



**SURAT KETERANGAN**  
**MELAKUKAN KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**  
**No. 052/C.02.01/LP2M/I/2019**

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dr. Tarsisius Kristyadi, S.T., M.T.  
Jabatan : Kepala  
Unit Kerja : LP2M-Itenas  
JL. P.K.H. Mustafa No.23 Bandung

Menerangkan bahwa,

Nama	NPP	Jabatan
Dr.rer.nat. Dian Noor Handiani, S.Si., M.T.	20160605	Narasumber

Telah melakukan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat sebagai berikut :

Nama Kegiatan : Pembuatan Marine Environment Forecast Hazard and Warning System Tahap I  
Tempat : BMKG  
Waktu : Maret - Desember 2018  
Sumber Dana : PT. LAPI ITB dan BMKG

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 25 Januari 2019

Lembaga Penelitian dan Pengabdian  
kepada Masyarakat (LP2M) Itenas  
Kepala,



**itenas**  
L P P M

Dr. Tarsisius Kristyadi, S.T., M.T.  
NPP 960604

**LAPORAN AKHIR**  
**SURAT PERJANJIAN/KONTRAK**  
**Nomor: SPPB.10/PMEFHWS/PPK-MM/DEP.1/1X/2018**

**Pembuatan *Marine Environment Forecast Hazard and Warning System* Tahap I**

**ANTARA**



**BMKG**

**DENGAN**



To Serve for Your Betterment and the Nation

**PT LAPI ITB**

Desember 2018

## Halaman Pengesahan

**Judul Kegiatan** : Pembuatan *Marine Environment Forecast Hazard and Warning System* Tahap 1

### Anggota Kegiatan:

- |                       |   |  |
|-----------------------|---|--|
| a. Nama Lengkap       | : | Dr.rer.nat Dian N Handiani, S.Si., M.T.              |
| b. NIP/NIK            | : | 120160605  |
| c. NIDN               | : | 0411127504   |
| d. Pangkat/Golongan   | : | IIIC   |
| e. Jabatan Fungsional | : | Lektor   |
| f. Fakultas/Jurusan   | : | Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan/Teknik Geodesi |
| g. Alamat Institusi   | : | Jl. PHH. Mustapha No. 23 Bandung 40123               |
| h. Telpon/Faks/E-mail | : | 0818 104 400/handiani@itenas.ac.id                   |

Berdasarkan surat keterangan No. 0038/PT. LAPI ITB/S.Ket./I/2019 (Terlampir), PT. LAPI ITB Bandung yang bersangkutan diatas telah mengikuti kegiatan kerjasama antara PT. LAPI ITB dengan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di tahun 2018 (Maret-Desember), sebagai Tenaga Ahli dalam kegiatan tersebut dengan rincian sebagai berikut:

- |                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| Biaya           | : | Rp. 3.000.000,- (Tiga Juta Rupiah)                                     |
| Sumber Biaya    | : | PT. LAPI ITB dengan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) |
| Mitra Kerjasama | : | PT. LAPI ITB dengan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) |

Bandung, 15 Januari 2019

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Geodesi

Dr. Soni Darmawan, M.T.  
NPP: 1.2013.02.01

Anggota

Dr.rer.nat Dian N Handiani  
NPP: 1.2016.06.05

Menyetujui  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat  
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung



Dr. Tarsisius Kristyadi  
NIP: 1.1996.06.04

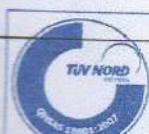
**SURAT KETERANGAN**  
No. 0038/PT LAPI ITB/S.Ket/I/2019

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Dr. Ir. Sugeng Rahardjo, M.Arch.**  
Jabatan : Direktur Utama PT. LAPI ITB  
Alamat : Jl. Ganesh No. 15, Gedung B, Bandung 40132

menerangkan bahwa nama yang tersebut di bawah ini:

No	Nama	NIK	Alamat	Jabatan
1	Dr. Eng. Aditya R. Kartadikaria, S.Si., M.Eng.	3271061505820026	KP. Munjur No. 42, Bogor	Ketua Tim
2	Dr. rer.nat. Rima Rachmayani, S.Si., M.Si	3217064501820001	Komp. PJKA G-45 Padasuka Indah II, Bandung Barat	Tenaga Ahli Pemodelan Oseanografi
3	Faruk Khadami, S.Si., M.Si.	3318212102920001	Karangwage RT. 002 RW. 002, Pati	Asisten Ahli Pemodelan Oseanografi
4	Hanif Santyabudhi Sutiyoso, M.Sc., S.Si.	3273231511920002	Jl. Mars Selatan XV No. 12 RT. 004 RW. 010, Bandung	Ahli Pengolahan dan Analisa Data Oseanografi
5	Dr. Ayi Tarya, S.Si., M.Si.	3273231005770017	Bodogol RT. 001, RW. 003, Kota Bandung	Ahli Pengolahan dan Analisa Data Oseanografi
6	Ardian Mahiru Rizal, S.Si.	3502161405940001	Jl. Terusan Kesatrian G-82, RT 001, RW. 003, Malang	Asisten Ahli Pengolahan dan Analisa Data Oseanografi
7	Iwan Pramesti Anwar, S.Si., M.Si.	3215202610930001	Dusun Pondok Bales, RT. 001, RW. 001, Karawang	Ahli Pengolahan dan Analisis Data Meteorologi
8	Dicky Prima Satya, S.T., M.T.	3273200811790001	Jl. Pratista Utara II No. 5, RT.004, RW. 015, Bandung	Ahli IT dan Programmer
9	Ruddy Kurnia, S.Si., M.Sc.	3273150105870004	Cipicung II No. 106/126 F, RT. 006, RW. 001, Bandung	Ahli IT dan Programmer



10	Dr. rer. nat. Dian Noor Handiani	3277025112750018	Jl. Gedung Empat No. F. 13, RT. 005, RW. 015, Cimahi	Ahli Pengolahan dan Analisa Data Oseanografi
11	Dr. Eng. Fitri Suciaty, S.Si, M.Si	3273265108850002	Jl. Taruna Raya No. 78, RT. 005, RW. 002, Bandung	Asisten Ahli
12	Karina Sujatmiko, S.Si, M.T	3273016404860002	Sarijadi Blok. 14 No. 129, RT. 001, RW. 005, Bandung	Asisten Ahli
13	Larasati Citra Sunaringati, S.Si.	3517067108950002	Dsn Sanan Selatan, RT. 003, RW. 003, Jombang	Asisten Ahli
14	Faisal Hisyam Muhammad, S.Si.	3271020209970001	Jl. Durian II No. 24, RT. 001, RW. 005, Bogor	Asisten Ahli
15	Jesaya Alfredo Alexandro Karyoto	6471032304960003	Jl. Inpres III, No. 46, Balikpapan	Asisten Ahli
16	Dr. Eng. Nining S. Ningsih, MS.	SIM:660113310950	Jl. Muntilan I, Q-38, Cimahi	Supervisi dan Narasumber (aktif)
17	Dr. Lamona Irmudyawati Bernawis S.Pi.,M.Sc.	3273096508770002	Jl. Banyak Rasa 8, Tatar Banyak Sumba, RT. 004, RW. 011, Bandung Barat	
18	Dr. Mariana Marselina S., S.Si., M.Si.	3204056603890002	Perum Padasuka Ideal, A5/8, RT. 005, RW. 009, Bandung	

terlibat dalam melaksanakan pekerjaan berikut;

**Pembuatan Marine Environment Forecast Hazard and Warning System Tahap I,** kerjasama antara PT LAPI ITB dengan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tahun 2018, pekerjaan diselesaikan dengan baik.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 14 Januari 2019

Hormat kami,  
PT. LAPI ITB



Dr. Ir. Sugeng Rahardjo, M.Arch.  
Direktur Utama *hd.*



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	i
DAFTAR LAMPIRAN .....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Keahlian KK-Oseanografi ITB .....	1
BAB II DEFINISI.....	3
2.1 Definisi dan Struktur File.....	3
2.2 Lingkup Pekerjaan Sesuai Proposal .....	4
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PEKERJAAN .....	6
BAB IV PENJELASAN PENGEMBANGAN APLIKASI .....	7
4.1 <i>Source Code</i> Hidrodinamika.....	7
4.2 Tahapan Kegiatan .....	9
BAB V TEKNIS PEMODELAN .....	12
5.1 Pengantar Teknis Pemodelan .....	12
5.1.1 Batimetri Perairan Indonesia .....	12
5.1.2 Koordinat Umum Sigma ( <i>Generalized Sigma Coordinate</i> ) .....	13
5.1.3 Nilai Syarat Awal .....	18
5.1.4 Nilai Syarat Batas .....	20
5.1.5 Gaya Pebangkit Luar ( <i>External Forcing: Atmospheric Forcing</i> ) .....	21
5.2 Hal-Hal yang Perlu Dipersiapkan .....	24
5.2.1 <i>External forcing (atmospheric forcings)</i> .....	24
5.2.2 <i>Lateral Forcing</i> (dari Model Laut yang Berdomain Lebih Besar).....	25
5.3 <i>Passive Particle Tracking</i> (Metode Lagrange).....	25
BAB VI TIM PENYUSUNAN LAPORAN .....	30
BAB VII JADWAL DAN KURVA-S PEKERJAAN .....	33
BAB VIII VISUALISASI .....	37
8.1 Batimetri.....	37
8.2 <i>Generalized Sigma</i> .....	38
8.3 <i>Tracers</i> Menggunakan NCL .....	39
8.4 <i>Tracers</i> Menggunakan Grads.....	41
8.5 <i>Time Series</i> .....	42
8.6 <i>Overlay</i> .....	43
BAB IX <i>USER GUIDE</i> .....	45
BAB X KESIMPULAN .....	54

DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN .....	56

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Dokumentasi Pelatihan PT LAPI ITB dan BMKG ..... 57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Strata <i>folder</i> dalam strata yang terstruktur (gambar sebelah kiri) dan starta data yang tidak terstruktur. ....	4
Gambar 4.1	Komponen utama dari pembuatan sistem peramalan dan peringatan kebencanaan yang terdiri dari: (1) Pengembangan model, (2) Sistem <i>particle tracking</i> , (3) Sistem peramalan dan prediksi kelautan. Setiap komponen dikembangkan pada tahapan-tahapan yang tercantum diatas, dan pada pekerjaan ini lebih difokuskan pada Tahap I (kotak berwarna hijau). ....	11
Gambar 5.1	Landasan batas kontinen dari beberapa negara di Asia (garis kuning) dan titik-titik terluar dari batas maritim wilayah Indonesia (segitiga merah)...	13
Gambar 5.2	<i>Arbitrary transect</i> dari South China Sea hingga Laut Banda. <i>Transect</i> ini menggambarkan struktur sebaran koordinat sigma.....	16
Gambar 5.3	<i>Arbitrary transect</i> dari Indian Ocean hingga Pacific Ocean. <i>Transect</i> ini menggambarkan struktur sebaran koordinat sigma.....	16
Gambar 5.4	<i>Arbitrary transect</i> dari Laut Filipina hingga Indian Ocean. <i>Transect</i> ini menggambarkan struktur sebaran koordinat sigma.....	17
Gambar 5.5	<i>Arbitrary transect</i> di Khatulistiwa. <i>Transect</i> ini menggambarkan struktur sebaran koordinat sigma.....	17
Gambar 5.6	Model fisik dan <i>particle tracking</i> .....	28
Gambar 5.7	Contoh hasil simulasi <i>particle tracking</i> pada lima lokasi yang berbeda. Pelepasan partikel dilakukan pada tiga waktu yang berbeda setiap tahunnya, yaitu 5, 10, dan 15 September selama 15 hari. ....	29
Gambar 7.1	<i>Timeline</i> waktu penggeraan operasional Oseanografi yang pendek.....	33
Gambar 8.1	<i>Tracer</i> temperatur (-25 m) pada 31 Januari 2016 (menggunakan NCL). ..	40
Gambar 8.2	<i>Tracer</i> temperatur (0 m) pada Januari 2016 (menggunakan Grads). ..	42
Gambar 8.3	<i>Time series</i> temperature pada Januari 2011 hingga Desember 2016. ....	43
Gambar 8.4	<i>Tracer</i> temperatur (-25 m) yang di-overlay dengan vektor arus pada 31 Januari 2016.....	44
Gambar 9.1	Tampilan awal <i>Terminal</i> Ubuntu.....	45
Gambar 9.2	Tampilan setelah mengetik ssh -X [userid]@peta-maritim.bmkg.go.id)....	46
Gambar 9.3	Tampilan setelah mengetik ssh -X [userid]@10.10.1.1).....	47
Gambar 9.4	Tampilan setelah mengetik "pwd" atau <i>present working directory</i> .....	47
Gambar 9.5	Tampilan setelah mengetik "ls" dan "cd IP-POM".....	48
Gambar 9.6	Tampilan isi dari <i>directory case</i> .....	48
Gambar 9.7	Tampilan isi dari <i>directory csh</i> . ..	48
Gambar 9.8	Tampilan isi dari <i>directory src</i> .....	48
Gambar 9.9	Tampilan isi dari <i>directory work</i> .....	49
Gambar 9.10	Tampilan <i>directory case</i> .....	49
Gambar 9.11	Tampilan setelah mengetikkan <i>command</i> "vi nama file".....	49
Gambar 9.12	Tampilan <i>directory work</i> .....	50
Gambar 9.13	Contoh penggambaran batimetri menggunakan Grads.....	52
Gambar 9.14	Tampilan isi <i>file</i> particle.inp2.case.....	52
Gambar 9.15	Tampilan isi <i>directory work</i> yang sudah terisi <i>file</i> particle.ind.....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Keterangan Nilai Awal yang Digunakan Dalam Pekerjaan Ini.....	19
Tabel 5.2 Parameter Meteorologi Maritim.....	22
Tabel 6.1 Daftar Tim Penyusun Laporan.....	31
Tabel 7.1 Jadwal Pekerjaan.....	34
Tabel 7.2 Rincian Anggaran Biaya Proyek BMKG.....	35

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Wilayah maritim laut Indonesia memiliki pengaruh karakteristik interaksi laut-atmosfer yang kuat. Interaksi yang kompleks antara atmosfer dan laut, misalnya sistem angin monsoon dan MJO, sangat mempengaruhi sistem sirkulasi laut regional di wilayah Indonesia (Macdonald and Wunsch, 1996; Gordon and Fine, 1996; Wright, 2001). Temperatur permukaan laut (SST) di wilayah Indonesia sangat terkait erat dengan *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) (Nicholls, 1983) dan fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) (Saji et al., 1999). Sistem arus di lapisan menengah diketahui dipengaruhi oleh keberadaan *Indonesian Through Flow* (ITF) yang bergerak dari Samudra Pasifik menuju Samudra Hindia dengan besar transport dapat mencapai 15 Sv ( $1 \text{ Sv} = 1.10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ ) (Gordon et al., 2003, Sprintall et al., 2009). Selain itu, di dalam wilayah maritim Indonesia, garis-garis pantai negara kesatuan Indonesia memiliki garis pantai yang rumit, dengan *slope* batimetri yang bervariasi karena pertemuan kedua lempeng Sunda dan Sahul. Hal ini menyebabkan sistem arus regional di laut Indonesia sangat kompleks dan bervariasi, sehingga tanpa usaha untuk mengetahui karakteristik serta pola perairan Indonesia, bangsa Indonesia akan sulit mengelola dan mendapatkan keuntungan dari periode harmonis karakteristik sistem arus Indonesia ini. Oleh karena itu, diperlukan suatu usaha untuk memonitoring sistem arus laut regional willya Indonesia.

Dokumen pekerjaan ini menjelaskan langkah awal Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) untuk memiliki sistem monitoring arus perairan Indonesia dengan resolusi yang tinggi, yaitu  $1/30^\circ$ . Sistem arus perairan Indonesia yang dibangun ini memiliki kemampuan untuk menangkap fenomena interaksi laut-atmosfer yang kompleks. Dengan demikian variabilitas intra musiman, musiman, tahunan, dan antar-tahunan dapat dimengerti dengan lebih baik lagi.

#### 1.2 Keahlian KK-Oseanografi ITB

PT LAPI ITB dalam hal ini, Kelompok Keahlian (KK) Oseanografi (OS), Institut Teknologi Bandung (ITB) telah mengembangkan pemodelan sirkulasi arus dalam skala regional. Pemodelan "sirkulasi arus" ini berbeda dengan pemodelan "arus" yang umumnya dikembangkan di Indonesia. Sirkulasi arus regional ini tidak hanya memuat gaya-gaya pembangkit arus yang bersifat lokal (*local forcing*) di daerah studi, tetapi juga meninjau

kondisi sirkulasi arus global (*remote forcing*) yang bergerak karena perbedaan persamaan keadaan yang terjadi didalam kolom air dan/atau di atmosfer. Selain itu, gerak arus tidak hanya disebabkan oleh pasang surut, gaya angin, atau perbedaan tekanan saja, tapi juga disebabkan oleh *air-sea heatflux* dan *freshwater flux* di permukaan laut serta kondisi *thermo-haline* di dalam kolom air. Interaksi gaya-gaya pembangkit di permukaan laut serta dinamika arus densitas menjadi faktor utama pergerakan sirkulasi arus global dan selanjutnya akan mempengaruhi kondisi sirkulasi arus regional. Kemampuan ini, yaitu keselarasan arus sirkulasi regional dengan arus global melalui perlakuan (*treatment*) *open boundary* yang representatif, yang kini ingin kami sinergikan dengan Kerangka Acuan Kerja (KAK) Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).

Pengembangan Sistem *a Near Real-time* (NRT) Model Sirkulasi Arus Tiga Dimensi (3D) merupakan fondasi pertama dan utama dalam pengembangan *cyber-infrastructure* kelautan. Dengan memiliki fondasi *single* model sirkulasi arus yang baik dan teruji, maka pengembangan *ensemble* model sirkulasi arus akan lebih dapat dipercaya. Dampak selanjutnya adalah tersedianya pengembangan *cyber-infrastructure* terkait pelaksanaan operasi penanggulangan bencana lingkungan, seperti marine debris, tumpahan minyak, dan aktivitas *Search and Rescue* (SAR) yang jauh lebih *robust* dengan sistem kontrol yang mudah di-*backtracing* kelemahan-kelemahannya. Andaikan kemampuan *frontier science* di bidang operasional oseanografi tidak dimiliki secara swadaya oleh Indonesia pada masa sekarang, akan dipastikan di masa depan Indonesia hanya akan menjadi pasar dari produk-produk *asing* dan mendapatkan produk jadi yang sangat *user friendly*, namun *lack of user understanding*.

## BAB II

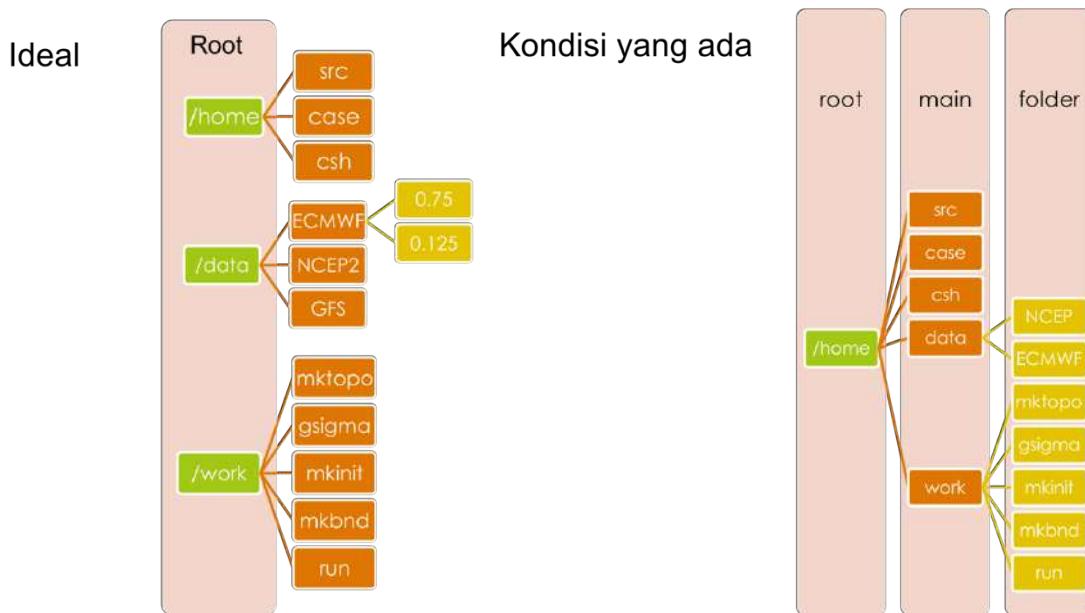
### DEFINISI

#### 2.1 Definisi dan Struktur File

Dalam pemodelan kita mengenal beberapa lokasi dan istilah:

- A. *Root /home*: Tempat kita menaruh file-file yang terkategori *private* (pribadi) dan biasanya diisi oleh *source code* dan data input. Karakteristik */home* ini adalah jumlah *memory* dan kapasitas HD (*hard disk*) yang terbatas dan hanya bisa diakses oleh user yang bersangkutan saja.
- B. *Root /scratch*: Tempat kita membuat *prototype source code* atau menyimpan *output* file yang masih dalam tahap pengembangan. Karakteristik */scratch* ini adalah waktu penyimpanan yang terbatas. Setelah file yang berada disana tidak pernah di “*touch*” atau diberi *time stamp* baru, maka file tersebut akan hilang dengan sendirinya.
- C. *Root /work*: Tempat kita menyimpan hasil-hasil *output*, tempat kita mengeksekusi *source code*, serta tempat kita menyimpan data *sharing*. Karakteristik */work* ini memiliki kapasitas *memory* dan kapasitas penyimpanan HD yang besar dan bisa diakses oleh rekan dalam satu *working group*.
- D. *Root /data*: Tempat database atau tempat penyimpanan segala data inputan atau data outputan yang memiliki nilai informasi.
- E. *Source code (src)*: Terdiri dari kode pemograman yang digunakan untuk simulasi atau *pre/post processing*. Dalam pekerjaan ini terdiri dari file fortran, grads, dan NCL.
- F. *Case file/namelist (case)*: Inputan parameter, *time step*, *directory file* atau kondisi simulasi yang dijalankan.
- G. *Shell Script build command (csh)*: *Script* untuk meng-*compile* semua *source data* yang digunakan serta mengarahkan lokasi *case/namelist* yang ingin dibaca.
- H. *Executable file*: Hasil *compiling* seluruh *source code*, dimana *executable file* ini merupakan file yang dihasilkan dari perpaduan *software* dan *hardware* yang ada pada komputer yang digunakan untuk simulasi.
- I. *Input files*: Jenis-jenis input data yang digunakan. Dapat berupa *ascii* atau unformatted data.
- J. *Output files*: Luaran dari hasil model.
- K. *Pre-processing*: Langkah-langkah awal yang digunakan untuk mempersiapkan model.
- L. *Post-processing*: Langkah untuk menganalisa luaran model untuk kepentingan Analisis atau visualisasi.

Strata folder pada *super computer* atau *high performance computing (HPC)* dibentuk sesuai dengan filosofi sederhana, dimana /home memiliki akar (*root directory*) yang berbeda dengan *working* atau *workshop folders* (/work atau /scratch). Begitupun *shareable database* yang bisa diakses oleh seluruh *users* memiliki independent *directory* dalam HPC untuk mengurangi potensi duplikasi data. Bentuk filosofi ini tergambar dalam Gambar 2.1 pada sub-gambar sebelah kiri. Namun demikian, ada kalanya kita menyusun folder-folder tersebut seperti ketika kita mendesain folder pada laptop atau *personal computer* kita (panel kanan pada Gambar 2.1).



**Gambar 2.1** Strata *folder* dalam strata yang terstruktur (gambar sebelah kiri) dan starta data yang tidak terstruktur.

## 2.2 Lingkup Pekerjaan Sesuai Proposal

Berikut pencantuman detail ruang lingkup pekerjaan yang kami usulkan dengan menyesuaikan rentang batas waktu yang diberikan:

- Implementasi pemodelan hidrodinamika baroklinik 3D beresolusi tinggi ( $1/30^\circ \approx 3,7$  km) untuk seluruh perairan kepulauan maritim Indonesia, meliputi: konfigurasi, parameterisasi, dan validasi model arus 3D baroklinik yang disesuaikan dengan karakteristik perairan Indonesia.
- Pemodelan hidrodinamika yang dikembangkan secara serial. Pengembangan pemodelan hidrodinamika yang paralel tidak dilakukan dalam penggerjaan ini.
- Penggunaan *klimatologi atmospheric forcing* yang diproduksi oleh *National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR) (Kalnay et al., 1996) untuk mencapai kondisi *warm-start*.

- Menggunakan *six-hourly atmospheric forcing* dari NCEP/NCAR *reanalysis product* yang disesuaikan dengan sumber daya komputer dan tenggang waktu pelaporan.
- Jika penggeraan diberikan dalam jangka waktu kurang lebih tiga (3) bulan, maka penyedia jasa wajib memastikan pemodelan hidrodinamika bekerja dengan baik dan dapat memodelkan *real atmospheric forcing* dalam variabilitas tahunan, sedikit-sedikitnya dalam dua (2) tahun.
- Pembuatan *offline passive particle tracking* untuk perairan lepas pantai Indonesia dengan memanfaatkan masukan data hasil model hidrodinamika pada poin pertama.
- Penyediaan aplikasi untuk evaluasi dan monitoring akurasi model hidrodinamika dengan data pengamatan *real time*.
- Penyediaan aplikasi untuk menjalankan sistem MEFHWS (Marine Environment System on Forecast Hazard and Warning System) secara otomatis meliputi *pre-processing topography, model run, post-processing*, dan visualisasi hasil keluaran model.
- Instalasi dan konfigurasi sistem pada sistem *High Performance Computing* (HPC) di Pusat Meteorologi Maritim BMKG.
- Dapat terintegrasi dengan sistem berjalan, diantaranya dengan sistem BMKG OFS dan MIDAS.
- *Technical report* penggunaan model *passive particle tracking*.
- Pelatihan akan disediakan oleh penyedia jasa. Pada saat proses peng-*install*-an sistem di BMKG, penyedia jasa akan memberikan pelatihan yang diperlukan.

Penyedia jasa dapat menggunakan hasil pekerjaan ini sebagai bahan penyusunan jurnal internasional bersama-sama dengan peneliti dari BMKG yang aktif dalam penyusunan jurnal tersebut.

## BAB III

### TUJUAN DAN MANFAAT PEKERJAAN

Dengan adanya pembuatan model arus laut 3D ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan kualitas informasi arus laut yang dikeluarkan oleh BMKG dan sistem diseminasi ataupun *tools* untuk memudahkan interpretasi serta untuk mengakses data historis maupun prediksi. Oleh karena itu tujuan proposal ini adalah sebagai berikut: membangun sistem pemodelan arus laut 3D untuk wilayah regional perairan Indonesia beserta sistem pendukungnya untuk meningkatkan akurasi dan kualitas informasi arus laut yang dikeluarkan BMKG dalam rangka mendukung keselamatan dan efisiensi berbagai aktivitas kelautan. Menyediakan *software passive particle tracking* untuk pengembangan *cyber-infrastructure* terkait pelaksanaan operasi penanggulangan bencana lingkungan, seperti *marine debris*, tumpahan minyak, dan aktivitas *Search and Rescue* (SAR) yang akurat berdasarkan sistem pemodelan arus laut pada poin pertama.

PT LAPI ITB berkeyakinan bahwa keberadaan operasional oseanografi menjadi titik sentral pengelolaan sumber daya kelautan Indonesia sesuai dengan pilar kebijakan kelautan Indonesia. Dengan mengalokasikan sumber daya untuk pengembangan operasional oseanografi maka diharapkan pengelolaan sumber daya kelautan, pertahanan dan keselamatan aktivitas kelautan, tata kelola kelautan, kemandirian ekonomi kelautan, dan diplomasi kelautan dapat terukur. Pengambilan keputusan terhadap faktor-faktor di atas selangkah lebih objektif. Dari segi inisiatif, diharapkan agar kedepannya pengambilan keputusan dapat dilaksanakan lebih akurat dan efisien dengan sistem yang terstruktur.

## BAB IV

### PENJELASAN PENGEMBANGAN APLIKASI

#### 4.1 **Source Code Hidrodinamika**

*Source code* model sirkulasi arus yang digunakan berasal dari *Princeton Ocean Model* (POM) yang kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh *The Japan Agency for Marine Earth Science and Technology* (JAMSTEC) melalui program *The Japan Coastal Ocean Predictability Experiment* (JCOPE). PT LAPI ITB dalam hal ini, KK OS Institut Teknologi Bandung, mengembangkan JCOPE model untuk perairan Indonesia sejak tahun 2007. Model arus laut 3D yang dikembangkan oleh KK OS - ITB hingga kini merupakan model arus laut dengan resolusi terbaik, hingga  $1/36^\circ$  pada wilayah Indonesia bagian Tengah dan Timur (Kartadikaria et al., 2011a; 2011b; 2011c, 2011d).

Secara umum, persamaan pembangkit model hidrodinamika 3D seperti POM (*Princeton Ocean Model*) terdiri dari tujuh persamaan utama untuk memecahkan lima *prognostic variables* utama, yaitu elevasi air, tiga komponen kecepatan, temperatur, salinitas, dan dua karakteristik pada gerak turbulen: *the turbulence kinetic energy* dan *the turbulence macroscale* (lihat Persamaan 4.1-4.7). Persamaan pertama merupakan persamaan kontinuitas untuk memecahkan elevasi muka air. Pada persamaan kedua dan ketiga adalah persamaan untuk menghitung persamaan horizontal momentum (untuk mendapatkan komponen kecepatan arus). *Equation of State* (EoS) untuk mendapatkan informasi mengenai densitas air laut merupakan fungsi temperatur dan salinitas yang terdapat pada persamaan keempat dan kelima. Sedangkan dua persamaan sisanya, yaitu persamaan keenam dan ketujuh didesain untuk menghitung karakteristik turbulen untuk *turbulence closure submodel scheme* dari Yamada dan Mellor (1982).

$$\Im(1) = 0 \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} \Im(U) - fV\sigma_k + g\sigma_k \frac{\partial \eta}{\partial x} + g \frac{\sigma_k}{\rho_0} \int_0^k \left[ \sigma_k \frac{\partial \rho}{\partial x} - (\sigma_x - \eta_x) \frac{\partial \rho}{\partial k} \right] dk = \\ \frac{\partial}{\partial k} \left[ \frac{K_M}{\sigma_k} \frac{\partial U}{\partial k} \right] + \left( \frac{\partial \sigma_k}{\partial x} \left( \frac{2A_M \partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial \sigma_k}{\partial y} A_M \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right) \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$(4.3)$$

$$\Im(T) = \frac{\partial}{\partial k} \left[ \frac{K_H}{\sigma_k} \frac{\partial T}{\partial k} \right] + \left( \frac{\partial \sigma_k}{\partial x} \left( A_H \frac{\partial T}{\partial x} \right) \frac{\partial \sigma_k}{\partial y} \left( A_H \frac{\partial T}{\partial y} \right) \right) - \frac{\partial R}{\partial k} \quad (4.4)$$

$$\Im(S) = \frac{\partial}{\partial k} \left[ \frac{K_H}{\sigma_k} \frac{\partial S}{\partial k} \right] + \left( \frac{\partial \sigma_k}{\partial x} \left( A_H \frac{\partial S}{\partial x} \right) \frac{\partial \sigma_k}{\partial y} \left( A_H \frac{\partial S}{\partial y} \right) \right) \quad (4.5)$$

$$\Im(q^2) = \frac{\partial}{\partial k} \left[ \frac{K_q}{\sigma_k} \frac{\partial q^2}{\partial k} \right] + \frac{2K_M}{\sigma_k} \left( \left( \frac{\partial U}{\partial k} \right)^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial k} \right)^2 \right) + \frac{2g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial k} - \frac{2\sigma_k q^3}{B_l l} + F_q \quad (4.6)$$

$$\Im(q^2 l) = \frac{\partial}{\partial k} \left[ \frac{K_q}{\sigma_k} \frac{\partial q^2 l}{\partial k} \right] + \left[ \frac{K_M}{\sigma_k} \left( \left( \frac{\partial U}{\partial k} \right)^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial k} \right)^2 \right) + E_3 \frac{g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \rho^2}{\partial k} \right] - \frac{q^3}{B_l} \tilde{W} + F_l \quad (4.7)$$

dengan:

$$\Im(\varphi) = \frac{\partial \rho_k \varphi}{\partial t} + \frac{\partial U \rho_k \varphi}{\partial x} + \frac{\partial V \rho_k \varphi}{\partial y} + \frac{\partial W \varphi}{\partial k}$$

Dalam pekerjaan ini, dengan menggunakan grid beresolusi tinggi diharapkan dapat mengakomodasi/ memperhitungkan garis pantai dan batimetri yang kompleks seperti yang terdapat di wilayah perairan Indonesia. Pemodelan arus yang diharapkan adalah yang dapat mensimulasikan proses hidrodinamika laut 3D baroklinik dengan memperhitungkan gaya pembangkit dari atmosfer, yaitu: angin, evaporasi, presipitasi, kelembapan udara, suhu udara, tekanan udara, *low cloud cover, net/outgoing longwave dan net/incoming shortwave radiations*, serta *mean sea level pressure*.

Dalam pekerjaan ini PT LAPI ITB (KK OS – ITB) mengembangkan *a Near Real-time (NRT) Model Sirkulasi Arus 3D* untuk seluruh Kepulauan Maritim Indonesia Beresolusi Tinggi (1/30°). Domain wilayah laut pada pekerjaan ini mencangkup daerah 90,0-154,0°E dan 18,0S-14,5°N. Model ini dapat memprediksi kondisi arus laut di seluruh wilayah perairan Indonesia secara simultan yang mencakup laut dalam (*deep water*) dan laut dangkal (*shallow water*) yang memiliki kedalaman lebih dari 10 m. Pemodelan ini menggunakan pendekatan *Hydrostatic Primitive Equations* (meliputi persamaan kontinuitas dan persamaan momentum *Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS)*). Persamaan *Equation of State* pada model dapat menghitung profil densitas yang berubah terhadap kedalaman (baroklinik) dan memperhitungkan pergerakan arus densitas.

Kelebihan dari pekerjaan yang kami tawarkan adalah model yang dikembangkan telah tersitisai baik dalam beberapa jurnal ilmiah internasional. Dengan demikian tingkat keabsahan secara *scientific* dapat terus diuji. Adapun keterbatasan yang terdapat pada pekerjaan ini adalah penggunaan serial algoritma dalam penyelesaian numerik pada *source code*. Solusi ini dapat dipecahkan secara instan dengan penggunaan HPC bertipe vektor. Namun, jika tidak terdapat HPC bertipe vektor, maka waktu komputasi model akan berjalan sangat lambat. Pengembangan *source code* model menjadi tipe *semi-*

*parallel* tidak akan dilakukan pada pekerjaan ini. PT LAPI ITB (KK OS – ITB) akan terus mengembangkan *source code* menjadi *semi-parallel* pada tahun fiskal 2019. Untuk kedepannya *roadmap* pengembangan sistem peramalan dan peringatan kebencanaan diberikan pada Gambar 4.1.

Kelebihan lainnya adalah jumlah menggunakan lapisan vertikal yang lebih dari 40 lapis. Agar dapat menangkap momentum dari *flux* panas, dibutuhkan ketebalan *layer* permukaan yang tipis. Namun dengan tipisnya ketebalan dipermukaan akan memberikan sebaran distribusi ketebalan yang diskontinu pada lapisan dibawahnya. Salah satu solusi untuk dapat mempertahankan ketebalan lapisan permukaan yang tipis, maka jumlah penggunaan lapisan vertikal harus ditambah. Namun usaha ini dapat mempengaruhi kecepatan hasil simulasi serta mempengaruhi syarat kondisi *Courant-Friedrichs-Lowy* (CFL). Dengan ketebalan lapisan yang tipis, selang waktu stabil dari model dapat 2-3 kali lebih kecil dari kondisi ideal. Dengan demikian, penggunaan jumlah lapisan yang sebakin banyak pada akhirnya sangat berpengaruh terhadap kecepatan komputasi hasil model. Sisi positif yang didapat adalah kondisi *mixing* yang ideal yang disebabkan pengaruh momentum panas yang terdistribusi dengan baik didalam kolom air.

Dalam dekade ini perkembangan teknologi informasi telah bergerak menuju arah *artificial intelligent* (AI). AI membekali sistem teknologi yang dibangun untuk bisa menganalisis *database* yang terbangun menjadi informasi yang dapat berguna untuk mendukung keselamatan dan efisiensi aktivitas kelautan. Sayangnya sistem informasi kelautan Indonesia bukan saja belum bergerak sejalan peradaban modern, tetapi secara umum juga belum dapat mengungguli sistem informasi kebumian. Hal ini ditandai dengan belum adanya institusi yang memiliki operasional oseanografi yang dikembangkan secara mandiri dengan kemampuan yang dapat dikontrol secara fleksibel dan disesuaikan dengan kebutuhan pemerintah Indonesia.

Untuk mengejar ketertinggalan sistem informasi kelautan, sekaligus untuk memenuhi kebutuhan akan akurasi peringatan kebencanaan kelautan, kami menawarkan akselerasi kedua tujuan di atas didalam satu kegiatan yang dibangun secara bertahap.

## 4.2 Tahapan Kegiatan

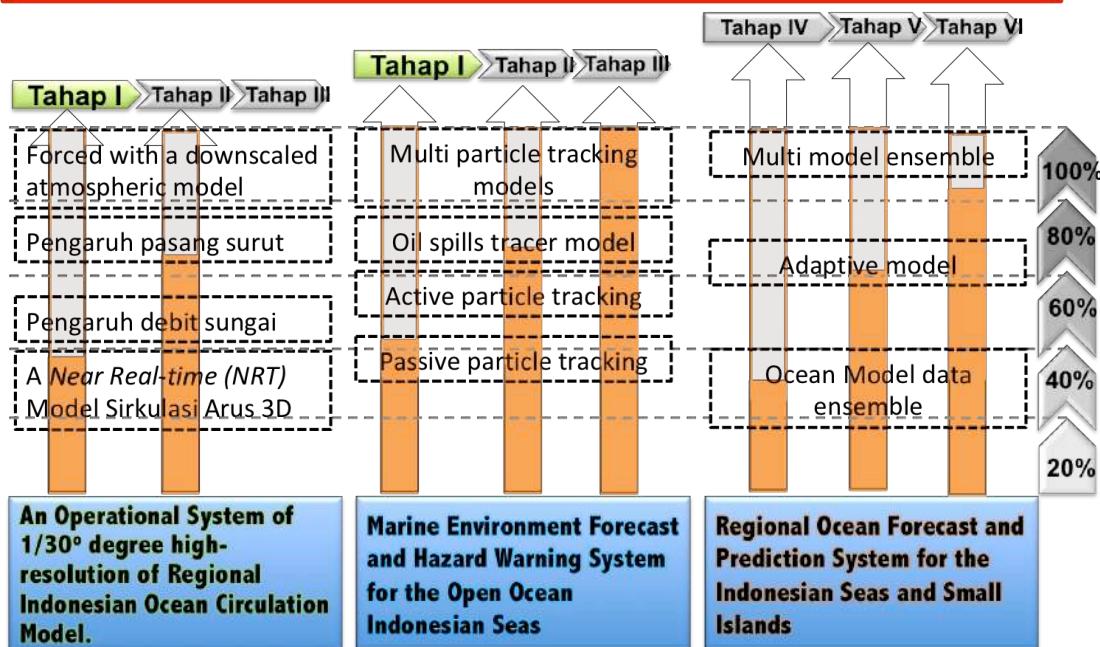
Kegiatan ini terdiri dari enam tahapan yang dikelompokkan dalam tiga komponen kegiatan utama. Komponen kegiatan utama yang pertama adalah pembuatan operasional oseanografi yang dapat secara paralel dibarengi dengan pembuatan MEFHWS sebagai komponen kedua yang memanfaatkan hasil pengembangan dari komponen pertama. Pada komponen kedua ini data/produk yang dihasilkan oleh komponen kegiatan pertama

dapat disarikan menjadi informasi yang sangat berguna bagi keselamatan pelayaran dan monitoring lingkungan laut. Hal ini tentunya yang menjadi *concern* BMKG. Tingkat ketelitian komponen kedua ini sangat tergantung dari kualitas hasil komponen pertama. Komponen utama yang ketiga adalah pengembangan sistem prediksi kelautan. Kunci pengembangan komponen ketiga adalah konsistensi *feature* dari tipe data dan sistem yang ada. Dengan kemampuan mengenal kestatisan sistem (*mature rate*) dari sistem yang dibangun serta mengenal tipe data observasi yang dinamis, maka komponen ketiga ini lebih mudah dikembangkan. Karena pengembangan komponen ketiga ini sangat tergantung dengan ketersediaan super komputer, maka komponen ini dapat dikembangkan melalui dukungan HPC yang canggih.

Agar produktivitas pekerjaan ini dapat dirasakan manfaatkanya oleh *stakeholder* BMKG, kegiatan pembuatan komponen pertama dilakukan secara paralel dengan komponen kedua dalam tiga tahap. Tahap pertama (I) diarahkan kepada ketersediaan operasional oseanografi yang mandiri (komponen pertama) serta sistem peramalan dan peringatan kebencanaan melalui pemanfaatan *passive particle tracking* (komponen kedua). Pada kedua sistem yang akan dibangun tersebut, diharapkan diperoleh pengembangan sistem informasi kelautan terintegrasi dan berkelanjutan melalui setidaknya tiga tahapan kegiatan. Dalam hal ini, ketika ketiga tahapan tersebut terpenuhi, maka sistem informasi kelautan di Indonesia sudah setara dengan sistem informasi kelautan dinegara-negara maju. Jika infrastuktur teknologi komputer di Indonesia sudah maju, maka akurasi kedua sistem yang dibangun akan diarahkan pada pemanfaatan teknologi AI, yang didahului dengan penerapan teknik data *assimilation* (Gambar 4.1).

**Overall goal:**

**Regional Ocean Cyber-Infrastructure:  
Sistem Peramalan dan Peringatan Kebencanaan Untuk Mendukung Keselamatan dan Efisiensi Aktivitas Kelautan.**



**Gambar 4.1** Komponen utama dari pembuatan sistem peramalan dan peringatan kebencanaan yang terdiri dari: (1) Pengembangan model, (2) Sistem *particle tracking*, (3) Sistem peramalan dan prediksi kelautan. Setiap komponen dikembangkan pada tahapan-tahapan yang tercantum diatas, dan pada pekerjaan ini lebih difokuskan pada Tahap I (kotak berwarna hijau).

## BAB V

# TEKNIS PEMODELAN

### 5.1 Pengantar Teknis Pemodelan

#### 5.1.1 Batimetri Perairan Indonesia

Batas landas kontinen Indonesia terhampar begitu luas. Dalam hal ini, batas maritim terhampar membujur dari barat dimulai dari titik  $92^{\circ}$  E hingga titik  $141.30^{\circ}$  E di timur, dan melintang dari titik terbawah di  $14^{\circ}$  S di selatan Laut Sawu hingga  $7^{\circ}$  N di atas perairan Halmahera, kondisi dinamika perairannya harus kita pahami dengan baik (Gambar 1). Untuk mempersiapkan domain model dalam pekerjaan ini, kami sangat menginginkan agar titik terluar pada landasan kontinen Indonesia menjadi satu kesatuan yang tidak terpisahkan. Selain itu, pengembangan domain model harus dapat menampung kemungkinan perkembangan teknologi komputer, terutama teknik *parallel tiling*. Teknik ini memungkinkan source code untuk diproses dalam dua tahapan parallel. Yang pertama paralel dalam pembagian memori dan *processor* dan yang kedua adalah paralel dalam *land/mask computing node*. Dalam hal ininantinya node yang memiliki *dry tiling* akan *skip* dalam kalkulasi numerik. Dari kedua hal di atas, kami menetapkan batas domain regional pekerjaan ini dalam lingkup  $90 - 155^{\circ}$ E,  $18^{\circ}$ S –  $14,5^{\circ}$ N, dengan jumlah array sumbu-x sebanyak 1952 dan sumbu-y sebanyak 976. Dengan resolusi horizontal yang sangat tinggi, yaitu sebesar  $1/30^{\circ}$  ( $\sim 3.7$ km), dihasilkan konfigurasi matriks horizontal 1952x976 dalam wilayah tersebut. Dengan menetapkan kedalaman minimum sebesar 10 m dan kedalaman maksimum 6000 m, kami mendistribusikan sebaran resolusi vertikal (ukuran lapisan) mulai dari yang terkecil senilai 2 m dan yang terbesar senilai 400 m. Resolusi vertikal sebesar 400 m terdapat di laut yang memiliki kedalaman diatas 5000 m. Data batimetri sebagai input dasar model didapat dari berbagai sumber. Data utama batimetri didapat dari Gebco 30-arc sekon tahun 2014. Data batimetri tersebut mengalami penyesuaian untuk daerah yang memiliki selat laut yang sempit dengan tambahan data dari data Dishidros dan data *Navy Philippines*. Untuk menjaga konsistensi volume transport dari model besar, maka grid-grid yang berada di daerah batas disesuaikan dengan model regional yang diambil dari *Forecast Global Ocean* (FGO), JAMSTEC.

Nama file topografi : mktopo\_ind.dat

Tipe file : Unformatted, little endian dengan array 1952x976

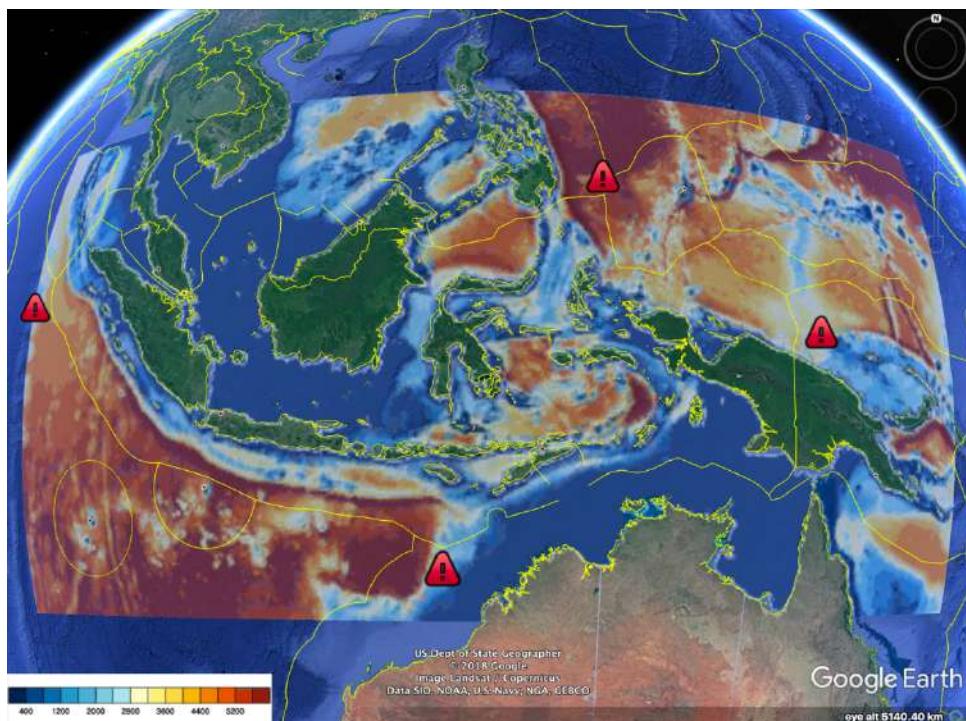
Struktur file :

```
parameter( im=1950+2, jm=974+2 )
real h(im,jm)
integer ichflg
open(10,file=filename, form='unformatted')
read(10) h, ichflg
close(10)
```

Jika terbaca baik dan benar, maka nilai *integer* "ichflg" akan bernilai "123456".

Lokasi penyimpanan : /work/[path]/ind/mktopo.ind/

File visualisasi : \*ncl, \*gs



**Gambar 5.1** Landasan batas kontinen dari beberapa negara di Asia (garis kuning) dan titik-titik terluar dari batas maritim wilayah Indonesia (segitiga merah).

### 5.1.2 Koordinat Umum Sigma (*Generalized Sigma Coordinate*)

Sigma koordinat merupakan salah satu metode koordinat dalam arah vertikal (sumbu-z) yang membagi laut dalam rasio 0 hingga 1. Nilai rasio 1 merupakan titik laut terdalam pada suatu titik. Sedangkan sigma 0 merupakan nilai permukaannya. Dengan koordinat sigma kita bisa mengambil keuntungan dalam mengkaji laut secara 3D, yaitu mendapatkan gambaran menyeluruh dari profil laut dibawah permukaan. Koordinat sigma mampu menggambarkan profil permukaan laut yang bervariasi dan koordinatnya akan

mengikuti perubahan batimetri yang ada. Namun demikian, teknik diskritisasi mengikuti koordinat sigma mengharuskan *modeler* mengkonversi kecepatan vertikal semu dalam kondisi miring (membentuk sudut), menjadi kecepatan vertikal yang diproyeksikan ke dalam koordinat-z. Metode *generalized* sigma koordinat mencoba mengambil keuntungan koordinat-z di permukaan untuk digabungkan dengan metode sigma koordinat. Sehingga pada *generalized* sigma coordinate, beberapa lapisan permukaan berlaku layaknya koordinat-z.

Kedalaman laut di alam sangat bervariasi, dari satu tempat ke tempat lain di dekatnya dapat terjadi perubahan yang sangat signifikan. Dalam pekerjaan pemodelan ini diatur sedemikian rupa agar *slope* kedalaman laut tidak lebih dari 0,175. Rasio *slope* ini secara mudah dapat diartikan bahwa dalam jarak horizontal 1000 m, tidak boleh terjadi perbedaan kedalaman yang melebihi 175 m. Jika diaplikasikan dalam resolusi model 1/30° yang digunakan dalam pekerjaan ini, maka perbedaan kedalaman antara grid tetangga (berdekatan) tidak boleh melebihi 647 m. Jika seandainya perbedaan kedalaman melebihi 647 m, maka akan dilakukan proses *smoothing* yang membuat *slope* antar grid tetangga terjaga dibawah 0,175. Dalam teorinya, *slope* pada koordinat sigma tidak boleh melebihi 0,2. Jika modifikasi *slope* tidak dilakukan dibawah nilai batas tersebut, maka pada *slope* yang tajam hasil pemodelan cenderung tidak stabil. Dengan demikian, pemilihan batas ratio *slope* 0,175 adalah cukup baik, dalam artian topografi tidak dibuat terlalu *smooth* serta kemiringan *slope* tetangga dipertahankan mendekati nilai teoritis.

Kedalaman laut maksimum ditentukan dengan nilai kedalaman tidak lebih dari 5500 m dan kedalaman minimum di set sebesar 8 m. Nilai kedalaman 5500 m diambil karena nilai temperatur dan salinitas pada global database *World Ocean Atlas* versi 2 tahun 2013 (WOA13v2) memiliki kedalaman maksimal 6000 m. Kami mendistribusikan sebaran resolusi vertikal mulai dari yang terkecil senilai 1 m dan yang terbesar senilai 307 m, dalam jumlah total 55 lapisan vertikal. Resolusi lapisan vertikal yang cukup tinggi di permukaan, yaitu 1 m, dimaksudkan untuk "menyelesaikan" proses *heat transfer* di permukaan dan me-resolve lapisan *mixed layer* dengan baik. Nilai kedalaman minimum diambil 8 m dengan alasan agar pada daerah laut dangkal ketebalan lapisan vertikal tidak lebih kecil dari 10 cm. Sedangkan, resolusi vertikal sebesar 307 m terdapat di laut yang memiliki kedalaman lebih besar dari 5000 m. Persamaan yang digunakan untuk menentukan besarnya lapisan vertikal adalah:

$$sdz(k) = \frac{dz_{max}}{1 + e^{(c_2 - kc_1)}}$$

Dalam hal ini, untuk *layer* ke-4 hingga ke-6:  $dz_{max} = 360$ ,  $c_1 = 1/8,6$ ,  $c_2 = 4,4$ , sedangkan untuk *layer* ke-7 hingga *layer* terakhir di lapisan no. 55:  $dz_{max} = 365,0$ ,  $c_1 = 1,0/8,4$ ,  $c_2 = 4,4$ .

Nama file topografi : ind\_gsiga.dat

Tipe file : Unformatted, little endian, 3D

Struktur file :

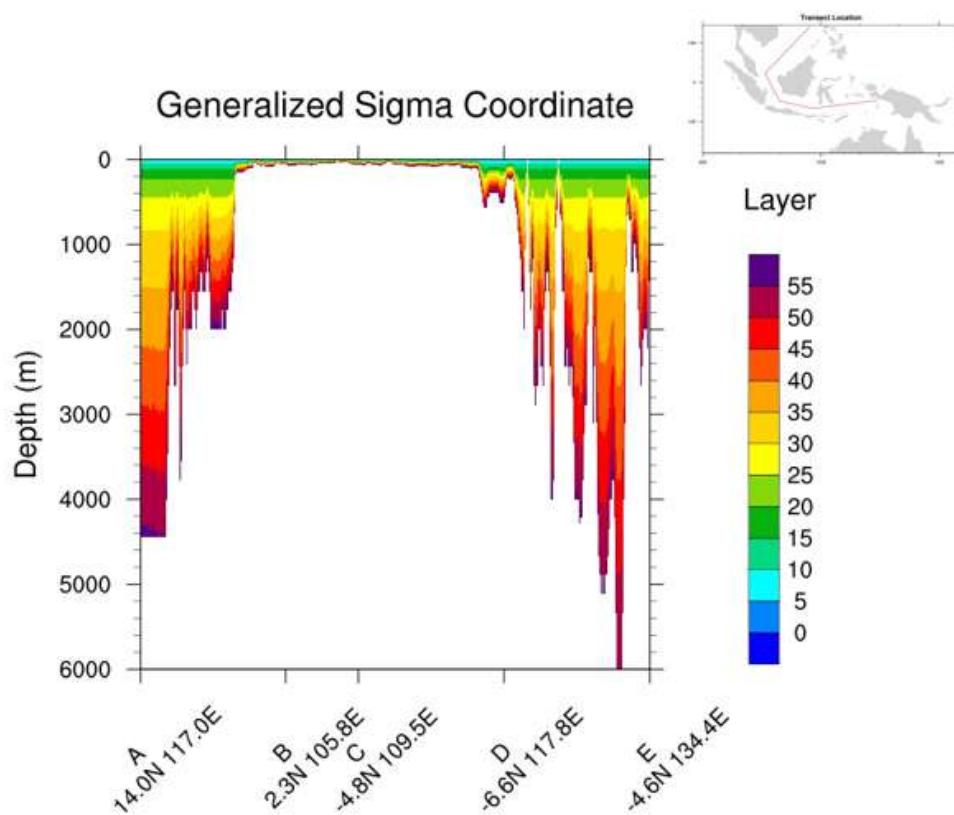
```

parameter( im=1950+2, jm=974+2, km=55 )
real z(im,jm,km), zz(im,jm,km), dzb(im,jm,km)
integer ichflg
character*4 flg
open(10,file=filename,form='unformatted')
read(10) flg,z,zz,dzb,ichflg
close(10)
    
```

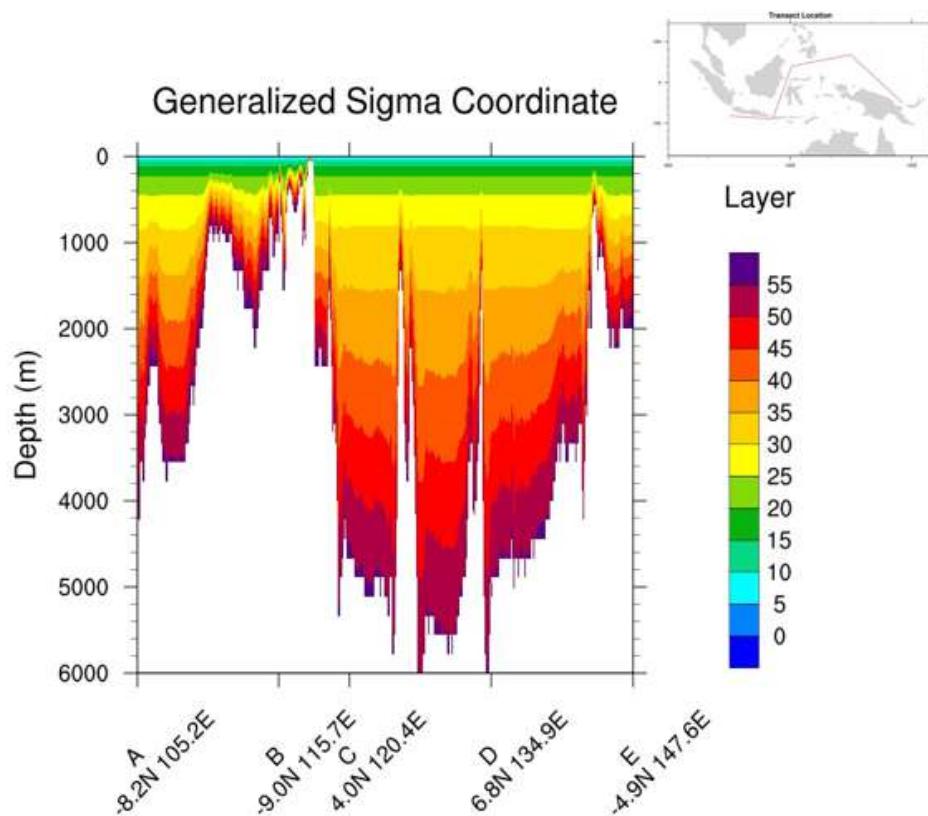
Jika terbaca baik dan benar, maka nilai *integer* "ichflg" akan bernilai "123456" dan flg akan memiliki stamp "gsig". Variabel *z*, *zz*, dan *dzb* adalah kedalaman dari permukaan setiap *layer*, kedalaman dari lapisan tengah *layer*, dan ketebalan setiap *layer* secara berturut-turut (Gambar 5.2 hingga 5.5). Sesuai aturan koordinat, nilai kedalaman *z* ke bawah bernilai negatif, namun kedalaman *h* yang menyatakan letak kedalamannya bernilai positif. Dengan demikian variabel *z* memiliki vektor posisi, sedangkan variabel *h* hanya merupakan informasi skalar. Dengan penjelasan demikian kedalaman batimetri ( $h(i,j)$ ) sama dengan  $\text{abs}(z(i,j,km))$ .

Lokasi penyimpanan : /work/[path]/ind/gsigma.ind/

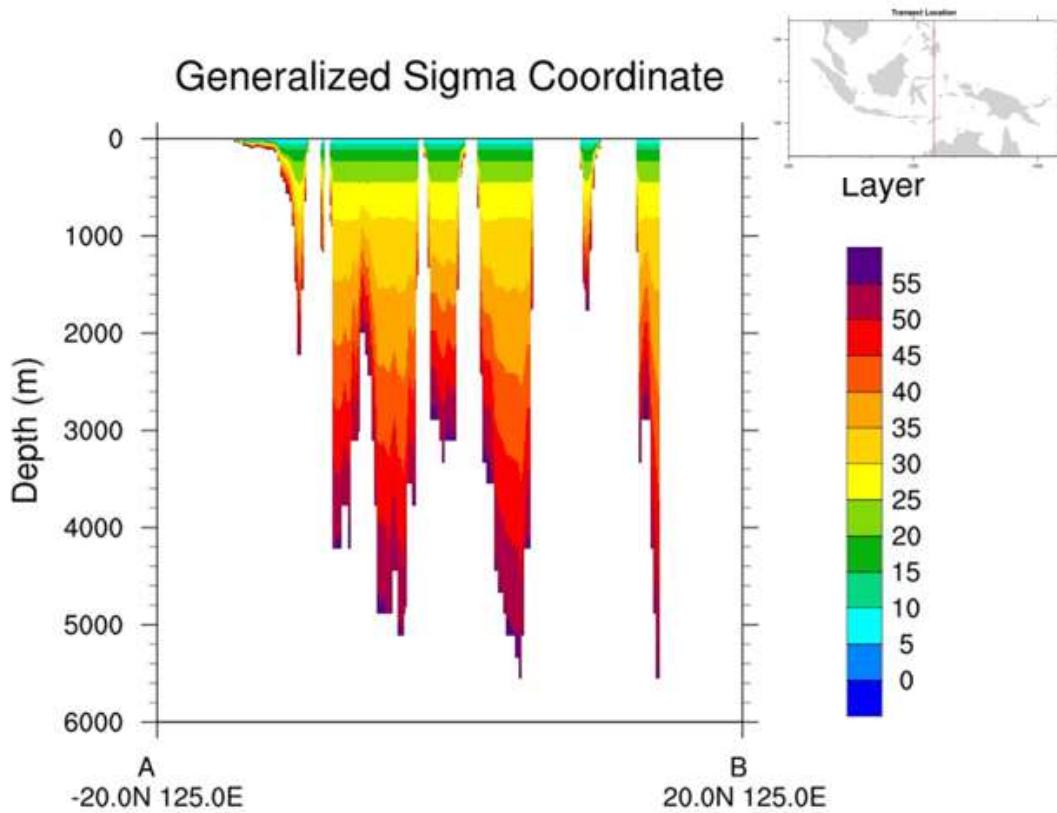
File visualisasi : \*ncl



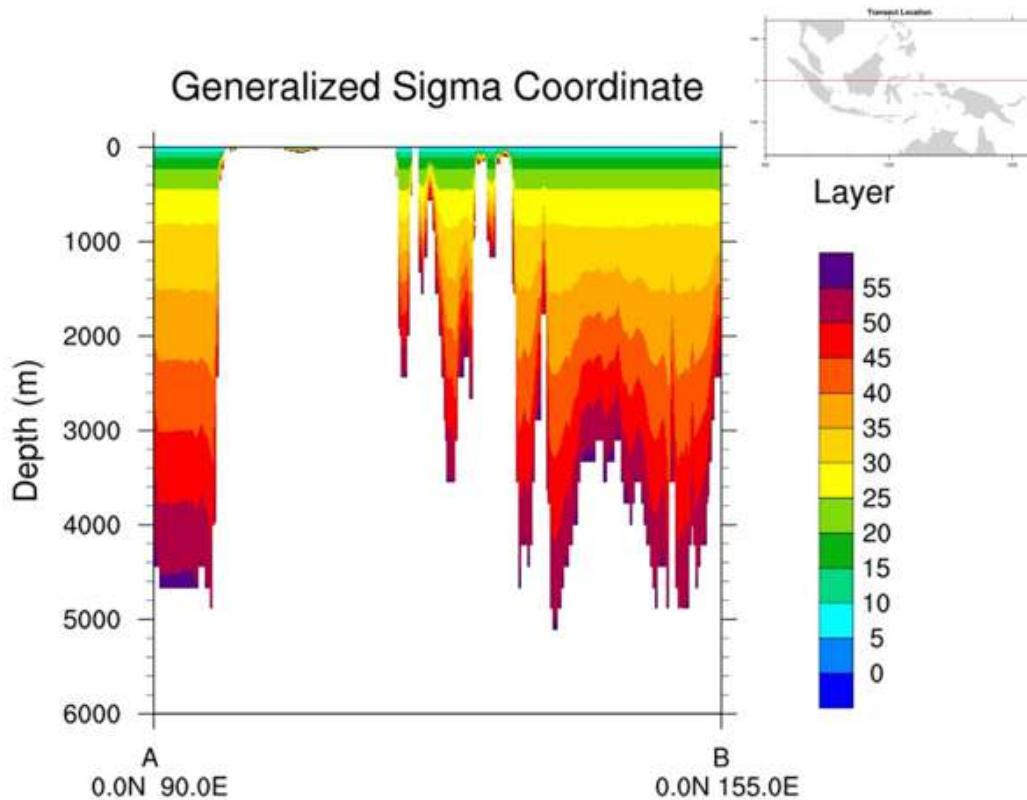
**Gambar 5.2** Arbitrary transect dari South China Sea hingga Laut Banda. Transect ini menggambarkan struktur sebaran koordinat sigma.



**Gambar 5.3** Arbitrary transect dari Indian Ocean hingga Pacific Ocean. Transect ini menggambarkan struktur sebaran koordinat sigma.



**Gambar 5.4** Arbitrary transect dari Laut Filipina hingga Indian Ocean. Transect ini menggambarkan struktur sebaran koordinat sigma.



**Gambar 5.5** Arbitrary transect di Khatulistiwa. Transect ini menggambarkan struktur sebaran koordinat sigma.

### 5.1.3 Nilai Syarat Awal

Data *tracers*, seperti temperatur dan salinitas, menggunakan data yang diambil dari *World Ocean Database 2013 version 2* (WOA13v2) (<https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa13/>). Data yang diambil dari WOA13v2 ini merupakan data klimatologi yang dapat dimanfaatkan sebagai data syarat awal, syarat batas lateral, maupun syarat batas permukaan. Kami telah mempersiapkan data WOA13v2 ini sesuai konfigurasi resolusi dan domain pada pekerjaan ini, sekaligus sebagai data masukan untuk model. Namun tidak seluruh data klimatologi temperatur dan salinitas yang dipersiapkan digunakan untuk syarat awal dan syarat batas model. Kami menggunakan data WOA13v2 ini untuk syarat batas lateral ketika proses *spin-up* dan keperluan data *nudging* syarat batas permukaan selama operasional berjalan.

WOA13v2 memiliki resolusi  $1/4^\circ$  untuk area global dengan resolusi vertikal sebanyak 102 lapisan dari permukaan hingga kedalaman 6000 m. Untuk wilayah Indonesia, jumlah data observasi yang digunakan untuk pembuatan peta dengan metode *objective analysis* (OA) sudah meningkat dengan sangat signifikan dibandingkan dengan data WOA tahun 2009. WOA13v2 ini memiliki resolusi global yang sama dengan produk WOA tahun 2001, dan memiliki resolusi 4 kali lebih baik dibandingkan produk WOA tahun 2009, yang beresolusi 1 derajat. Keunggulan lainnya adalah jumlah lapisan vertikal yang cukup banyak dan memiliki data bulanan klimatologi hingga kedalaman 1500 m. Pada kedalaman yang lebih dalam dari 1500 m, profil vertikal dari *tracer* mengikuti data klimatologis (tahunan), dimana fitur ini juga dimiliki oleh produk-produk sebelumnya.

Dengan kelebihan tersebut, data syarat batas bulanan untuk temperatur dan salinitas dipersiapkan dari WOA13v2. Data syarat batas bulanan tersebut didefinisikan pada tengah bulan, tanggal 15 setiap bulannya dan diregresi linear dengan bulan berikutnya (Tabel 5.1). Begitu pula untuk syarat batas permukaan untuk *nudging* permukaan.

Syarat batas awal pada pekerjaan ini menggunakan metode “semi” *cold-start*. Pengertian dari semi *coldstart* adalah kami menggunakan data temperatur dan salinitas (TS) harian yang diambil sesuai dengan kondisi harian pada saat model di *running*. Data syarat awal TS dan elevasi diambil dari model global yang sudah terverifikasi dan dimulai dari 16 Maret 1992. Sedangkan data kecepatan horizontal dan vertikal dimulai dari kondisi diam statis tanpa ada pergerakan massa air.

**Tabel 5.1** Keterangan Nilai Awal yang Digunakan Dalam Pekerjaan Ini.

Simbol	Definisi	Waktu yang diambil
<b>Kecepatan-<i>u</i></b>	Kecepatan arus arah barat-timur	Nilai 0
<b>Kecepatan-<i>v</i></b>	Kecepatan arus arah utara-selatan	Nilai 0
<b>Kecepatan-<i>w</i></b>	Kecepatan arus vertikal	Nilai 0
<b>T</b>	Temperatur air laut di permukaan	16 Maret 1992
<b>S</b>	Salinitas air laut di permukaan	16 Maret 1992
<b>Elevasi</b>	Elevasi muka air laut	16 Maret 1992

Pada umumnya, simulasi dimulai dengan memilih data TS klimatologi bulanan/tahunan, data kecepatan horizontal dan vertikal dalam kondisi diam, serta elevasi dalam kondisi laut tenang pada *mean sea level* yang diasumsikan nol. Pemilihan penggabungan kondisi syarat awal seperti pada Tabel 5.1 adalah untuk pengoptimalan proses *spin-up*. Pada kondisi normal untuk *spin-up cold start* (*level of no motion*), dibutuhkan waktu *spin-up* model hingga 20-50 tahun. Dengan metode diatas, diharapkan proses *spin-up* dapat dipersingkat lebih cepat. Dalam pekerjaan ini kami melakukan *spin-up* selama 5 tahun dari 16 Maret 1992 ke 15 Maret 1993. Proses ini diulang selama 5 kali, sebelum pada akhirnya analisis dimulai pada bulan Oktober 1992. Dapat diketahui juga bahwa syarat awal TS yang digunakan sudah sangat representatif jika dibandingkan hasilnya dengan data dari WOA13v2. *Mesoscale turbulence* lebih terlihat pada data TS yang digunakan, dibandingkan dengan data TS dari WOA13v2 yang cenderung *smooth*.

Nama file topografi : EL\_19929316, T\_19929316, S\_19929316

Tipe file : Unformatted

Struktur file :

```

parameter( im=1950+2, jm=974+2, km=55 )
real elb(im,jm), tb(im,jm,km), sb(im,jm,km)
integer ichflg,iyy,imm,idd
character flg*4, year*4, month*2, day*2
year = '1992'
month = '03'
day = '16'
namefil='mkinit.ind/ELINIT_//year//month//day
open(10,file=filename,form='unformatted', access= 'sequential')
read(10) flg,iyy,imm,idd,elb,ichflg
close(10)
namefil='mkinit.ind/TINIT_//year//month//day
open(10,file=filename,form='unformatted', access= 'sequential')
read(10)flg,iyy,imm,idd,(((tb(i,j,k),i=1,im),j=1,jm),k=1,km),ichflg
close(10)
namefil='mkinit.ind/SINIT_//year//month//day

```

```

open(10,file=filename,form='unformatted', access= 'sequential')
read(10)flg,iyy,imm,idd,(((sb(i,j,k),i=1,im),j=1,jm),k=1,km),ichflg
close(10)
    
```

Jika terbaca baik dan benar, maka nilai integer "ichflg" akan bernilai "123456" dan flg akan memiliki stamp 'init'.

Lokasi penyimpanan : /work/[path]/ind/mkinit.ind/

File visualisasi : \*ncl

#### **5.1.4 Nilai Syarat Batas**

Ada dua tipe data untuk syarat batas yang bisa digunakan dalam pekerjaan ini, antara lain: syarat batas klimatologi bulanan yang diperoleh dari WOA13v2 dan syarat batas harian atau jam-an yang diperoleh dari model global atau model regional yang lebih besar. Kami mempersiapkan data syarat batas harian yang terdiri dari elevasi, kecepatan horizontal dan vertikal, serta temperatur dan salinitas sejak tahun 1992.

Perlakuan terhadap syarat batas ini harus memperhatikan konsistensi topografi pada syarat batas lateral. Topografi pada batas lateral seharusnya mengikuti/sama dengan outer model yang digunakan. Dalam pekerjaan ini kami mempersiapkan topografi di batas dengan model FGO milik JAMSTEC. Sehingga, jika terjadi perubahan pada sumber data di batas lateral, maka diperlukan penyesuaian model kembali, setidaknya 5 tahun kebelakang. Hal itu bisa dilakukan dengan catatan proses dinamika laut di dalam domain sudah secara operasional digunakan, dengan kata lain variabel *prognostic* sudah tervalidasi dengan baik.

Untuk data syarat batas harian, data dibaca pada jam 12.00 PM waktu GMT setiap harinya. Kemudian data syarat batas ini diinterpolasi secara linier ke data pada hari berikutnya. Sehingga setiap interval pada *looping (time step)* telah dimiliki nilai data hasil interpolasi antara data 12.00 PM hari ke-n dengan 12.00 PM (waktu GMT) hari ke-n+1.

Nama file topografi : bndind\_\*

Tipe file : Unformatted

Struktur file :

```

parameter( im=1950+2, jm=974+2,kb=55 )
real TBE(JM,KB),TBN(IM,KB),TBS(IM,KB),TBW(JM,KB)
&,SBN(IM,KB),SBE(JM,KB),SBS(IM,KB),SBW(JM,KB)
&,UBE(JM,KB),UBW(JM,KB),VBN(IM,KB),VBS(IM,KB)
&,UABE(JM),UABW(JM),VABN(IM),VABS(IM)
&,ELN(IM),ELE(JM),ELS(IM),ELW(JM)
&,UBN(IM,KB),UBS(JM,KB),VBE(JM,KB),VBW(JM,KB)
&,UABN(IM),UABS(IM),VABE(JM),VABW(JM)
    
```

```

integer ichflg,iyy,imm,idd
character flg*4, year*4, month*2, day*2
open(10,file=namefil,form='unformatted')
read(10) flg,iyy,imm,idd,
& TBE,TBN,TBS,TBW,SBN,SBE,SBS,SBW,UBE,
& UBW,VBN,VBS,UABE,UABW,VABN,VABS,ELN,
& ELE,ELS,ELW,
& UBN,UBS,VBE,VBW,UABN,UABS,VABE,VABW,ichflg
close(10)
    
```

Jika terbaca baik dan benar, maka nilai integer "ichflg" akan bernilai tanggal Julian Calendar dan flg akan memiliki stamp 'bd01'. Kode huruf terakhir, antara lain "E", "N", "S", dan "W" menandakan *East/Timur*, *North/Utara*, *South/Selatan*, *West/Barat* secara berturut-turut. Kemudian dua-tiga huruf pertama, antara lain "TB", "SB", "UB", "VB", "UAB", "VAB", "EL" menandakan "temperatur", "salinitas", 3D *U-velocity*, 3D *V-velocity*, 2D *U-velocity*, 2D *V-velocity*, dan elevasi muka air.

Lokasi penyimpanan : /work/[path]/ip2/ip2.hc/

File visualisasi : \*ncl

### **5.1.5 Gaya Pebangkit Luar (*External Forcing: Atmospheric Forcing*)**

Terdapat beberapa data *atmospheric forcing* yang dapat digunakan, antara lain NCEP2 Reanalysis, *Global Forecast System* (GFS), dan ECMWF ERA Interim data. Untuk operasional hingga tahun 2011, kami menggunakan input NCEP2 Reanalysis sebagai *atmospheric forcing* yang digunakan. Dalam hal ini, pergantian dengan GFS dan ECMWF dapat secara teknis dilakukan dengan mudah. Kami menyarankan agar pergantian *surface atmospheric forcing* dilakukan dengan memundurkan waktu kalender 2 hingga 3 tahun kebelakang. Dalam waktu transisi 2-3 tahun tersebut, hasil *heat budget* permukaan harus dicek. Pengecekan ini tidak termasuk dalam lingkup pekerjaan yang dimaksud. Jika variasi dan *variance heat budget* cukup baik, perubahan *external forcing* dengan produk lainnya dapat digunakan dan dilanjutkan untuk kegiatan operasional. Adapun data *atmospheric* yang dibutuhkan oleh model adalah sebagai berikut:

**Tabel 5.2** Parameter Meteorologi Maritim.

No.	Variabel	Definisi	Jenis Data
1.	Qnet	<i>Net Heatflux</i>	Sekunder
2.	Sward	<i>Downward Shortwave Radiation</i>	Sekunder
3.	SST	<i>Sea Surface Temperature</i>	Primer
4.	Taux	<i>Wind Stress Variable x-Direction</i>	Sekunder
5.	Tauv	<i>Wind Stress Variable y-Direction</i>	Sekunder
6.	U10	<i>10 m Wind Speeds x-Direction</i>	Primer
7.	V10	<i>10 m Wind Speeds y-Direction</i>	Primer
8.	TA	<i>Air Temperature at 2 m</i>	Primer
9.	QA	<i>Specific Humidity at 2 m</i>	Primer
10.	Total Cloud Cover	<i>Total Cloud Cover</i>	Primer
11.	Landseamask (Invariant)	<i>Land Sea Mask</i>	Primer

Data yang tercantum di atas harus merupakan snapshot data 6 jam-an atau 3 jam-an. Data seperti *net heat flux* atau *downward shortwave* yang kadang tersaji sebagai nilai akumulatif, harus di ubah menjadi data *snapshot*. Satu file terdiri dari seluruh komponen *atmospheric forcing* di atas dan disimpan dengan format [namaforcing]\_yyyymmddhh.

Data *wind stress* dihitung dari data angin 10 m arah sumbu-x dan sumbu-y mengikuti perhitungan koefisien gesekan angin dari Large dan Pond, 1981 (JPO, 11324) dengan koefisien gesekan angin,  $C_d$  adalah sebagai berikut:

$$C_d = \begin{cases} 1.14, & \text{jika } |W_{10}| < 10 \text{ m/s} \\ 0.49 + 0.065 \times |W_{10}|, & \text{jika } 10 < |W_{10}| < 26 \text{ m/s} \\ 0.49 + 0.065 \times 26, & \text{jika } |W_{10}| > 26 \text{ m/s} \end{cases}$$

dengan  $|W_{10}| = \sqrt{u_w^2 + v_w^2}$ ; serta  $u_w$  dan  $v_w$  masing-masing adalah komponen kecepatan angin arah barat-timur dan selatan-utara.

Kemudian nilai *net surface heat flux* dihitung menggunakan formula Bulk yang telah dijelaskan oleh Kagimoto et al. (2008). Nilai *downward shortwave radiation* tetap disesuaikan dengan data produk yang digunakan, dan besarnya penetrasi radiasi *shortwave* ke dalam kolom air tetap disesuaikan dengan *default* parameter pada POM yang mengikuti hasil Paulson dan Simpson (1977).

Tidak ada teknik asimilasi data yang digunakan pada pekerjaan ini. Namun salinitas di permukaan direlaksasi ke data klimatologi bulanan WOA13v2 dengan periode relaksasi 30 hari. Periode 30 hari diambil untuk menginduksi salinitas di dasar pada topografi yang dangkal, sehingga salinitas dalam periode yang panjang tidak berbeda jauh dengan *freshwater flux* dari data klimatologi. Sebagian domain *tracer* terelaksasi dengan periode rendah 180 hari, yaitu pada domain dari kedalaman 100 m hingga ke dasar. Tidak ada relaksasi pada lapisan permukaan. Berikut ini adalah data-data yang dibutuhkan:

A. Data NCEP2 dapat di-*download* melalui:

[ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/ncep.reanalysis2/gaussian\\_grid/](ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/ncep.reanalysis2/gaussian_grid/)

B. Data GFS dapat di-*download* melalui:

[ftp://nomads.ncdc.noaa.gov/GFS/analysis\\_only/](ftp://nomads.ncdc.noaa.gov/GFS/analysis_only/)

<ftp://nomads.ncdc.noaa.gov/GFS/Grid4> (*forecast* data)

Nama file topografi : bndind\_\*

Tipe file : Unformatted

Struktur file :

```

parameter (mlon=192,mlat=94)
real
& ta0(mlon,mlat),qa0(mlon,mlat),tcc0(mlon,mlat)
&,sst0(mlon,mlat)
&,qsr0(mlon,mlat),qlr0(mlon,mlat),dqlr0(mlon,mlat)
&,qfh0(mlon,mlat),dqh0(mlon,mlat),qe0(mlon,mlat)
&,dqe0(mlon,mlat),qnet0(mlon,mlat)
&,us0(mlon,mlat),vs0(mlon,mlat)
integer ichflg,iyy,imm,idd,khr
character flg*4, year*4, month*2, day*2
call dconct(rstname,cyear//cmonth//cday//chr,namefil)
open(20,file=namefil,form='unformatted')
read(20)
& fildsc,iyy,imm,idd,khr,qnet0,qsr0,sst0,us0,vs0,ichflg
close(20)

```

Jika terbaca baik dan benar, maka nilai integer "ichflg" akan bernilai '123456'. Kemudian, untuk file yang disimpan seperti qnet0, qsr0, sst0, us0, dan vs0 secara berturut-turut menandakan file *net heat flux*, *shortwave radiation*, *sea surface temperature*, *u-velocity* dan *v-velocity*.

Lokasi penyimpanan : /data/ncep6h/

File visualisasi : \*ncl

## 5.2 Hal-Hal yang Perlu Dipersiapkan

*Near real time* (NRT) ocean model dibangkitkan oleh gaya pembangkit yang memiliki fungsi waktu yang sesuai dengan Kalender Julian atau Gregorian. Pada pekerjaan ini, kalender Julian yang diadopsi. Perbedaan keduanya tidak terlalu signifikan dalam pekerjaan ini yang memiliki orde waktu puluhan hingga ratusan tahun. Kalender Julian mengasumsikan hari dalam satu tahun sebanyak 365.25 hari. Sedangkan kalender Gregorian lebih akurat memperhitungkan kemungkinan waktu satu tahun yang 11 menit lebih lambat dibandingkan kalender Julian. Walaupun demikian, jika orientasi output dalam pemodelan adalah dalam rentang jam-an atau tahunan, maka kalender Julian masih baik untuk digunakan. Tanda waktu (*time stamp*) sangat penting dalam NRT ocean model. Masukan maupun hasil pemodelan akan mengacu kepada tanggal kejadian suatu proses terjadi. Berikut ini beberapa hal yang harus dipersiapkan untuk kegiatan implementasi operasional oseanografi:

### 5.2.1 External forcing (*atmospheric forcings*)

Langkah-langkah yang dipersiapkan:

- Menentukan *source data*
- Mengunduh *source data* sesuai format penyedia produk untuk parameter berikut:
  - U10 (angin arah-x di ketinggian 10 m di atas permukaan)
  - V10 (angin arah-y di ketinggian 10 m di atas permukaan)
  - TA2 (temperatur udara di ketinggian 2 m di atas permukaan)
  - SH (*specific humidity* di ketinggian 2 m di atas permukaan)
  - TCC (*total cloud cover* untuk seluruh kolom atmosfer)
  - SST (*sea surface temperature* atau *skin temperature*)
  - QSR (*shortwave radiation, downward positive*)
- Menghitung *latent*, *sensible*, dan *longwave radiation*. Ketiga parameter radiasi tersebut memiliki nilai positif ke arah atas.
- Menghitung *net heat flux (downward positive)*.
- Menghitung *stress angin*.
- Menyimpan hasil pemosesan *atmospheric forcing* dalam satu waktu (satu file) sesuai urutan berikut:

```
Callopen_file(io, trim(resultname)//cyear//cmonth//cday//chour, &
              'unformatted')
write(io) ' gfs', year, month, day, hour,      &
        ((Qnet(i,j),i=ilons,ilone),j=jlats,jlate), &
        ((swrad(i,j),i=ilons,ilone),j=jlats,jlate),&
        ((sst(i,j),i=ilons,ilone),j=jlats,jlate), &
```

```

((taux(i,j),i=ilons,ilone),j=jlats,jlate), &
((tauy(i,j),i=ilons,ilone),j=jlats,jlate), &
((ua(i,j),i=ilons,ilone),j=jlats,jlate), &
((va(i,j),i=ilons,ilone),j=jlats,jlate), &
((ta(i,j),i=ilons,ilone),j=jlats,jlate), &
((qa(i,j),i=ilons,ilone),j=jlats,jlate), &
((cloud(i,j),i=ilons,ilone),j=jlats,jlate), &
123456
call release_unit(io)

```

### 5.2.2 Lateral Forcing (dari Model Laut yang Berdomain Lebih Besar)

Langkah-langkah yang dipersiapkan:

- Menentukan *source* data
- Mengunduh *source* data sesuai format penyedia produk untuk variabel berikut:
  - Elevasi
  - Komponen arus 3D arah X
  - Komponen arus 3D arah Y
  - Komponen arus 3D arah Z
  - Temperature laut 3D
  - Salinitas laut 3D
- Menghitung kekekalan transport sesuai dengan batimetri yang digunakan.
- Menghitung komponen arus barotropik arah-x.
- Menghitung komponen arus barotropik arah-y.
- Menyimpan hasil pemrosesan tersebut dalam format berikut:

```

open(10,file=namefil,form='unformatted')
read(10) flg,iyy,imm,idd,
& TBE,TBN,TBS,TBW,SBN,SBE,SBS,SBW,UBE,
& UBW,VBN,VBS,UABE,UABW,VABN,VABS,ELN,
& ELE,ELS,ELW,
& UBN,UBS,VBE,VBW,UABN,UABS,VABE,VABW,ichflg
close(10)

```

### 5.3 Passive Particle Tracking (Metode Lagrange)

Pada pemodelan simulasi *passive particle tracking* (PTC), hasil pemodelan sirkulasi arus digunakan secara *offline*. Beberapa alasan digunakannya pemodelan PTC *offline* adalah karena PTC tidak mempengaruhi model sirkulasi arus, PTC dapat jauh lebih cepat disimulasikan dan penentuan skenario PTC memerlukan penyesuaian input yang tidak *random*. Kami mengkombinasikan metode 4<sup>th</sup> order Runge-Kutte (*RK4*) dan *random walk*

Lagrange untuk menghitung posisi partikel yang didasarkan pada input kecepatan yang berasal dari simulasi arus dan perumusannya dinyatakan seperti pada Persamaan 5.1-5.3.

$$x_{n+1} = x_n + \frac{1}{3} [k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4] \quad (5.1)$$

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{3} [k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4] \quad (5.2)$$

$$z_{n+1} = z_n + \frac{1}{3} [k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4] \quad (5.3)$$

dengan:

$$k_1 = f\left(t_{\frac{n+1}{2}}, x_n\right) = x_{\frac{n+1}{2}} - x_n, \quad k_2 = f\left(t_{\frac{k_1+\frac{1}{2}}}, k_1\right),$$

$$k_3 = f\left(t_{\frac{k_2+\frac{1}{2}}}, k_2\right), \quad k_4 = f\left(t_{\frac{k_3+\frac{1}{2}}}, k_3\right)$$

RK4 membagi domain waktu dalam range  $x_{n+1} - x_n$  menjadi dua *time steps* dengan memperkenalkan variabel antara, yaitu  $x_{\frac{n+1}{2}}$  baru. Variabel antara ini kemudian diselesaikan melalui persamaan *random walk* Lagrange seperti persamaan berikut ini:

$$x_{\frac{n+1}{2}} = x_n + [\Delta t \vec{U}(x_n) + d] \quad (5.4)$$

$$y_{\frac{n+1}{2}} = y_n + [\Delta t \vec{V}(y_n) + d] \quad (5.5)$$

$$z_{\frac{n+1}{2}} = z_n + [\Delta t \vec{W}(z_n) + d] \quad (5.6)$$

dengan:

$$d = \sqrt{2 A_H \Delta t} \sqrt{12} (R - 0.5)$$

$d$  adalah suku *random walk*;  $A_H$  adalah *kinetic viscosity*, dan  $R$  adalah *random walk number*. Pemodelan *particle tracking* yang dimaksud adalah suatu aplikasi yang memiliki kemampuan untuk melakukan peramalan terhadap kecelakaan di laut seperti pencarian orang hilang, deteksi kapal hanyut, dan deteksi pergerakan sampah di laut (*marine debris*). Arti dari *passive particle tracking* adalah objek benda yang diramal (seperti orang, kapal, atau sampah) tidak memiliki kemampuan bergerak aktif melawan arus. Medium objek pun tidak miliki kemampuan bergerak dalam arah vertikal (tenggelam atau bergerak ke atas). Sehingga pada pemodelan *passive particle tracking* ini, objek benda

diasumsikan bergerak bersama dengan arus pada kedalaman tertentu dan tetap berada di kedalaman tersebut dari awal hingga akhir dari waktu peramalan yang ditetapkan.

Dalam pemodelan *passive particle tracking* ini, kita dapat melakukan simulasi selama tersedianya model hidrodinamika. Model hidrodinamika dapat disimpan dalam harian maupun jam-an, kemudian disimulasikan dengan interval waktu yang lebih kecil. Misalnya pada pemodelan hidrodinamika, data yang digunakan adalah data harian, kemudian secara *offline* kita lakukan simulasi partikel *tracking* dengan interval waktu jam-an.

Selain itu lokasi pelepasan partikel dapat dilakukan di beberapa lokasi dengan jumlah maksimal 23 lokasi. Di setiap lokasinya dapat dilepaskan puluhan hingga puluhan ribu partikel. Fitur lokasi pelepasan partikel pada satu lokasi dapat berbentuk satu titik atau berbentuk *rectangular*.

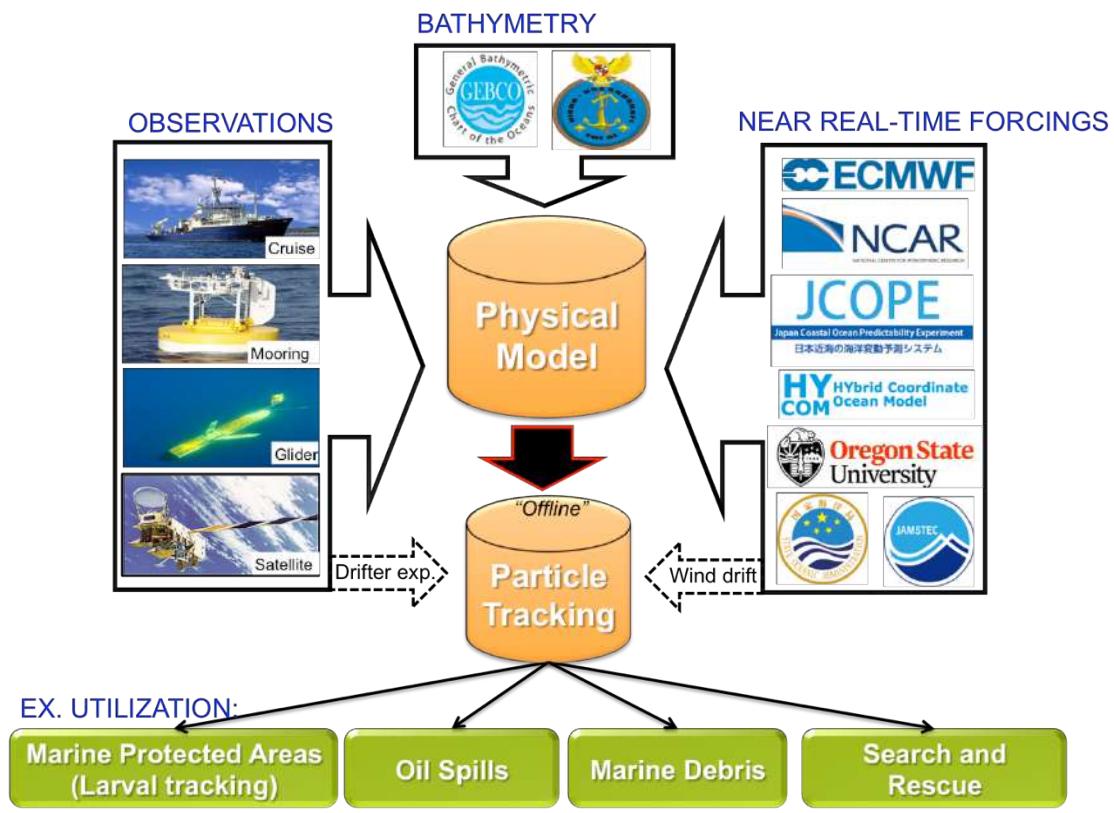
Contoh *case/namelist* pada *particle tracking*:

```
&case
  iyy0=2011,imm0=02,idd0=1,dayint=1,dti=1800.
  ,iyye=2011,imme=02,idde=15
  ,datadir='/data/'
  ,gsigmafil='/data/basic.dat'
  ,prtdays=1,hmin=5.0,tbias=10.
  ,akh=0.,horcon=0.01,akv=0.0,wflg=0.,tflg=1.,uvtlev=-0.0
  ,iwindflg=3,dayintw=0.25,datadirw='/data/NCEP/ncep_orig/'
  ,ptname(1)='S1'
  ,xlonp(1)=116.00 ,ylatp(1)= -6.5
  ,zini(1)=0.,numpx(1)=10,numpy(1)=10,rangelon(1)=0.05,rangelat(1)=0.05
  ,ptname(2)='S2'
  ,xlonp(2)=116.5,ylatp(2)= -5.5
  ,zini(2)=0.,numpx(2)=10,numpy(2)=10,rangelon(2)=0.05,rangelat(2)=0.05
  ,ptname(3)='S3'
  ,xlonp(3)=116.5,ylatp(3)=-5.0
  ,zini(3)=0.,numpx(3)=10,numpy(3)=10,rangelon(3)=0.0,rangelat(3)=0.0
```

Keterangan:

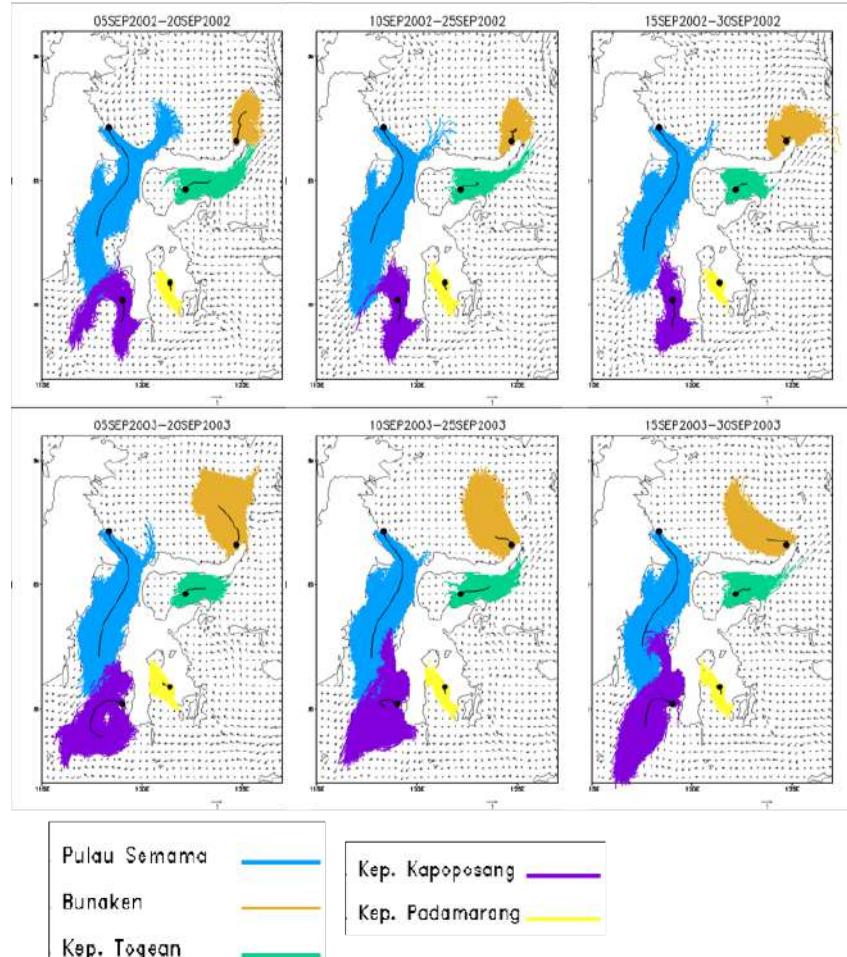
- iyy0, imm0, dan idd0 adalah tahun, bulan, dan tanggal dimulainya simulasi
- iyye, imme, dan idde adalah tahun, bulan, dan tanggal diakhirnya simulasi
- dayint adalah interval data input dalam hari (jika 1 hari, maka dayint=1)
- dti adalah interval waktu dalam simulasi ini
- datadir adalah lokasi model hidrodinamika

- *gsigmafil* adalah data yang memuat informasi batimetri, sekaligus ketebalan setiap lapisan dalam bentuk 3 dimensi.
- *datadirw* adalah lokasi penyimpanan data angin
- *ptname#, xlond#, ylatp#,* dan *zini#* masing-masing adalah nama file output dan lokasi awal pelepasan partikel di suatu titik.
- *numpx* dan *numpy* adalah banyaknya *point* yang ingin dilepaskan ( $=\text{numpx} * \text{numpy}$ )
- *rangelon, rangelat*, jika nilainya diisi lebih dari nol artinya sebaran partikel di lokasi ini berupa area, bukan titik.



**Gambar 5.6** Model fisik dan *particle tracking*.

Berikut adalah contoh hasil simulasi passive particle tracking selama 15 hari dari lima tempat yang berbeda (Gambar 5.7). Simulasi passive particle tracking dimulai pada bulan September 2002 dan September 2003, dari tanggal pelepasan awal yang berbeda, yaitu tanggal 5, 10, 15 September. Dari hasil uji sensitifitas ini, dapat diketahui walaupun partikel-partikel tersebut dilepaskan pada tempat yang sama dan tanggal yang sama, namun karena tahun berbeda, maka pola sebaran tidak sama. Ada dinamika variabilitas laut yang mempengaruhi sebaran tersebut.



**Gambar 5.7** Contoh hasil simulasi *particle tracking* pada lima lokasi yang berbeda. Pelepasan partikel dilakukan pada tiga waktu yang berbeda setiap tahunnya, yaitu 5, 10, dan 15 September selama 15 hari.

## BAB VI

### TIM PENYUSUNAN LAPORAN

Tim yang terlibat dalam pekerjaan ini memiliki keahlian spesifik sesuai dengan penawaran pekerjaan. Pekerjaan yang ditawarkan bukan sekedar simulasi kelautan pada umumnya, namun spesifik pada implementasi operasional oseanografi. Perbedaan antara keduanya terletak dari gaya yang dibangkitkan. Pada operasional oseanografi, perlu diupayakan agar seluruh gaya pembangkit utama ditinjau, misalnya gaya pembangkit di permukaan yang berasal dari atmosfer, memiliki *time-stamp* yang sesuai dengan kalender Julian atau Gregorian. Dengan demikian, hasil model dapat dibandingkan langsung dengan data pengukuran, atau data pengukuran dapat digunakan untuk meng-improve analisis model. Tim yang terlibat dalam pekerjaan ini selain memiliki pengalaman dalam bidangnya, mereka juga memiliki publikasi-publikasi terkait dengan pekerjaan operasional oseanografi secara regional. Keahlian dan posisi yang spesifik ini, sepengetahuan kami baru dimiliki oleh para peneliti di KK-Oseanografi.

*Source code* model sirkulasi arus yang digunakan berasal dari Princeton Ocean Model (POM) yang kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh the Japan Agency for Marine Earth Science and Technology (JAMSTEC) melalui program The Japan Coastal Ocean Predictability Experiment (JCOPE). KK OS Institut Teknologi Bandung mengembangkan JCOPE model untuk perairan Indonesia sejak tahun 2007. Model arus laut 3D yang dikembangkan oleh KK OS - ITB hingga kini merupakan model arus laut dengan resolusi terbaik, hingga  $1/36^\circ$  pada wilayah Indonesia bagian Tengah dan Timur (Kartadikaria et al., 2011a; 2011b; 2011c, 2011d).

**Tabel 6.1** Daftar Tim Penyusun Laporan.

No	Nama	Tingkat Pendidikan	Keahlian/	Pengalam an Kerja (Tahun)	Kemampuan Manajerial	Posisi (Peran)
			Spesialisasi			
1	2	3	4	5	6	7
1	Dr. Eng. Aditya R. Kartadikaria, S.Si, M.Eng.	S1 Oseanografi, ITB	Tenaga Ahli Operasional Oseanografi, Particle tracking dan eddy ocean dynamics.	7	Tenaga ahli	Ketua Tim
		S2 Informatika Lingkungan, Tokyo Tech, Japan.				
		S3 Informatika Lingkungan, Tokyo Tech, Japan.				
2	Dr. rer.nat. Rima Rachmayani, S.Si., M.Si	S1 Oseanografi, Institut Teknologi Bandung	Ahli Pemodelan Paleo Oseanografi	5	Tenaga ahli	Tenaga Ahli Pemodelan OS
		S2 Sains Kebumian, ITB				
		S3 Geosciences (Sains Kebumian), University of Bremen, Jerman				
3	Faruk Khadami, S.Si., M.Si.	S1 Oseanografi, FITB, ITB	Ahli analisis Oseanografi	4	Tenaga ahli	Asisten Ahli Pemodelan Oseanografi
		S2 Sains Kebumian, FITB, ITB				
4	Hanif Santyabudhi Sutiyoso, M.Sc., S.Si.	S1 Oseanografi, Institut Teknologi Bandung	Ahli Pemodelan Sedimentasi Kelautan	4	Tenaga ahli	Ahli Pengolahan dan Analisa Data Oseanografi
		S2 Oseanografi, University of Southampton				
5	Ayi Tarya, S.Si., M.Si.	S1 Oseanografi, ITB	Ahli Pemodelan Estuari	10	Tenaga ahli	Ahli Pengolahan dan Analisa Data Oseanografi
		S2 Sains Kebumian, ITB				
6	Ardian Mahiru Rizal, S.Si.	S1 Oseanografi, FITB, ITB	Ahli analisis Oseanografi	4	Tenaga ahli	Asisten Ahli Pengolahan dan Analisa Data Oseanografi
7	Iwan Pramesti Anwar, S.Si., M.Si.	S1 Oseanografi, FITB, ITB	Ahli Survey Met-Ocean	5	Tenaga ahli	Ahli Pengolahan dan Analisis Data Meteorologi
		S2 Sains Kebumian, FITB, ITB				
8	Endri Saptohartono, S.Si, IPM	S1 Teknik Meteorologi, Institut Teknologi Bandung	Ahli Manajemen Meteorologi	11	Tenaga ahli	Asisten Ahli Pengolahan dan Analisis Data Meteorologi
9	Dicky Prima Satya, S.T., M.T.	S1 Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung	Ahli pengembanga n IT Masterplan dan aplikasi	8	Tenaga ahli	Ahli IT dan Programmer
		S2 Informatika, Institut Teknologi Bandung				
10	Ruddy Kurnia, S.Si., M.Sc.	S1 Fisika ITB	Programmer	8	Tenaga Ahli	Ahli IT dan Programmer
		S2: Ilmu Komputer, Kanazawa University dan ITB				

No	Nama	Tingkat Pendidikan	Keahlian /	Pengalaman Kerja (Tahun)	Kemampuan Manajerial	Posisi (Peran)	
			Spesialisasi				
1	2	3		4	5	6	7
11	Dr. rer. nat. Dian Noor Handiani	S1 Program Studi Oseanografi ITB	Tenaga Ahli Pemodelan Oseanografi	5	Tenaga Ahli	Ahli Pengolahan dan Analisa Data Oseanografi	
		S2 Teknik Lingkungan ITB					
		S3 Geosciences, University of Bremen, Jerman					
12	Dr. Eng. Fitri Suciaty, S.Si, M.Si	S1 Program Studi Oseanografi ITB	Tenaga Ahli Pemodelan Oseanografi	3	Tenaga Ahli	Asisten Ahli	
		S2 Program Studi Oseanografi ITB					
		S3 Maritime Engineering Kyushu Universit, Jepang					
13	Karina Sujatmiko, S.Si, M.T	S1 Program Studi Oseanografi ITB	Asisten Ahli Pemodelan Oseanografi	2	Tenaga Ahli	Asisten Ahli	
14	Larasati Citra Sunaringati, S.Si.	S1 Program Studi Oseanografi ITB	Asisten Ahli Pemodelan Oseanografi	0	Tenaga muda	Asisten Ahli	
15	Faisal Hisyam Muhammad, S.Si.	S1 Program Studi Oseanografi ITB	Asisten Ahli Pemodelan Oseanografi	0	Tenaga muda	Asisten Ahli	
16	Jesaya Alfredo Alejandro Karyoto	S1 Program Studi Oseanografi ITB	Asisten Ahli Pemodelan Oseanografi	0	Tenaga muda	Asisten Ahli	

## BAB VII

### JADWAL DAN KURVA-S PEKERJAAN

Membangun operasional Oseanografi tidak dapat dilakukan dengan singkat. Tim yang terlibat dalam pekerjaan ini pernah tergabung dalam tim pembangunan operasional Oseanografi di Jepang dan Saudi Arabia. Walaupun operasional Oseanografi sudah terbangun, dibutuhkan waktu untuk mengkalibrasi model sehingga sistem yang dibangun dapat digunakan dalam waktu yang lama dan berkelanjutan. Dibutuhkan kerjasama tim terutama ahli-ahli Oseanografi dengan ahli ilmu komputer untuk melakukan optimasi sistem pada *hardware* yang digunakan.

Pada pekerjaan ini implementasi pekerjaan operasional Oseanografi dilakukan dalam waktu tiga bulan. Waktu tersebut sangat singkat dan sudah selayaknya hasil model yang digunakan terus diperiksa keakuratannya. Dengan waktu yang singkat, implementasi simulasi dinamika Oseanografi hanya dapat dilakukan secara terbatas dalam jangka waktu yang pendek, misalnya 5 tahun. Dalam proposal yang diajukan telah disebutkan bahwa tim pelaksana hanya mampu melakukan implementasi simulasi dalam 2 tahun saja, jika paket pekerjaan yang diberikan kurang dari 3 bulan. Namun demikian, tim pelaksana bersedia mengerjakan untuk waktu yang lebih panjang lagi. Dana dari proyek ini akan secara mandiri dikelola untuk kolaborasi dengan pihak JAMSTEC agar hasil yang diharapkan oleh BMKG dapat terimplementasi secara sempurna.



**Gambar 7.1** Timeline waktu penggerjaan operasional Oseanografi yang pendek.

Dalam laporan akhir ini kami memberikan hasil progress pekerjaan, beserta prosentasi pekerjaan yang sudah selesai. Dalam jangka waktu 3,0 bulan, tim sudah dapat memenuhi 98,55% bobot pekerjaan yang diberikan sesuai dengan pembobotan yang disepakati pada rapat kerja antara ITB-BMKG. Terkait penggunaan *source code* yang tersedia pada penyedia jasa berupa *serial code* dan pihak penyedia pekerjaan tidak memiliki sumber daya *computer vector* yang *compatible* untuk *serial code* tersebut agar dapat running cepat, maka tim berkolaborasi dengan pihak JAMSTEC. Dengan kata lain

kerja sama dengan pihak JAMSTEC diperlukan untuk mengaplikasikan teknik *parallel* dengan cepat, sehingga *parallel code* yang baru dapat berjalan lebih cepat pada HPC milik BMKG.

**Tabel 7.1** Jadwal Pekerjaan.

No.	Uraian Pekerjaan	Bobot (dalam %)	Jadwal												Capaian saat laporan kemajuan	Anggaran		
			September			Oktober			November			Desember						
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV				
	<b>A. Komponen pertama: Passive particle tracking</b>																	
I.	Pembuatan passive particle tracking																	
1	Diskritisasi metode Runge-Kutta untuk mendapatkan posisi partikel terbaru	10		■■■■■												Tercapai		
2	Penentuan metode random walk	5	■■■■■													Tercapai		
3	Penentuan vertikal koordinat dengan menggunakan g sigma-koordinat	5	■■■■■													Tercapai		
II.	Offline passive particle tracking			■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■				
1	Optimasi kode untuk offline couple hydrodynamics dengan particle tracking	5			■■■■■		■■■■■									Tercapai		
2	Penentuan/penambahan jumlah maksimum pelepasan partikel sesuai KAK	3				■■■■■		■■■■■								Tercapai		
3	Test run particle tracking pada banyak lokasi	3					■■■■■		■■■■■							Tercapai		
4	Pelepasan particle tracking pada satu titik (>1000 particles)	3						■■■■■		■■■■■						Tercapai		
5	Pelepasan particle tracking pada satu wilayah (>1000 particles)	3							■■■■■		■■■■■					Tercapai		
6	Pelepasan particle tracking pada satu kedalaman (>1000 particles)	3								■■■■■		■■■■■				Tercapai		
	<b>B. Komponen kedua: Hydrodynamics of the Indonesian Seas</b>																	
I.	Pembuatan topografi																	
1	Pengumpulan data topografi	0.75	■■■■■													Tercapai		
2	Digitasi data topografi	0.75		■■■■■												Tercapai		
3	Hybrid data digitasi dengan data global topografi (GEB CO)	0.75			■■■■■											Tercapai		
4	Finalisasi data topografi sebagai input model	0.75				■■■■■										Tercapai		
II.	Mempersiapkan data atmosfer NCEP II (1992-2011)																	
1	Pengumpulan data atmosfer NCEP II	0.6	■■■■■													Tercapai		
2	Persiapan data klimatologi bulanan NCEP II	0.6		■■■■■												Tercapai		
3	Pengubahan data atmosfer sesuai karakteristik model	0.6			■■■■■											Tercapai		
4	[Improvement data atmosfer via bulk formulæ (offline)]	0.6				■■■■■										Tercapai		
5	Finalisasi data atmosfer sebagai forcing model	0.6					■■■■■									Tercapai		
III.	Penentuan generalized sigma koordinat (gsigma)																	
1	Penentuan skema sigma coordinate	15				■■■■■										Tercapai		
2	Pembuatan vertikal layer sesuai sigma	15					■■■■■									Tercapai		
IV.	Mempersiapkan initial condition untuk temperatur, salinitas, dan elevasi																	
1	Pengumpulan data oceanografi 3D dari global FGO datasets	0.75					■■■■■									Tercapai		
2	Mengubah data global FGO sesuai dengan domain model	0.75						■■■■■								Tercapai		
3	Menentukan waktu initial condition (yaitu 16 Maret 1992, tahun normal)	0.75							■■■■■							Tercapai		
4	Finalisasi data FGO sebagai initial data	0.75								■■■■■						Tercapai		
V.	Mempersiapkan klimatologi dan bulanan boundary condition untuk temperatur dan salinitas																	
1	Pengumpulan data klimatologi T & S (WOA 2013v2)	0.45								■■■■■						Tercapai		
2	Mengubah data WOA2013v2 sesuai dengan domain model	0.45									■■■■■					Tercapai		
3	Penyiapan klimatologi bulanan T&S sesuai sigma coordinate	0.45										■■■■■				Tercapai		
4	Penyiapan data T&S climatology untuk boundary condition (BC)	0.6											■■■■■			Tercapai		
5	Finalisasi data WO A2013v2 sebagai klimatologi BC	0.6												■■■■■		Tercapai		
VI.	Spin-up model selama 5 tahun																	
1	Spin-up model menggunakan T&S bulanan+ NCEP forcing	15								■■■■■						Tercapai		
2	Spin-up model (early stage)	15									■■■■■					Tercapai		
3	Spin-up model menggunakan klimatologi WOA2013 dan NCEP (> 20 tahun)	15														Tercapai		
4	Penyiapan T&S bulanan SODA untuk syarat batas bulanan spin-up	15														Skip		
VII.	Operasional Oceanografi dengan near real time forcing dimulai dari Oktober 1992																	
1	Running model 2011-2013 dengan FGO-JAMSTEC	9														Tercapai		

**Tabel 7.2** Rincian Anggaran Biaya Proyek BMKG.

Kendala terbesar yang kami hadapi adalah waktu. Untuk melakukan operasional oseanografi dari awal, waktu yang dibutuhkan tidak bisa singkat. Setelah mempelajari sistem komputer BMKG, program serial yang kami punya baru dapat melakukan simulasi komputasi untuk 1 hari simulasi, selama 4 hari atau 96 jam (CPU Time). Sehingga untuk melakukan komputasi selama 20 tahun akan sulit terwujud. Alasan utama dari lamanya waktu komputasi adalah *serial programming* dari operasional oseanografi ini, serta dukungan *hardware vector* komputer yang tidak tersedia di BMKG. Solusi yang bisa dilakukan, adalah bekerjasama dengan pihak JAMSTEC untuk mem-*parallel-kan* program serta melakukan *spin-up* serta *long-term simulation* di super komputer milik mereka. Dengan cara demikian, kami melihat pekerjaan ini akan dapat berjalan dengan baik. Jika hal tersebut tidak dilakukan, maka pekerjaan ini hanya mendapatkan hasil simulasi pada waktu pendek, yang dimasa datang perlu dilanjutkan lagi.

## BAB VIII

# VISUALISASI

### 8.1 Batimetri

Batimetri digambar menggunakan Grads, berikut ini adalah *script* yang digunakan:

1. *Script* untuk inisialisasi:  
'reinit'
2. *Script* untuk membuka data yang akan digambarkan:  
'open hnew2.ctl'
3. *Script* yang digunakan untuk area, waktu, dan tipe grafis:  
'set mpdset hires'  
'set dfile 1'  
'set parea 0.9 10.7 2 8.5'  
'set map 1 0 20'  
'set grads off'  
'set grid off'  
'set lon 89.9 155'  
'set lat -18 14'  
'set lev 0'  
'set xlopts 1 12 0.15'  
'set ylopts 1 12 0.15'  
'set xlint 5'  
'set ylint 5'  
'run rgbsel2.gs'  
'set gxout shaded'  
'set clevs 10 50 100 500 1000 2000 3000 4000 6000'  
'set ccols 0 25 24 23 22 21 43 44 45 46 47'
4. *Script* untuk mengatur tampilan gambar (keterangan axis, dll) serta menggambarkan area yang diinginkan:

```
'd val.1'  
'set strsiz 0.5 0.5'  
'set ccolor 0'  
'cbarn'  
'set string 1 c 12 0'  
'draw string 4.5 5.5 Kalimantan'  
'set string 1 c 12 -45'  
'draw string 2.7 5.6 Sumatra'  
'set string 1 c 12 -10'  
'draw string 4.2 4.25 Java'  
'set string 1 c 12 0'  
'draw string 8.3 5 Papua'  
'set string 1 c 12 2'  
'draw string 5.7 5.2 Sulawesi'  
'set strsiz 0.2'  
'set string 1 c 12 0'  
'draw string 5.3 0.35 Depth(m)'  
'set strsiz 0.25'  
'set string 1 c 12 90'  
'draw string 0.2 5.6 Latitude'  
'set string 1 c 12 0'  
'draw string 5.6 1.7 Longitude'  
'open hcom.ctl'
```

```
'set dfile 2'
'set csmooth on'
'set ccolor 1'
'set clam off'
'set gxout contour'
'set clevs 1 10 25 35 45 55 65 75 85 95 100'
'd val.2'
'printim h_insert_iocoba.tiff x1440 y1080 white'
```

## 8.2 Generalized Sigma

*Generalized sigma* (g-sigma) digambar menggunakan NCL NCAR, berikut adalah *script* yang digunakan:

1. *Script* untuk menambahkan atau membuka data yang akan digambarkan dan deklarasi variabel:

```
f=addfile("./gsig.ind.nc","r")
val=f->val
lev=f->lev
lon=f->lon
lat=f->lat
data=rm_single_dims(val)
depth=lev*-1
delete([/val,lev/])
print(depth)
  data!0  = "depth"
  data!1  = "lat"
  data!2  = "lon"
  data&lat = lat
  data&lon = lon
  data&depth = depth
printVarSummary(data)
printVarSummary(depth)
```

2. *Script* untuk menentukan garis *transect*:

```
leftlat0 = -10
rightlat0 = -10
leftlon0 = 90
rightlon0 = 155

leftlat1 = -5
rightlat1 = -5
leftlon1 = 90
rightlon1 = 155

leftlat2 = 0
rightlat2 = 0
leftlon2 = 90
rightlon2 = 155

leftlat3 = 5
rightlat3 = 5
leftlon3 = 90
rightlon3 = 155
npts = 700
latpoint =new(npts,"float")
lonpoint =new(npts,"float")
dist0 = gc_latlon(leftlat0,leftlon0,rightlat0,rightlon0,200,-2)
dist1 = gc_latlon(leftlat1,leftlon1,rightlat1,rightlon1,100,-2)
```

```

dist2 = gc_latlon(leftlat2,leftlon2,rightlat2,rightlon2,200,-2)
dist3 = gc_latlon(leftlat3,leftlon3,rightlat3,rightlon3,200,-2)
latpoint(0:199) = dist0@gclat(0:199)
lonpoint(0:199) = dist0@gclon(0:199)
latpoint(200:299) = dist1@gclat(0:99)
lonpoint(200:299) = dist1@gclon(0:99)
latpoint(300:499) = dist2@gclat(0:199)
lonpoint(300:499) = dist2@gclon(0:199)
latpoint(500:699) = dist3@gclat(0:199)
lonpoint(500:699) = dist3@gclon(0:199)

trans = linint2_points(lon,lat,data,False,lonpoint,latpoint,0)
copy_VarAtts(data,trans)
trans!0 = "depth"
trans&depth = depth
printVarSummary(trans)
points = ispan(0,npts-1,1)
    
```

3. *Script* untuk menggambarkan *output g-sigma*:

```
plot = gsn_csm_contour(wks,trans,res)
```

### 8.3 Tracers Menggunakan NCL

*Tracers* (salinitas dan temperatur) digambar menggunakan NCL NCAR, berikut adalah *script* yang digunakan:

1. *Script* untuk membuka atau menambahkan data masukan yang akan digambarkan dan deklarasi variabel:

```

depth=25 ; in meters
date_select = (/20160131/) ; yyyyymmdd
skip = 2 ; vector skip
f1 = addfile("T2016.nc","r")
lon = f1->lon
lat= f1->lat
lev=f1->lev
time=dble2flt(f1->time)
val1=f1->val
    
```

2. *Script* untuk menentukan *layer* (yang ingin digambarkan) dan waktu:

```

index = closest_val(depth*-1,lev)
date = cd_calendar(time, -2) ; yyyyymmdd
idate= get1Dindex(date, date_select)
print(index+" "+idate)
trc=val1(idate,index,:,:)
delete([/val1/])
printVarSummary(trc)
printVarSummary(time)
tstring = ut_string(time, "%D%c%Y")
print(tstring(idate))
    
```

3. *Script* untuk menentukan area yang akan digambarkan:

mpres@mpMinLatF	= -18
mpres@mpMaxLatF	= 14.5
mpres@mpMinLonF	= 90
mpres@mpMaxLonF	= 155

4. *Script* untuk menggambarkan *tracers* (salinitas dan temperatur):

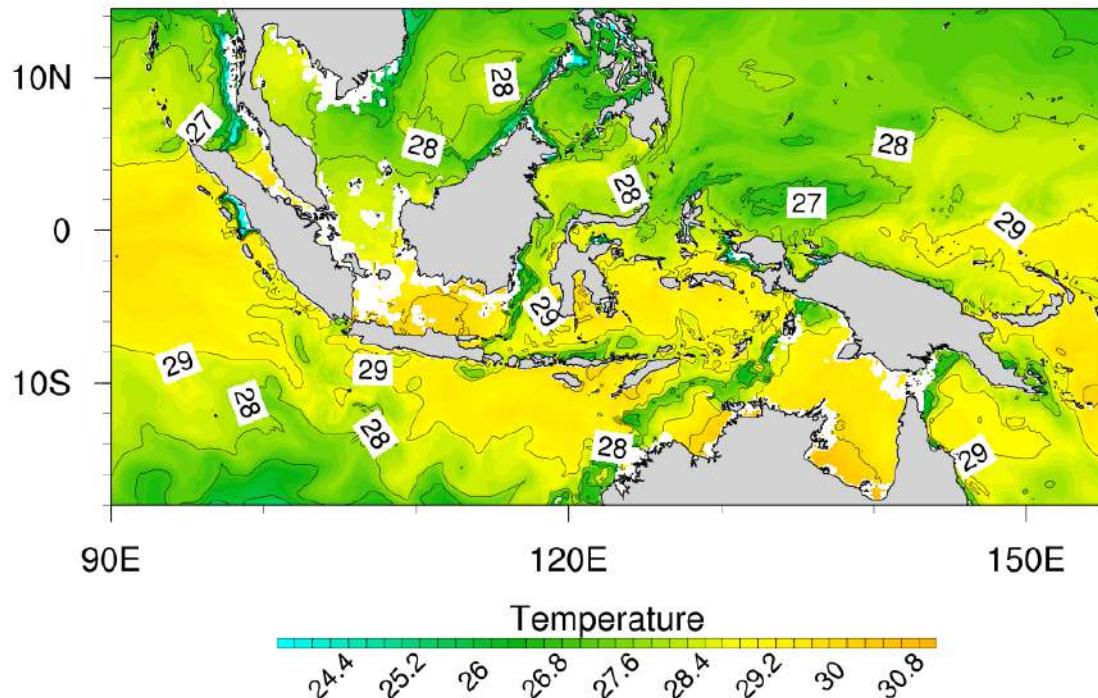
```
map = gsn_csm_map(wks,mpres)
```

```

plot1 = gsn_csm_contour(wks,trc,cnres)
cnres@cnFillOn      = False
cnres@cnLinesOn    = True
cnres@cnLevelSelectionMode = "ExplicitLevels" ; set explicit contour levels
cnres@cnLevels     = (/ 25,26, 27,28,29, 30/) ; set levels
cnres@cnInfoLabelOn = False
cnres@cnLineLabelsOn = True
cnres@cnLineLabelBackgroundColor = "white"
plot2 = gsn_csm_contour(wks,trc,cnres)
getvalues plot2
"cnLevels" : levels
end getvalues
nlevels = dimsizes(levels)
flags = new(nlevels,string)
do i=0,nlevels-1
if(levels(i).lt.0) then
flags(i) = "LineOnly"
else
flags(i) = "LineAndLabel"
end if
end do
setvalues plot2
"tiMainString" : "only zero & positive contours are labeled"
"cnLevelFlags" : flags
end setvalues
overlay(map,plot1)
overlay(map,plot2)
draw(map)
draw(plot2)
frame(wks)
end

```

## Tracer at-25.0m in 31Jan2016



**Gambar 8.1** Tracer temperatur (-25 m) pada 31 Januari 2016 (menggunakan NCL).

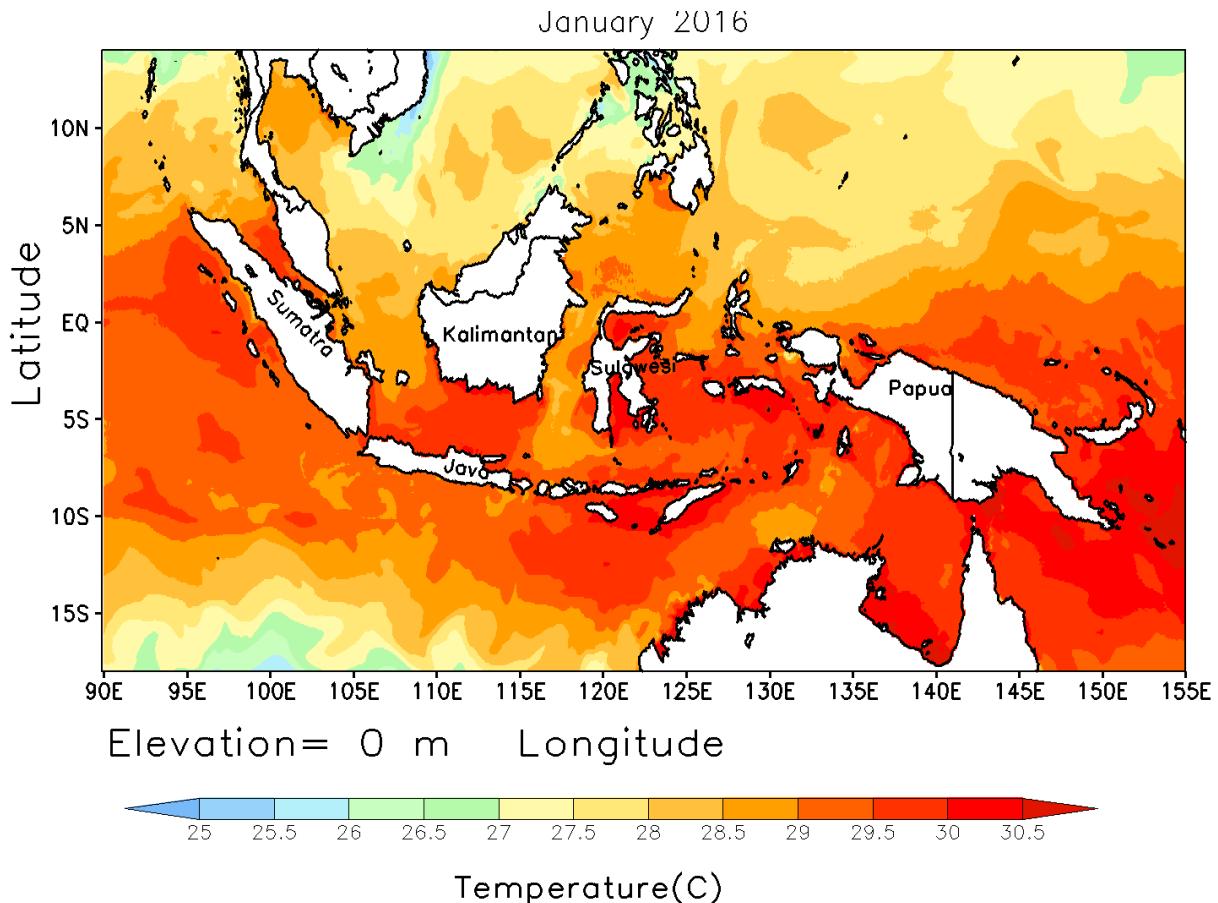
## 8.4 Tracers Menggunakan Grads

Tracers (salinitas dan temperatur) digambar menggunakan NCL NCAR, berikut adalah *script* yang digunakan:

1. *Script* untuk inisialisasi:  
'reinit'
2. *Script* untuk membuka data yang akan digambarkan:  
'open sstdownload1'
3. *Script* yang digunakan untuk area, waktu, dan tipe grafis:  

```
'set mpdset hires'
'set dfile 1'
'set parea 0.9 10.7 2 8.5'
'set map 1 0 20'
'set grads off'
'set grid off'
'set lon 89.9 155'
'set lat -18 14'
'set lev 0 0'
'set T 2'
'set xlopts 1 12 0.15'
'set ylopts 1 12 0.15'
'set xlint 5'
'set ylint 5'
'run rgbset2.gs'
'set gxout shaded'
'set clevs 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 '
'set ccols 44 43 42 32 33 21 22 23 24 25 26 27 28 29 '
```
4. *Script* untuk mengatur tampilan gambar (keterangan axis, dll) serta menggambarkan area yang diinginkan:  

```
'd val'
'set strsz 0.5 0.5'
'set ccolor 0'
'cbarn'
'set string 1 c 12 0'
'draw string 4.5 5.5 Kalimantan'
'set string 1 c 12 -45'
'draw string 2.7 5.6 Sumatra'
'set string 1 c 12 -10'
'draw string 4.2 4.25 Java'
'set string 1 c 12 0'
'draw string 8.3 5 Papua'
'set string 1 c 12 2'
'draw string 5.7 5.2 Sulawesi'
'set strsz 0.2'
'set string 1 c 12 0'
'draw string 5.3 0.35 Temperature(C)'
'set strsz 0.25'
'set string 1 c 12 90'
'draw string 0.2 5.6 Latitude'
'set string 1 c 12 0'
'draw string 5.6 1.7 Longitude'
'set string 1 c 12 0'
'draw string 2.5 1.7 Elevation= 0 m'
'draw title \Desember 2016'
'set strsz 0.05 0.05'
'printim a72.png x1440 y1080 white'
```



**Gambar 8.2** Tracer temperatur (0 m) pada Januari 2016 (menggunakan Grads).

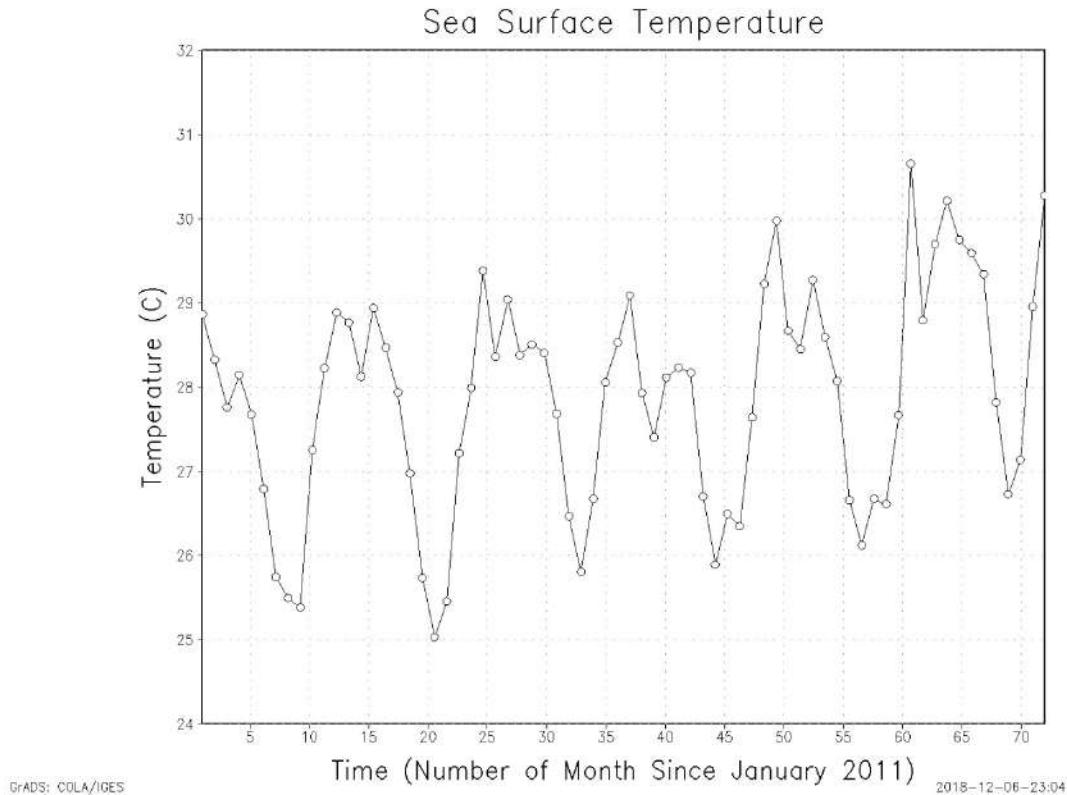
### 8.5 Time Series

Time series data salinitas dan temperatur digambar menggunakan Grads, berikut adalah script yang digunakan:

1. Script untuk inisialisasi:  
'reinit'
2. Script untuk membuka data yang akan digambarkan:  
'open ssdownload1'
3. Script yang digunakan untuk area, waktu, dan tipe grafis:  

```
'set dfile 1'
'set lon 132'
'set lat -7'
'set lev 0'
'set T 1 70'
'set E 1'
'set vrange 24 32'
'set xaxis 1 72 <5>'
```
4. Script untuk mengatur tampilan gambar (keterangan axis, dll) serta menggambarkan area yang diinginkan:  

```
'd val'
'draw title Sea Surface Temperature'
'draw xlabel Time (Number of Month Since January 2011)'
'draw ylabel Temperature (C)'
'printim plotz.png x1440 y1080 white'
```



**Gambar 8.3** Time series temperature pada Januari 2011 hingga Desember 2016.

## 8.6 Overlay

Overlay data vektor arus digambar menggunakan NCL NCAR, berikut adalah *script* yang digunakan:

1. *Script* untuk membuka atau menambahkan data masukan yang akan digambarkan dan deklarasi variabel:

```
depth=25 ; in meters
date_select = (/20160131/) ; yyyyymmdd
skip = 2 ; vector skip
f1 = addfile("T2016.nc","r")
f2 = addfile("U2016.nc","r")
f3 = addfile("V2016.nc","r")
lon = f1->lon
lat= f1->lat
lev=f1->lev
time=dble2flt(f1->time)
val1=f1->val
val2=f2->val
val3=f3->val
```

2. *Script* untuk menentukan *layer* (yang ingin digambarkan) dan waktu:

```
index = closest_val(depth*-1,lev)
date = cd_calendar(time, -2) ; yyyyymmdd
idate = get1Dindex(date, date_select)
print(index+" "+idate)
trc=val1(idate,index,:,:)
valu=val2(idate,index,:,:)
valv=val3(idate,index,:,:)
delete([/val1,val2,val3/])
```

```

printVarSummary(trc)
printVarSummary(time)
tstring = ut_string(time, "%D%c%Y")
print(tstring(idate))
    
```

3. *Script* untuk menentukan area yang akan digambarkan:

```

mpres@mpMinLatF      = -18
mpres@mpMaxLatF      = 14.5
mpres@mpMinLonF       = 90
mpres@mpMaxLonF      = 155
    
```

4. *Script* untuk menentukan vektor:

```

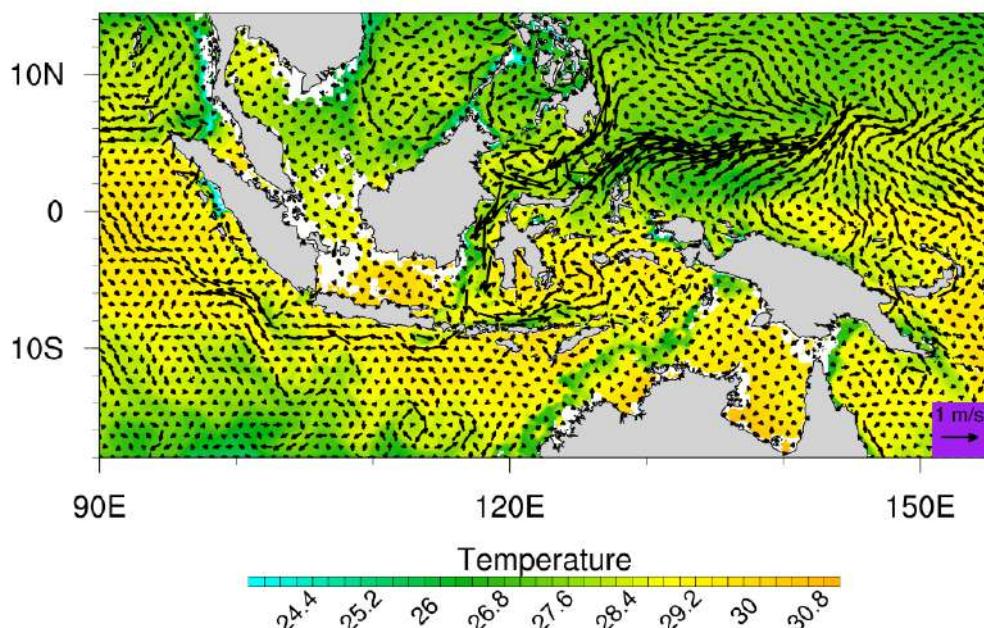
res_vc = res
res_vc@vcGlyphStyle = "LineArrow"
res_vc@vcLineArrowThicknessF = 5
res_vc@vcMinDistanceF = 0.01
res_vc@vcRefLengthF = 0.03
    
```

5. *Script* untuk menggambarkan *overlay* data vektor arus:

```

map = gsn_csm_map(wks,mpres)
contour = gsn_csm_contour(wks,trc,cnres)
vector = gsn_csm_vector(wks,valu,valu,res_vc)
    overlay(map,contour)
    overlay(map,vector)
txres          = True
txres@txFontHeightF     = 0.02
txres@txFontColor       = "Purple"
txres@txBackgroundFillColor = "White"
txres@txFontOpacityF    = 0.8
txres@txFontThicknessF  = 4.0
dum = gsn_add_text(wks,(/vector/),"500hPa",105,52.7,txres)
draw(map)
frame(wks)
end
    
```

## Tracer at-25.0m in 31Jan2016

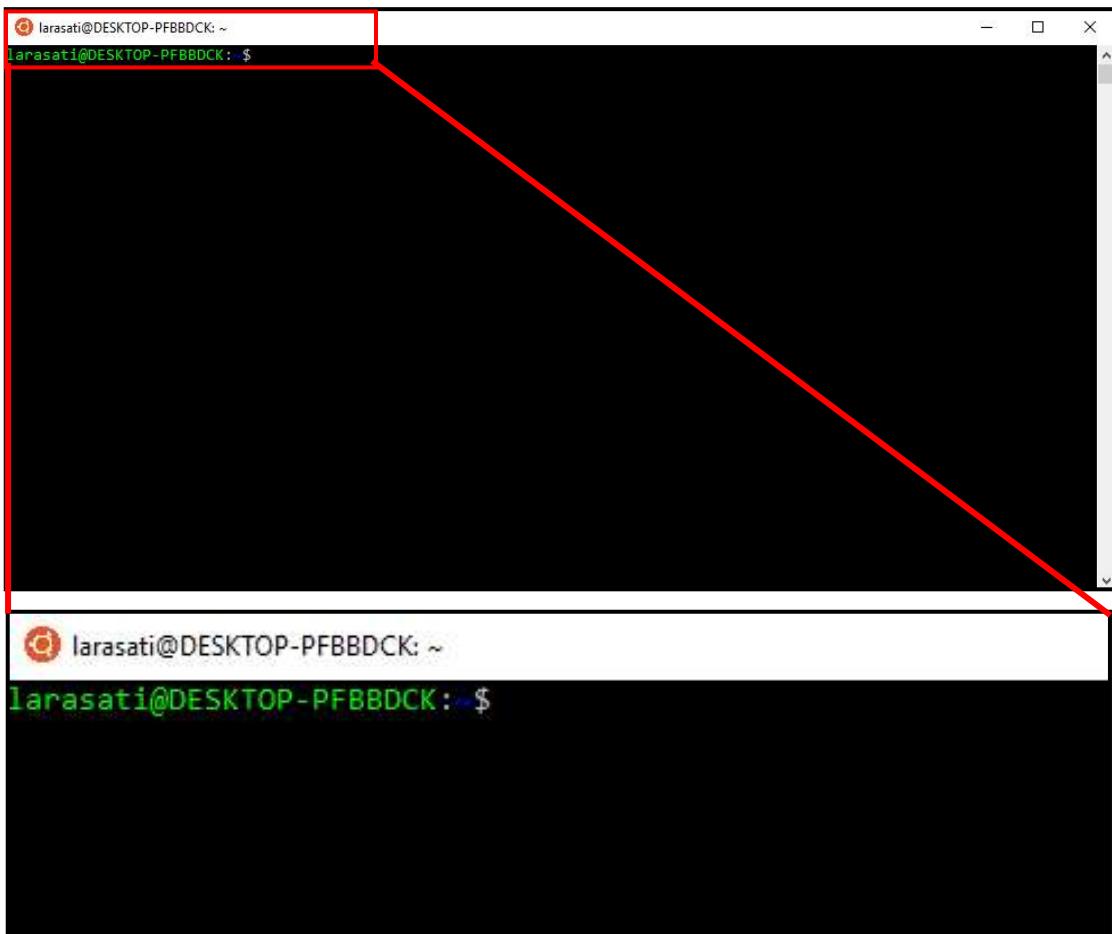


**Gambar 8.4** Tracer temperatur (-25 m) yang di-overlay dengan vektor arus pada 31 Januari 2016.

## BAB IX

### USER GUIDE

1. Membuka *Terminal* untuk dapat masuk ke dalam *server BMKG*, pada panduan ini digunakan *Ubuntu* sebagai terminal.



**Gambar 9.1** Tampilan awal *Terminal* Ubuntu.

2. Melakukan *login* ke *server BMKG* dengan menuliskan perintah berikut di bawah ini:
  - a. **Metode 1:** Ketik ssh -X [userid]@peta-maritim.bmkg.go.id, kemudian masukkan *password*. Setelah masuk ke *server BMKG*, ketik ssh -X [user id]@10.10.1.1 kemudian masukkan *password*.
  - b. **Metode 2:** Ketik ssh -X -oProxyCommand="ssh -Y -W %h:%p [user id]@peta-maritim.bmkg.go.id" [userid]@10.10.1.1 kemudian masukkan *password* untuk masuk.
  - c. **Metode 3:** Pertama ketik ssh -X -oProxyJump=[userid]@peta-maritim.bmkg.go.id" [userid]@10.10.1.1 kemudian masukkan *password* untuk masuk.

```
ark@peta-maritim: ~
larasati@DESKTOP-PFBBDDCK:~$ ssh -X ark@peta-maritim.bmkg.go.id
ark@peta-maritim.bmkg.go.id's password:
Welcome to Ubuntu 14.04.5 LTS (GNU/Linux 4.2.0-42-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com/

 System information as of Tue Nov 27 19:55:44 WIB 2018

 System load:  0.0          Processes:      203
 Usage of /:   87.5% of 525.64GB  Users logged in:   4
 Memory usage: 2%           IP address for eth0: 172.19.1.121
 Swap usage:   0%           IP address for eth1: 10.10.1.5

 => / is using 87.5% of 525.64GB

 Graph this data and manage this system at:
   https://landscape.canonical.com/

323 packages can be updated.
206 updates are security updates.

New release '16.04.5 LTS' available.
Run 'do-release-upgrade' to upgrade to it.

WARNING: Security updates for your current Hardware Enablelement Stack
ended on 2016-08-04:
 * http://wiki.ubuntu.com/1404\_HWE\_EOL

To upgrade to a supported (or longer-supported) configuration:

* Upgrade from Ubuntu 14.04 LTS to Ubuntu 16.04 LTS by running:
sudo do-release-upgrade

OR

* Switch to the current security-supported stack by running:
sudo apt-get install linux-signed-generic-lts-xenial linux-signed-image-generic-lts-xenial
and reboot your system.
Last login: Tue Nov 27 19:56:02 2018 from 114.124.139.113
```

```
ark@peta-maritim: ~
larasati@DESKTOP-PFBBDDCK:~$ ssh -X ark@peta-maritim.bmkg.go.id
ark@peta-maritim.bmkg.go.id's password:
```

**Gambar 9.2** Tampilan setelah mengetik ssh -X [userid]@peta-maritim.bmkg.go.id).

**Gambar 9.3** Tampilan setelah mengetik ssh -X [userid]@10.10.1.1.

- Setelah masuk ke [userid]@poseidon, jangan lupa, setiap akan melakukan suatu pekerjaan, pastikan untuk mengecek *directory* tempat bekerja dengan menggunakan *command* "pwd".

```
[ark@poseidon ~]$ pwd  
/home/ark  
[ark@poseidon ~]$
```

**Gambar 9.4** Tampilan setelah mengetik "pwd" atau *present working directory*.

4. Setelah mengetahui posisi *directory*, ketik *command* “ls” untuk mengetahui isi dari *directory* [user id] di *home*, “ark” adalah *user id* yang digunakan pada contoh kali ini. Kemudian masuk ke *directory* IP-POM dengan menggunakan *command change directory* dengan mengetikkan “cd IP-POM”.

```
[ark@poseidon ~]$ ls
data  devel  #gsg3d.ind.case#  intel  IP-POM  miniconda3  netcdf.mod  opn  pelatihan  ssize.h  tes
[ark@poseidon ~]$ cd IP-POM
[ark@poseidon IP-POM]$ ls
case  csh  src  work
[ark@poseidon IP-POM]$
```

**Gambar 9.5** Tampilan setelah mengetik “ls” dan “cd IP-POM”.

5. Di dalam *directory* IP-POM terdapat *directory* *case*, *csh*, *src*, dan *work*. *Command* “ls” dapat menampilkan isi dari *directory* *case*, *csh*, *src*, dan *work*.

```
[ark@poseidon IP-POM]$ cd case
[ark@poseidon case]$ ls
#gsg3d.ind.case#  ind21.hc.case  ind_FL.hc.case  ncepchk.case      particleg.ind.case   particleg.inp2.case~
gsg3d.ind.case    ind21.hc.case~  ind.hc.case    ncepchk.case~  particleg.ind.case~  particleg.inp1.case
gsg3d.ind.case~  #ind47.hc.case#  ind.hc.case~  ncepclim_chk.case  particleg.inp1.case#
gsg3d.jcope.case  ind47.hc.case  ncep6h_chk.case  ncepclim_chk.case~  #particleg.inp2.case#
gsg3d.jcope.case~ ind47.hc.case~  ncep6h_chk.case~  #particleg.ind.case#  particleg.inp2.case
[ark@poseidon case]$
```

**Gambar 9.6** Tampilan isi dari *directory* *case*.

```
[ark@poseidon case]$ cd ../
[ark@poseidon IP-POM]$ ls
case  csh  src  work
[ark@poseidon IP-POM]$ cd csh
[ark@poseidon csh]$ ls
gsg3d.ind  gsg3d.jcope~  ind21.hc~  ind_FL.hc  ind.hc~  ncepchk      ncepclim_chk~  run.log
gsg3d.ind~ #ind21.hc#  ind47.hc  ind_FL.hc~  ncep6h_chk  ncepchk~  ptc_ind
gsg3d.jcope  ind21.hc  ind47.hc~  ind.hc  ncep6h_chk~  ncepclim_chk  ptc_ind~
[ark@poseidon csh]$
```

**Gambar 9.7** Tampilan isi dari *directory* *csh*.

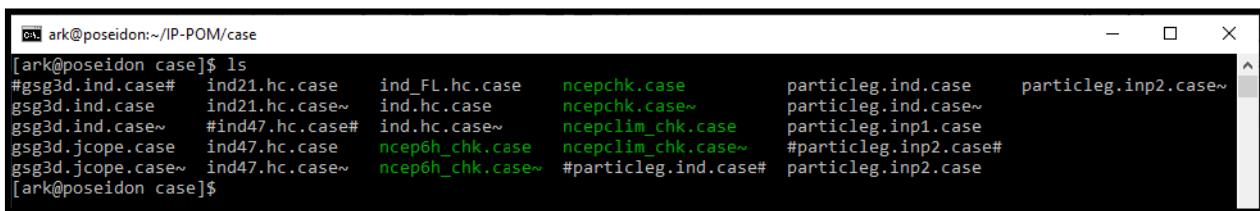
```
[ark@poseidon csh]$ cd ../
[ark@poseidon IP-POM]$ ls
case  csh  src  work
[ark@poseidon IP-POM]$ cd src
[ark@poseidon src]$ ls
ADVAVE.ns.f  climtsmask.ind.f  gs3dt0varirix.f  iomngr.F  ncep6h_chk.f~  particlegqscat.f  rezps.f
ADVCT.ns.f  climtsread.f  gsg.3d.f  julday.f  ncepchk.f  particlegread.f  riverset.ip1.f
ADVO.f  common_indblkg.h  gsg.3d.f~  latenth.f  ncepclim_chk.f  particlegrk.f  sensible.f
ADVTfct.F  curl2.f  gsg.3dint.f  longrad.f  ncepclim_chk.f~  particlegrkv.f  sigtoz3.f
ADVU.f  dconct.f  gsg.3dint.f~  lstschvar2.f  openflx.f  particleg_sub.f  sort.f
ADVU.F  deggaus.f  gsigtz3.f  main.ind.f  particleg-blk.h  particlegwind.f  stdfio.h
BAROPGfth.f  degsetFGO.f  gusintvar.f  main.ind.f~  particleg-blk.h~  particlegwrite.f  sysdep.h
BCOND.ind.f  degsetfine9.f  hfluxlib.f  main.ind.f.bak  particlegdiffc.f  PROFQ2.tidew.f90  tatz0g.f
bcread5.f  degset.ind.f  hindbnd4.f  Makefile  particlegdrift.f  PROF2.98.f90  timeiph5.ind.f
bilin2.f  degset.jcope.f  hindrntint3.f  Makefile~  particlegeuler.f  PROFU.tide.f  utils_iomngr.F
bilin.f  degset.jcope.f~  hindpmsl.f  maxminpr3.f  particleg.f  PROFV.tide.f  VERTVL.gsigma.f
bilinxyzg.f  DENS.98.f  idxfit2.f  minmaxp.f  particleggfs.f  PRXY.f  VERTVL.river.f
bilinxyzgg.f  densval.f  idxfit.f  mkextug.f  particleginit2.f  random.f  windeffct.f
boundch.f  diag.f  initps2.f  mkextvg.f  particleginit.f  ratioclim2.f  writeinit2.f
caldat.f  DIFFT.f  initps2.f~  mklstij2.f  particlegktracer.f  readinit2.f
climsurf.f  findpsi2.f  initps2.f90.bak  mksfc3.f  particlegncep2.f  readnc4.f90
climtsdamp2.f  geouv.f  intidx2.f  mksfcini2.f  particlegnce.f  readnc4.f90~
climtsip.f  gs2dt0varirix.f  intidx.f  ncep6h_chk.f  particlegnce.f~  realw.f
[ark@poseidon src]$
```

**Gambar 9.8** Tampilan isi dari *directory* *src*.

```
[ark@poseidon src]$ cd ../
[ark@poseidon IP-POM]$ ls
case csh src work
[ark@poseidon IP-POM]$ cd work
[ark@poseidon work]$ ls
ind ip2 JCOPE2
[ark@poseidon work]$
```

**Gambar 9.9** Tampilan isi dari *directory work*.

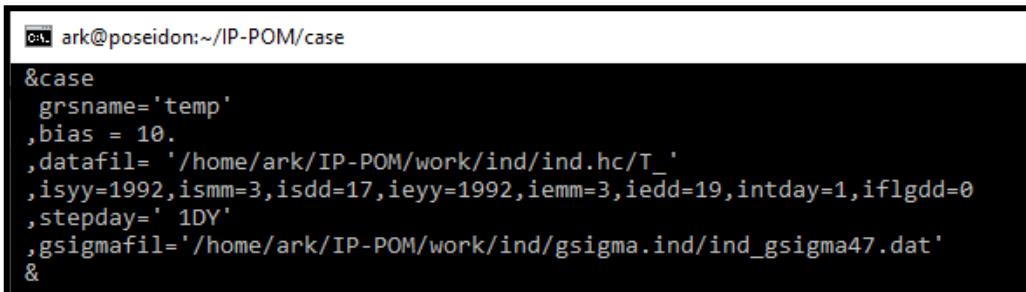
- Untuk mengunduh data *tracer* ( $u$ ,  $v$ ,  $S$ ,  $T$ , dan  $EL$ ), *user* harus masuk terlebih dahulu ke *directory case*. *Directory case* berisi *case file* yang dapat digunakan untuk menentukan parameter serta rentang waktu data *tracer* yang hendak diunduh.



```
[ark@poseidon case]$ ls
#gsg3d.ind.case# ind21.hc.case ind_Fl.hc.case ncepchk.case      particleg.ind.case   particleg.inp2.case~
gsg3d.ind.case     ind21.hc.case~ ind.hc.case    ncepchk.case~    particleg.ind.case~  particleg.inp2.case~#
gsg3d.ind.case~   #ind47.hc.case# ind.hc.case~  ncepclim_chk.case  particleg.inp1.case
gsg3d.jcope.case  ind47.hc.case   ncep6h_chk.case~ ncep6h_chk.case~# #particleg.ind.case#
gsg3d.jcope.case~ ind47.hc.case~ ncep6h_chk.case~# #particleg.ind.case# particleg.inp2.case
[ark@poseidon case]$
```

**Gambar 9.10** Tampilan *directory case*.

- Untuk mengunduh data *tracer*, buka *case file* gsg3d.ind.case dengan memasukkan perintah “vi gsg3d.ind.case” pada *command prompt*, dan *file* akan terbuka, seperti gambar di bawah berikut.



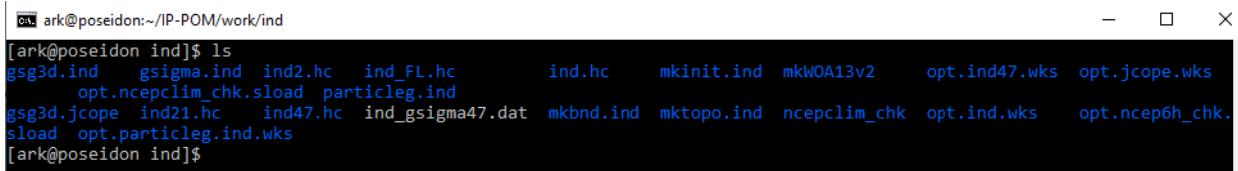
```
&case
grsname='temp'
,bias = 10.
,datafil= '/home/ark/IP-POM/work/ind/ind.hc/T_'
,isyy=1992,ismm=3,isdd=17,ieyy=1992,iemm=3,iedd=19,intday=1,iflgdd=0
,stepday= '1DY'
,gsigmafil= '/home/ark/IP-POM/work/ind/gsigma.ind/ind_gsigma47.dat'
&
```

**Gambar 9.11** Tampilan setelah mengetikkan *command* “vi nama file”.

- Setelah *file* dibuka perhatikan teks yang terdapat pada *file*. Pada baris kedua terdapat tulisan “grsname”, apabila hendak mengunduh data temperatur, maka ketik “temp” di antara tanda petik pada baris kedua tersebut seperti pada gambar sebelumnya, sebenarnya tidak harus menggunakan kata “temp”, ini hanya salah satu cara untuk memudahkan *user* di masa depan, sama halnya apabila ingin mengunduh data *tracer* lain, kata “temp” dapat diganti menjadi “uvel” apabila hendak mengunduh data  $U$ , “vvel” untuk data  $V$ , “sal” untuk data salinitas, dan “el” untuk data elevasi muka air laut non-pasut. Pada baris ketiga terdapat nilai bias, nilai bias harus diganti sesuai dengan data *tracer*, 10 untuk temperatur seperti pada gambar sebelumnya, 0 untuk  $U$  dan  $V$ , 35 untuk salinitas, dan 0

untuk elevasi muka air laut non-pasut. Pada baris 4 terdapat tulisan “datafil= '/home/ark/IP-POM/work/ind/ind.hc/T\_”, perintah ini digunakan ketika mengunduh data temperatur, apabila hendak mengunduh data *U*, gantilah tulisan “**T\_**” menjadi “**U\_**”, atau “**V\_**” untuk data *V*, “**S\_**” untuk data salinitas, dan “**EL\_**” untuk data elevasi muka air laut non-pasut. Simbol *isyy*, *ismm*, dan *isdd* pada baris 5 merupakan waktu awal pencuplikan data, *isyy* merupakan tahunnya, *ismm* merupakan tanggalnya, dan *isdd* merupakan harinya, kemudian *ieyy*, *iemm*, dan *iedd* adalah waktu akhir pencuplikan data, *ieyy* merupakan tahunnya, *iemm* merupakan bulannya, dan *iedd* merupakan tahunnya, simbol *intday* merupakan interval hari data *tracer* yang hendak diunduh dari tanggal awal hingga akhir data dicuplik. Setelah itu *file* disimpan dengan cara mengetikkan “:wq!”, perintah ini selain berguna untuk menyimpan *file* yang diubah, otomatis mengeluarkan *user* dari fitur *vi*.

9. Setelah *case file* gsg3d.ind.case disimpan, keluar dari *directory case*, lalu masuk ke *directory csh*.
10. Pada *directory csh* ketik “./gsg3d.ind”, secara otomatis terminal akan mulai mengunduh data *tracer*. Pada terminal pun akan ditunjukkan status pengunduhan, sudah sampai tanggal berapakah data *tracer* terunduh.
11. Data *tracer* yang sudah selesai diunduh disimpan pada *directory ind* yang terletak di dalam *directory work*.



```
[ark@poseidon:~/IP-POM/work/ind]
[ark@poseidon ind]$ ls
gsg3d.ind      gsigma.ind   ind2.hc     ind_FL.hc      ind.hc      mkinit.ind  mkW0A13v2      opt.ind47.wks  opt.jcope.wks
                opt.ncepclim_chk.sload  particleg.ind
gsg3d.jcope   ind21.hc     ind47.hc   ind_gsigma47.dat  mkbnd.ind  mktopo.ind  ncepclim_chk  opt.ind.wks   opt.ncep6h_chk.
sload          opt.particleg.ind.wks
[ark@poseidon ind]$
```

**Gambar 9.12** Tampilan *directory work*.

12. Data yang telah diunduh disimpan dalam format .txt, setelah itu data dapat divisualisasikan menggunakan *software* seperti Grads. Cara membuka Grads adalah dengan mengetikkan ‘grads’ kemudian *plot* seperti biasa dengan menggunakan *command* “*d expression*” (*expression* adalah variable yang ingin di *plot* atau *di-display*) atau menggunakan *command* “*printim filename options*”. Selain itu, untuk memberikan keterangan pada *axis* dapat menggunakan *command* “*draw xlabel* dana *tau draw ylabel*”. Berikut ini adalah contoh dan penjelasan *script* yang digunakan untuk penggambaran menggunakan Grads:

9 *Script* untuk inisialisasi:

```
'reinit'
```

10 *Script* untuk membuka data yang akan digambarkan:

```
'open hnew2.ctl'
```

11 *Script* yang digunakan untuk area, waktu, dan tipe grafis:

```
'set mpdset hires'  

'set dfile 1'  

'set parea 0.9 10.7 2 8.5'  

'set map 1 0 20'  

'set grads off'  

'set grid off'  

'set lon 89.9 155'  

'set lat -18 14'  

'set lev 0'  

'set xlopts 1 12 0.15'  

'set ylopts 1 12 0.15'  

'set xlint 5'  

'set ylint 5'  

'run rgbsel2.gs'  

'set gxout shaded'  

'set clevs 10 50 100 500 1000 2000 3000 4000 6000'  

'set ccols 0 25 24 23 22 21 43 44 45 46 47'
```

12 *Script* untuk mengatur tampilan gambar (keterangan *axis*, dll) serta menggambarkan area yang diinginkan:

```
'd val.1'  

'set strsiz 0.5 0.5'  

'set ccolor 0'  

'cbarn'  

'set string 1 c 12 0'  

'draw string 4.5 5.5 Kalimantan'  

'set string 1 c 12 -45'  

'draw string 2.7 5.6 Sumatra'  

'set string 1 c 12 -10'  

'draw string 4.2 4.25 Java'  

'set string 1 c 12 0'  

'draw string 8.3 5 Papua'  

'set string 1 c 12 2'  

'draw string 5.7 5.2 Sulawesi'  

'set strsiz 0.2'  

'set string 1 c 12 0'  

'draw string 5.3 0.35 Depth(m)'  

'set strsiz 0.25'  

'set string 1 c 12 90'  

'draw string 0.2 5.6 Latitude'  

'set string 1 c 12 0'  

'draw string 5.6 1.7 Longitude'  

'open hcom.ctl'  

'set dfile 2'  

'set csmooth on'  

'set ccolor 1'  

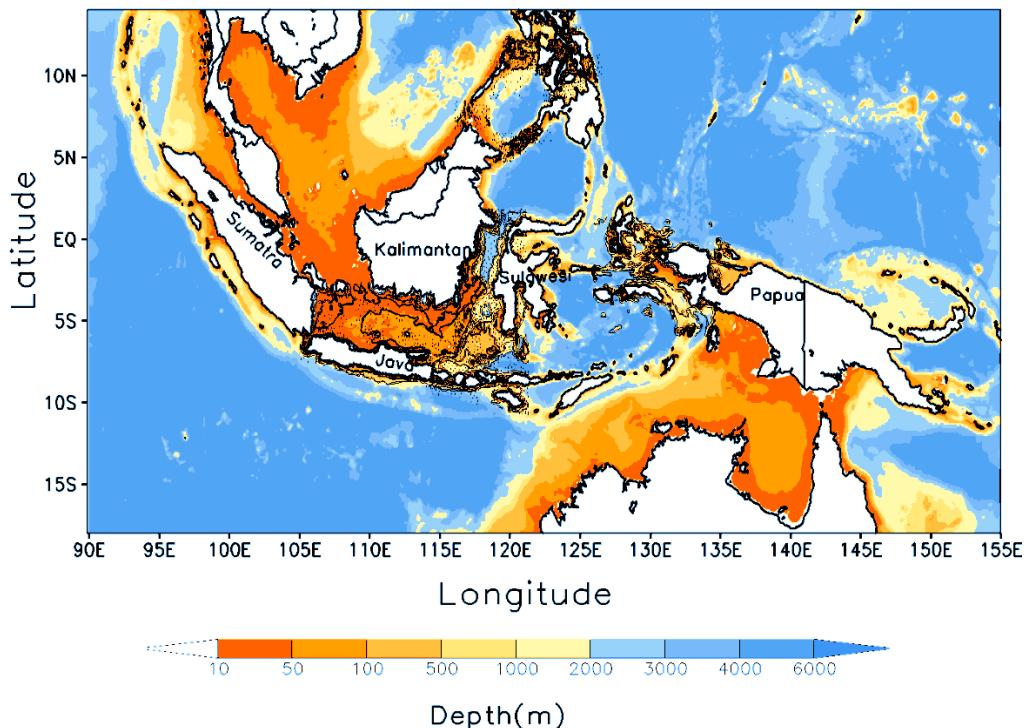
'set clam off'  

'set gxout contour'  

'set clevs 1 10 25 35 45 55 65 75 85 95 100'  

'd val.2'  

'printim h_insert_iocoba.tiff x1440 y1080 white'
```



**Gambar 9.13** Contoh penggambaran batimetri menggunakan Grads.

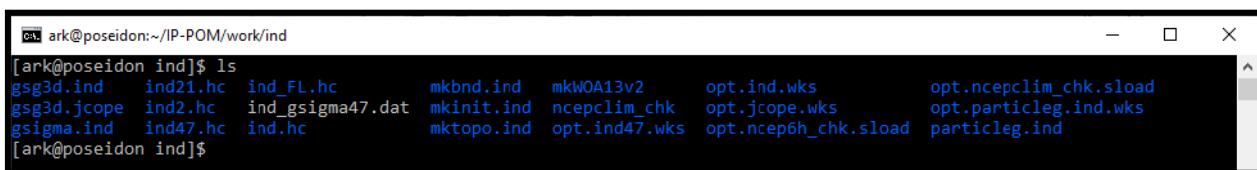
13. Selain data *tracer*, lintasan pergerakan partikel (*particle tracking*) pun dapat diketahui. Pada *directory case*, buka file particle.inp2.case menggunakan command “vi particle.inp2.case”, lalu akan muncul isi dari file tersebut seperti pada Gambar 9.13.

```
ark@poseidon:~/IP-POM/case
2011 05 01
2011 05 03
4
116.0 -6.5
116.5 -5.5
116.25 -6.25
116.75 -5.75
116.75 -5.75
```

**Gambar 9.14** Tampilan isi file particle.inp2.case.

14. Baris pertama dan kedua merupakan tanggal cuplikan awal dan akhir simulasi *particle tracking* dengan format YYYY MM DD yang dapat diubah sesuai dengan kebutuhan. Baris ketiga merupakan jumlah partikel yang akan hendak dilihat pergerakannya pada rentang waktu tertentu, dan baris ke 5,6,7,8, dan 9 merupakan lokasi awal partikel 1,2,3,4, dan 5. Apabila jumlah partikel yang dikehendaki sebanyak n, maka baris ke 4 hingga (4 + n) merupakan posisi awal bujur dan lintang awal partikel tersebut, jumlah partikel yang dapat disimulasikan paling banyak berjumlah 12 partikel.

15. Setelah itu *file* particleg.inp2.case disimpan menggunakan *command* “:wq!” sekaligus mengakhiri fitur “vi”.
16. Setelah *case file particle tracking* disimpan, *user* harus masuk ke *directory csh* lalu menjalankan *file* yang bernama ptc\_ind dengan cara mengetik “./ptc\_ind” pada terminal untuk mengunduh *file particle tracking* yang telah diatur sebelumnya pada *directory case*. Status pengunduhan ditampilkan pada terminal sehingga *user* dapat mengetahuinya.
17. Apabila pengunduhan telah selesai, *file* tersimpan pada *directory ind* dalam *directory work* dengan nama *file* particleg.ind.



```
[ark@poseidon:~/IP-POM/work/ind]
[ark@poseidon ind]$ ls
gsg3d.ind    ind21.hc    ind_FL.hc      mkbnd.ind   mkWOA13v2      opt.ind.wks      opt.ncepclim_chk.sload
gsg3d.jcope  ind2.hc     ind_gsigma47.dat mkinit.ind  ncepclim_chk  opt.jcope.wks  opt.particleg.ind.wks
gsigma.ind   ind47.hc   ind.hc          mktopo.ind  opt.ind47.wks  opt.ncep6h_chk.sload  particleg.ind
[ark@poseidon ind]$
```

**Gambar 9.15** Tampilan isi *directory work* yang sudah terisi *file* particle.ind.

18. Lalu pergerakan partikel dapat divisualisasikan menggunakan *software* seperti Grads. Cara membuka Grads adalah dengan mengetikkan “grads” kemudian *plot* seperti biasa dengan menggunakan *command* “*d expression*” (*expression* adalah variable yang ingin di *plot* atau di-*display*) atau menggunakan *command* “*printim filename options*”. Selain itu, untuk memberikan keterangan pada *axis* dapat menggunakan *command* “*draw xlabel* dana tau *draw ylabel*” (untuk penjelasan *script* dapat dilihat pada poin 12).

## BAB X

### KESIMPULAN

- Pekerjaan yang diberikan kepada PT LAPI ITB sangat sesuai dengan keahlian KK-Oseanografi ITB. Sehingga KK-Oseanografi ITB mampu untuk menjaga agar sistem yang diimplementasikan pada pekerjaan ini dapat berjalan dengan baik.
- Pemodelan hidrodinamika baroklinik 3D beresolusi tinggi ( $1/30^\circ \approx 3,7$  km) untuk seluruh perairan kepulauan maritim Indonesia telah diimplementasikan, meliputi: konfigurasi, parameterisasi, dan validasi model arus 3D baroklinik yang disesuaikan dengan karakteristik perairan Indonesia.
- Periode pekerjaan sangat singkat. Kedepannya perlu dipertimbangkan untuk memberikan waktu yang cukup bagi para ahli dalam dalam membangun operasional oseanografi ini.
- Bobot waktu 65% pekerjaan, dapat tercapai dengan baik pada periode awal pekerjaan ini. Sisa 30%, akan dapat terwujud pada akhir periode pekerjaan. Kolaborasi dengan JAMSTEC diperlukan untuk dapat memenuhi 100% target penggeraan.
- Kondisi HPC di BMKG belum terstruktur sempurna untuk mendukung kegiatan operasional oseanografi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gordon, A. L. 2003. Oceanography of the Indonesian Seas and Their Throughflow. Washington D C.
- Gordon, A. L. dan Fine, R. 1996. Pathways of Water Between the Pacific and Indian Oceans in the Indonesian Seas. United States.
- Kagimoto, T., Y. Miyazawa, X. Guo, dan H. Kawajiri. 2008. High resolution Kuroshio forecast system -Description and its applications-, in High Resolution Numerical Modeling of the Atmosphere and Ocean. Springer, New York, 209-234.
- Kalnay, E., et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Washington DC.
- Kanamitsu, M., Ebisuzak, W., Woollen, J., S-K Yang, J.J. Hnilo, M. Fiorino, dan G. L. Potter. 2002. NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). 1631-1643, Bulletin of the American Meteorological Society.
- Kartadikaria, A. R., Y. Miyazawa, S. M. Varlamov, dan K. Nadaoka (2011), Ocean circulation for the Indonesian seas driven by tides and atmospheric forcings: Comparison to observational data, *J. Geophys. Res.*, 116, C09009, doi:10.1029/2011JC007196.
- Kayaba, N. 2015. Lecture and Exercise: Introduction to Grads. Climate Prediction Division, Japan Meteorological Agency: Tokyo, Japan.
- Large, W. G. dan Pond S. 1981. Open Ocean Momentum Flux Measurements in Moderate to Strong Winds. Department of Oceanography, The University of British Columbia: Vancouver, Canada.
- Macdonald, Alison M. dan Wunsch, C. 1996. An Estimate of Global Ocean Circulation and Heat Fluxes. United States.
- Mellor, G., Blumberg, Alan, et al. 1977. Princeton Ocean Model (POM). Atmospheric and Oceanic Sciences Program: Princeton University.
- Mellor G., dan Yamada, T. 1982. Development of a Turbulence Closure Model for Geophysical Fluid Problems. United States.
- Paulson, C. A. dan Simpson, J. J. 1977. Irradiance Measurements in the Upper Ocean.
- Saji, N. H. dan Goswami, B. N. and Vinayachandran, P. N. and Yamagata, T. 1999. A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean, *Nature*, 401, 360 EP, doi: 10.1038/43854.
- Sprintall J, S. E. Wijffels, R. Molcard, dan I. Jaya. 2009. Direct estimates of the Indonesian Throughflow entering the Indian Ocean: 2004–2006., Volume114, IssueC7, <http://doi.org/10.1029/2008JC005257>.
- United States Department of Commerce: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Diakses dari: [ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/ncep.reanalysis2/gaussian\\_grid/](ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/ncep.reanalysis2/gaussian_grid/).
- United States Department of Commerce: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Diakses dari: [ftp://nomads.ncdc.noaa.gov/GFS/analysis\\_only/](ftp://nomads.ncdc.noaa.gov/GFS/analysis_only/).
- United States Department of Commerce: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Diakses dari: <ftp://nomads.ncdc.noaa.gov/GFS/Grid4>.
- United States Department of Commerce: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Diakses dari: <https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa13/>

## LAMPIRAN

## LAMPIRAN A : DOKUMENTASI PELATIHAN PT LAPI ITB DAN BMKG

### Hari pertama (14 November 2018)



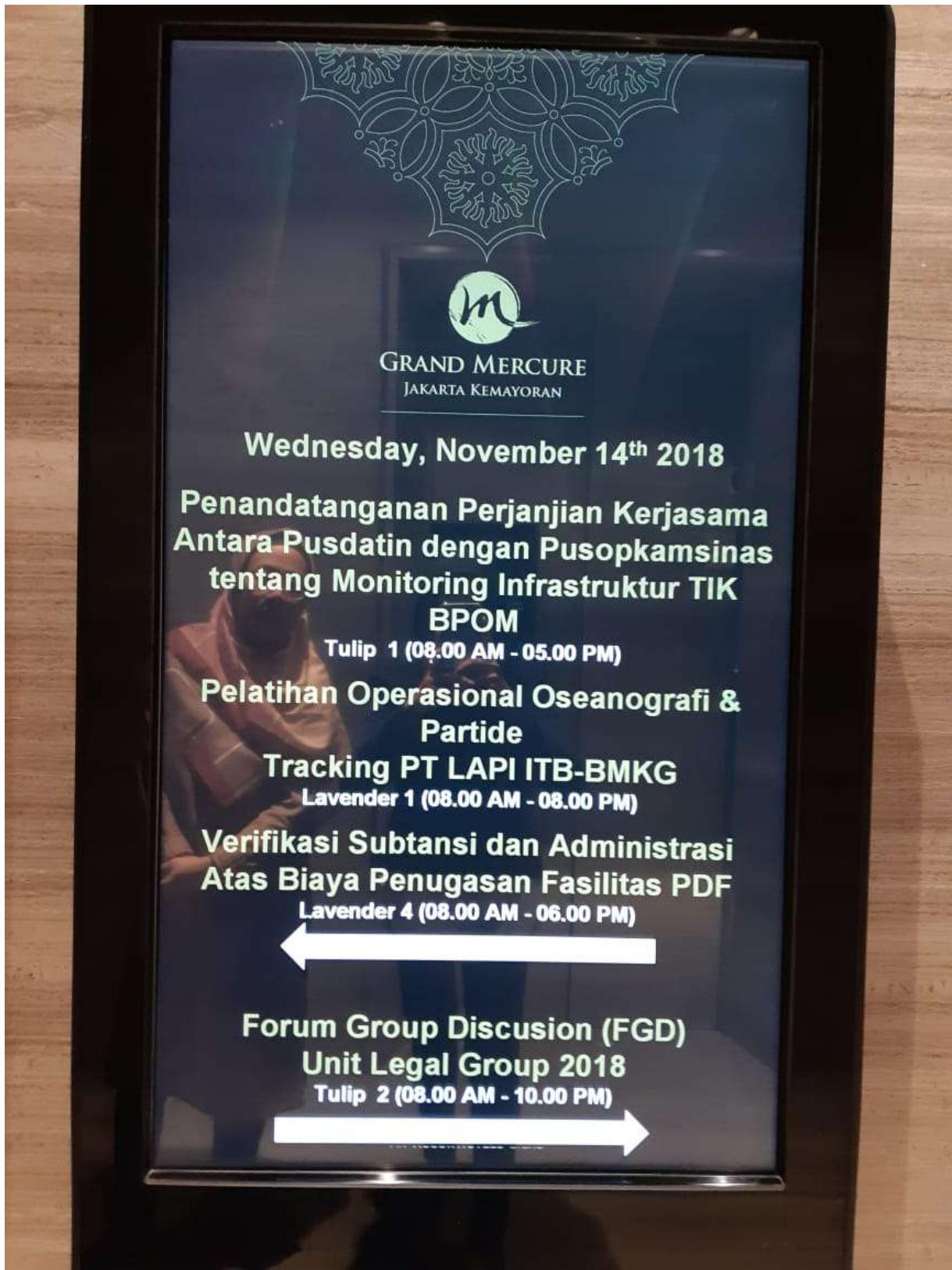
MC: Widya A. dan Rima Rachmayani



Ibu Nelly Florida Riaman, M.Si membuka pelatihan



Foto bersama narasumber dan para peserta



Pelatihan Operasional Oseanografi dan Particle di ruangan Lavender 1 dan Lavender 3



Pemateri pertama: Ibu Dr. Eng. Nining Sari Ningsih



Pemateri kedua: Bapak Dr. Eng. Aditya R. Kartadikaria



Para peserta dari BMKG dan ITB



Pemateri ketiga: Dr. Ayi Tarya



Para peserta dari BMKG dan ITB



Para peserta dari BMKG dan ITB

