

LAPORAN PENELITIAN

*“Kajian Analisis Respon Struktur Bangunan Baja
di Bawah Pengaruh Kombinasi Beban Termal
(Kebakaran) d”*

Hazairin, MT



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG - 2019**

ISBN: 978-979-98659-6-0



KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL KE-13

PROSIDING

Volume I:
Struktur, Material, Manajemen Rekayasa Konstruksi

Banda Aceh, 19-21 September 2019

**“Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan
Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan
Berwawasan Lingkungan”**

ISBN: 978-979-98659-6-0

PROSIDING

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL KE-13

[KoNTekS-13]

VOLUME I

Struktur, Material, Manajemen Rekayasa Konstruksi

Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan

Banda Aceh, 19-21 September 2019

**Benazir, Luky Handoko, Han Ay Lie, Widodo Kushartomo,
Ahmad Muhajir, Alfi Salmannur, Nina Shaskia, Yulfa Devi
Muhaira, Cut Izzah Kemala, Shofiyah Putri Anjani**

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS SYIAH KUALA
Jl. Syeh Abdurrauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh, 23111 Indonesia.
Phone: (0651) 7552222
Email: tekniksipil@unsyiah.ac.id

PENYELENGGARA DAN SPONSORSHIP KEGIATAN

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL KE-13 (KoNTekS-13)

Diselenggarakan oleh:



Didukung oleh:



Disponsori oleh:



Banda Aceh, 19-21 September 2019

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13
"Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan"

PROSIDING KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL (KONTEKS) KE-13
"Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan"

Pengarah : Prof. Dr. Ir. Samsul Rizal, M.Eng. (Rektor Universitas Syiah Kuala)

Pelindung : Dr. Ir. Taufiq Saidi, M.Eng. (Dekan Fakultas Teknik)

Penanggung Jawab : Dr. Teuku Budi Aulia, S.T., Dipl.Ing. (Ketua Jurusan Teknik Sipil)

Ketua : Dr. Renni Angraini, S.T., M.Eng.

Sekretaris : Dr. Anita Rauzana, S.T., M.T.

Bendahara : Dr. Halida Yunita, S.T., M.T.

Reviewer

Prof. Dr. Ir. Munirwansyah, M.Sc. Dr. Eng. Sugiarto, S.T., M.Eng.

Prof. Dr. Azmeri, S.T., M.T. Dr. Anita Rauzana, S.T., M.T.

Prof. Ir. Djoko Legono, Ph.D. Dr. Muhammad Ramdhan Olii, S.T., M.Sc.

Prof. Dr. Ir. Sofyan M. Shaleh, M.Sc.Eng. Dr. I Gusti Lanang Bagus Eratodi, S.T., M.T.

Dr. -Ing Ir. Teuku Budi Aulia, Dipl. Ing. Dr. Hasdinar Umar, S.T., M.T.

Dr. Renni Angraini, S.T., M.Eng. Dr. Ir. Dwi Prasetyanto, M.T.

Dr. Ir. Mochammad Afifuddin, M.Eng. Dr. Ir. Djoko Suwarno, M.Si.

Dr. Yunita Idris, S.T., M.Eng. Structure Nora Abdullah, S.T., M.Eng.

Dr. Ir. Muttaqin, M.T. Nurisra, S.T., M.T.

Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng. Daniel Hartanto, S.T., M.T.

Dr. Yulia Hayati, S.T., M.Sc. Ir. Maimun Rizalihadi, M.Sc.Eng.

Dr. Mawiti Infantari Yekti, S.T., M.T. Fachrurrazi, S.T., M.T.

Dr. Ir. Eldina Fatimah, M.Sc.

Dr. Kuswandi, S.T., M.T. I Putu Gustave Suryantara, S.T., M.Eng.

Dr. David S.V.L Bangguna, S.T., M.T.

Dr. Eng. Syamsidik, S.T., M.Sc. Muhammad Ahlan, S.T., M.Sc.

Dr. Yusria Darma, S.T., M.Sc.Eng

Dr. Cut Zukhrina Oktaviani, S.T., M.T. Febriyanti Maulina, S.T., M.T.

Dr. Munira Sungkar, S.T., M.T.

Dr. Halida Yunita, S.T., M.T. Surya Bermansyah, S.T., M.T.

Dr. Lisa Oksri Nelfia, S.T., M.T, M.Sc. Reza P. Munirwansyah, S.T., M.Sc.

Zahra Amalia, S.T., M.Eng.

Editor

Dr. Benazir, S.T., M.Eng.

Dr. Eng. Luky Handoko, S.T., M.Eng.

Prof. Dr. Ir. Han Ay Lie, M.Eng.

Dr. Widodo Kushartomo, S.Si., M.Si.

Ahmad Muhajir, S.T., M.Eng.Sc.

Alfi Salmannur, S.T., M.T.

Nina Shaskia, S.T., M.Sc.

Yulfa Devi Muhamira

Cut Izzah Kemala

Shofiyah Putri Anjani

Penerbit

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS SYIAH KUALA

Jl. Syeh Abdurrauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh, 23111 Indonesia.

Phone: (0651) 7552222, email: tekniksipil@unsyiah.ac.id.

PRAKATA TIM EDITOR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah telah selesainya penyusunan prosiding dari makalah-makalah yang disajikan dalam Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke-13 dengan Tema:

“Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan”

Penyuntingan (*editing*) makalah hanya sebatas pada tata tulis atau format penulisan, di antaranya batas tepi, penomoran isi, penomoran halaman, penomoran gambar, penomoran tabel, spasi, font, dan kesalahan pengetikan. Penyuntingan tidak mengubah isi dari makalah sehingga keaslian, pengambilan sumber referensi, dan mungkin terjadi (seandainya) plagiat atas karya orang lain merupakan tanggung jawab penulis yang bersangkutan.

Semoga semua pihak dapat memaklumi dengan kondisi tersebut. Diucapkan terima kasih atas bantuan semua pihak yang terlibat sehingga proses penyuntingan untuk Prosiding Seminar Nasional ini dapat diselesaikan, disusun, dan diterbitkan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Banda Aceh, 19 September 2019

Tim Editor

STEERING COMMITTEE

Han Ay Lie, Ir., M.Eng., Dr., Prof. (UNDIP)
Leksmono Suryo Putranto, M.T., Ph.D., Prof. (UNTAR)
Manlian Ronald A. Simanjuntak, ST., M.T., Dr., Prof. (UPH)
Stefanus Adik, Ph.D., Prof. (UNS)
Yoyong Arfiadi, Ir., M.Eng., Ph.D., Prof. (UAJY)
Anissa Maria Hidayati, Ir., M.T., Dr. (UDAYANA)
Bambang E. Yuwono, Ir., Dr. (USAUTI)
Dwi Prasetyanto, Ir., M.T., Dr. (ITENAS)
Emma Akmalah, Ph.D. (ITENAS)
A.P. Candra Dharmayanti, S.T., M.Sc., Ph.D. (UDAYANA)
Gede Pringgana, S.T., M.T., Ph.D. (UDAYANA)
Herman, Ir., M.T., Dr. (ITENAS)
I Ketut Sudarsana, S.T., Ph.D. (UDAYANA)
Dwijoko Ansusanto, Ir., M.T., Dr. (UAYJY)
Jack Wijayakusuma, Dr.-Ing. (UPH)
Koesmargono, Ir., M.C.M., Ph.D. (UAYJY)
Luky Handoko, S.T., M.Eng., Dr.Eng. (UAYJY)
Mawiti Infantri Yekti, S.T., M.T., Dr. (UDAYANA)
Muhammad Abdurrahman, Ir., M.T., Ph.D. (ITB)
Niken Silmi Suryandari, S.T., M.T., Dr. (UNS)
Onnyxiforus Gondokusumo, Ir., M.Eng., Dr. (UNTAR)
Rintis Hadiani, Ir., M.T., Dr. (UNS)
Sholihin As'ad, Ir., M.T., Dr. (UNS)
Sugeng Wijanto, Ir., M.Eng., Ph.D. (USAUTI)
Trihono Kadri, Ir., M.S., Dr. (USAUTI)
Wati Asriningsih Pranoto, Ir., M.T., Dr. (UNTAR)
Widodo Kushartomo, S.Si., M.Si., Dr. (UNTAR)
Wiryanto Dewobroto, Ir., M.T., Dr. (UPH)
Yessi Nirwana Kurniadi, S.T., M.T., Ph.D. (ITENAS)
Yuki Achmad Yakin, S.T., M.T., Dr. (ITENAS)
Teuku Budi Aulia, Dr.-Ing Ir., Dipl.Ing (UNSYIAH)
Bambang E. Yuwono, Ir., Dr. (USAUTI)
Lisa Oksri Nelfia, S.T., M.T, M.Sc. Dr. (USAUTI)
Daniel Hartanto, S.T., M.T. (UNIKA Soegijapranata)
Hermawan, S.T., M.T., Dr. (UNIKA Soegijapranata)
Djoko Suwarno, Ir., M.Si., Dr. (UNIKA Soegijapranata)
Maria Wahyuni, Ir., M.T., Dr. (UNIKA Soegijapranata)
Budi Santosa, Ir., M.T. (UNIKA Soegijapranata)

KATA SAMBUTAN

KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS SYIAH KUALA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT karena berkat rahmat-Nya yang berlimpah maka Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke-13 dapat diselenggarakan pada tanggal 19-21 September 2019 di Banda Aceh.



Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) adalah pertemuan ilmiah tahunan di bidang teknik sipil yang telah diselenggarakan sejak tahun 2007. Penyelenggaraan KoNTekS diinisiasi oleh Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY) yang kemudian semakin berkembang sehingga akhirnya terbentuk konsorsium sebagai penyelenggara KoNTekS. Hingga saat ini konsorsium beranggotakan Program Studi dari Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY), Universitas Pelita Harapan (UPH), Universitas Udayana (UNUD), Universitas Trisakti (USAHKI), Universitas Sebelas Maret (UNS), Institut Teknologi Nasional (ITENAS), Universitas Tarumanagara (UNTAR), Universitas Katolik Soegijapranata, dan Universitas Syiah Kuala (UNSYIAH). Konsorsium ini merupakan wadah kerjasama antar Program Studi Teknik Sipil yang menjadi anggotanya di mana kegiatannya akan terus dikembangkan sehingga mampu memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi dunia Teknik Sipil di Indonesia. Selain itu, KoNTekS telah mendapat dukungan sepenuhnya dari Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI) dan telah dijadikan konferensi tahunan BMPTTSSI. Pada penyelenggaraan KoNTekS-13, konsorsium mempercayakan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala sebagai host dalam penyelenggaraan konferensi nasional ini. Mengacu pada perkembangan industri konstruksi dengan memperhatikan aspek mitigasi kebencanaan dan isu lingkungan, maka konferensi nasional ini dipilih dengan tema: "Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan".

Dalam menyuksekan agenda ilmiah ini, banyak pihak yang terlibat. Maka dengan itu, kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada Rektor Universitas Syiah Kuala, Dekan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Komite Ilmiah dan para Reviewer KoNTekS 13, Moderator, dan semua pihak sponsor yang telah mendukung kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga dihantarkan kepada Bapak/Ibu presenter yang sudah bersedia mengirimkan makalah dan dipresentasikan pada kegiatan ini. Serta terima kasih juga saya ucapkan kepada para peserta yang sudah meluangkan waktu untuk hadir pada acara ini. Terakhir, terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang sudah mendukung kegiatan ini yang tidak bias disebut satu-persatu sehingga acara ini dapat terlaksana.

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13
"Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan"

Akhir kata, saya ucapkan terima kasih kepada panitia yang telah bekerja keras selama persiapan dan prosesi konferensi ilmiah ini. Semoga hasil dari konferensi ini dapat menjadi sumbangan pemikiran untuk riset dan profesi Teknik Sipil dalam mendukung pembangunan yang berkelanjutan.

Banda Aceh, 19 September 2019

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala



Dr. -Ing Ir. Teuku Budi Aulia, Dipl. Ing.

KATA SAMBUTAN

KETUA PANITIA KONTEKS KE-13

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Pertama-tama saya ingin menyampaikan syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga acara Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke-13 dapat terlaksana dengan baik pada tanggal 19-21 September 2019. Serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat beliau.



KoNTekS ke-13 ini mengambil tema:

"Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan"

Pada KoNTekS ke-13 ini menghadirkan keynote speakers dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), Universitas Gadjah Mada, Institut Teknologi Bandung, dan Universitas Syiah Kuala. Lebih dari 200 makalah dipresentasikan pada pertemuan ilmiah ini dari berbagai universitas di Indonesia dan praktisi. Makalah tersebut terdiri dari konsentrasi struktur, material, manajemen konstruksi, geoteknik, transportasi, infrastruktur, hidroteknik, lingkungan, dan mitigasi bencana.

KoNTekS juga didukung oleh Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI), yang bertujuan untuk mewujudkan penyelenggaraan materi kuliah dan proses pembelajaran yang setara bagi seluruh prodi Teknik Sipil di seluruh Indonesia. Sebagai penyelenggara KoNTekS kali ini, kami merasa bangga dengan kepercayaan yang diberikan oleh BMPTTSSI ini. Apalagi Rapat Bamus XII juga diselenggarakan bersamaan dengan kegiatan KoNTekS ini, untuk membahas mengenai perkembangan kurikulum prodi Teknik Sipil dan memilih lokasi penyelenggaraan KoNTekS ke-14 tahun depan.

Terselenggaranya konferensi ini tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Saya ingin berterima kasih kepada para sponsor yang telah mendukung secara moril dan finansial sehingga pelaksanaan acara KoNTekS ke-13 ini dapat berjalan dengan sukses.

Selaku Ketua Panitia, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada jajaran pimpinan Universitas/Fakultas/Jurusan atas kepercayaan yang diberikan kepada saya. Saya juga mengucapkan ribuan terima kasih pada panitia yang telah berjuang dan mencurahkan segenap tenaga, waktu, serta pikiran untuk mensukseskan Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke-13 ini. Tanpa kerjasama yang baik, maka acara KoNTekS ke-13 ini tidak akan berjalan dengan

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13
"Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan"

lancar. Oleh karenanya saya sangat mengapresiasi apa yang telah dikerjakan oleh para panitia. Sekali lagi terima kasih saya ucapan dari lubuk hati saya yang paling dalam.

Akhir kata, kami ucapan selamat berseminar kepada segenap presenter, pemakalah, dan peserta. Semoga konferensi ini memberi hasil yang bermanfaat bagi perkembangan industri konstruksi dan pendidikan Teknik Sipil di Indonesia. Atas nama panitia, saya juga mohon maaf yang sebesar-besarnya jika ada hal yang kurang dalam penyelenggaraan KoNTekS ke-13 ini.

Banda Aceh, 19 September 2019

Wassalam,



Dr. Renni Anggraini, S.T., M.Eng.

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13

"Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan"

Analisis Numerik Perilaku Mekanik Balok Beton Bertulang dengan dan Tanpa Sengkang (Dimas Arief Wicaksono, Reni Suryanita, Zulfikar Djauhari).....	90
Analisis Sifat Mekanik Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete Menggunakan Program LUSAS V17 (Roma Dearn, Reni Suryanita, Ismeddiyanto)	96
Analisis Perilaku Mekanik pada Balok Beton Bertulang Pascabakar dengan Menggunakan Program LUSAS V17 (Dede Eldi Kurniawan, Reni Suryanita, Zulfikar Djauhari)	102
Perilaku Seismik Struktur Rangka Beton Bertulang Bertingkat Rendah dengan Perkuatan <i>Wing Wall</i> (I Ketut Sudarsana, I Gede Adi Susila, I Putu Eka Darmawan).....	108
Analisis Kekuatan Abutment Jembatan Kr. Tingkeum terkait Pergantian Struktur Bangunan Atasnya (Munawir dan Meillyta).....	119
Aplikasi Frequency Domain Decomposition (FDD) pada Struktur Portal Ruang (Richard Frans dan Yoyong Arfiadi).....	128
Pengaruh Deformasi Geser pada Program Bantu Analisis Struktur REALIN2D untuk Portal 2 Dimensi (Yoyong Arfiadi)	136
Perilaku dan Daktilitas Perbaikan Sambungan Balok dan Kolom Beton Bertulang (Zardan Araby, Abdullah, Mochammad Afifuddin)	146
Kekuatan Kolom Hidrolis dalam Memikul Beban Rumah Panggung di Daerah Rob, Kelurahan Kemijen, Kota Semarang (Widija Suseno Widjaja, Etty E. Listiati, I.M. Tri Hesti Mulyani, B. Tyas Susanti)	154
Kuantifikasi Pasokan Redaman Pendisipasi Energi Metal (Junaedi Utomo, Muslinang Moestopo, Adang Surahman, Dyah Kusumastuti).....	163
Pemanfaatan Open Source Software Opensees Melalui Interpreter Python untuk Analisis Gempa pada Bangunan Beton Bertulang (Irwandi Irwandi, Rudiantyah Putra, dan Khaizal Jamaluddin)	170
Evaluasi Perilaku Struktur Gedung akibat Perubahan Fungsi dari Hotel Menjadi Rumah Sakit di Banda Aceh (Djaiz Rizqy Muchnirwandi, Surya Bermansyah, Yulia Hayati)	179
TEMA B: MATERIAL.....	190
Pengaruh Kadar Air Pada Parameter Geser Tanah Organik yang Distabilisasi dengan Limbah Karbit dan Abu Ampas Tebu (John Tri Hatmoko dan Luky Handoko)	191
Studi Parametrik pada Tanah Lempung Berplastisitas Rendah yang Distabilisasi dengan Semen (Hendra Suryadharma dan John Tri Hatmoko).....	201
Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Abu Sabut Kelapa dan Abu Sekam Padi sebagai Pengganti Filler (Veranita dan Rinaldy)	211
Kajian Kuat Lentur Pelat <i>Floating Concrete</i> (Hazairin, Bernardinus Herbudiman, Erma Desmaliana, Bangkit Pajar Dinillah).....	220

Kajian Kuat Lentur Pelat *Floating Concrete*

Hazairin, Bernardinus Herbudiman, Erma Desmaliana, Bangkit Pajar Dinillah

Jurusian Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Jl. PHH Mustofa 23 Bandung 40124
Email: herin_hz@yahoo.com, herbudimanb@yahoo.com, edesmaliana@gmail.com,
bangkitpajard@gmail.com

ABSTRAK

Floating concrete merupakan inovasi teknologi beton ramah lingkungan untuk mendukung pembangunan infrastruktur di Indonesia. *Floating concrete* dengan styrofoam sebagai lapisan inti ini dapat digunakan untuk elemen struktur pelat. Penelitian ini bermaksud untuk mengkaji secara eksperimental sifat mekanik *floating concrete* dengan berbagai variasi tebal styrofoam sebagai lapisan inti, serta mengkaji secara numerikal kapasitas lentur pelat *floating concrete* dengan memodelkan pelat di atas fondasi elastis. Penelitian ini menggunakan campuran beton dengan variasi tebal styrofoam sebagai lapisan inti sebesar 10 cm dan 12 cm. Benda uji yang digunakan untuk setiap varian adalah 3 benda uji pelat yang berukuran 100x100x14 cm untuk kuat lentur dan 3 benda uji beton silinder yang berukuran 10x20 cm untuk kuat tekan. Sifat mekanik yang diuji adalah kuat lentur pelat *floating concrete* pada umur 28 hari, serta kuat tekan beton pada umur 7 dan 28 hari untuk uji kuat tekan beton. Hasil eksperimen menunjukkan nilai berat jenis pelat *floating concrete* dengan varian tebal 10 cm dan 12 cm adalah 714,3857 kg/m³ dan 656,35 kg/m³. Nilai tinggi tenggelam pelat *floating concrete* dengan varian tebal 10 cm dan 12 cm adalah 0,1 m dan 0,105 m. Nilai kuat lentur pelat *floating concrete* dengan varian tebal 10 cm dan 12 cm adalah 2,04 kN-m dan 2,40 kN-m. Dari hasil eksperimen menunjukkan bahwa pelat *floating concrete* mencapai kekuatan struktural dan penggunaannya layak direkomendasikan sebagai material struktur.

Kata kunci: kuat lentur, pelat, *floating concrete*

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, konstruksi struktur apung sudah mulai diaplikasikan di Indonesia seperti Floating Market Lembang, restoran terapung 2 lantai di Sungai Kahayan Palangkaraya (Kalimantan Tengah), Istora Jatiluhur dan lainnya. Konstruksi struktur apung ini dapat menanggulangi permasalahan banjir terutama daerah yang topografinya unik (garis permukaan air laut lebih tinggi dari daratan). Struktur apung. Berdasarkan penjelasan tersebut, akhirnya objek dalam penelitian ini difokuskan untuk mengkaji elemen beton yang mampu meloloskan air (beton porous) sehingga air dapat berinfiltasi ke dalam tanah.

Penelitian terhadap *floating concrete* sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya penelitian Irle, et al. (2004) yang menunjukkan bahwa *floating concrete* yang terbuat dari beton ringan dengan limbah gabus (*cork waste*) memiliki nilai kuat tekan tertinggi sebesar 3.8 MPa pada MIX1 dan kuat tarik belah yang tinggi sebesar 1.81 MPa pada MIX2. Selanjutnya, penelitian Khan, et al. (2018) menyebutkan bahwa *floating concrete* menggunakan batu apung dan manik-manik Thermocol (Thermocol beads) sebagai alternatif substitusi agregat kasar menghasilkan berat jenis yang lebih rendah dibandingkan beton konvensional. *Floating concrete* dengan kadar substitusi batu apung dan manik-manik Thermocol (Thermocol beads) 50% dan proporsi campuran 1:1:2 memiliki kuat tekan dan kuat tarik belah tertinggi sebesar 5.6 MPa dan 1.14 MPa.

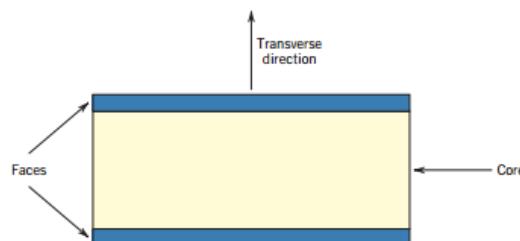
Kedua penelitian terdahulu yang telah dijelaskan sebelumnya memiliki kesamaan topik penelitian, yakni mengevaluasi kekuatan *floating concrete*, sehingga dalam penelitian ini penulis menganggap perlu untuk mengkaji secara eksperimental mengenai pengaruh beberapa variasi tebal lapisan inti

Styrofoam terhadap kekuatan lentur pelat *floating concrete*. Penelitian ini diharapkan memberikan informasi apakah pelat *floating concrete* dengan lapisan inti Styrofoam yang optimum dapat diaplikasikan untuk bahan konstruksi.

2. PELAT FLOATING CONCRETE

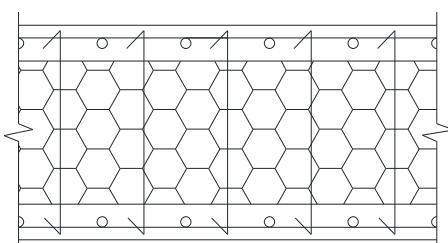
Bahan utama penyusun *floating concrete* adalah semen, air, agregat dan bahan tambah (baik fisik maupun kimia). *Floating concrete* memiliki berat jenis kurang dari 1000 kg/m^3 tidak seperti beton tradisional dengan berat jenis $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$. *Floating concrete* juga memiliki pengertian jenis beton yang memiliki kepadatan kurang dari air, serta mampu mengapung di atas air. Berdasarkan UU RI No. 17 Tahun 20018 tentang Pelayaran Pasal 1 Ayat 36, beton terapung dapat diklasifikasikan menjadi kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angina, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

Struktur *sandwich* merupakan struktur yang terdiri dari dua lapisan tipis, kaku dan kuat dari material padat yang dipisahkan oleh satu lapisan tebal yang terbuat dari material dengan berat jenis yang rendah, yang memiliki kekakuan dan kekuatan yang lebih rendah dari lapisan pengapitnya. Dua lapisan tipis yang terdapat pada struktur *sandwich* ini disebut juga dengan lapisan wajah (*faces*), dan satu lapisan tengah disebut dengan lapisan inti (*core*) seperti terlihat pada Gambar 1. Struktur *sandwich* yang efisien didapatkan apabila berat lapisan inti dari struktur *sandwich* tersebut sama dengan jumlah berat lapisan pengapitnya.



Gambar 1. Struktur beton *sandwich*

Pelat beton *sandwich* yang terdiri dari 2 (dua) lapisan tipis yang dihubungkan dengan lapisan inti (*core*) menggunakan hubungan penghubung geser (*shear connector*) menghasilkan struktur komposit seperti terlihat pada Gambar 2. Pemasangan jarak antar *shear connector* tergantung pada jumlah keperluan *shear connector* pada setiap bentang. Berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal 2d menyatakan bahwa jarak minimum dari pusat suatu *shear connector* ke suatu tepi bebas pada arah dari gaya geser harus 8 inchi atau $\pm 203 \text{ mm}$ untuk beton normal, serta 10 inchi $\pm 250 \text{ mm}$ untuk beton ringan.

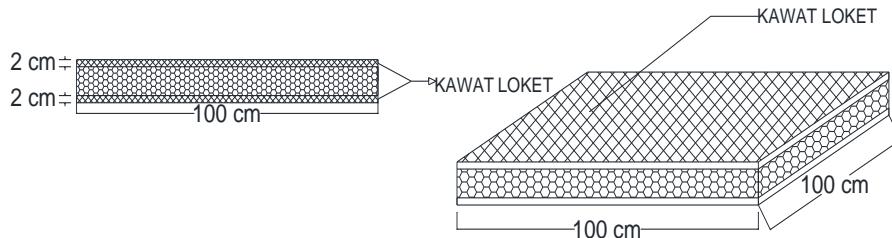


Gambar 2. *Shear connector* pada pelat *sandwich*

Komposisi Pelat *Floating Concrete*

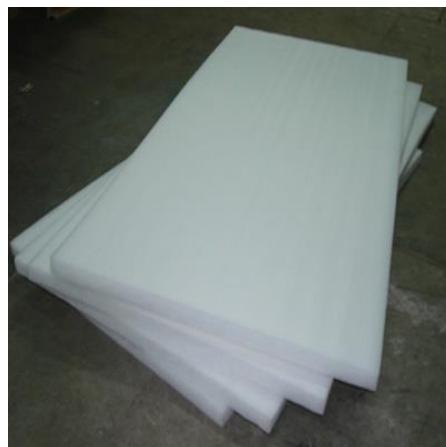
Kawat loket digunakan karena tipisnya lapisan kulit pada beton *sandwich*. Menurut Sulistyorini (2015) menyatakan bahwa kawat loket termasuk baja mutu tinggi dari hasil pengujian tarik kawat loket karena mempunyai tegangan leleh lebih dari $275 - 480 \text{ MPa}$. Kawat loket yang digunakan

berdiameter 0,6 mm spasi 6 mm x 6 mm ditempatkan pada lapisan kulit beton *sandwich* seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Shear connector* pada pelat *sandwich*

Styrofoam masih termasuk golongan plastik seperti terlihat pada Gambar 4. Pada umumnya styrofoam (*polystyrene foam*) berwarna putih yang memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruangan antar butiran yang berisi udara yang tidak baik menghantarkan panas, sehingga hal ini membuatnya menjadi insulator panas yang baik. Menurut Priyono (2014) sifat-sifat styrofoam yaitu memiliki berat jenis yang relatif ringan, tahan terhadap zat korosif (asam dan basa), memiliki titik leleh pada suhu 102°C – 106°C, mampu menahan panas, dapat memperlambat timbulnya panas hidrasi, dan dapat mengurangi beban gempa yang bekerja lebih kecil karena berat.



Gambar 4. *Styrofoam*

Hukum Archimedes

Gaya apung adalah selisih antara berat benda di udara dengan berat benda dalam zat cair. Benda yang terendam di dalam air mengalami gaya berat sendiri benda (F_G) yang bekerja vertikal ke bawah dapat dihitung dengan Persamaan 1 dan gaya apung (F_B) yang bekerja vertikal ke atas dapat dihitung dengan Persamaan 2. Besar gaya apung sama dengan berat zat cair yang dipindahkan benda. Gaya berat bekerja pada pusat berat benda; dan gaya apung bekerja pada pusat apung, yang sama dengan pusat berat zat cair yang dipindahkan benda. Pada kondisi mengapung, berat benda adalah sama dengan gaya apung dapat dihitung dengan Persamaan 3. Beban yang harus diletakan di atas benda supaya benda tenggelam di dalam air dapat dihitung dengan Persamaan 4 berikut (Triatmodjo, B., 2011).

$$F_G = \rho_b g V_b \quad (1)$$

$$F_B = \rho_a g V_{bt} \quad (2)$$

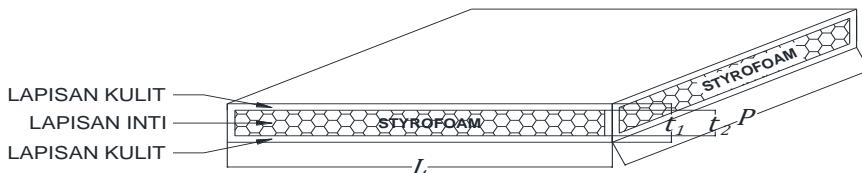
$$W = F_B \quad (3)$$

$$W = F_G + F_S \quad (4)$$

dengan F_G = gaya berat sendiri beton, F_B = gaya apung, F_S = gaya tenggelam, W = berat benda di udara, ρ_b = massa jenis benda, ρ_a = massa jenis air, g = gravitasi, V_b = volume total benda, dan V_b = volume benda tenggelam.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan bersifat eksperimental di laboratorium dengan mengadakan suatu percobaan langsung untuk mendapatkan data-data dan hasil dari variabel-variabel yang diteliti. Benda uji yang dibuat menggunakan agregat dengan ukuran maksimum 5 mm. Kuat tekan rencana benda uji berkisar 20 MPa dengan slump rencana 12 ± 2 mm. Penentuan kuat tekan rencana menggunakan metode Dreux Gorisse. Benda uji yang digunakan adalah pelat beton dan silinder beton. Pelat beton dibuat sebanyak 2 buah dengan ukuran panjang 1000 mm, lebar 1000 mm, serta tebal styrofoam 100 mm pada benda uji 1 dan tebal styrofoam 120 mm pada benda uji 2 untuk uji berat jenis dan gaya apung pelat *floating concrete*. Jumlah benda uji untuk setiap varian adalah 3 buah benda uji silinder beton berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk uji kuat tekan *floating concrete*.



Gambar 5. Konfigurasi benda uji

Pada penelitian ini dilakukan beberapa jenis pengujian, diantaranya adalah: pengujian kuat tekan beton, pengujian berat jenis pelat *floating concrete*, dan pengujian apung pelat *floating concrete*. Sementara itu, penelitian ini menggunakan alat-alat utama sebagai berikut: *universal testing machine* (UTM) digunakan untuk menguji kuat tekan beton, serta alat kolam untuk pengujian berat jenis dan gaya apung pelat *floating concrete*.

Dalam penelitian ini juga dilakukan perhitungan kuat lentur secara teroritis dengan menggambarkan regangan-tegangan yang terjadi pada pelat *floating concrete*, serta pemodelan pelat *floating concrete* yang diasumsikan seperti pelat di atas fondasi elastis menggunakan *software* analisis struktur secara numerik.

Pembuatan Benda Uji

Prosedur pembuatan benda uji pada penelitian ini dengan membersihkan peralatan yang akan digunakan, mempersiapkan bahan sesuai dengan komposisi campuran (agregat kasar, agregat halus, semen dan air) yang telah dihitung lalu mencampur keempat bahan tersebut ke dalam molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan. Pengujian uji slump dilakukan sebelum memasukan beton segar hasil pencampuran ke dalam bekisting. Setelah uji slump campuran beton segar dimasukan ke dalam bekisting setinggi 20 mm (Gambar 6), styrofoam dengan variasi 100 mm atau 120 mm lalu diletakkan di atas campuran beton segar dalam bekisting (Gambar 7), lalu masukan kembali campuran beton segar di atas styrofoam sebagai lapisan terakhir setinggi 20 mm hingga bekisting tertutup dan ratakan (Gambar 8). Benda uji tersebut didiamkan selama 3 hari, setelah 3 hari bekisting dibuka serta dilakukan curing beton dengan menyiram air tiga kali sehari.



Gambar 6. Proses pengisian lapisan kulit pelat *floating concrete*



Gambar 7. Proses pengisian lapisan inti styrofoam pelat *floating concrete*



Gambar 8. Proses pengisian lapisan kulit terakhir dan pemerataan permukaan pelat *floating concrete*

Pelaksanaan Pengujian Benda Uji

Benda uji berupa pelat diletakan di atas air dan diberikan beban di atas pelat tersebut seperti terlihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Setting up benda uji pelat *floating concrete*

4. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Komposisi Benda Uji

Komposisi benda uji pada penelitian ini dibuat berdasarkan hasil volume yang didapat dari perhitungan beton normal, kemudian hasil komposisi yang didapat dicocokan kembali dengan komposisi penggunaan material yang terdapat dalam metode Dreus Gorisse seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Benda Uji *Floating Concrete*

Material	Kebutuhan / m ³
Air	259,67
Semen	402,49
Agregat Kasar	808,68
Agregat Halus	737,55

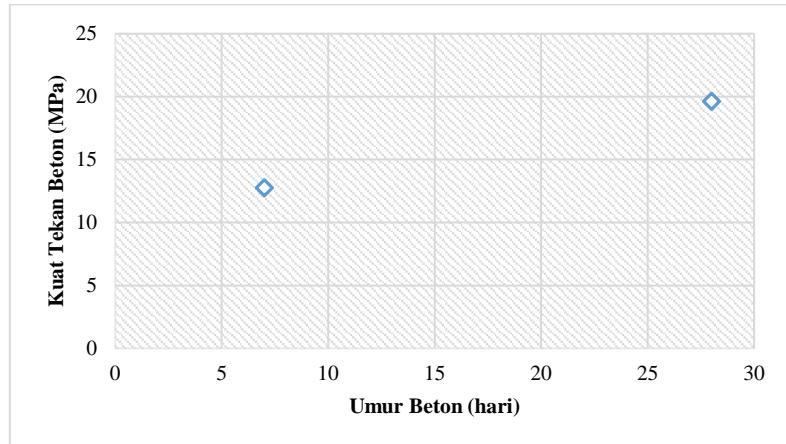
Uji Kuat Tekan *Floating Concrete*

Hasil pengujian kuat tekan rata-rata benda uji *floating concrete* pada umur 7 hari dan 28 hari secara rinci disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan *Floating Concrete*

Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	
	Umur 7 Hari	Umur 28 Hari
1	13	20
2	12,5	19,23
3	13	20
Rata-rata	12,75	19,62

Dari data hasil pengujian berat jenis juga diketahui bahwa semakin tebal styrofoam yang digunakan pada pelat *floating concrete*, maka semakin kecil pula nilai berat jenisnya. Hubungan antara tebal styrofoam dengan berat jenis dapat dilihat pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Tebal Styrofoam dengan Berat Jenis Pelat *Floating Concrete*

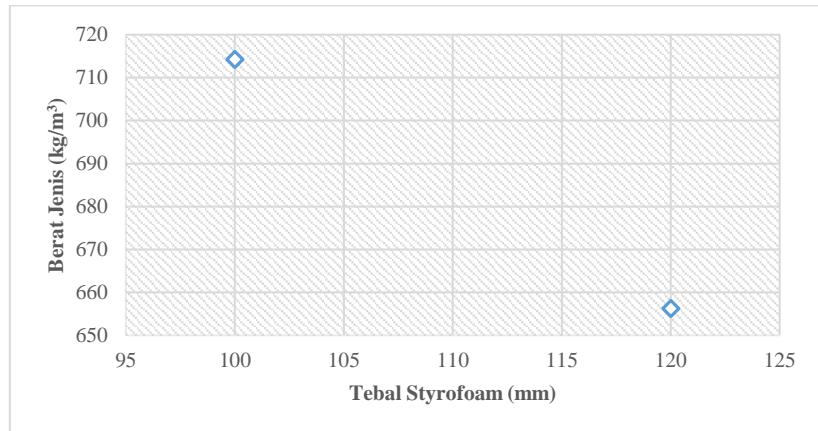
Uji Berat Jenis Pelat *Floating Concrete*

Pelat *floating concrete* dengan tebal styrofoam 100 mm memiliki nilai berat jenis terbesar pada umur 14 hari sebesar 714,3 kg/m³. Peningkatan tebal styrofoam memberikan dampak degradasi nilai berat jenis pada pelat *floating concrete*. Nilai berat jenis pelat *floating concrete* secara rinci disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Berat Jenis Pelat *Floating Concrete* pada Umur 14 Hari

Benda Uji	Berat Beton (kg)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Volume (mm ³)	Berat Jenis (kg/m ³)
PBS-1	100	1	1	0,14	0,14	714,3
PBS-2	105	1	1	0,16	0,16	656,3

Dari data hasil pengujian berat jenis juga diketahui bahwa semakin tebal styrofoam yang digunakan pada pelat *floating concrete*, maka semakin kecil pula nilai berat jenisnya. Hubungan antara tebal styrofoam dengan berat jenis dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Tebal Styrofoam dengan Berat Jenis Pelat *Floating Concrete*

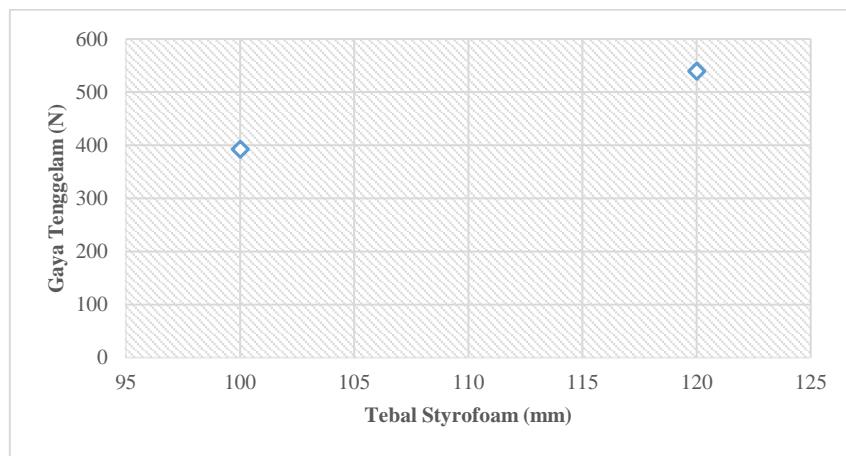
Uji Apung Pelat *Floating Concrete*

Pelat *floating concrete* dengan tebal styrofoam 100 mm memiliki nilai gaya tenggelam dan tinggi tenggelam terkecil pada umur 14 hari sebesar 392,41 N dan 10 mm. Peningkatan tebal styrofoam memberikan dampak gradasi nilai gaya tenggelam dan tinggi tenggelam pada pelat *floating concrete*. Nilai gaya tenggelam dan tinggi tenggelam pelat *floating concrete* secara rinci disajikan pada Tabel 4.

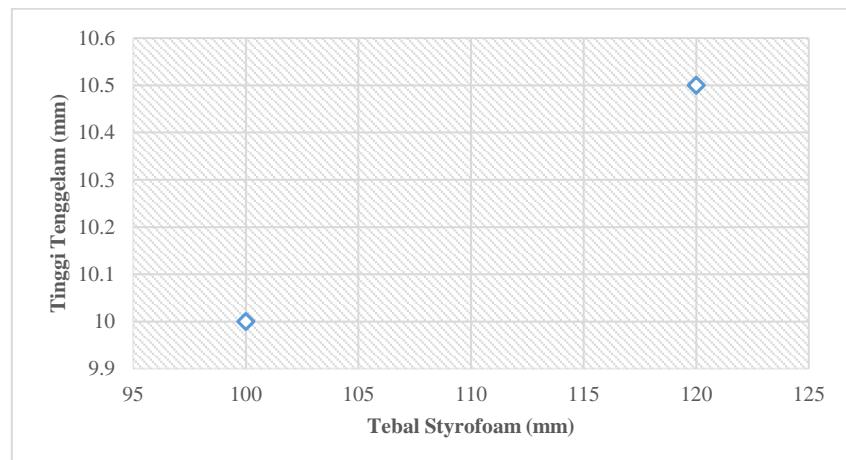
Tabel 4. Nilai Tinggi Tenggelam dan Gaya Tenggelam Pelat *Floating Concrete* pada Umur 14

Benda Uji	Hari			
	Tebal Styrofoam (mm)	Berat Jenis (kg/m³)	Tinggi Tenggelam (mm)	Gaya Tenggelam (N)
PBS-1	100	714,3	10	392,41
PBS-2	120	656,3	10,5	539,55

Dari data hasil pengujian apung juga diketahui bahwa semakin tebal styrofoam yang digunakan pada pelat *floating concrete*, maka semakin besar pula nilai tinggi tenggelam dan gaya tenggelamnya. Hubungan antara tebal styrofoam dengan tinggi tenggelam dan gaya tenggelam dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13 berikut ini.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Waktu dengan Permeabilitas Beton *Porous*



Gambar 13. Grafik Perbandingan Waktu dengan Permeabilitas Beton *Porous*

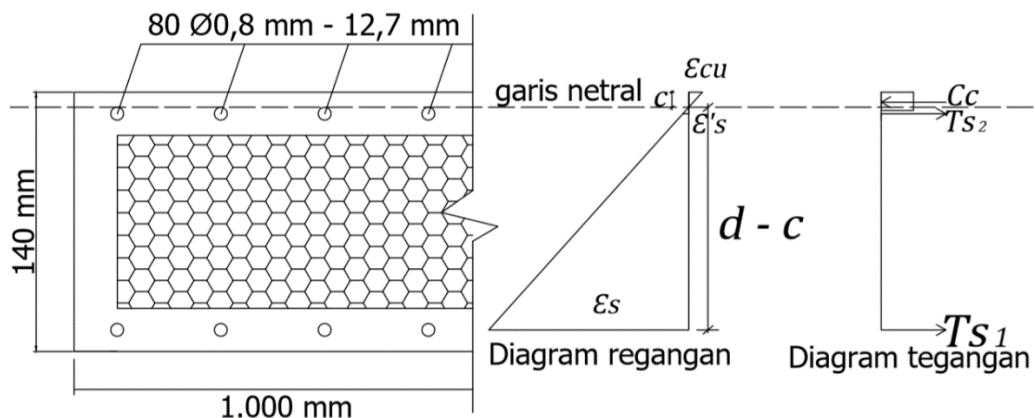
Kuat Lentur Pelat *Floating Concrete*

Pelat *floating concrete* dengan tebal styrofoam 120 mm memiliki nilai kuat lentur terbesar sebesar 3,30 kNm secara teoritis dan 2,40 kNm secara numerik. Peningkatan tebal styrofoam memberikan dampak gradasi nilai kuat lentur pada pelat *floating concrete*. Perbandingan nilai kuat lentur pelat *floating concrete* secara rinci disajikan pada Tabel 5.

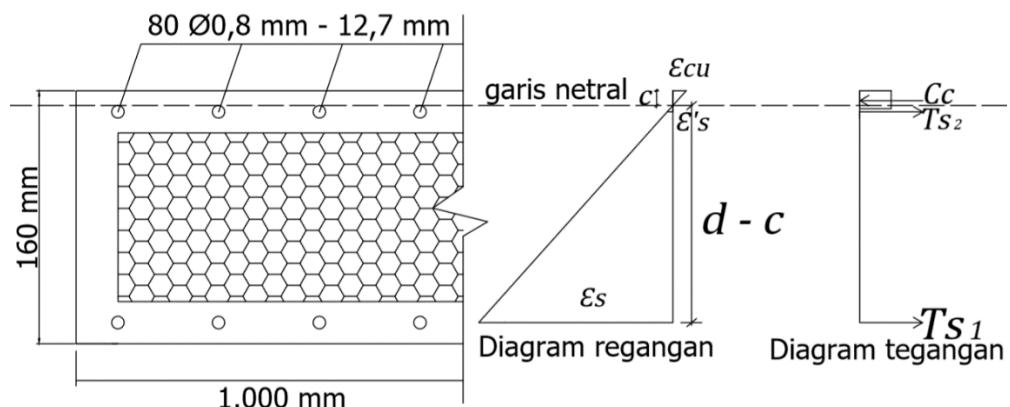
Tabel 5. Hasil Perhitungan Kuat Lentur Pelat *Floating Concrete*

Benda Uji	Kuat Lentur (kNm)	
	Teoritis	Numerik
PBS-1	2,86	2,09
PBS-2	3,30	2,40

Perhitungan kapasitas dan perencanaan lentur didasarkan atas kesetimbangan gaya-gaya yang terjadi pada penampang akibat pengaruh momen lentur luar dan juga kompatibilitas regangan yang berkerja. Adapun diagram regangan dan tegangan desain pelat *floating concrete* pada Gambar 14 dan Gambar 15 berikut ini.



Gambar 14. Diagram Regangan-Tegangan Desain Pelat *Floating Concrete* PBS-1



Gambar 15. Diagram Regangan-Tegangan Desain Pelat *Floating Concrete* PBS-2

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis terhadap data hasil pengujian dan perhitungan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kuat lentur pelat *floating concrete* secara teoritis memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan kuat lentur hasil numerik. Hal ini menunjukkan bahwa apabila kuat lentur secara numerik memiliki nilai yang besar daripada perhitungan kuat lentur teoritis maka pelat tersebut akan mengalami retak.
- b. Berat jenis pelat *floating concrete* mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya tebal styrofoam. Nilai berat jenis pelat *floating concrete* ini dapat diklasifikasikan sebagai ringan dengan range berat jenis maksimum 800 kg/m^3 . Hal ini menunjukkan bahwa tebal styrofoam sangat berpengaruh terhadap terjadinya berat jenis pada pelat *floating concrete*. Nilai berat jenis tertinggi pada PBS-1 (lapisan inti styrofoam 100 mm) sebesar $714,3 \text{ kg/m}^3$.
- c. Pelat *floating concrete* yang menggunakan styrofoam pada lapisan inti dengan tebal 100 mm dan 120 mm ini mampu mengapung di atas air, dapat dibuktikan dari berat jenisnya yang lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis air sebesar 1000 kg/m^3 .

DAFTAR PUSTAKA

Callister, W. D. (1997). *Material Science and Engineering – An Introduction*. Department of Metallurgical Engineering The University of Utah, Brazil.

Irle, M., Karade, S., dan Maher, K. (2004). “Floating Concrete Light-weight Concrete from Granulated Cork Waste”. ICECFOPI – 1st International Conference on Environmentally- Compatible Forest Products, Portugal, 22-24 September 2004, 235-244.

Khan, T., Killeda, I., Malik, S., Muhathasheem, R. F., Jagannatha, G. M., dan Shivakumara, B., (2018). “An Experimental Study on Floating Concrete Using Lightweight Materials”. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Vol. 5, 2325-2331.

Priyono, J. Y. (2014). “Pengaruh Penggunaan Styrofoam sebagai Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton”. *Konstruksia*, Vol. 5, 58-59.

Sulistyorini, D. (2015). “Kuat Tekan Panel Partisi dari Limbah Styrofoam yang Dilapisi Kawat Loket”. *Science Tech*, Vol. 1, 10.

Triatmodjo, B. (2011). *Hidraulika 1*. Beta Offset, Yogyakarta.



KoNTekS 13

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL 13
BANDA ACEH

Sertifikat

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL 13

*“Inovasi sains dan teknologi dalam penerapan
Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan
Berwawasan Lingkungan”*



19 - 21 SEPTEMBER 2019
BANDA ACEH - INDONESIA

diberikan kepada:

Hazairin
sebagai
PEMAKALAH

Ketua Jurusan Teknik Sipil Unsyiah



Dr. Teuku Budi Aulia, ST., Dipl. Ing

Banda Aceh, 19 September 2019
Ketua Panitia Konteks 13,



Dr. Renni Anggraini, ST., M.Eng





KoNTekS 13

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL 13
BANDA ACEH

Sertifikat

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL 13

*“Inovasi sains dan teknologi dalam penerapan
Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan
Berwawasan Lingkungan”*



19 - 21 SEPTEMBER 2019
BANDA ACEH - INDONESIA

diberikan kepada:

Bernardinus Herbudiman

sebagai

PEMAKALAH

Ketua Jurusan Teknik Sipil Unsyiah



Dr. Teuku Budi Aulia, ST., Dipl. Ing

Banda Aceh, 19 September 2019
Ketua Panitia Konteks 13,



Signature of Dr. Renni Anggraini, ST., M.Eng

Dr. Renni Anggraini, ST., M.Eng



KoNTekS 13

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL 13
BANDA ACEH

Sertifikat

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL 13

*“Inovasi sains dan teknologi dalam penerapan
Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan
Berwawasan Lingkungan”*

19 - 21 SEPTEMBER 2019
BANDA ACEH - INDONESIA

diberikan kepada:

Erma Desmaliana

sebagai

PEMAKALAH

Ketua Jurusan Teknik Sipil Unsyiah



Dr. Teuku Budi Aulia, ST., Dipl. Ing

Banda Aceh, 19 September 2019
Ketua Panitia Konteks 13,



Dr. Renni Anggraini, ST., M.Eng





KoNTekS 13

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL 13
BANDA ACEH

Sertifikat

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL 13

*“Inovasi sains dan teknologi dalam penerapan
Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan
Berwawasan Lingkungan”*

19 - 21 SEPTEMBER 2019
BANDA ACEH - INDONESIA

diberikan kepada:

Bangkit Pajar Dinillah
sebagai
PEMAKALAH

Ketua Jurusan Teknik Sipil Unsyiah



Dr. Teuku Budi Aulia, ST., Dipl. Ing

Banda Aceh, 19 September 2019
Ketua Panitia Konteks 13,



Dr. Renni Anggraini, ST., M.Eng