalam industri elektroplating adalah limbah logam berat seperti kadmium (Cd). Cadmium (Cd) dianggap sebagai logam yang sangat beracun tanpa diketahui fungsi biologisnya. Oleh karena itu diperlukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum limbah tersebut dibuang ke lingkungan. Metode adsorpsi diketahui merupakan metode yang paling efektif untuk menghilangkan kandungan logam dalam limbah. Material adsorben berbasis biomassa lebih disukai karena murah dan mempunyai kapasitas adsorpsi yang tinggi. Salah satu adsorben biomassa yang potensial sebagai adsorben logam berat adalah nanoselulosa dari batang bambu karena kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu (42,2-53,6%). Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakterisasi serta kemampuan adsorpsi dari nanoselulosa batang bambu yang telah disintesis. Karakterisasi nanoselulosa yang dihasilkan diuji menggunakan SEM dan FTIR. Hasil FTIR menunjukkan 2 daerah serapan utama yaitu pada panjang gelombang 3789,07 dan 3431,97 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan gugus fungsi OH dan panjang gelombang 1500,44 cm<sup>-1</sup>, 1426,27 cm<sup>-1</sup> serta 1426,27 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan gugus fungsi C=C. Kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada pH 7, waktu kontak 180 menit, dan massa adsorben 0,2 gram.

**Kata kunci:** Kadmium(II), adsorpsi, nanoselulosa, ultrasonik, hidrolisis asam.

**Abstract.** Industrial development in Indonesia is increasing rapidly, one of which is the electroplating industry. The electroplating industry has a negative impact, especially the waste produced. The most attention-getting waste in the electroplating industry is heavy metal waste such as cadmium (Cd). Cadmium (Cd) is considered to be a highly toxic metal without knowing its biological function. Therefore, waste treatment is needed before the waste is discharged into the environment. The adsorption method is known to be the most effective method for removing metal content in waste. Biomass-based adsorbent material is preferred because it is cheap and has a high adsorption capacity. One of the potential biomass adsorbents as heavy metal adsorbents is nanocellulose from bamboo stems because the cellulose content is quite high (42.2-53.6%). The purpose of this study was to determine the characterization and adsorption ability of bamboo stem nanocellulose which had been synthesized. Characterization of nanocellulose produced was tested using SEM and FTIR. FTIR results show that two main absorption areas are at wavelengths 3789.07 and 3431.97 cm<sup>-1</sup> which show OH- functional groups and wavelengths of 1500.44 cm<sup>-1</sup>, 1426.27 cm<sup>-1</sup> and 1426.27 cm<sup>-1</sup> which indicates the functional group C=C. Maximum adsorption capacity occurs at pH 7, contact time of 180 minutes, and adsorbent mass of 0.25 grams.

**Keywords.** Cadmium (II), adsorption, nanocellulose, ultrasonic, acid hydrolysis.



## 1. Pendahuluan

Air sebagai sumber kehidupan, sangat penting untuk setiap aspek dalam kehidupan manusia. Namun saat ini seluruh dunia sedang menghadapi kelangkaan air karena pertumbuhan penduduk yang cepat, perkembangan industri, perubahan iklim, penggunaan air yang tidak semestinya, serta pencemaran air. Kontaminasi air dan pencemaran air merupakan masalah besar untuk lebih dari 60% populasi manusia dunia. Kegiatan industri dan kegiatan di perkotaan cenderung memberi kontribusi besar terhadap pencemaran air [1]. Salah satu industri yang menghasilkan limbah cair dengan jumlah yang besar adalah limbah industri elektroplating.

Pesatnya perkembangan industri elektroplating menghasilkan sejumlah besar limbah yang membutuhkan serangkaian perlakuan untuk memenuhi standar lingkungan sebelum dibuang ke lingkungan [2]. Limbah yang dihasilkan oleh industri elektroplating biasanya menghasilkan limbah yang mengandung logam berat dalam jumlah yang besar [3]. Limbah tersebut apabila dibuang langsung ke lingkungan akan berdampak serius pada kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya [4].

Limbah yang paling banyak mendapat perhatian dalam industri elektroplating adalah limbah logam – logam berat seperti kadmium (Cd). Kadmium (Cd) dianggap sebagai logam yang sangat beracun tanpa diketahui fungsi biologisnya. Kadmium dapat menumpuk pada tubuh manusia terutama ginjal, sehingga dapat menyebabkan kerusakan ginjal. Logam kadmium telah masuk daftar merah polutan utama oleh Departement of Environment, UK dan dalam *black list* dari Dangerous Substance Directive in European Economic Community. US Environment Protection Agency juga mengklasifikasikan logam kadmium sebagai bahan karsinogenik. Sehingga sangat penting untuk menghilangkan logam Cd dari lingkungan perairan [5].

Teknik yang telah dikembangkan dalam pengolahan limbah terutama penyerapan logam diantaranya adalah presipitasi [6], ion exchange [7], teknologi membran [8], elektrokimia [9], secara biologi dan adsorpsi [10]; [11]. Akan tetapi metode-metode tersebut sering menghabiskan biaya yang mahal serta tidak efektif untuk menghilangkan kandungan ion logam dari larutan [12].

Diantara metode ini teknik adsorpsi memiliki keunggulan diantaranya sederhana, efektif dan ekonomi untuk pengolahan limbah cair [13]. Penelitian mengenai adsorben terus dikembangkan untuk mencari adsorben dengan biaya rendah serta daya adsorpsi daya adsorpsi yang tinggi [14]. Penelitian mengenai adsorpsi logam kadmium(II) diperairan telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya dengan berbagai macam adsorben diantaranya menggunakan arang aktif dari batang tanaman, tempurung kelapa serta cangkang telur. Pada penelitian [15] penghilangan logam kadmium(II) dilakukan menggunakan serbuk arang aktif dari bebagai macam batang tanaman. Namun pada penelitian ini dibutuhkan temperatur yang tinggi hingga mencapai 600°C untuk mensintesis arang aktif serta diperlukan komposit TiO<sub>2</sub> untuk meningkatkan efisiensi dari adsorben sehingga biaya serbuk sintesis arang aktif lebih mahal. Penelitian penghilangan logam kadmium(II) di perairan juga dilakukan oleh [16] menggunakan arang aktif dengan tempurung kelapa dengan pemanasan *microwave*, namun kapasitas adsorpsi maksimumnya hanya 3,846 mg/g. Penelitian lain dilakukan oleh [17] yang mensintesis adsorben dengan menggunakan cangkang telur menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih rendah yaitu sebesar 3,67 mg/gram. Kapasitas adsorpsi maksimum yang rendah ini diduga karena difusi intra partikel yang lama. Oleh karena itu perlu dikembangkan material lain untuk sintesis adsorben yang menghasilkan kapasitas adsorpsi yang tinggi. Dewasa ini material berbasis limbah biomassa dengan kandungan selulosa yang tinggi lebih disukai karena murah dan memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi [18].

Selulosa adalah biopolimer yang sangat melimpah di alam. Selulosa merupakan sumber daya terbarukan, memiliki sifat *biodegradable* dan *biocompatible* sehingga selulosa dapat dipertimbangkan sebagai adsorben yang potensial untuk menghilangkan kontaminan [19]. Nanoselulosa diekstrak dari material lignoselulosa, semakin dipertimbangkan dalam pemurnian air karena sifat uniknya seperti luas permukaan spesifik yang besar, properti mekanik yang tinggi, *biocompatibility* yang bagus, dan aksesibilitas kimiawi [20].

Penelitian ini mengembangkan adsorben baru berbasis nanoselulosa dari limbah bambu yang disintesis menggunakan metode hidrolisis asam dengan pemanasan gelombang ultrasonik untuk menghilangkan kandungan logam kadmium(II) dalam perairan. Pada penelitian ini bambu sebagai bahan baku adsorben karena bambu memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu 49,1% [21] sehingga berpotensi sebagai adsorben. Hal ini didukung dengan keberadaan gugus hidroksil di dalam strukturnya yang diduga dapat memberikan kontribusi pada proses adsorpsi [22].



Kemampuan adsorpsi selulosa yang disintesis dari batang bambu belum cukup tinggi dan waktu interaksi yang cukup lama mencapai 4 jam. Hal ini diduga karena proses difusi intra partikel yang lama, oleh karena itu untuk mengatasi masalah ini selulosa akan diubah lebih lanjut dengan transformasi selulosa menjadi struktur nanoselulosa sehingga kapasitas adsorpsinya akan meningkat. Sintesis nanoselulosa dapat dilakukan dengan perlakuan mekanik (homogenisasi dengan tekanan tinggi dan sonifikasi), perlakuan biologi (enzimatik dengan mikroorganisme) dan perlakuan kimia (oksidasi dan hidrolisis asam). Proses sintesis selulosa dengan hidrolisis asam dapat dikombinasi dengan gelombang ultrasonik karena dapat meningkatkan *yield* dan dispersi dari nanoselulosa dengan fenomena kavitasasi. Disisi lain penggunaan gelombang ultrasonik sangat berpengaruh terhadap karakter nanoselulosa yang dihasilkan. Pada pemanasan konvensional antar permukaan panas ditransfer *bed* adsorben melalui konveksi, konduksi, dan radiasi sehingga ada gradien suhu, akibatnya struktur pori tidak seragam. Penggunaan gelombang ultrasonik dapat meningkatkan fibrilasi yang lebih tinggi, hasil nanoselulosa juga lebih tinggi sehingga akan meningkatkan *yield* yang dihasilkan [23]. Namun tidak semua material dapat berinteraksi dengan baik dengan gelombang ultrasonik, hal ini akan dipelajari dalam penelitian ini.

Didasarkan pada alasan-alasan tersebut, maka pada penelitian ini digunakan adsorben baru berbasis nanoselulosa dari limbah bambu. Limbah bambu disintesis menggunakan hidrolisis asam dengan pemanasan gelombang ultrasonik untuk memaksimalkan *yield* yang dihasilkan serta memperbesar luas permukaan dari adsorben sehingga kandungan logam kadmium(II) dalam limbah industri elektroplating dapat diminimalisasi.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Alkaline Treatment

Batang bambu diserbukkan menggunakan mesin gergaji, selanjutnya dilakukan penghilangan hemiselulosa dengan mendidihkan serbuk bambu pada suhu 100°C. Setelah dihilangkan kandungan hemiselulosanya dilanjutkan dengan proses alkaline treatment dengan menggunakan NaOH 1M dengan *stirring* menggunakan *hot plate* pada suhu 80°C selama 2 jam.

### 2.2 Bleaching Treatment

Proses *bleaching* selulosa dengan menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan kadar 24% dilakukan dengan *mechanical stirring* pada suhu 70°C selama 40 menit. Setelah itu serbuk bambu dicuci dengan aquades hingga pH netral, pengecekan pH digunakan indikator universal. Selulosa kemudian di oven hingga kering dilakukan pada suhu 105°C selama 2 jam.

### 2.3 Hidrolisis asam dan gelombang ultrasonik

Selulosa kering dicampurkan dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan kadar 60% kemudian dilakukan proses sonikasi dengan gelombang ultrasonik selama 60 menit pada suhu 60°C selama 60 menit. Nanoselulosa yang terbentuk selanjutnya ditinginkan dengan air pendingin untuk menghentikan reaksi. Proses sentrifugasi dilakukan untuk memisahkan antara nanoselulosa dengan larutannya, sentrifugasi dilakukan pada kecepatan 12000 rpm selama 10 menit. Nanoselulosa disimpan pada suhu 4°C. Selanjutnya nanoselulosa yang dihasilkan di analisis gugus fungsinya menggunakan FTIR.

## 3. Hasil dan Pembahasan

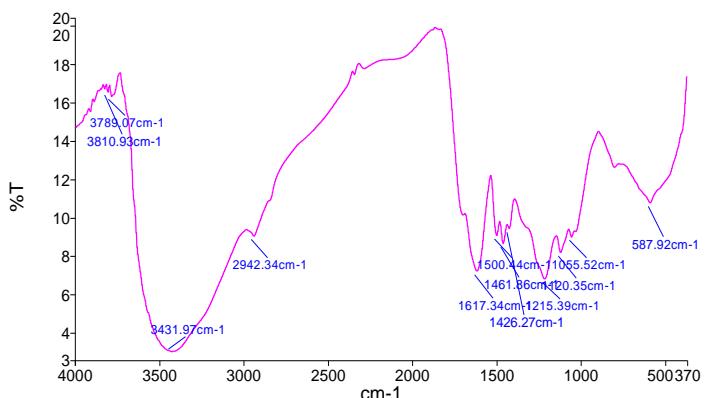
### 3.1 Uji karakterisasi

#### 3.1.1 Uji FTIR

Spektroskopi FTIR digunakan untuk menunjukkan gugus fungsi yang terdapat dalam nanoselulosa batang bambu. Secara umum batang bambu memiliki komponen yaitu lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Ketiga



komponen tersebut tersusun atas alkana, ester, aromatik, dan alkohol. Hasil spektrum FTIR nanoselulosa batang bambu ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini :



Gambar 1. Sektroskopi FTIR Nanoselulosa batang bambu

Tabel 1. Daerah Serapan Infra Merah Nanoselulosa Batang Bambu

Peak	Daerah serapan (cm <sup>-1</sup> )	Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
1	3810.93	N-H
2	3789.07	O-H <i>Vibration</i>
3	3431.97	O-H <i>Stretching</i>
4	2942.34	C≡C
5	1617.34	C=O
6	1500.44	C=C Aromatik
7	1461.86	C=C Aromatik
8	1426.27	C=C Aromatik
9	1215.39	C-O <i>Stretching</i>
10	1120.35	C-H
11	1055.52	C-OH <i>Stretching Vibration</i>
12	587.92	C-H <i>Stretching</i>

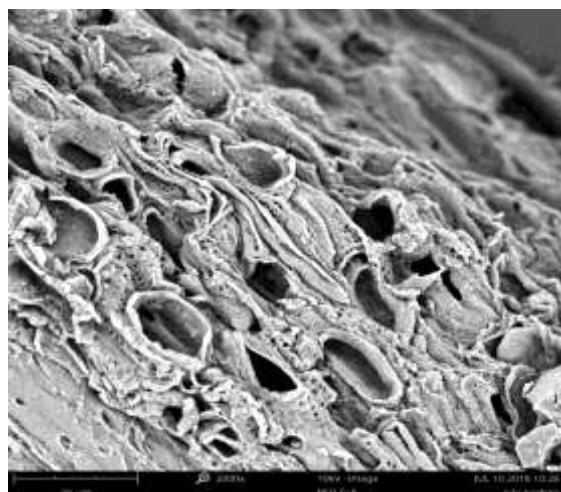
Tabel 1 menunjukkan daerah serapan infra merah nanoselulosa batang bambu setelah melewati tiga perlakuan yaitu *alkaline treatment*, *bleaching*, serta hidrolisis dan sonikasi. Perlakuan pertama yaitu *alkaline treatment* akan mereduksi ikatan hidrogen akibat penghilangan kelompok hidroksil dengan bereaksi bersama sodium hidroksida. Hasil dari *alkaline treatment* yaitu adanya gugus –OH ditunjukkan dengan adanya puncak daerah serapan antara 3789,07 dan 3431,97 cm<sup>-1</sup>. Perlakuan kedua adalah *bleaching*. *Bleaching* bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin. Hasil Spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi C=C aromatik pada panjang gelombang 1500,44 cm<sup>-1</sup>, 1426,27 cm<sup>-1</sup> serta 1426,27 cm<sup>-1</sup>. Gugus tersebut menunjukkan masih adanya kandungan lignin pada nanoselulosa batang bambu. Hal ini menunjukkan bahwa proses *bleaching* yang dilakukan kurang maksimal sehingga produk akhir nanoselulosa masih mengandung lignin

Spektrum 1120,52 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus fungsi C-H, simetris dan asimetris *stretching* (peregangan) dari gugus fungsi –COOH dan *stretching* (peregangan) dari ikatan C-O-C dalam cincin glikosida. Untuk hidrolisis asam nanoselulosa, munculnya gugus fungsi baru yaitu C-O-S yang mengindikasikan adanya ikatan O-SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> yang menunjukkan esterifikasi sulfat, asam sulfat tersulfonasi dan hidrokarbon atau ikatan hidroksida.

Reaksi hidrolisis asam pada selulosa dengan menggunakan asam sulfat. Asam sulfat yang diencerkan dengan air akan membentuk ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> yang kemudian ion H<sup>+</sup> bereaksi dengan salah satu cincin selulosa membentuk ikatan O-H. Reaksi ini menghasilkan H<sub>2</sub>O yang kemudian H<sub>2</sub>O akan bereaksi dengan cincin selulosa yang satunya membentuk ikatan O-H dan menghasilkan ion H<sup>+</sup>. Sedangkan pada panjang gelombang 1055,52 cm<sup>-1</sup> menunjukkan gugus fungsi C-OH *stretching vibration* yang mengindikasikan pecahnya ikatan glikosida pada selulosa dan muncul lebih banyak gugus fungsi C-OH.

### 3.1.2 Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Uji SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan dari nanoselulosa batang bambu yang dihasilkan. Hasil uji SEM ditunjukkan pada Gambar.2 beikut :



Gambar 2. Hasil Uji SEM Nanoselulosa Batang Bambu

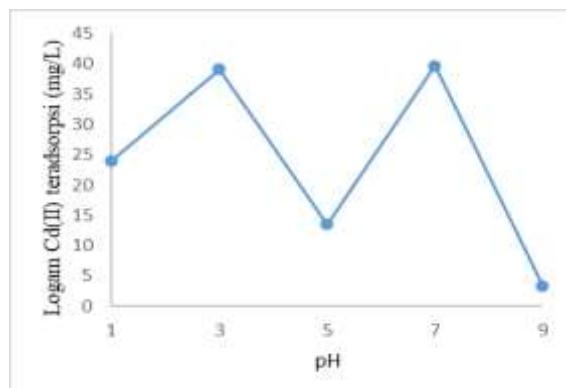
Gambar 2 menunjukkan bahwa nanoselulosa limbah bambu memiliki banyak pori dengan kedalaman tiap pori yang cukup dalam. Pembentukan pori ini disebabkan oleh reaksi antara C dan NaOH dalam proses *alkaline treatment* yang menyebabkan permukaan pori semakin terkikis, sehingga pori akan semakin lebar. Dalam hal ini  $\text{Na}^+$  bertindak sebagai *impregnation agent* dan  $\text{OH}^-$  bertindak sebagai kontributor grup fungsional. Dari hasil pengujian SEM juga terlihat permukaan nanoselulosa yang masih banyak kotoran.

### 3.2 Uji Adsorpsi Kadmium(II)

Untuk menentukan kapasitas optimum adsorpsi kadmium(II) menggunakan nanoselulosa ada 3 faktor penting yang diamati. Faktor tersebut diantaranya pH, konsentrasi awal , dan waktu kontak.

#### 3.2.1 Pengaruh pH larutan

Pengaruh pH terhadap kadar kadmium(II) yang teradsorpsi diuji pada pH 1, 3, 5, 7, dan 9 yang tersaji pada Gambar 3 berikut ini :



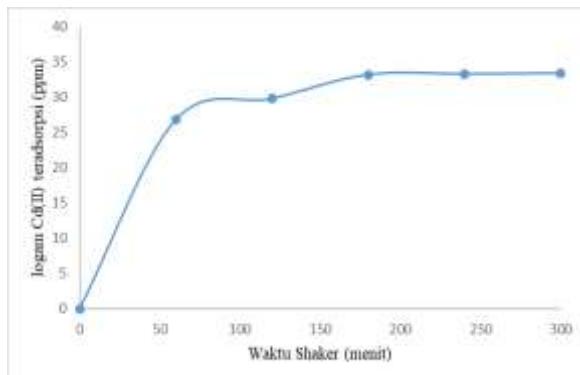
Gambar 3. Pengaruh pH terhadap kadar kadmium(II) yang teradsorpsi

Gambar 3 tersebut menunjukkan bahwa pH optimum yang digunakan untuk mengadsorpsi kadmium(II) adalah pH 7 dengan kadar logam teradsorpsi sebesar 39,7 mg/L. Hal ini menunjukkan proses penyerapan kadmium(II) paling efektif dilakukan pada pH netral.



### 3.2.2 Pengaruh waktu kontak

Secara umum, adsorpsi logam kadmium(II) dengan hidrolisis asam menggunakan gelombang ultrasonik mencapai kesetimbangannya pada waktu 180 menit dengan kadar logam kadmium(II) yang terjerap yaitu sebesar 33,2 mg/L seperti terlihat pada Gambar 4 berikut ini :

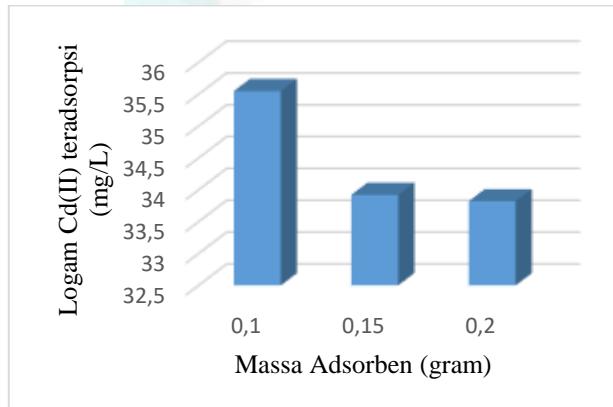


Gambar 4. Pengaruh waktu kontak terhadap jumlah kadmium(II) teradsorpsi

Kadar logam kadmium(II) yang teradsorpsi meningkat secara drastis pada waktu 0 sampai 60 menit. Hal ini disebabkan karena masih banyak situs aktif yang kosong dalam nanoselulosa sehingga kecenderungan adsorbat untuk terjerap ke permukaan adsorben cukup tinggi. Semakin lama waktu kontak maka situs aktif yang terisi oleh adsorbat semakin banyak hingga mencapai titik jenuh dan terjadi kesetimbangan, pada penelitian ini terbukti bahwa titik kesetimbangan tercapai pada waktu 180 menit.

### 3.2.3 Pengaruh massa adsorben

Pengaruh massa awal adsorben terhadap jumlah kadmium(II) yang teradsorpsi diuji menggunakan massa awal adsorben sebesar 0,1 g, 0,15 g, 0,2 g terlihat pada Gambar 5 berikut ini :



Gambar 5. Pengaruh massa adsorben terhadap jumlah kadmium(II) teradsorpsi.

Adsorben nanoselulosa cenderung mengalami aglomerasi dalam larutan. Terlihat pada Fig.5 dengan menggunakan massa adsorben 0,1 sampai 0,2 semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka semakin sedikit kadmium(II) yang terjerap dalam situs aktif hal ini karena permukaan situs aktif tidak tersebar secara sempurna kedalam larutan akibat aglomerasi nanoselulosa. Massa adsorben yang paling efektif menjerap kadmium(II) adalah 0,25 g dengan kadar kadmium sebesar 3,74 mg/L.

## Kesimpulan



Penelitian ini menggunakan nanoselulosa dari batang bambu untuk mengadsorpsi logam kadmium(II). Hasil spektroskopi FTIR menunjukkan daerah serapan utama adalah pada panjang gelombang 3789,07 dan 3431,97 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan gugus fungsi OH dan panjang gelombang 1500,44 cm<sup>-1</sup>, 1426,27 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan gugus fungsi C=C. Kapasitas adsorpsi optimum kadmium(II) menggunakan naoselulosa batang bambu dicapai pada pH 7, waktu 180 menit, dan massa adsorben yang digunakan yakni 0,25 gram.

## Referensi

- [1] J. N. Putro, A. Kurniawan, S. Ismadji, and Y. H. Ju, "Nanocellulose based biosorbents for wastewater treatment: Study of isotherm, kinetic, thermodynamic and reusability," *Environ. Nanotechnology, Monit. Manag.*, vol. 8, pp. 134–149, 2017.
- [2] C. R. Ramakrishnaiah and S. Duvvuri, "Stabilization of Metal- Laden Soils Using Different Additives – A Review of Technologies," vol. 7, no. 3, pp. 122–131, 2015.
- [3] Y. L. Chen, P. H. Shih, L. C. Chiang, Y. K. Chang, H. C. Lu, and J. E. Chang, "The influence of heavy metals on the polymorphs of dicalcium silicate in the belite-rich clinkers produced from electroplating sludge," *J. Hazard. Mater.*, vol. 170, no. 1, pp. 443–448, 2009.
- [4] P. Celary and J. Sobik-Szoltysek, "Vitrification as an alternative to landfilling of tannery sewage sludge," *Waste Manag.*, vol. 34, no. 12, pp. 2520–2527, 2014.
- [5] F. Y. Wang, H. Wang, and J. W. Ma, "Adsorption of cadmium (II) ions from aqueous solution by a new low-cost adsorbent-Bamboo charcoal," *J. Hazard. Mater.*, vol. 177, no. 1–3, pp. 300–306, 2010.
- [6] J. Hao, L. Ji, C. Li, C. Hu, and K. Wu, "Rapid, efficient and economic removal of organic dyes and heavy metals from wastewater by zinc-induced in-situ reduction and precipitation of graphene oxide," *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, vol. 0, pp. 1–9, 2018.
- [7] R. W. Gaikwad, V. S. Sapkal, and R. S. Sapkal, "Ion exchange system design for removal of heavy metals from acid mine drainage wastewater," *Acta Montan. Slovaca*, vol. 15, no. 4, pp. 298–304, 2010.
- [8] H. Al-Zoubi, A. Rieger, P. Steinberger, W. Pelz, R. Haseneder, and G. Härtel, "Optimization study for treatment of acid mine drainage using membrane technology," *Sep. Sci. Technol.*, vol. 45, no. 14, pp. 2004–2016, 2010.
- [9] L. Fojt and V. Vetterl, "Electrochemical Evaluation of Extremely-Low Frequency Magnetic Field Effects on Sulphate-Reducing Bacteria," *Folia Biol. (Praha)*, vol. 48, pp. 44–48, 2012.
- [10] D. Mohan and S. Chander, "Single, binary, and multicomponent sorption of iron and manganese on lignite," *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 299, no. 1, pp. 76–87, 2006.
- [11] T. Motsi, N. A. Rowson, and M. J. H. Simmons, "Adsorption of heavy metals from acid mine drainage by natural zeolite," *Int. J. Miner. Process.*, vol. 92, no. 1–2, pp. 42–48, 2009.
- [12] O. Karnitz, L. V. A. Gurgel, and L. F. Gil, "Removal of Ca(II) and Mg(II) from aqueous single metal solutions by mercerized cellulose and mercerized sugarcane bagasse grafted with EDTA dianhydride (EDTAD)," *Carbohydr. Polym.*, vol. 79, no. 1, pp. 184–191, 2010.
- [13] Z. Cheng, L. Zhang, X. Guo, X. Jiang, and T. Li, "Adsorption behavior of direct red 80 and congo red onto activated carbon/surfactant: Process optimization, kinetics and equilibrium," *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, vol. 137, pp. 1126–1143, 2015.
- [14] H. A. M. Bacelo, S. C. R. Santos, and C. M. S. Botelho, "Tannin-based biosorbents for environmental applications - A review," *Chem. Eng. J.*, vol. 303, pp. 575–587, 2016.
- [15] N. Popa and M. Visa, "The synthesis, activation and characterization of charcoal powder for the removal of methylene blue and cadmium from wastewater," *Adv. Powder Technol.*, vol. 28, no. 8, pp. 1866–1876, 2017.
- [16] M. W. Yap, N. M. Mubarak, J. N. Sahu, and E. C. Abdullah, "Microwave induced synthesis of magnetic biochar from agricultural biomass for removal of lead and cadmium from wastewater," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 45, pp. 287–295, 2017.
- [17] C. Jeon, "Adsorption behavior of cadmium ions from aqueous solution using pen shells," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 58, pp. 57–63, 2018.
- [18] Q. Xu, Y. Wang, L. Jin, Y. Wang, and M. Qin, "Adsorption of Cu (II), Pb (II) and Cr (VI) from aqueous solutions using black wattle tannin-immobilized nanocellulose," *J. Hazard. Mater.*, vol. 339, pp. 91–99, 2017.
- [19] D. Roy, M. Semsarilar, J. T. Guthrie, and S. Perrier, "Cellulose modification by polymer grafting: a review," *Chem. Soc. Rev.*, vol. 38, no. 7, p. 2046, 2009.
- [20] H. Ma, C. Burger, B. S. Hsiao, and B. Chu, "Nanofibrous microfiltration membrane based on



- cellulose nanowhiskers,” *Biomacromolecules*, vol. 13, no. 1, pp. 180–186, 2012.
- [21] X. Li, “Physical, chemical, and mechanical properties of bamboo and its utilization potential for fiberboard manufacturing,” *Agri. Mech. Coll.*, vol. Master of, p. 76, 2004.
- [22] M. S. Sajab *et al.*, “Citric acid modified kenaf core fibres for removal of methylene blue from aqueous solution,” *Bioresour. Technol.*, vol. 102, no. 15, pp. 7237–7243, 2011.
- [23] D. B. Baroni, M. S. Q. Bittencourt, and A. M. L. Costa, “Ultrasonic Spectral Analysis for Ceramics Characterization,” p. 2009, 2009.





Pemakalah :

Lu'lul Fitriana, Miftakhul Hidayah

13.37-13.48 WIB

Pertanyaan :

1. Logam cadmium bisa terserap oleh selulosa karena apa?  
(Moderator)
2. Mengapa menggunakan gergaji untuk menghaluskan bambu ?

Jawaban :

1. Karena terdapat gugus OH di selulosa yang dapat mengikat logam cadmium.
2. Karena lebih terjangkau pada saat itu.





Seminar Nasional Teknik Kimia Eco-SMART  
“Inovasi Energi Baru dan Terbarukan  
sebagai Pendukung Perkembangan  
Ekonomi Nasional”  
**2018**