

**PEMODELAN ARUS PASANG SURUT DAN ARUS RESIDU
DI PERAIRAN KAWASAN INDUSTRI MARITIM (KIM) TANGGAMUS**

(Skripsi)

Oleh

**SUCI ARSHINTA DEWI
NPM 1814221008**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PEMODELAN ARUS PASANG SURUT DAN ARUS RESIDU DI PERAIRAN KAWASAN INDUSTRI MARITIM (KIM) TANGGAMUS

Oleh

Suci Arshinta Dewi

Kawasan Industri Maritim di Kabupaten Tanggamus merupakan bagian dari proyek nasional pemerintah yang masih dalam perencanaan dan belum terlaksana. Rencananya proyek yang akan dibangun antara lain adalah pelabuhan perikanan tangkap, perkapalan, dan industri perawatan serta pendukung lainnya. Proyek ini membutuhkan informasi yang berkaitan dengan faktor oseanografi. Salah satu parameter oseanografi yang dibutuhkan adalah arus pasang surut dan arus residu pasang surut. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan memisahkan arus laut menjadi arus pasang surut dan arus residu pasang surut. Hasil penelitian ini kemudian dianalisis untuk mengetahui arah dan kecepatan arusnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode model hidrodinamika 2 dimensi dengan perangkat lunak MIKE21. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus cenderung bergerak menuju barat laut saat perairan dalam keadaan pasang dan surut menjelang pasang, sedangkan arus bergerak menuju tenggara saat perairan dalam keadaan surut dan pasang menjelang surut. Arah yang terbentuk dari arus pasang surut dan arus residu tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Kecepatan arus yang lebih kuat terjadi saat perairan dalam keadaan surut menjelang pasang dan saat pasang menjelang surut dibandingkan dengan saat perairan dalam keadaan surut terendah atau pasang tertinggi. Tipe pasang surut yang ada di Teluk Semangka adalah tipe pasang surut campuran harian ganda cenderung tunggal.

Kata kunci: pemodelan, arus pasang surut, arus residu.

ABSTRACT

THE MODELING OF TIDAL AND RESIDUAL CURRENTS IN THE TANGGAMUS MARITIME INDUSTRIAL (TMI) WATERS

By

Suci Arshinta Dewi

The Maritime Industrial Area in Tanggamus Regency was the part of national government's project that has been still in planning and not implemented yet. This project planned including the construction of fishing port, shipyard, and maintenance and other supporting industries. This project need supporting information related to oceanographic factor became very important. One of oceanographic parameter is about tidal and residual currents. This research aimed to modeled sea currents generated by tidal and the residual currents. The modeling result was analyzed for current pattern and velocity. Methods of this research use 2 dimensional hydrodynamic model using MIKE21 software. The result of this research obtained that current was dominated to westward at high tide and before high tide condition. Meanwhile at the condition before low tide and at low tide condition, sea current tend towards to southeast. The current pattern between tidal and residual currents wasn't different. The currents velocity was higher at before low tide and before high tide than at low and high tide condition. The currents velocity also higher than residual currents velocity tidal. The type of tidal in Semangka bay was semidiurnal type.

Keywords: *modeling, tidal currents, residual currents.*

**PEMODELAN ARUS PASANG SURUT DAN ARUS RESIDU
DI PERAIRAN KAWASAN INDUSTRI MARITIM (KIM) TANGGAMUS**

Oleh

SUCI ARSHINTA DEWI

(Skripsi)

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PEMODELAN ARUS PASANG SURUT DAN ARUS RESIDU DI PERAIRAN KAWASAN INDUSTRI MARITIM (KIM) TANGGAMUS**

Nama Mahasiswa : **Suci Arshinta Dewi**

NPM : **1814221008**

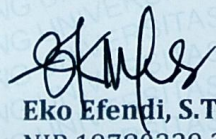
Program Studi : **Ilmu Kelautan**

Jurusan : **Perikanan dan Kelautan**

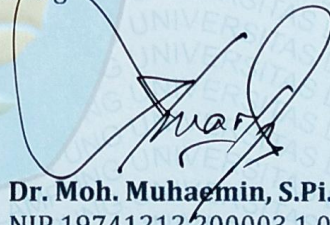
Fakultas : **Pertanian**



1. Komisi Pembimbing

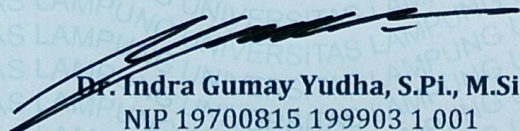

Eko Efendi, S.T., M.Si.

NIP 19780329 200312 1 001


Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.

NIP 19741212 200003 1 002

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan


Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP 19700815 199903 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Eko Efendi, S.T., M.Si.**

Sekretaris : **Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.**

Anggota : **Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. **Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**

NIP 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **07 Juni 2023**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana baik di Universitas Lampung maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain, kecauli arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 9 Oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



Suci Arshinta Dewi
NPM. 1814221008

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Purnama Tunggal, Kecamatan Way Pengubuan, Kabupaten Lampung Tengah, Lampung pada tanggal 02 Desember 2000 sebagai anak kedua dari Bapak Sunarso dan Ibu Yanti Winarsih. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 1 Purnama Tunggal pada tahun 2006-2012, dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Way Pengubuan tahun 2012-2015, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Terbanggi Besar tahun 2015-2018. Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi pada tahun 2018 di Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penulis pernah aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) menjadi bagian dari Presidium Bidang Kerohanian sebagai Bendahara pada periode kepengurusan tahun 2021. Penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Kimia Dasar, Oseanografi Umum, dan Oseanografi Terapan. Penulis pernah mengikuti kegiatan magang selama 40 hari di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Pesawaran. Penulis pernah melaksanakan kuliah kerja nyata (KKN) di Desa Poncowati, Kecamatan Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Penulis juga pernah melaksanakan magang praktik umum secara online selama 40 hari di Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Divisi Pusat Teknologi Pengembangan Sumber Daya Wilayah (PTPSW) yang saat ini telah menjadi Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) pada tahun 2021 dengan judul “Pemodelan Hidrodinamika Arus 2 Dimensi Menggunakan MIKE21 Pada Musim yang Berbeda di Perairan Teluk Semangka”.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT dengan rahmat, ridho serta kemurahan-Nya, skripsi ini dapat ditulis dan lancar hingga selesai. Dengan ini kupersembahkan skripsi ini kepada:

Kedua orang tuaku tersayang, yaitu Bapak Sunarso dan Ibu Yanti Winarsih. Kakek dan nenek yang sudah merawat, membesarkan, dan mendidikku sejak kecil yaitu, Bapak Suherman dan Ibu Eni Sulastri yang selalu memberikanku kepercayaan, semangat, motivasi, doa dan pendidikan terbaik, serta mendukung apapun keputusan dan pilihan hidupku selama ini.

Almarhumah kakakku, Yanna Arishanti Prasticha, ketiga adikku Muhammad Ardan Amanulloh, Bagus Wildan Arya Mardika, dan Khanza Titania Hayuningtyas, yang membuatku selalu bersemangat untuk segera menyelesaikan kuliah.

Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu dengan tulus dan ikhlas serta teman-teman program studi Ilmu Kelautan 2018.

Serta,
Almamaterku tercinta Universitas Lampung.

MOTO

“Barang siapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan
melihat (balasan)nya”
(QS. Al- Zalzalah: 7)

“It always seems impossible, until it's done”
(Nelson Mandela)

“Jangan menunda pekerjaan. Segala sesuatu yang dikerjakan dengan segera itu
lebih baik”
(S A D)

SANWACANA

Puji syukur dipanjatkan pada ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Pemodelan Arus Pasang Surut dan Arus Residu di Perairan Kawasan Industri Maritim (KIM) Tanggamus“.

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memenuhi kelulusan pada Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penulisan skripsi ini dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini diucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Universitas Lampung.
3. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T. selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan dan Dosen Pembahas yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi.
4. Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi.
5. Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi.
6. Kakek, Nenek, Ayah, Ibu, serta ketiga Adikku yang selalu memberi dukungan semangat, doa, dan materi selama kuliah.

7. Sahabatku Ferdina, Ima, Nazolla, Veronicka, Dewi, dan Dwi atas segala bantuan yang telah diberikan selama proses penyelesaian skripsi.
8. Miftahul Hasanah yang selalu menjadi tempat berbagi dan membantu penulis saat mengalami kesulitan selama penelitian skripsi.
9. Teman-teman Program Studi Ilmu Kelautan 2018 yang telah memberikan doa, dukungan, dan telah berjuang bersama selama masa sulit di perkuliahan.

Penyusunan skripsi sudah dilakukan dengan usaha semaksimal mungkin, diharapkan dapat bermanfaat dan membantu dalam memberikan informasi kepada pembaca, mahasiswa lainnya dan masyarakat umum. Selain itu, dapat bermanfaat bagi keberlanjutan pembangunan Kawasan Industri Maritim di Tanggamus.

Bandar Lampung, Oktober 2023

Suci Arshinta Dewi
NPM. 1814221008

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
1.4 Kerangka Pikir	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kawasan Industri Maritim (KIM) Tanggamus	5
2.2 Pasang Surut.....	6
2.3 Arus Pasang Surut dan Arus Residu	9
2.4 MIKE21	11
III. METODOLOGI	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Alat dan Bahan	15
3.3 Pembuatan Model.....	15
3.3.1 Persamaan Pembangun	15
3.3.2 Desain Model.....	19
3.3.3 Data Masukan Model.....	20
3.4 Analisis Data	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Pola dan Arah Arus Pasang Surut dan Arus Residu	23
4.2 Karakteristik Arus Pasang Surut dan Arus Residu	33
V. PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi tipe pasang surut berdasarkan bilangan Formzahl.....	9
2. Alat dan kegunaan.....	15
3. Bahan dan sumbernya	15
4. Asumsi model hidrodinamika 2D	19
5. Kecepatan minimum dan maksimum pasang surut dan arus residu di perairan KIM Tanggamus pada tahun 2020.....	33
6. Komponen konstanta harmonik arus pasang surut di perairan KIM Tanggamus pada tahun 2020	34
7. Komponen konstanta harmonik arus residu di perairan KIM Tanggamus pada tahun 2020.....	35
8. Hasil analisis elevasi pasang surut di perairan KIM Tanggamus pada tahun 2020	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	4
2. Posisi antara bumi, bulan, dan matahari ketika pasang.....	7
3. Tipe pasang surut air laut	8
4. Ilustrasi <i>grid</i> berbentuk <i>mesh</i> segitiga tidak terstruktur.....	13
5. Domain model hidrodinamika.....	14
6. Diskritisasi domain ruang dan waktu.....	16
7. Batas terbuka (A-B) pada <i>mesh</i> area.....	21
8. Pola arus pasang surut saat perairan dalam keadaan surut menjelang pasang dan pasang tertinggi di perairan KIM Tanggamus pada tahun 2020. .	24
9. Pola arus pasang surut saat perairan dalam keadaan pasang menjelang surut dan surut terendah di perairan KIM Tanggamus pada tahun 2020.	25
10. Pola arus residu saat perairan dalam keadaan surut menjelang pasang dan pasang tertinggi di perairan KIM Tanggamus pada tahun 2020.....	28
11. Pola arus residu saat perairan dalam keadaan pasang menjelang surut dan saat surut terendah di perairan KIM Tanggamus pada tahun 2020.....	29
12. Komponen arus pasang surut dan arus residu di perairan KIM Tanggamus pada Desember 2019 hingga Februari 2020.....	31
13. Komponen arus pasang surut dan arus residu di perairan KIM Tanggamus pada Maret hingga Mei 2020.	31
14. Komponen arus pasang surut dan arus residu di perairan KIM Tanggamus pada Juni hingga Agustus 2020.	32
15. Komponen arus pasang surut dan arus residu di perairan KIM Tanggamus pada September hingga November 2020.	32

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak pulau dan wilayah perairan yang lebih luas daripada daratannya. Luasnya wilayah perairan menunjukkan adanya potensi di sektor industri maritim. Industri maritim merupakan seluruh kegiatan industri yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya kemaritiman seperti perkapalan, pelayaran dan jasa pelabuhan. Selain itu, industri maritim dapat sangat bermanfaat bagi kesejahteraan masyarakat dan dapat meningkatkan konektivitas antar pulau. Oleh karena itu, hingga saat ini pemerintah berusaha mengembangkan upaya di bidang industri jasa maritim. Pemerintah telah menentukan beberapa daerah tertentu dengan masing-masing potensinya untuk dijadikan sebagai kawasan industri maritim (KIM), salah satunya adalah Kabupaten Tanggamus (Perda Provinsi Lampung No.1, 2018).

Kabupaten Tanggamus berada di dekat perairan Teluk Semangka yang terletak di ujung Pulau Sumatera, Provinsi Lampung. Tanggamus adalah salah satu dari 14 wilayah yang dipilih untuk pengembangan kegiatan maritim, khususnya untuk kegiatan pelabuhan perikanan tangkap dan budi daya serta galangan dan penutuhan kapal (Surbakti, 2012). Kegiatan industri maritim seperti jasa pelabuhan, galangan dan penutuhan kapal dapat berpotensi memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Dampak negatif yang mungkin timbul diantaranya limbah polutan, dan pengendapan atau sedimentasi material di sekitar daerah kawasan industri.

Distribusi polutan dan sedimentasi di perairan sangat dipengaruhi oleh dinamika perairan, salah satunya yaitu arus (Fajar *et al.*, 2019). Arus yang bergerak di perairan semi tertutup seperti teluk umumnya dominan dibangkitkan oleh energi pasang surut sehingga disebut sebagai arus pasang surut. Akan tetapi, arus yang lebih berperan dalam transpor polutan dan sedimen yaitu arus sisa pasang surut atau arus residu (Tanto *et al.*, 2016).

Informasi mengenai arus pasang surut dan arus residu juga sangat diperlukan untuk mengetahui pola distribusi polutan dan limbah serta sedimentasi di Kawasan Industri Maritim (KIM) Tanggamus (Tanto *et al.*, 2016). Data arus pasang surut dan arus residu secara realtime dan dalam deret waktu yang panjang membutuhkan sumber daya yang cukup besar. Oleh karena itu, untuk mendapatkan data tersebut dilakukan melalui pemodelan. Pemodelan arus melalui pemodelan hidrodinamika 2D penting dilakukan sebagai simulasi pola pergerakan arus dan dapat bermanfaat bagi kegiatan industri maritim. Arus pasang surut dan arus residu di wilayah perairan semi tertutup bermanfaat dalam pembangunan pelabuhan, transportasi kapal, dan penentuan waktu menangkap ikan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut,

1. menganalisis pola arus pasang surut berdasarkan hasil pemodelan,
2. menganalisis pola arus residu pasang surut berdasarkan hasil pemodelan.

1.3 Manfaat Penelitian

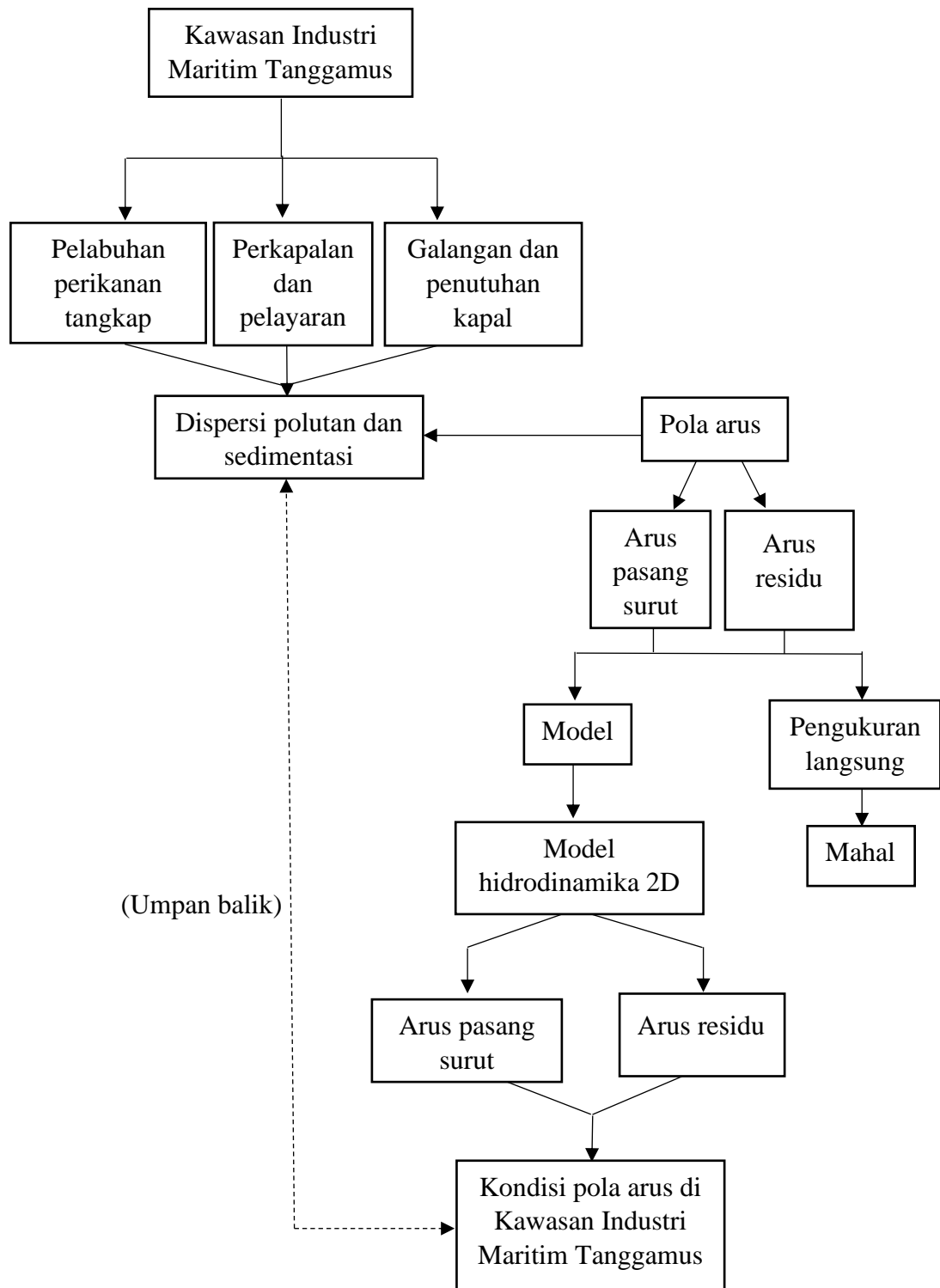
Manfaat dari penelitian mengenai arus yang terjadi di Teluk Semangka adalah dapat memberikan informasi terkait prediksi kondisi arus dan tipe pasang surut, serta berguna dalam keberlanjutan proses pembangunan Kawasan Industri Maritim (KIM) Tanggamus.

1.4 Kerangka Pikir

Kawasan Industri Maritim (KIM) Tanggamus yang berada di perairan Teluk Semangka direncanakan akan terdapat beberapa kegiatan industri yang akan dibangun, antara lain adalah industri jasa pelabuhan, perikanan tangkap dan budidaya, pelayaran dan perkapalan, serta galangan dan penutuhan kapal (Maharsa, 2014). Kegiatan industri tersebut sangat berpotensi memberikan dampak negatif terhadap lingkungan di sekitar pesisir dan perairan di Teluk Semangka. Dampak negatif yang akan terjadi adalah polutan serta pengendapan sedimen di perairan. Dampak negatif di suatu perairan sangat dipengaruhi oleh dinamika perairan, salah satunya arus.

Arus pasang surut dan arus residu di suatu perairan umumnya memiliki kesamaan pola. Arus pasang surut dan arus residu cenderung bergerak menuju arah yang sama, karena arus residu tidak akan mengubah arah gerakan atau pola arus dan hanya memengaruhi kecepatannya. Arus pasang surut dan arus residu di perairan memiliki peran yang cukup penting. Arus residu dapat menentukan massa air dan proses penyebaran material yang dibawa oleh air serta seluruh dinamika estuari.

Pentingnya peran dari arus pasang surut dan arus residu menyebabkan informasi mengenai keduanya sangat penting untuk diketahui. Cara untuk mendapatkan informasi arus pasang surut dan arus residu di suatu perairan adalah dengan melakukan pengukuran langsung. Namun, pengukuran langsung membutuhkan waktu dan biaya yang cukup mahal sehingga dinilai tidak efisien. Cara yang lebih efisien adalah dengan membuat pemodelan. Pembuatan model arus pasang surut dan arus residu dilakukan menggunakan model hidrodinamika 2 dimensi. Secara ringkas kerangka pemikiran penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kawasan Industri Maritim (KIM) Tanggamus

Indonesia dikenal sebagai negara kepulauan yang memiliki potensi di bidang maritim. 2/3 luas wilayahnya adalah perairan sehingga memiliki kekayaan sumberdaya alam yang bermanfaat seperti gas, minyak bumi, perikanan, hingga pariwisata. Sumber daya alam tersebut merupakan bagian dari kegiatan industri maritim aktivitas yang berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya kelautan. Industri maritim merupakan upaya pemerintah untuk menjadikan Indonesia sebagai poros maritim dunia. Kawasan industri maritim dikembangkan karena memiliki nilai strategis untuk pengembangan industri nasional (Widagdo, 2017).

Kawasan industri maritim di Indonesia dipilih pada beberapa wilayah potensial yang dapat dijadikan kawasan industri maritim. Berdasarkan kajian yang telah dilakukan oleh Kementerian Perindustrian tahun 2011, Kabupaten Tanggamus merupakan salah satu dari 14 kawasan industri strategis untuk pengembangan industri penutuhan dan galangan kapal (Nugroho, 2011). Keputusan tersebut juga tercantum dalam Renstra Kementerian Perindustrian 2015-2019 yang menyatakan arah kebijakan pengembangan kawasan industri di luar Pulau Jawa (Nugroho, 2011).

Terpilihnya Kabupaten Tanggamus sebagai kawasan industri maritim juga telah tertuang dalam Keputusan Bupati Tanggamus Nomor : B.105/20/12/2012 tentang Penetapan Lokasi Kawasan Industri Maritim seluas 3.500 hektar. Luas lahan tersebut sudah memenuhi syarat pembangunan kawasan industri maritim sesuai dengan peraturan Kementerian Perindustrian. Pada wilayah yang telah ditentukan

akan dilakukan pembangunan 1 galangan besar, 1 galangan menengah, 2 galangan kecil, 1 galangan besar, dan 1 perusahaan fabrikasi. Dalam perencanaan pembangunan kawasan industri maritim di Kabupaten Tanggamus Lampung terdapat industri yang saling berkaitan yaitu industri galangan kapal, industri pembuatan suku cadang kapal, dan industri perawatan kapal. Oleh karena itu, keseluruhan industri tersebut merupakan bagian dari industri perkapalan (Sunaryo, 2012).

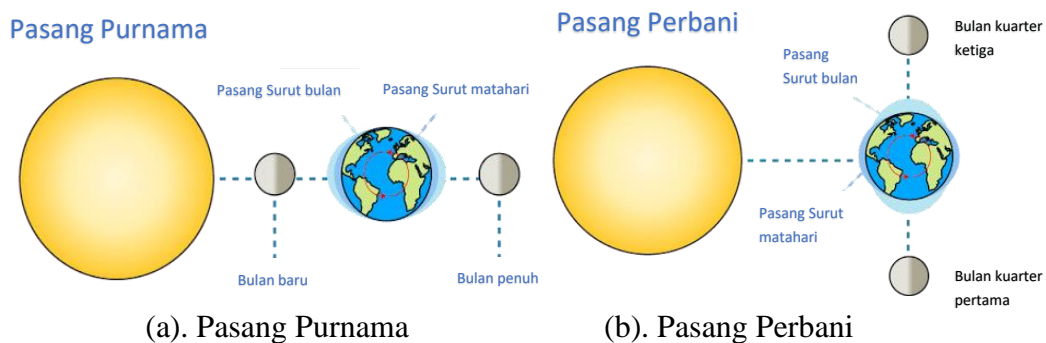
Pengembangan industri penutuhan dan galangan kapal telah tercantum dalam Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) Provinsi Lampung tahun 2018. RZWP3K merupakan rencana yang menentukan arah penggunaan sumber daya setiap satuan perencanaan disertai dengan penetapan struktur dan pola ruang pada kawasan perencanaan pesisir. Berdasarkan RZWP3K Kawasan Industri Maritim terpadu di Tanggamus adalah kawasan klaster industri pembangunan kapal baru, bangunan lepas pantai, reparasi kapal, penutuhan kapal, galangan kapal, serta dilengkapi dengan industri yang menunjang kebutuhan material komponen kapal. Selain itu, infrastruktur industri (listrik, air bersih, gas, jalan dan komunikasi) dan fasilitas umum yang lengkap juga akan disediakan. Pembagian zona dalam RZWP3K khususnya zona industri terdiri dari subzona industri maritim seluas 2.549,10 Ha yang digunakan untuk Kawasan Industri Maritim (KIM) terpadu di Tanggamus. Daerah yang termasuk dalam KIM terpadu Tanggamus yaitu perairan di Kecamatan Cukuh Balak (Parjito *et al.*, 2021).

2.2 Pasang Surut

Pasang surut atau pasut adalah salah satu fenomena alam yang tampak di laut, yakni pergerakan vertikal naik turunnya air laut secara teratur dan berulang dari seluruh partikel massa air laut di permukaan sampai bagian dasar laut. Penyebab pergerakan pasang surut merupakan pengaruh dari gaya gravitasi antara bumi, bulan, dan matahari. Selain itu, pasang surut merupakan hasil dari terjadinya efek sentrifugal yaitu dorongan ke arah luar pusat rotasi (Surinati, 2007).

Gaya gravitasi akan bervariasi terhadap massa, tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Oleh karena itu, gaya tarik bulan terhadap bumi memiliki pengaruh yang lebih besar. Gaya tarik gravitasi bumi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dapat menghasilkan dua tonjolan (*bulge*) pasang surut air laut. Tonjolan tersebut dapat ditentukan garis lintangnya dari sudut deklinasi, yaitu sudut antara sumbu rotasi bumi dengan bidang orbital bulan dan matahari (Surinati, 2007).

Terdapat dua jenis waktu terjadinya pasang surut yaitu pasang purnama dan pasang perbani. Pasang surut purnama (Gambar 2a) terjadi saat bumi, bulan, dan matahari sedang berada pada posisi satu garis lurus atau dapat disebut sebagai keadaan oposisi (Handyarso, 2016). Sketsa pasang surut purnama dan perbani disajikan pada Gambar 2.



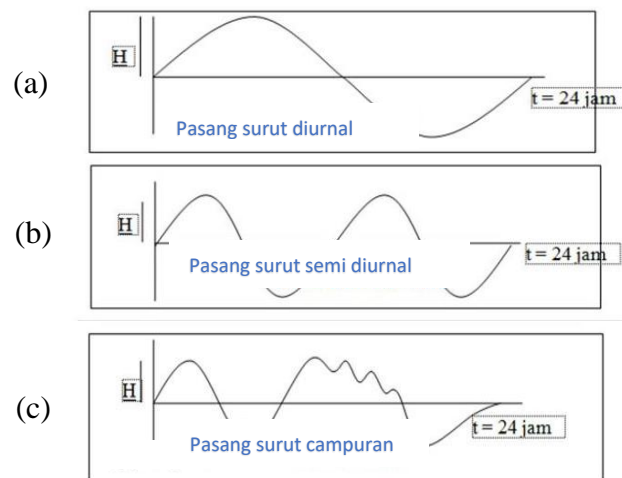
Gambar 2. Posisi antara bumi, bulan, dan matahari ketika pasang.
Sumber : Handyarso, 2016

Saat pasang purnama terjadi, pasang yang dihasilkan akan sangat tinggi dan surut sangat rendah. Tingginya air pasang dan surut paling rendah terjadi akibat kombinasi antara gaya tarik bulan dan matahari yang bekerja bersamaan sehingga gravitasi menjadi sangat kuat. Akan tetapi, bulan memiliki pengaruh gravitasi 2 kali lipat lebih kuat dibandingkan dengan gravitasi matahari karena posisi bulan yang lebih dekat dengan bumi. Pasang surut purnama dapat berlangsung sebanyak dua kali dalam satu bulan, yakni pada saat bulan baru dan bulan purnama. Pasang surut perbani terjadi ketika posisi bulan, bumi, dan matahari membentuk sudut 90° (Gambar 2b). Saat pasang surut perbani berlangsung maka pasang yang dihasilkan akan lebih rendah, sedangkan surut akan lebih tinggi. Fenomena tersebut akan terjadi sebanyak dua kali, yaitu pada $\frac{1}{4}$ bulan dan $\frac{3}{4}$ bulan (Surinati, 2007).

Periode pasang surut merupakan waktu antara puncak gelombang ke lembah gelombang berikutnya. Periode pasang surut dapat bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit. Puncak gelombang merupakan kondisi pada saat pasang tinggi atau *high water* (HW), lembah gelombang terjadi pada kondisi surut rendah atau *low water* (LW). Selisih antara pasang tinggi dan surut disebut sebagai rentang pasang surut atau *tunggang pasut* (*tidal range*) (Surinati, 2007).

Berdasarkan perbedaan periode dan keteraturannya pasang surut dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu sebagai berikut:

- pasang surut diurnal atau pasang surut harian tunggal, yakni terdapat satu kali pasang dan satu kali surut dalam waktu 24 jam (Gambar 3a).
- pasang surut semi diurnal atau pasang surut harian ganda, yakni terdapat dua kali pasang dan dua kali surut dalam waktu 24 jam (Gambar 3b).
- pasang surut campuran, yaitu apabila dalam 24 jam terdapat pasang surut yang lebih dominan ke harian tunggal atau harian ganda (Gambar 3c).



Gambar 3. Tipe pasang surut air laut.
Sumber: Wibisono, 2005

Tipe pasang surut selain ditentukan oleh frekuensi air pasang dan surut dalam waktu 24 jam, dapat juga diketahui berdasarkan nilai bilangan Formzahl (F). Bilangan Formzahl diketahui dari nilai konstanta harmonik pasang surut yang terdiri dari komponen pembangkit gaya gravitasi bulan dan matahari. Perhitungan bilangan Formzahl (Persamaan 1) dapat dilakukan setelah analisis harmonik yang

menghasilkan amplitudo dan beda fase (Tarhadi *et al.*, 2014). Hasil perhitungan bilangan Formzahl digunakan untuk menentukan tipe pasang surut berdasarkan pada kriteria pada Tabel 1.

$$F = \frac{(O_1 + K_1)}{(M_2 + S_2)} \quad (1)$$

Keterangan :

- F : bilangan Formzahl
- O1 : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- K1 : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari
- M2 : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- S2 : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

Tabel 1. Klasifikasi tipe pasang surut berdasarkan bilangan Formzahl

No	Bilangan Formzahl	Keterangan
1.	$F \leq \frac{1}{4}$	Pasang surut harian ganda
2.	$\frac{1}{4} < F \leq 1 \frac{1}{2}$	Pasang surut campuran harian cenderung ganda
3.	$1 \frac{1}{2} < F \leq 3$	Pasang surut campuran harian cenderung tunggal
4.	$F \geq 3$	Pasang surut harian tunggal

Sumber: Fadilah *et al.*, 2014

2.3 Arus Pasang Surut dan Arus Residu

Arus pasang surut merupakan arus yang ditimbulkan sebagai akibat gerakan naik turunnya pasang surut secara vertikal dan diiringi gerakan horizontal. Arus pasang terjadi ketika terdapat kenaikan paras air laut akibat gelombang pasang yang datang menuju wilayah pantai, disebut juga dengan *flood current*. Arus surut terjadi

saat penurunan paras air laut atau disebut dengan *ebb current*. Saat terjadi *ebb current*, maka masukan air dari sungai dapat memperbesar dan mempercepat pergerakan arus meninggalkan pesisir (Tarhadi *et al.*, 2014).

Pergerakan arus pasang surut lebih rumit jika dibandingkan dengan gelombang pasang surut dikarenakan secara umum arus pasang surut mewakili proses dua dimensi. Proses dua dimensi dari pasang surut merambat ke suatu wilayah dengan mewakili pergerakan arus terhadap luasan perairan dan waktu. Kerumitan arus pasang surut semakin bertambah ketika di lautan terbuka. Posisi relatif terhadap titik *amphidromic*, bentuk basin, dan magnitudo dari gaya gravitasi dan gaya inersia harus diperhitungkan dalam perhitungan arah dan kecepatan arus. Kecepatan arus pasang surut di lautan terbuka diukur dalam satuan sentimeter perdetik dan akan berkurang seiring dengan kedalamannya. Kemudian hasil perhitungan tersebut dibandingkan dengan faktor kedalaman dasar laut (Tarhadi *et al.*, 2014).

Kekuatan arus pasang surut bergantung dari volume air yang dibawa serta bukaan mulut suatu perairan yang semi tertutup seperti teluk. Untuk memperkirakan besarnya kekuatan arus pasang surut tersebut dapat dilihat dari besarnya tunggang pasut (*tidal range*) yang ada. Semakin besar tunggang pasang surut yang terjadi maka arus pasang surut yang terbentuk akan semakin lemah, begitu pula sebaliknya. Ketika terjadi pasang purnama, arus pasang surut akan lebih kuat dibandingkan saat pasang perbani (Irawan, 2018).

Arus residu merupakan arus yang pergerakannya dipengaruhi oleh faktor di luar pasang surut. Dengan kata lain, angin berperan dalam pembangkitan arus di suatu perairan. Arus residu umumnya ditemukan di daerah perairan pesisir. Pergerakan arus residu dapat terjadi akibat adanya transfer momentum energi gesekan dari dua lapisan fluida yang berbeda nilai viskositas serta densitas. *Stress* angin yang bekerja pada permukaan laut akan menggerakkan massa air laut yang berada di permukaan lalu dijalurkan ke lapisan di bawahnya. Selain itu, densitas dan gelombang juga merupakan pembangkit arus di luar dari energi pasang surut (Irawan, 2018).

Pola arus sangat berpengaruh terhadap distribusi material di dalam kolom air atau kedalaman perairan tertentu, khususnya arus residu dari pasang surut. Arus tersebut berperan dalam menentukan massa air dan proses penyebaran serta pengendapan material, sedimen dan polutan serta seluruh dinamika estuari. Arus residu dapat diartikan sebagai besar nilai arus yang diamati dikurangi dengan besar nilai arus pasang surut (Irawan, 2018). Peran atau manfaat lain arus secara umum adalah berperan dalam transpor nutrisi, larva, material, perkembangan perikanan laut, produktivitas primer di permukaan, sehingga menunjang banyak aktivitas manusia dalam kegiatan perikanan di laut (Indrayanti *et al.*, 2021).

2.4 MIKE21

Hidrodinamika adalah salah satu cabang dari mekanika fluida yang membahas mengenai pergerakan fluida. Fluida merupakan zat yang tidak memiliki bentuk dan volume yang permanen. Fluida bersifat tidak menolak perubahan bentuk dan memiliki kemampuan untuk mengalir serta mengambil bentuk dari wadahnya. Mekanika fluida digunakan berdasarkan mekanika Newton yang telah mengalami modifikasi dengan memperhitungkan turbulensi. Persamaan umum dalam konsep hidrodinamika dibentuk berdasarkan hukum kekekalan massa, hukum kekekalan momentum, dan kekekalan energi. Hidrodinamika laut gaya yang paling utama adalah gravitasi, gesekan, dan coriolis (Stewart, 2006).

Hidrodinamika mempunyai dua persamaan mendasar, yaitu kontinuitas dan momentum. Persamaan dasar hidrodinamika yang umum digunakan untuk pemodelan adalah persamaan kekekalan massa dan momentum yang telah terintegrasi dengan kedalaman. Prinsip kontinuitas menyatakan kekekalan suatu massa dalam sebuah ruang yang ditempati oleh elemen fluida. Umumnya asumsi yang digunakan adalah fluida tersebut tidak termampatkan sehingga tidak ada perubahan densitas terhadap ruang dan aliran fluida yang dianggap *steady*. Persamaan gerak juga dikenal sebagai persamaan kekekalan momentum. Persamaan tersebut menjelaskan aliran fluida yang mengikuti hukum Newton kedua (Jia *et al.*, 2001).

Pemodelan arus menggunakan model hidrodinamika dapat lebih teliti dalam menentukan arah dan kecepatan arus. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan numerik yang dibantu oleh perangkat lunak, sehingga dengan dijalankannya program dapat dilakukan simulasi pola arus pada suatu perairan untuk waktu tertentu dengan memasukkan variabel seperti batimetri, pasang surut, angin, dan sebagainya (Wibisono, 2005).

MIKE21 merupakan salah satu perangkat lunak rekayasa profesional yang memiliki sistem pemodelan komprehensif untuk program 2D. Mike21 dapat digunakan untuk melakukan simulasi hidrolika dan fenomena perairan terkait sungai, danau, estuari, teluk, pantai, dan laut. Program tersebut dikembangkan oleh DHI Water & Environment. Umumnya MIKE21 yang digunakan untuk pemodelan adalah MIKE21 FM dengan modul *hydrodynamic (HD)* (Stewart, 2006).

MIKE21 *Hydrodynamic module* adalah model matematik untuk menghitung perilaku hidrodinamika terhadap berbagai macam fungsi gaya seperti kondisi angin tertentu serta tinggi paras air yang dapat ditentukan di *open model boundaries*. *Hydrodynamic module* melakukan simulasi perbedaan paras air dan arus dalam berbagai fungsi gaya daerah perairan. Efek dan fasilitas yang ada di dalamnya sebagai berikut:

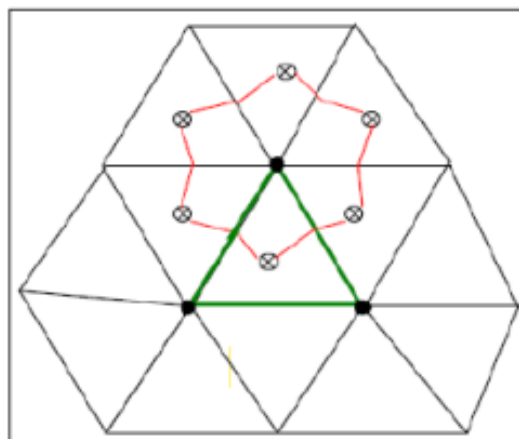
- a) gaya gesekan dasar (*bottom shear stress*),
- b) gaya gesekan angin (*wind shear stress*),
- c) gradien tekanan barometrik (*barometric pressure gradients*),
- d) gaya coriolis (*coriolis force*),
- e) sebaran momentum (*momentum dispersion*),
- f) sumber dan kehilangan skalar (*sources and sink*),
- g) penguapan (*evaporation*),
- h) genangan dan penguapan (*flooding and drying*),
- i) tegangan gelombang radiasi (*wave radiation stresses*).

Model hidrodinamika pada Mike21 HD merupakan sistem model numerik yang umum untuk permukaan air, teluk, dan pantai. Model tersebut dapat disimulasikan

secara 2 dimensi dalam fluida satu lapisan yang secara vertikal bersifat homogen (Stewart, 2006).

MIKE21 *Flow Model* digunakan untuk memodelkan pola aliran pasang surut. Modul tersebut dibuat berdasarkan penyelesaian numerik persamaan perairan dangkal 2D dan kedalaman terintegrasi dari persamaan Navier-Stokes. Diskritisasi spasial pada domain model dilakukan dengan menggunakan metode *finite volume* yang berpusat pada sel, yaitu domain komputasi horizontal yang terbagi atas elemen yang *non-overlapping*. Elemen di dalam model 2D elemen dapat berupa segitiga atau segiempat (Wibisono, 2005). Diskritisasi spasial merupakan proses dalam membagi sebuah fitur yang saling berhubungan dan berpengaruh seperti air ke dalam bagian yang terdiskritisasi agar dapat dihitung berdasarkan persamaan pembangunan model.

Penggunaan *flexible mesh* (FM) dalam pembuatan model hidrodinamika 2D menunjukkan sebuah fitur yang memungkinkan untuk elemen *mesh* yang diciptakan dapat mempresentasikan nilai kedalaman batimetri sesuai dengan bentuk garis pantainya. Elemen *mesh* 2D terdiri dari kumpulan segitiga yang memiliki unsur kedalaman yang telah diinterpolasikan ditengah *mesh*. Selain itu komponen arah (u dan v) sebagai hasil perhitungan dapat dihitung dalam setiap elemen *mesh*. Prinsip pembuatan *mesh* dapat dilihat pada Gambar 4.

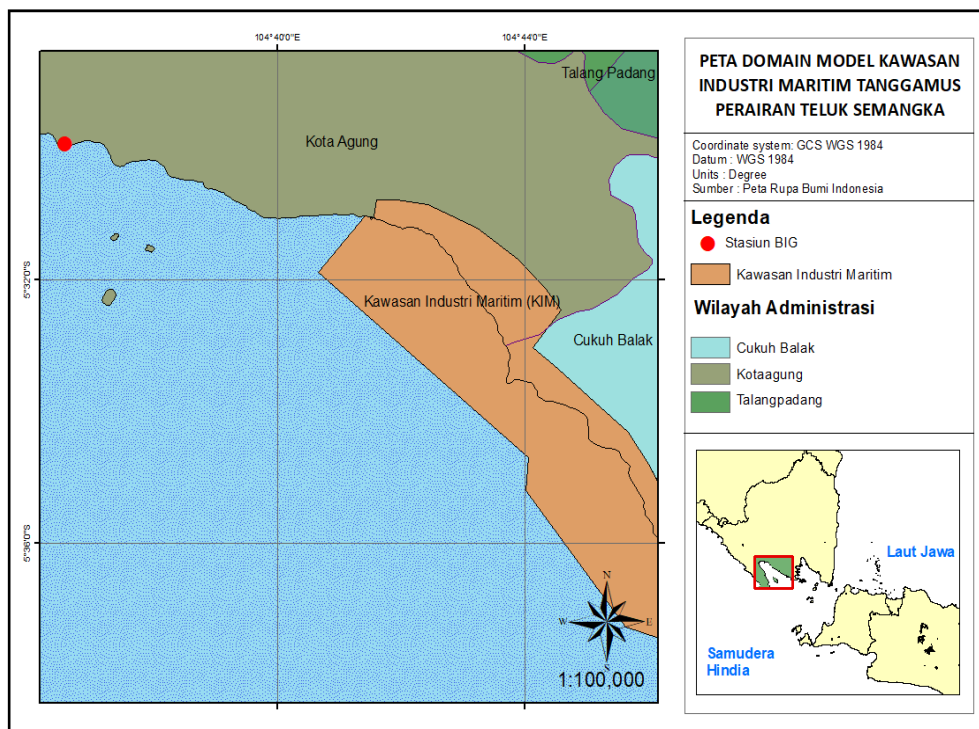


Gambar 4. Ilustrasi *grid* berbentuk *mesh* segitiga tidak terstruktur.
Sumber: Wibisono, 2005

III. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober-November 2022. Penelitian ini dilakukan dengan membuat simulasi model. Domain wilayah model adalah batas area yang akan digunakan dalam pembuatan model seperti yang disajikan pada Gambar 5. Proses pembuatan simulasi model dilakukan di Laboratorium Oseanografi, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung



Gambar 5. Domain model hidrodinamika.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Alat dan kegunaan

No	Nama alat	Kegunaan
1.	PC/Komputer	pengolahan data.
2.	Perangkat lunak Mike 21	pemisahan komponen arus dan pembuatan model arus.
3.	Ms. Excel 2010	pengolahan data pasang surut.
4.	ArcGIS 10.4	pembuatan <i>mesh</i> area model.
5.	Matlab 9.14	pembuatan grafik komponen u/v.

Tabel 3. Bahan dan sumbernya

No	Nama bahan	Sumber
1.	Data pasang surut	https://srgi.big.go.id/page/model-pasut
2.	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI)	https://portal.ina-sdi.or.id/downloadaoi/
3.	Data batimetri	https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/batnas

3.3 Pembuatan Model

3.3.1 Persamaan Pembangun

Persamaan yang digunakan dalam membuat model arus pasang surut dan arus residu dengan prinsip model hidrodinamika 2D dalam perangkat MIKE21 adalah persamaan Navier-Stokes. Persamaan Navier-Stokes dalam mekanika fluida merupakan persamaan diferensial parsial yang menggambarkan aliran fluida yang tidak termampatkan dan tidak memiliki gesekan (Stewart, 2006).

Persamaan umum Navier-Stokes untuk aliran tak termampatkan dalam Stewart (2006) adalah sebagai berikut,

$$\rho = \frac{D\vec{v}}{Dt} = -\vec{\nabla}P + \rho\vec{g} + \mu\nabla^2\vec{v} \quad (2)$$

Persamaan Navier-Stokes pada komponen x:

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \rho g_x + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

Persamaan Navier-Stokes pada komponen y:

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \rho g_y + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (4)$$

keterangan:

ρ : massa jenis fluida (kg/m^3)

u, v : kecepatan transport arah x dan y (m/det)

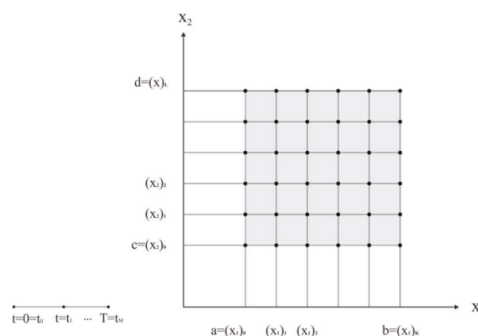
t : waktu (det)

g : koefisien gravitasi (m^2/s)

Air laut dapat diasumsikan sebagai fluida tak termampatkan sehingga perlu ditambahkan persamaan kontinuitas ke dalam sistem persamaan yang ada dalam kondisi batas yang merupakan salah satu pembangun model. Berikut merupakan persamaan saat kondisi batas bersifat konstan:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

Domain fluida pada awalnya didiskritisasi menjadi titik titik berhingga (Stewart, 2006). Bentuk diskritisasi dari suatu domain fluida berupa titik-titik dengan jarak yang sama digambarkan seperti gambar berikut,



Gambar 6. Diskritisasi domain ruang dan waktu.
Sumber: Wibisono, 2005.

Pembuatan model 2 dimensi arus residu dan arus pasang surut dalam simulasi menggunakan desain model area yang sama. Perbedaan dalam pembuatan model arus terletak pada penggunaan data masukan dalam modul hidrodinamika. Untuk membuat model arus pasang surut data masukan yang digunakan adalah *tidal potential* dan masukkan data pasang surut ke dalam batas wilayah terbuka, sedangkan untuk model arus residu data yang dimasukkan adalah data residu dari proses pemisahan arus. Periode simulasi model dengan *number of time step* 2.183 dan interval 3.600 sec.

Asumsi yang diterapkan pada persamaan model hidrodinamika arus pasang surut 2D antara lain:

- tidak terdapat stratifikasi densitas air laut sehingga dianggap konstan,
- tidak ada sumber dan kebocoran air laut yang terdapat pada area model, artinya evaporasi dan presipitasi diabaikan serta bagian dasar laut bersifat *impermeable*, artinya tidak ada fluida yang dapat masuk atau keluar,
- tidak terdapat gaya momentum yang terjadi seperti gerakan kapal, tsunami, dan gempa di area model,
- batas tertutup tidak mengalami pergeseran akibat naik turunnya permukaan air laut,
- pasang surut adalah gaya pembangkit utama di Teluk Semangka.

Persamaan hidrodinamika laut arus pasang surut yang digunakan berdasarkan asumsi adalah sebagai berikut, (Stewart, 2006) :

komponen x:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\tau_s^{(x)}}{H+\zeta} - \frac{\tau_b^{(x)}}{H+\zeta} + A\Delta u \quad (6)$$

komponen y:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - fu = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\tau_s^{(y)}}{H+\zeta} - \frac{\tau_b^{(y)}}{H+\zeta} + A\Delta v \quad (7)$$

keterangan:

- ζ : elevasi (m)
 τ_s : gaya gesekan permukaan laut (kg/m detik²)
 τ_b : gaya gesekan dasar laut (kg/m detik²)

- g : koefisien gravitasi (m²/s)
 A : faktor satuan pengukur
 f : gaya coriolis (rad/det)
 H : kedalaman (m)
 U, V : kecepatan transport arah x dan y (m/det)

Persamaan (6) dan (7) diintegrasikan terhadap kedalaman secara vertikal dari dasar sampai ke permukaan air laut sehingga diperoleh persamaan kecepatan rata-rata dalam bentuk transpor massa air 2D sebagai berikut, (Stewart, 2006) :

komponen -x:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = -gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \lambda W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2} - rU \frac{(U^2 + V^2)^{\frac{1}{2}}}{H^2} + A\Delta U \quad (8)$$

komponen -y:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \lambda W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2} - rV \frac{(U^2 + V^2)^{\frac{1}{2}}}{H^2} + A\Delta V \quad (9)$$

Persamaan kontinuitas memiliki bentuk:

$$\frac{\partial U}{\partial x} + U \frac{\partial V}{\partial y} + V \frac{\partial \zeta}{\partial t} = 0 \quad (10)$$

Persamaan untuk arus pasang surut akan mengabaikan suku gaya tekanan angin, sehingga persamaan hidrodinamika 2D pasang surut menjadi seperti berikut, (Stewart, 2006):

komponen x:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = -gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} - rU \frac{(U^2 + V^2)^{\frac{1}{2}}}{H^2} + A\Delta U \quad (11)$$

komponen y:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} - rV \frac{(U^2 + V^2)^{\frac{1}{2}}}{H^2} + A\Delta V \quad (12)$$

persamaan kontinuitas:

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial t} = 0 \quad (13)$$

$$U = \int_{-H_0}^{\zeta} u \partial z ; V = \int_{H_0}^{\zeta} v \partial z \quad (14)$$

keterangan:

ζ	: elevasi paras air laut dari paras air laut rata-rata (MSL)
U, V	: kecepatan transport arah x dan y (m/det)
g	: koefisien grafitasi (m^2/s)
H	: kedalaman total perairan (m)
W_x, W_y	: kecepatan angin arah x dan y
λ	: koefisien gesekan permukaan
r	: koefisien gesekan dasar

3.3.2 Desain Model

Desain model dibuat dengan beberapa parameter dan asumsi yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Asumsi model hidrodinamika 2D

Parameter	Asumsi simulasi
<i>Grid</i> batimetri	<i>grid</i> sudut segitiga tidak teratur (<i>flexible mesh</i>)
Waktu simulasi	musim barat (Desember 2019-Februari 2020) musim peralihan I (Maret- Mei 2020) musim barat (Juni- Agustus 2020) musim peralihan II (September- November 2020)
Kedalaman minimum	= 0 (konstan)
Langkah waktu	jumlah langkah waktu/detik = 2.183 jarak langkah waktu = 3.600 detik
Kondisi angin	konstanta dalam domain bervariasi setiap waktu
Kondisi batas	batas terbuka dan batas tertutup
Tipe hasil area model	seri luas area
Hasil model	elevasi permukaan laut kecepatan U dan V

3.3.3 Data Masukan Model

1. Data Peta RBI dan Batimetri

Data batimetri digunakan sebagai area model dan *mesh* area batimetri dalam pembuatan model arus. Data batimetri bersumber dari peta Batimetri Nasional (Batnas) dengan resolusi 180 m. Pengolahan peta batimetri menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.4. Peta batimetri yang telah *dimasking* dengan peta RBI teluk Semangka akan menghasilkan data garis pantai dan data batimetri. Data batimetri dan garis pantai dengan ekstensi XYZ menjadi bahan utama pembuatan *mesh* dalam *mesh generator*. Poin garis pantai dan batimetri dikonversi menjadi sel yang elemennya dibentuk dalam elemen *triangular*.

Data garis pantai yang telah dimasukkan perlu dikoreksi *vertice* dan *nodes* untuk menghindari kegagalan saat pengolahan data. Selain itu, dilakukan penentuan batas terbuka dan batas tertutup area model. Syarat batas model pada batas dasar *fluks adveksi* adalah nol. Pada batas tertutup kondisi kedap air dan kondisi non-slip. Pada batas terbuka model, nilai-nilai variabel harus diberikan pada batas terbuka sehingga informasi di luar domain memasuki domain tanpa terjadi perubahan dengan perhitungan.

Kondisi awal dianggap perairan dalam keadaan tenang. Secara matematis dapat ditulis, (Stewart, 2006) :

$$U = V = \zeta = 0 \text{ pada saat } t=0$$

Syarat batas tertutup di garis pantai memiliki kecepatan nol yaitu, (Stewart, 2006):

$$Vn = 0$$

keterangan:

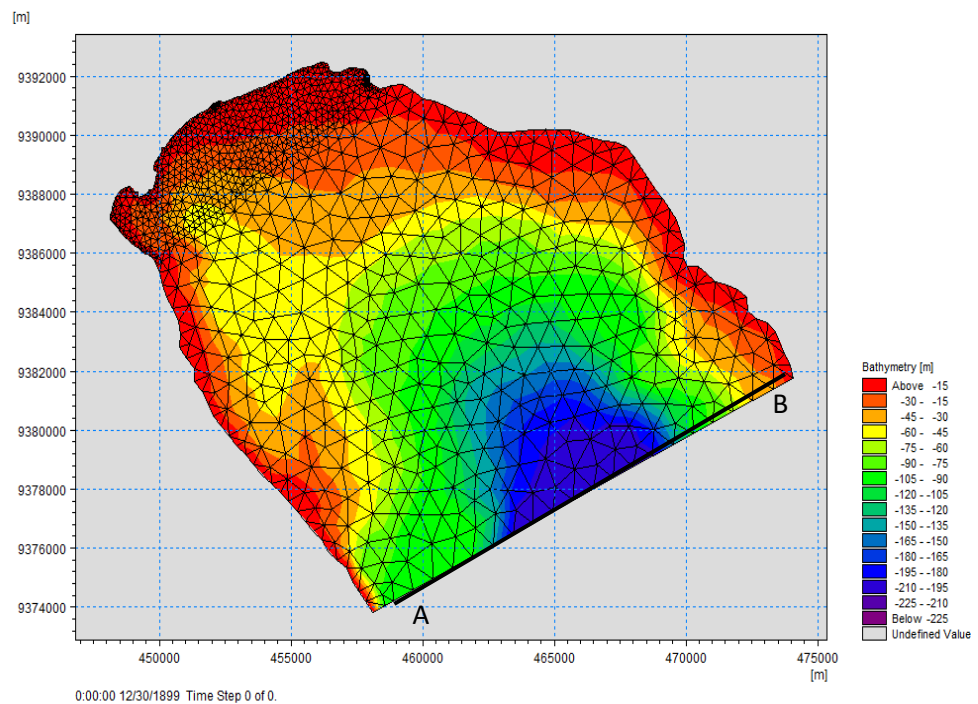
U, V : kecepatan transport arah x dan y (m/det)

t : waktu (det)

ζ : elevasi paras air laut (m)

Vn : kecepatan batas tertutup (m/det)

Syarat batas terbuka di perairan dalam pembuatan model ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Batas terbuka (A-B) pada *mesh* area.

2. Data Pasang Surut

Pembuatan simulasi model arus menggunakan data pasang surut selama 29 hari selama 4 musim dalam 1 tahun yaitu pada musim barat (Desember 2019-Februari 2020), musim peralihan I (Maret-Mei 2020), musim timur (Juni-Agustus), dan musim peralihan II (September-November 2020). Data elevasi pasang surut yang telah diunduh dari situs BIG dianalisis harmonik menggunakan metode admiralty dengan Microsoft Excel untuk mendapatkan konstanta harmonik dan bilangan Formzahl.

Wicaksono *et al* (2016) menyatakan bahwa metode admiralty adalah metode yang digunakan untuk mengolah data pasang surut. Metode tersebut membutuhkan data rata-rata permukaan air laut yang diperoleh dari menghitung konstanta pasang surut. Konstanta pasang surut digunakan untuk menghitung rata-rata paras air dan permukaan air terendah

3.4 Analisis Data

Data pasang surut yang telah dianalisis menggunakan metode admiralty merupakan data yang dapat menghasilkan arus total saat diinput dalam domain model, sehingga perlu dipisahkan menjadi arus pasang surut dan arus residu. Pemisahan arus dilakukan menggunakan perangkat lunak MIKE21 dalam *MIKE21 toolbox tide analysis of height* dengan data masukkan konstanta harmonik S_2/M_2 , O_1/K_1 , M_2-S_2 , dan K_1-O_1 serta data pasang surut. Data yang akan dihasilkan adalah arus pasang surut dan arus residu. Data pasang surut juga dianalisis menggunakan perangkat lunak MATLAB untuk mengetahui komponen arus pasang surut dan residu. Komponen arus pasang surut dan arus residu terdiri dari arah dan kecepatan, komponen zonal, dan komponen meridional yang ditampilkan dalam sebuah grafik

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemodelan arus pasang surut dan arus residu Teluk Semangka maka didapatkan kesimpulan seperti berikut,

1. Pola arus pasang surut pada saat pasang dan surut menjelang pasang bergerak ke arah barat laut, sedangkan saat surut dan pasang menjelang surut bergerak ke arah tenggara.
2. Pola arus residu memiliki pola yang sama dengan pola arus pasang surut, akan tetapi kecepatan arusnya yang lebih rendah.

5.2 Saran

Adapun saran untuk keberlanjutan pembangunan Kawasan Industri Maritim Tanggamus adalah harus memperhatikan pola arus dan tipe pasang surut yang telah dimodelkan agar dapat mengurangi dampak dari sebaran limbah dan polutan yang akan dihasilkan dari kegiatan industri di Kawasan Industri Maritim Tanggamus .

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, S.A., Koropitan, F.A., dan Nurjaya, I.W. 2015. Perambatan gelombang dan arus residu pasang surut Teluk Mayalibit: model hidrodinamika pasang surut 2d. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*. 7(1): 157-172.
- Fadilah, F., Suripin, S., dan Sasongko, D. P. 2014. Menentukan tipe pasang surut dan muka air rencana perairan laut Kabupaten Bengkulu Tengah menggunakan metode admiralty. *Maspari journal*. 6(1): 1-12.
- Fajar, S., Prasista, D.V., dan Widagdo, S. 2019. Pergerakan arus permukaan laut Selat Bali berdasarkan parameter angin dan cuaca. *Journal Tropic Marine*. 2(1): 54-67.
- Hadi, S., dan Radjawane, I. 2011. *Arus Laut*. Institut Teknologi Bandung Press. Bandung. 64 hlm.
- Handyarso, A. 2016. Validasi perangkat lunak *gravity tide correction* persamaan *longman* (1959) berdasarkan *gravity tide observed, instrument based* dan *software based test*. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 17(3): 139-148.
- Hardani, M. O., Rifai, A., Sugianto, N. D.,. 2015. Kajian pola arus di Perairan Teluk Ujungbatu Jepara. *Jurnal Oseanografi*. 4(1): 242-252.
- Indrayanti, E., Sugianto, N. D., dan Purwanto, Siagian, S. H. 2021. Identifikasi arus pasang surut di Perairan Kemujan, Karimunjawa berdasarkan data pengukuran *acoustic doppler current profiler*. *Jurnal Kelautan Tropis*. 24(2): 247-254.
- Irawan, S., Fahmi, R., dan Roziqin, A. 2018. Kondisi hidro-oseanografi (pasang surut, arus, dan gelombang) Perairan Nongsa Batam. *Jurnal Kelautan*. 11(1) : 56-68.
- Jia., Yafei and Sam S. Y. Wang. 2001. *CCHE2D: Two-Dimensional Hydrodynamic and Sediment Transport Model for Unsteady Open Channel Flows Over Loose Bed Version 2.0*. The University of Mississippi, USA. 40 pp.

- Khairunissa., Apdilah, D., Dwirama, R. P., 2021. Karakteristik pasang surut di perairan pulau bintang bagian timur menggunakan metode admiralty. *Jurnal Kelautan*. 14(1): 58-70.
- Maharsa, T.A. 2014. *Studi Kelayakan Perencanaan Kompleks Galangan Pada Kawasan Industri Maritim Tanggamus Lampung*. [Skripsi] Program Studi Teknik Perkapalan, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, 16424, Indonesia.
- Nugroho, B. P. 2011. *Panduan Pengembangan Kluster Industri*. Jakarta: BPPT. 81 hlm.
- Pariwono, J. I. 1999. *Kondisi Oseanografi Perairan Pesisir Lampung*. Proyek Pesisir Publication, Technical Report (TE-99/12/I). University of Rhode Island. Jakarta. 28 hlm.
- Parjito., Buchari, H., dan Widiastuti, E. L., Bakri, S. 2021. Analisis alokasi ruang laut dalam rencana zonasi wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil (rzwp3k) Provinsi Lampung. *Jurnal Sumber daya Akuatik Indopasifik*. 6(1): 11-24.
- Peraturan Daerah Provinsi Lampung. 2018. *Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Lampung 2018-2038*. Pasal 18 ayat 2. No 1. 21 hlm.
- Pratama, T. R., Indrayanti, E., dan Prasetyawan, I. B. 2012. Kajian pola arus dan *co-range* pasang surut di Teluk Banete Sumbawa Nusa Tenggara Barat. *Journal Of Oceanography*. 1(1): 111-120.
- Qarnain, A. G. D., Satriadi, A., dan Setiyono, H., 2014. Analisa pengaruh pasang purnama (*spring*) dan perbani (*neap*) terhadap laju sedimentasi Di Perairan Timbulsloko, Demak. *Jurnal Oseanografi*, 3(4): 540-548.
- Rahmawan, G. A., Wisna, U. J., dan Gemilang, W. U. 2020. Mekanisme transportasi sedimen dan pola arus pasang surut di Teluk Bungus, Kota Padang. *Jurnal Segara*. 16(3): 175-186.
- Respati, A. F., Diansyah, G., dan Agussalim, A. 2020. Analisis data pasang surut dan arus non-pasang surut di sebagian Selat Bangka. *Maspari Journal*. 12(1): 25-32.
- Stewart, R.H. 2006. *Introduction to Physical Oceanography*. Department of Oceanography, Texas A&M University Texas. 351 pp.
- Sunaryo. 2012. *Perancangan Tata Letak Kawasan Industri Perkapalan Di Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung*. [Skripsi] Pro-gram Studi Teknik Perkapalan, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, 16424, Indonesia.

- Surbakti, H. 2012. Karakteristik pasang surut dan pola arus di muara Sungai Musi, Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*. 15(1): 34-39.
- Surinati, D. 2007. Pasang surut dan energinya. *Jurnal oseana*. 32(1): 15-22.
- Tanto, T. A., Husrin, S., Wisna, U. J., Putra, A., Putri, R. K., dan Ilham. 2016. Karakteristik oseanografi fisik (batimetri, pasang surut, gelombang signifikan dan arus laut) Perairan Teluk Bungus. *Jurnal Kelautan*. 9(2): 108-121.
- Tarhadi, Elis I., dan Agus, A.D.S. 2014. Studi pola dan karakteristik arus laut di Perairan Kaliwungu Kendal Jawa Tengah pada musim peralihan I. *Jurnal Oseanografi*. 3(1): 16-25.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Jogjakarta. 397 hlm.
- Wibisono, M.S. 2005. *Pengantar Ilmu Kelautan*. Grasindo. Jakarta. 224 hlm.
- Wicaksono, P.P., Handoyo G., dan Atmodjo W. 2016. Analisis peramalan pasang surut dengan metode admiralty dan *autoregressive integrated moving average* (arima) di Perairan Pantai Widuri Kabupaten Pematang. *Jurnal Oseanografi*. 5(4): 489-495.
- Widagdo, S. 2017. Perencanaan pengembangan industri penutuhan kapal (*ship recycling*) di Kabupaten Tanggamus, Lampung. *Jurnal Paradigma*, 6(3): 185-203.