

Pengaruh Parameter Meteorologi dalam Variabilitas Lapisan Laut di Teluk Benggala

Proposal TESIS

Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan
Memenuhi syarat-syarat guna pelaksanaan penelitian Tesis

Oleh:

MUH. NUR HIDAYAT
2108201010005



**PROGRAM STUDI MAGISTER MATEMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SYIAH KUALA
DARUSSALAM, BANDA ACEH
2022**

PENGESAHAN

Judul Tesis : Pengaruh Parameter Meteorologi dalam Variabilitas Lapisan Laut
di Teluk Benggala
Nama Mahasiswa : Muh. Nur Hidayat
NPM : 2108201010005
Program Studi : Magister Matematika

Menyetujui
Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Prof. Dr. Ir. Syamsul Rizal
NIP. 196101221987031003

Prof. Dr. Marwan Ramli, M.Si.
NIP. 197111251999031003

Mengetahui:

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Syiah Kuala,

Ketua Prodi Magister Matematika FMIPA
Universitas Syiah Kuala,

Dr. Teuku. M. Iqbalsyah, M.Sc.
NIP. 197110101997031003

Dr. Dra. Intan Syahrini, M.Si
NIP. 196409081991022001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat karunia-Nya sehingga proposal penelitian yang berjudul **Pengaruh Parameter Meteorologi dalam Variabilitas Lapisan Laut di Teluk Benggala** dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Magister pada Program Studi Matematika, Universitas Syiah Kuala.

Penyusunan proposal penelitian ini tidak terlepas dari bantuan tim pembimbing. Oleh karena itu, ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak tersebut.

Proposal penelitian ini tidak terlepas dari segala kekurangan, baik dalam hal penulisan maupun pembahasan dari topik penelitian. Oleh sebab itu, diperlukan saran demi penyusunan penelitian yang lebih baik. Semoga penelitian dapat memberi manfaat bagi pembaca untuk melaksanakan penelitian selanjutnya.

Banda Aceh, Agustus 2022

Penulis

RINGKASAN

Lautan memiliki permukaan dan volume dalam skala besar yang memungkinkan banyak fenomena terjadi di dalam dan sekitarnya. Penelitian-penelitian yang dilakukan beberapa dekade belakangan ini menunjukkan bahwa lingkungan laut sedang mengalami ancaman besar sampah plastik yang disebabkan oleh faktor ekonomi lingkungan (*environmental economics*). Berdasarkan penelitian, produksi plastik dunia meningkat lebih dari 20 kali lipat antara tahun 1964 dan 2015 sebanyak 322 juta metrik ton per tahun, dan diprediksi akan berlipat ganda pada tahun 2035 dan menjadi 4 kali lipat pada tahun 2050. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi sebaran sampah mikroplastik yang berasal dari perairan Aceh dan melakukan kajian model numerik analisis laut lagrangian serta memperoleh hubungan antara kecepatan zonal dan meridional, dan gaya angin terhadap lintasan mikroplastik. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi ilmiah di bidang *environmental science* dan mampu menjawab salah satu tantangan terkait sampah plastik dan cara penanggulangannya dengan mengetahui sebaran sampah plastik yang berasal dari wilayah sasaran penelitian. Penjabaran model numerik yang dilakukan akan menambah pengetahuan matematis serta dapat memperoleh gambaran tentang cara kerja model, dan potensi penelitian lanjutan.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
RINGKASAN	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Rumusan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	5
1.3 Urgensi dan Kebaruan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	8
3.1 Domain Penelitian.....	8
3.2 Data Penelitian	9
3.2.1 Data Oseanografi	9
3.2.2 Data Meteorologi	9
3.3 Prosedur Penelitian.....	10
DAFTAR PUSTAKA	11
LAMPIRAN	12

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Data batimetri domain model BoB, diturunkan dari SRTM15+	8
------------	--	---

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Listing Program	12
Lampiran 2. Diskritisasi pada C-grid Arakawa	13

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Rumusan Masalah

Teluk Benggala merupakan laut berupa cekungan yang berbatasan dengan anak benua India, Asia Tenggara, dan utara samudera hindia. Pencampuran turbulen di lapisan atas Teluk Benggala utara dipengaruhi oleh lapisan dangkal yang menutupi perairan asin Teluk, yang dihasilkan dari arus besar air tawar dari sungai-sungai besar yang mengalir dari anak benua Asia dan dari curah hujan di atas Teluk selama musim panas musim (Kantha et al. 2019). Teluk Benggala juga berbatas dengan laut Arab. Namun perbedaan sering terjadi pada musim dingin, yaitu upwelling dan konveksi musim dingin, yang meningkatkan biomassa fitoplankton di Laut Arab, tetapi sangat lemah atau bahkan tidak ada di BoB. Demikian pula, masukan nutrisi melalui aliran sungai ke BoB tidak cukup untuk meningkatkan stok fitoplankton di luar perairan (Jyothibabu et al. 2021). BoB memiliki keunikan akibat instruksi air tawar dari curah hujan yang tinggi selama musim panas sebagai hasil penetrasi insolasi matahari di kolom air (Kantha et al. 2019). Srivastava et al (Srivastava et al. 2018) mensimulasikan model dengan tidak adanya gaya angin permukaan dekat, SST wilayah tersebut sangat meningkat di semua musim, sedangkan, dengan tidak adanya gaya radiasi gelombang pendek yang masuk, mereka mendapatkan hasil yang benar-benar berlawanan. Ditemukan bahwa pengaruh pemaksaan fluks air tawar pada SST wilayah tersebut sangat kecil. Ditemukan juga bahwa SSS laut Arab dan Teluk Benggala menurun tanpa adanya gaya angin permukaan dekat dan radiasi gelombang pendek yang masuk, sedangkan di Teluk Benggala utara meningkat tanpa adanya gaya fluks air tawar (Srivastava et al. 2018).

Pengaruh radiasi panas terhadap Lapisan permukaan Batas Teluk Benggala tergantung pada variabel biologis (Chl-a) dan fisik (panas). Pemanasan biologis 10 Wm^{-2} akan menghasilkan pemanasan tambahan $0,008^{\circ}\text{C jam}^{-1}$ di laut bagian atas yang menunjukkan dampak signifikan dari peningkatan konsentrasi chl-a (Parida et al. 2022). Kedalaman lapisan campuran (MLD) secara signifikan terdampar di selatan garis lintang pantai timur India (EICC) yang terpisah, area yang didominasi oleh aktivitas pusaran

antisiklon. Lapisan campuran yang lebih dangkal dan stratifikasi yang ditingkatkan dengan efek relative wind (RW) dikaitkan dengan dominasi isopiknal oleh kecepatan Ekman ke atas yang tidak normal, yang dengan sendirinya dihasilkan oleh interaksi arus permukaan antisiklonik dan angin monsun barat daya yang berlaku. bagian barat daya BoB ini merupakan titik panas untuk pertukaran momentum antara sirkulasi permukaan dan angin monsun, sehingga merupakan area potensial untuk pengukuran lapangan terfokus untuk energetika sirkulasi laut dan interaksi udara-laut (Seo et al. 2019). Korelasi parsial menunjukkan bahwa fluks panas bersih (Q_{net}) adalah kontributor utama pendalaman MLD di atas NBoB, sedangkan tekanan angin mengontrol pendalaman di atas SBOB. Variabilitas musiman menunjukkan pendalaman MLD selama monsun musim panas dan musim dingin dan pendangkalan selama pra dan pasca monsun di atas BoB (Sadhukhan et al. 2021). Berdasarkan inversi termal, rata-rata profil NW-BoB memiliki lapisan campuran yang lebih dalam (MLD 10,30 m) dan lapisan isothermal (ILD 8,40 m) dibandingkan profil di NE-BoB. Lapisan penghalang di NW-BoB juga lebih tebal (2,79 m) daripada di NE-BoB (1,05 m). Salah satu alasan yang mungkin untuk perbedaan ini adalah masuknya air tawar besar-besaran di NW-BoB, karena air tawar mengurangi salinitas (27 PSU di NW-BoB versus 35 PSU di NE-BoB) dan menghasilkan MLD dan ILD yang lebih dangkal (Masud-Ul-Alam et al. 2022).

Adveksi lateral yang kuat dari air salinitas rendah mengarah pada pengembangan stratifikasi laut atas yang kuat (stratifikasi salinitas), yang dapat berdampak signifikan pada evolusi SST dan SSS dengan memodifikasi pencampuran di dekat permukaan. Fluks udara-laut tidak cukup untuk mensimulasikan evolusi SST dengan benar di Teluk Benggala utara, dan bahwa penghitungan adveksi air tawar diperlukan untuk mengurangi kesalahan dalam SST (Buckley, J. M., Mingels, B., Tandon 2020). Masuknya air tawar yang besar selama tahun-tahun eRR terkait erat dengan kedalaman lapisan campuran yang dangkal (MLD), pembentukan lapisan penghalang yang tebal (BL), dan sirkulasi yang kuat dan pembalikan suhu, sedangkan tahun-tahun dRR mengumpulkan lebih banyak panas dibandingkan dengan tahun-tahun eRR di 100 m bagian atas dari area plume (Dandapat et al. 2020). Oleh karena itu, kajian tersebut memberikan bukti untuk dampak pembuangan air tawar pada proses laut bagian atas BoB. Ini mungkin memiliki dampak besar pada proses gabungan udara-laut lokal dan karenanya mewakili debit

sungai yang akurat dalam model iklim sangat penting.

Konsentrasi klorofil-a di permukaan dan di bawah permukaan klorofil-a maksimum (SCM) lebih tinggi selama musim panas dan awal musim gugur daripada selama musim lainnya, terutama di sepanjang wilayah pesisir dan bagian barat Teluk Bengala. Selama musim panas dan awal musim gugur, masukan nutrisi sungai, intrusi air bergizi dari Laut Arab, dan upwelling pesisir adalah tiga pendorong dominan yang mengendalikan konsentrasi klorofil-a di permukaan dan SCM. Pengangkatan termoklin yang diinduksi oleh tegangan angin positif meningkatkan pasokan nutrisi dan dengan demikian secara signifikan meningkatkan konsentrasi klorofil-a di SCM di sepanjang sisi barat teluk selama paruh kedua tahun ini. Selama musim semi, kedalaman eufotik yang dalam memainkan peran penting dalam mengendalikan konsentrasi dan kedalaman SCM (Chowdhury et al. 2021).

Kedalaman lapisan campuran (MLD) yang sebenarnya bergantung pada kecepatan angin, dengan salinitas juga berperan di teluk utara. Namun, ada perubahan yang dapat diabaikan dalam SST bahkan ketika MLD berubah secara signifikan karena termoklin dalam memisahkan perubahan MLD dan SST. Sebaliknya, termoklin yang lebih dangkal di teluk barat membatasi potensi MLD, yang menyebabkan perubahan SST yang lebih besar. Gelombang Rossby yang naik (downwelling) pada dasarnya mengkondisikan laut bagian atas dengan mengurangi (meningkatkan) potensi kedalaman lapisan campuran. Variasi SST melemah hanya ketika termoklin semakin dalam selama peristiwa downwelling, yang terjadi kemudian di teluk barat karena gelombang Rossby merambat ke barat (Jain et al. 2021). Dampak angin kencang dirasakan pada kedalaman yang lebih besar untuk suhu daripada salinitas di seluruh domain; namun, dampaknya diwujudkan dengan distribusi vertikal yang berbeda di bagian utara daripada di bagian selatan Teluk. Seperti yang diharapkan, pencampuran yang ditingkatkan yang disebabkan oleh angin yang lebih kuat menurunkan (meningkatkan) suhu laut bagian atas (salinitas) sebesar 0, 2°C (0,3 psu), dan melemahkan stratifikasi dekat-permukaan. Selain itu, angin yang lebih kuat meningkatkan aktivitas pusaran air, memperkuat Arus Batas Barat (WBC) musim semi dan meningkatkan upwelling pantai selama musim semi dan musim panas di sepanjang pantai timur India (Jana et al. 2018). Stratifikasi dan lapisan depan lapisan campuran berkembang dalam skala waktu yang relatif singkat,

kemungkinan sebagai respons terhadap kekuatan atmosfer yang kuat baik yang terkait dengan siklon tropis, kondisi monsun timur laut yang berkelanjutan, atau kombinasi keduanya (Shroyer et al. 2020).

Kekuatan angin mempengaruhi secara bersamaan sebagai kondisi kedalaman lapisan campuran. Presipitasi menunjukkan dampak tidak langsung pada kedalaman lapisan campuran. Curah hujan membutuhkan waktu untuk mengumpulkan efek untuk mengubah keadaan kedalaman lapisan campuran. Waktu yang diperlukan untuk presipitasi adalah dua bulan sebelum terjadi perubahan kedalaman lapisan campuran (Ikhwan et al. 2022). Pendinginan terutama disebabkan oleh pencampuran hangat (32°C), tutupan segar yang terbentuk selama bulan-bulan sebelumnya dari angin sepoi-sepoi dan langit cerah, yang menyumbang sekitar setengah dari pendinginan. Fluks panas udara-laut memainkan peran sekunder, terhitung sekitar seperempat dari pendinginan. Kedalaman pencampuran didiagnosis dengan dua ukuran: kedalaman lapisan campuran tradisional dan "kedalaman pencampuran" yang didefinisikan sebagai kedalaman terdalam yang tidak stabil terhadap ketidakstabilan geser. Kedalaman pencampuran kira-kira dua kali ($\sim 65\text{ m}$) dari kedalaman lapisan campuran ($\sim 35\text{ m}$), yang menggambarkan pentingnya "lapisan transisi" di antara mereka. Lapisan campuran diratifikasi kembali menjadi 2 lapisan dalam sehari setelah badai berakhir dengan gelombang frekuensi mendekati inersia yang ditimbulkan oleh badai Roanu meningkatkan laju pencampuran diapiknal pada kedalaman lapisan transisi (Kumar et al. 2019). Pendinginan SST yang nyata (sekitar $2,0 - 2,5^{\circ}\text{C}$) dan peningkatan salinitas permukaan laut ($\sim 1\text{ psu}$) di sisi kanan jalur topan. SST yang tinggi, TCHP dan kedalaman lapisan isothermal yang dalam adalah kekuatan pemicu samudera utama untuk mengintensifkan siklon Titli.

Perubahan yang diamati pada kedalaman lapisan campuran (MLD) dengan jelas membatasi rezim utara-selatan yang berbeda dengan 15°LU sebagai garis lintang pembatas. Utara dari garis lintang ini MLD tetap dangkal ($\sim 20\text{ m}$) hampir sepanjang tahun tanpa menunjukkan musim yang berarti. Kurangnya musim menunjukkan bahwa air salinitas rendah, yang selalu ada di Teluk utara, mengontrol stabilitas dan MLD. Penyegaran musim dingin yang diamati didorong oleh curah hujan musim dingin dan debit sungai terkait, yang didorong ke lepas pantai di bawah sirkulasi yang berlaku. Stratifikasi yang dihasilkan begitu kuat sehingga bahkan pendinginan 4°C pada suhu

permukaan laut (SST) selama musim dingin tidak dapat memulai pencampuran konvektif. Sebaliknya, wilayah selatan menunjukkan variabilitas semi-tahunan yang kuat dengan MLD yang dalam selama musim panas dan musim dingin dan MLD yang dangkal selama musim semi dan musim gugur. MLD dangkal di musim semi dan musim gugur dihasilkan dari pemanasan primer dan sekunder yang terkait dengan peningkatan radiasi matahari yang masuk dan angin yang lebih ringan selama periode ini. Lapisan campuran yang dalam selama musim panas dihasilkan dari dua proses: peningkatan kekuatan angin dan intrusi air salinitas tinggi yang berasal dari Laut Arab (Narvekar and Prasanna Kumar 2006).

Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian tesis ini bertujuan untuk mengamati variabilitas lapisan vertikal berdasarkan parameter meteorologi yaitu air temperature, specific humidity, convective precipitation rate, sea level pressure, dan wind stress di BoB di latitude 9° , dan latitude 19° . Sejauh pengamatan kami, studi secara detail terkait parameter meteorology dan dampaknya terhadap lapisan vertikal di dua latitude yang berbeda ini belum pernah dilakukan.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menginvestigasi variabilitas lapisan vertikal berdasarkan parameter meteorologi yaitu air temperature, specific humidity, convective precipitation rate, sea level pressure, dan wind stress di BoB di latitude 9° , dan latitude 19° .

1.3. Urgensi dan Kebaruan Penelitian

Investigasi model numerik yang digunakan dalam ocean**Parcels** sangat bermanfaat untuk mengetahui cara kerja dari alat yang digunakan, utamanya karena ocean**Parcels** merupakan salah satu model pelacakan terpopuler dalam 1 dekade terakhir, sehingga dirasa penting untuk melakukan kajian terhadap model matematis dan algoritma yang digunakan, serta berfungsi untuk analisis matematis terkait penelitian lanjutan. Sehubungan dengan domain yang diteliti, pelacakan sampah plastik yang keluar dari wilayah perairan Aceh belum pernah diteliti sebelumnya oleh karena itu, penting untuk

melakukan penelitian dalam domain ini dan mengetahui distribusi sampah plastik dalam kurun waktu penelitian yang dilakukan serta mengetahui hubungan-hubungan gaya yang bekerja di dalamnya.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi ilmiah di bidang *environmental science* dan mampu menjawab salah satu tantangan terkait sampah plastik dan cara penanggulangannya dengan mengetahui sebaran sampah plastik yang berasal dari wilayah sasaran penelitian. Penjabaran model numerik yang dilakukan akan menambah pengetahuan matematis serta dapat memperoleh gambaran tentang cara kerja model, dan potensi penelitian lanjutan.

1.5. Sistematika Penulisan

Tesis ini tersusun atas 5 bab. Bab pertama menjelaskan pendahuluan tentang latar belakang mengapa penelitian ini dilakukan, background masalah yang mendasari, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta kebaruan dari penelitian. Bab kedua berisikan tinjauan pustaka menyangkut ulasan singkat materi penelitian. Bab ketiga membahas tentang metode penelitian yang dilakukan, data yang digunakan, serta diagram alir (*flowchart*) dari penelitian. Bab keempat membahas hasil dan pembahasan penelitian. Terakhir, bab kelima membahas tentang kesimpulan dari penelitian.

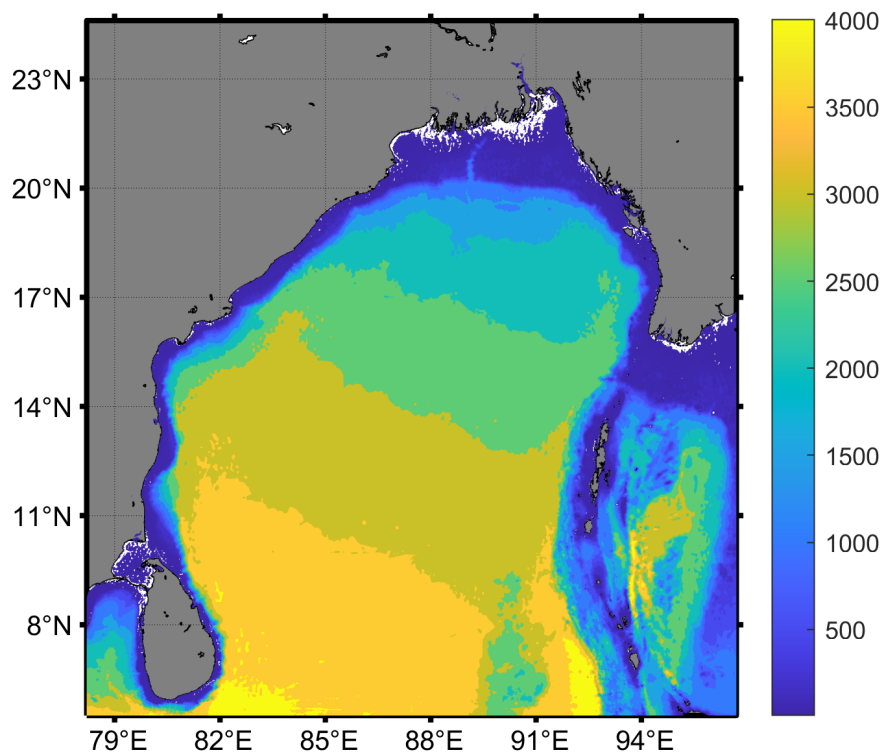
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Domain Penelitian

Domain penelitian meliputi wilayah BoB, perairan Andaman, dan samudra Hindia dengan koordinat $5.5^{\circ} - 24.6^{\circ}$ LU dan $78.2^{\circ} - 96.7^{\circ}$ BT (lihat Gambar 3.1). Data batimetri untuk domain penelitian diperoleh dari SRTM15+ (<https://topex.ucsd.edu/>) - kisi elevasi global yang diperbarui pada interval pengambilan sampel spasial 15 arc-second (ukuran piksel $\sim 500 \times 500$ m di ekuator) (Tozer et al., 2019). Penelitian dilakukan dengan mengkaji variabilitas lapisan vertikal berdasarkan data meteorology di dua latitude terpisah yakni, di sebelah selatan domain pada latitude 9° N dan di sebelah utara domain pada latitude 19° N.



Gambar 3.1. Data batimetri domain model BoB, diturunkan dari SRTM15+

3.2. Data Penelitian

3.2.1. Data Oseanografi

Data oseanografi yang digunakan adalah data elevasi dan arus permukaan, serta data temperature dari HYCOM (*HYbrid Coordinate Ocean Model*) yang merupakan salah satu model sirkulasi laut (OGCM) yang menggunakan model numerik tiga dimensi Navier-Stokes dengan input data batimetri dari GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Oceans*), data asimilasi hidrografi laut dari NCODA (*Navy Coupled Ocean Data Assimilation*) dan komponen meteorologi dari NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) ataupun NAVGEM (*The NAVy Global Environmental Model*) berupa angin, kecepatan, fluks panas, tekanan permukaan laut, presipitasi, temperature, dan kelembapan (Metzger, J. & Wallcraft, A., 2013). Koordinat vertikal dalam HYCOM adalah isopiknal di lautan terbuka yang terstratifikasi dan memiliki transisi yang mulus dan dinamis serta bergantung terhadap waktu pada medan daerah pesisir yang dangkal dan pada tingkat tekanan tetap di lapisan campuran permukaan atau lautan yang tidak terstratifikasi (Chassignet & Xu, 2017; Park & Xu, 2013).

Untuk data temperature HYCOM, data yang digunakan adalah data analisis global dengan resolusi spasial 5 menit untuk longitude dan 2.5 menit untuk latitude selama 12 bulan (Januari - Desember) tahun 2021 dan dengan ketebalan bervariasi pada bidang vertikal, yaitu 40-lapisan ($k \in [1, 40]$):

$$z_k = \{0.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0, 35.0, 40.0, 45.0, 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0, 100.0, 125.0, 150.0, 200.0, 250.0, 300.0, 350.0, 400.0, 500.0, 600.0, 700.0, 800.0, 900.0, 1000.0, 1250.0, 1500.0, 2000.0, 2500.0, 3000.0, 4000.0, 5000.0\}(m).$$

3.2.2. Data Meteorologi

Data meteorologi yang digunakan adalah data reanalysis NCEP/NCAR per 6 jam (<https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>) selama 20 tahun dari tahun 2002 sampai 2021 untuk 6 parameter yaitu: 2m air temperature, 2m specific humidity, convective precipitation rate, sea level pressure, wind stress U, dan wind stress V.

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian mengikuti diagram alir pada Gambar ???. Pertama-tama akan dilakukan konfigurasi modul yang ada dalam Python untuk menentukan input langkah waktu simulasi yang digunakan, penentuan lokasi dan jumlah partikel yang keluar, serta konfigurasi kernel dalam hal ini perlakuan partikel, perilaku, dan lama waktu penelitian. Selanjutnya data-data OGCM yang diperlukan didownload dari situs CMEMS, HYCOM, dan NCEP. Data-data yang telah didownload kemudian diinterpolasi agar sesuai dengan software Parcel yang digunakan dan disimpan dalam data *field*. Setelah kernel didefinisikan dan dikonfigurasi, data *field* kemudian diproses menggunakan algoritma Parcel dan dilakukan perulangan untuk waktu yang terintegrasi, dijalankan bersama dengan modul tambahan secara paralel serta memperbaharui kondisi partikel-partikel, dan menghasilkan output berupa NetCDF atau NumPy array. Langkah terakhir adalah proses analisis dan visualisasi hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Chassignet, E. P., & Xu, X. (2017, aug). Impact of Horizontal Resolution ($1/12^{\circ}$ to $1/50^{\circ}$) on Gulf Stream Separation, Penetration, and Variability. *Journal of Physical Oceanography*, 47(8), 1999–2021. Retrieved from <https://journals.ametsoc.org/view/journals/phoc/47/8/jpo-d-17-0031.1.xml> doi: 10.1175/JPO-D-17-0031.1
- Metzger, J. & Wallcraft, A. (2013). *The Switchover from NOGAPS to NAVGEM 1.1 Atmospheric Forcing in GOFS and ACNFS* (Tech. Rep.). Retrieved from https://www.hycom.org/attachments/377_NRLMR-9486.pdf
- Park, S. K., & Xu, L. (2013). *Data Assimilation for Atmospheric, Oceanic and Hydrologic Applications (Vol. II)* (Vol. II; S. K. Park & L. Xu, Eds.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-35088-7> doi: 10.1007/978-3-642-35088-7
- Tozer, B., Sandwell, D. T., Smith, W. H. F., Olson, C., Beale, J. R., & Wessel, P. (2019, oct). Global Bathymetry and Topography at 15 Arc Sec: SRTM15+. *Earth and Space Science*, 6(10), 1847–1864. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2019EA000658> doi: 10.1029/2019EA000658

Lampiran 1. Listing Program

Script program yang digunakan untuk simulasi, *post-processing* dan *plotting* tersedia di repository github: <https://github.com/hidayatmn378/aceh-project>

Lampiran 2. Diskritisasi pada C-grid Arakawa