



Model Numerik Arus Pasang Surut Di Pantai Talawaan Bajo Kabupaten Minahasa Utara

Sofia Wuisan^{#a}, Arthur H. Thambas^{#b}, Muhammad I. Jasin^{#c}, Ariestides K. T. Dundu^{#d},
Jeffrey D. Mamoto^{#e}, Cindy J. Supit^{#f}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^asofiawuisan021@student.unsrat.ac.id, ^barthur.thambas@unsrat.ac.id, ^cmuhammad.jasin@unsrat.ac.id,
^dtorry@unsrat.ac.id, ^ejeffrymamoto@gmail.com, ^fcindyjeanesupit@unsrat.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan arus pasang surut di Pantai Talawaan Bajo, Kabupaten Minahasa Utara, dengan pendekatan numerik menggunakan perangkat lunak MIKE 21. Pantai Talawaan Bajo merupakan kawasan pesisir yang dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai lokasi sandar kapal nelayan dan destinasi wisata, sehingga penting untuk memahami dinamika perairannya. Data yang digunakan meliputi data pasang surut dari BIG, data angin dari NASA, serta data batimetri dari BATNAS. Seluruh data diolah dan dimasukkan ke dalam model numerik dua dimensi (2D) menggunakan modul Flexible Mesh (FM) pada MIKE 21. Hasil simulasi menunjukkan bahwa MIKE 21 mampu mensimulasikan pergerakan arus pasang surut secara realistis, dengan kecepatan arus rata-rata sekitar 0,005 m/s, kecepatan maksimum sebesar 0,022 m/s, dan kecepatan minimum sebesar 0,000382 m/s. Arah arus dipengaruhi oleh siklus pasang surut dan arah angin dominan dari barat laut ke tenggara. Berdasarkan analisis data elevasi muka air, tipe pasang surut di wilayah penelitian diklasifikasikan sebagai pasang surut campuran condong harian tunggal (mixed tide prevailing diurnal), dengan karakteristik dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari yang tidak selalu simetris. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai referensi dalam pengelolaan kawasan pesisir dan mendukung perencanaan pembangunan infrastruktur kelautan secara berkelanjutan.

Kata kunci: arus, pasang surut, MIKE 21, pantai Talawaan Bajo, hidrodinamika

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pantai merupakan suatu kawasan yang posisinya berada di antara perbatasan laut dan darat. posisi pantai berada di antara laut dan darat menjadikan pantaisebagai kawasan yang sangat kompleks, tetapi memiliki sumber daya alam besar dan penting bagi masyarakat di sekitar Pantai. Manfaat sumber daya alam di kawasan pesisir pantai digunakan untuk tempat wisata, pemukiman, perikanan, pelabuhan, dan berbagai manfaat lainnya (Hidayati, 2017).

Pantai Talawaan Bajo berada di Desa Talawaan Bajo, Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Pantai ini dimanfaatkan sebagai tempat bersandar kapal-kapal nelayan. Se;ain itu pantai Talawaan Bajo menjadi tempat wisata karena adanya wisata susur sungai yang nantinya bermuara langsung ke pantai Talawaan Bajo.

Mike 21 merupakan perangkat lunak rekayasa profesional yang menyediakan system pemodelan menyeluruh untuk program komputer yang digunakan dalam menganalisis aliran permukaan dan kolom air suatu perairan (Saputra, 2018). Mike 21 dibuat oleh Danish Hydrodynamic Institute (DHI) pada Tahun 1992. Mike 21 adalah perangkat lunak yang dirancang untuk berbagai jenis pemodelan. Perangkat ini digunakan untuk mensimulasikan arus, gelombang, pasang surut, dan sebagainya yang terjadi di lingkungan perairan.

1.2. Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang akan penulis bahas dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja MIKE 21 dalam melakukan pemodelan arus pasang surut di wilayah pantai Talawaan Bajo?
2. Tipe pasang surut apa yang terjadi di pantai Talawaan Bajo?

1.3. Batasan Masalah

Terdapat batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di pantai Talawaan Bajo
2. Pengelolaan data menggunakan pemodelan numerik Mike 21
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sumber-sumber yang berwenang, yang mencakup data pasang surut, data angin, serta peta bathymetri pantai Talawaan Bajo
4. Penelitian ini tidak menggunakan debit muara pantai

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penulis ini adalah sebagai berikut:

3. Untuk mengetahui kinerja MIKE 21 dalam mensimulasikan arus pasang surut secara dua dimensi di pantai Talawaan Bajo
4. Untuk mengetahui tipe arus pasang surut yang terjadi di Pantai Talawaan Bajo

1.5. Manfaat Penelitian

1. Memahami dinamika perairan di daerah pesisir pantai, khususnya dalam mempelajari fenomena dan pemodelan arus pasang surut.
2. Diharapkan hasil penelitian ini dapat bermanfaat sebagai referensi yang berguna dalam proses perencanaan dan pembangunan kawasan di pantai Talawaan Bajo, Kabupaten Minahasa Utara.

2. Metode Penelitian

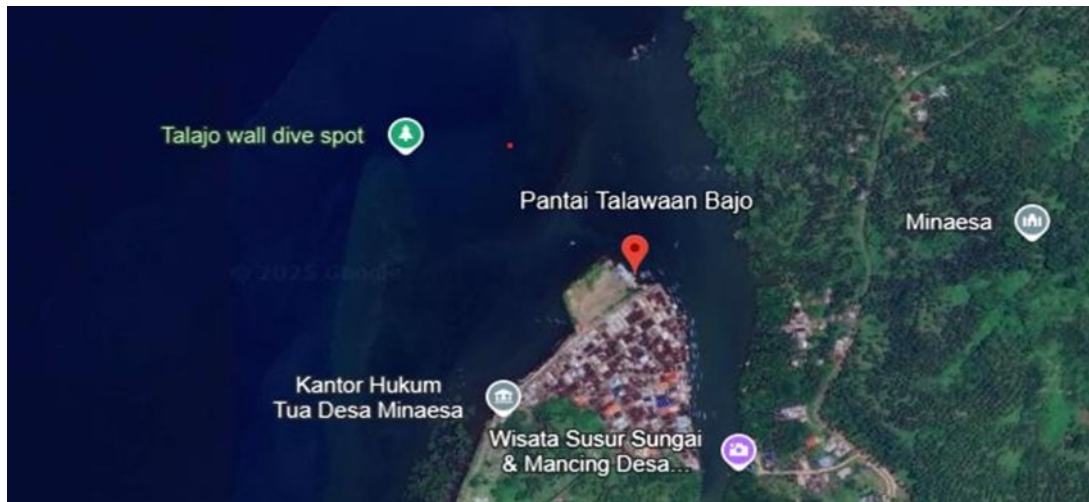
2.1. Lokasi Penelitian

Perlu dilakukan peninjauan Lokasi sebagai Langkah pertama untuk memahami situasi di lapangan dan mengenali berbagai masalah yang mungkin muncul di daerah penelitian. Lokasi penelitian terletak di Muara Sungai Pantai Talawaan, Kecamatan Bajo, Kabupaten Minahasa Utara.

2.2. Pengumpulan Data

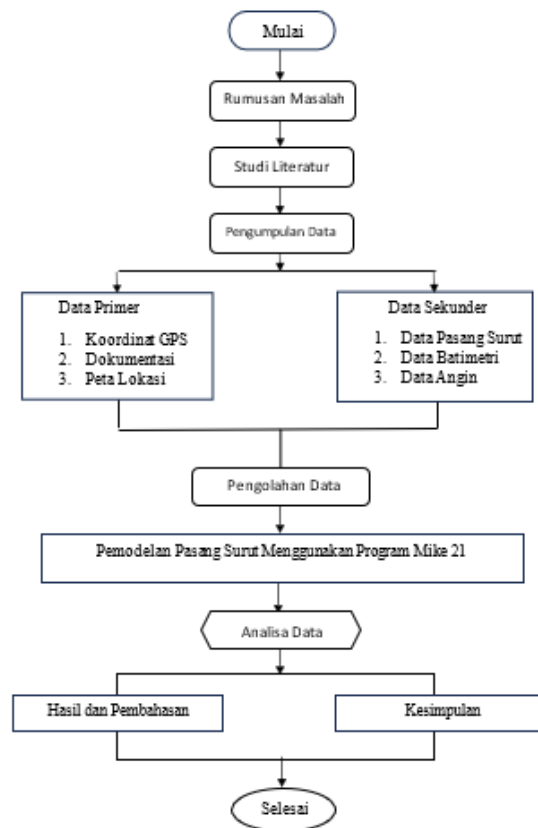
Pengumpulan data ini dilaksanakan dengan cara mengunjungi Situs – situs terlibat sebagai sumber data untuk diambil data-data yang berhubungan dengan studi ini, ataupun dengan menggunakan software-software penunjang. Data – data yang dimaksud meliputi:

1. Data Pasang Surut diperoleh dari website Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan periode waktu selama satu bulan yaitu dari tanggal 1 Desember 2024 sampai dengan 31 Desember 2024, dengan interval waktu setiap satu jam.
2. Data Bathimetri diperoleh dari website BATNAS
3. Data Angin yang diperoleh dari NASA, data yang digunakan mencakup periode satu bulan, mulai dari 1 Desember 2024 hingga 31 Desember 2024, dengan selang waktu setiap satu jam.
4. Peta lokasi / satelit, dari *software Google Earth*



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengolahan Data

Pada tahap awal pemodelan numerik arus pasang surut, dibutuhkan berbagai data spasial dan oseonografi yang harus di proses serta disesuaikan dengan format input perangkat lunak Mike 21, proses ini melibatkan penggunaan *Google Earth Pro* dan *ArcGIS*, serta melalui beberapa tahapan proses data untuk menjamin akurasi spasial dan komabilitas antar perangkat lunak yang digunakan.

3.1.1 Pembuatan Garis Pantai menggunakan Google Earth Pro

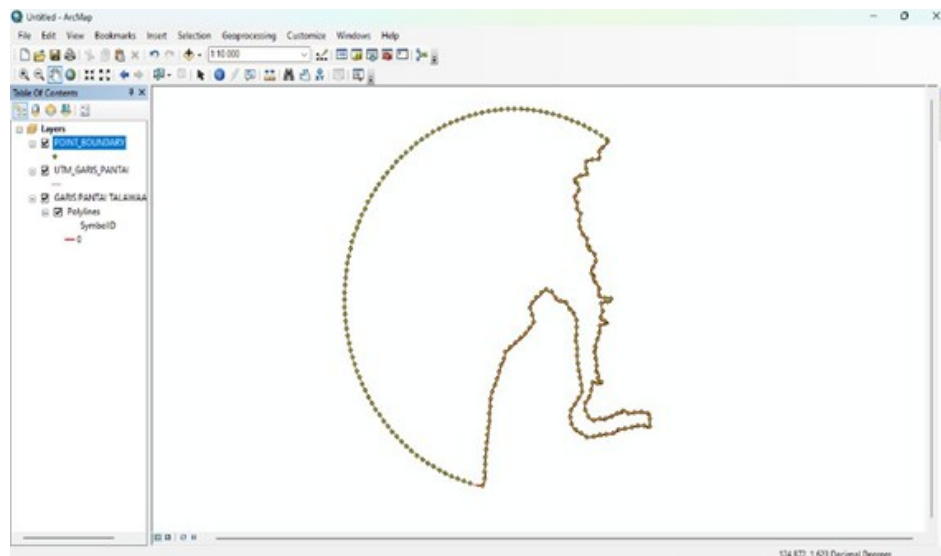
Garis pantai merupakan komponen penting dalam menentukan batas domain suatu model. Dalam penelitian ini, garis pantai Talawaan-Bajo diperoleh melalui proses digitalisasi manual menggunakan *Google Earth Pro*.



Gambar 3. Garis Pantai Talawaan Bajo

3.1.2 Pembuatan Boundary Domain di ArcGIS

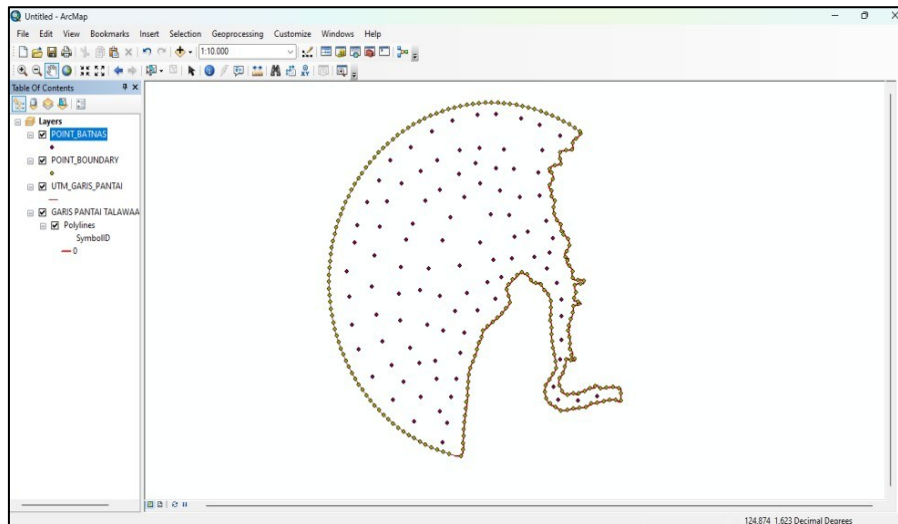
Boundary atau batas domain model diperlukan untuk menentukan area simulasi arus dalam perangkat lunak Mike 21. Proses pembuatan boundary ini dilakukan berdasarkan wilayah sekitar garis pantai, mencakup perairan pesisir hingga ke laut terbuka.



Gambar 4. Point Boundary

3.1.3 Pengolahan Dara Batimetri di ArcGIS

Data batimetri diperoleh dari Batnas untuk menggambarkan topografi dasar laut yang akan digunakan dalam model numerik di Mike 21. Impor data batimetri yang diperoleh dari BATNAS dan pastikan layer batimetri berada pada proyeksi sama dengan boundary yaitu UTM Zona 51N (WGS 84).

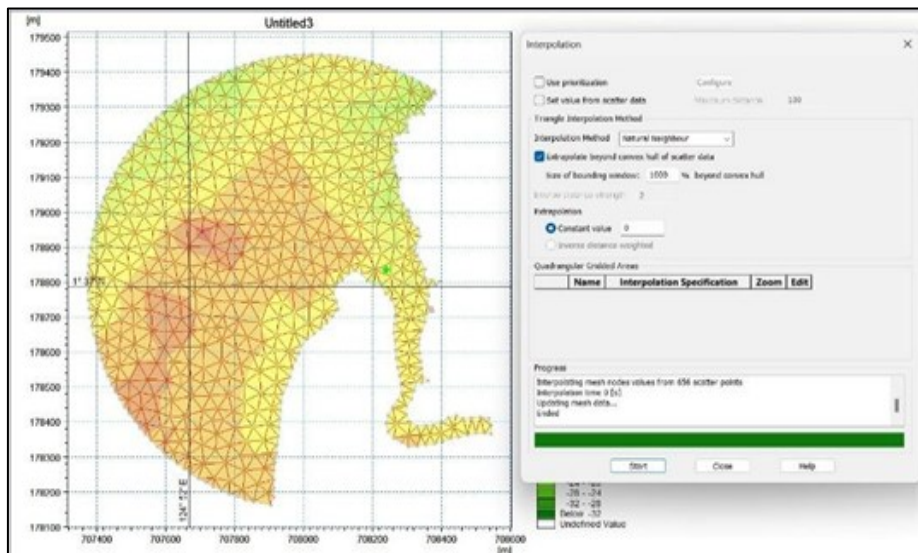


Gambar 5. Point Boundary

3.2 Penginputan data Model MIKE Zero

3.2.1 Pembuatan Mesh Domain

Proses pembuatan Mesh dilakukan sebagai bagian dari pengolahan data untuk menghasilkan visualisasi yang lebih jelas dengan menggabungkan peta garis pantai dan data batimetri. Pada Mike Zero menggunakan mesh generator, boundary dan hasil digitasi dari ArcGIS diimport ke dalam MIKE ZERO dengan format .xyz, lalu import file .xyz batimetri hasil dari ArcGIS, lalu hubungkan data XYZ ke *domain mes* dan lakukan interpolasi kedalaman ke seluruh elemen *mesh* lalu simpan file dengan format .dfs



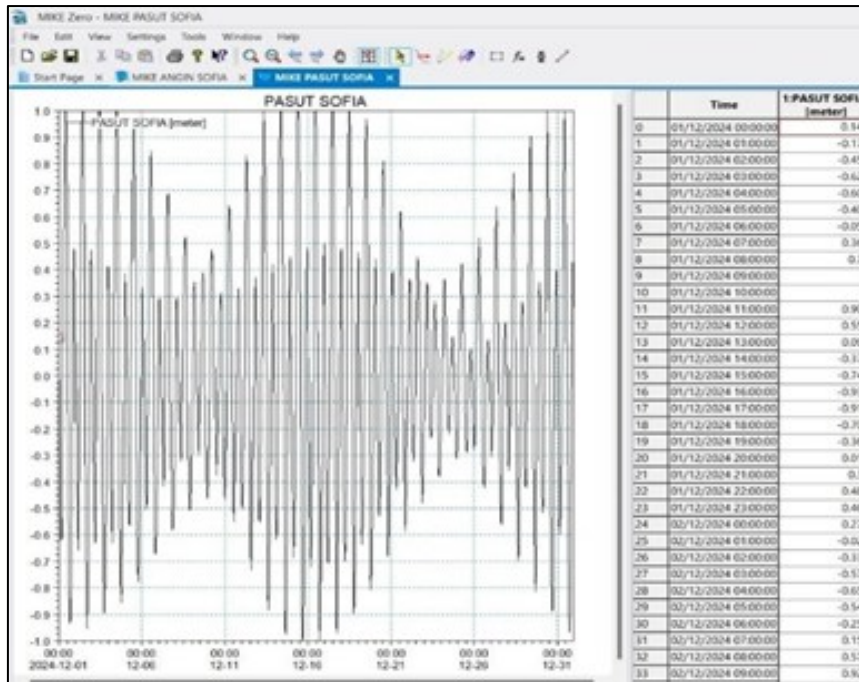
Gambar 6. Mesh Domain

3.2.2 Data Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan periode pengamatan selama 31 hari atau 1 bulan pada Desember 2024.

<i>Axis Type</i>	: <i>Equidistant calender axis</i>
<i>Start Time</i>	: <i>12/01/2024 00:00:00</i>
<i>Time Step</i>	: <i>01:00:00</i>
<i>No. Of Timestep</i>	: <i>743</i>

Memasukan meta data file yang di atas, selanjutnya pilih *water lever* dengan unit meter lalu memasukan data pasang surut per jam secara manual di import dari excel lalu file disimpan dengan format .dfs.



Gambar 7. Grafik Pasang Surut

3.2.3 Data Angin

Data angin dalam penelitian ini diperoleh dari NASA dengan periode pengamatan selama 31 hari atau 1 bulan, yaitu pada bulan november 2024. Pemilihan periode ini diselaraskan dengan data pasang surut agar analisis yang dilakukan konsisten.

Axis Type : *Equidistant calender axis*
Start Time : *12/01/2024 00:00:00*
Time Step : *01:00:00*
No. Of Timestep : *743*

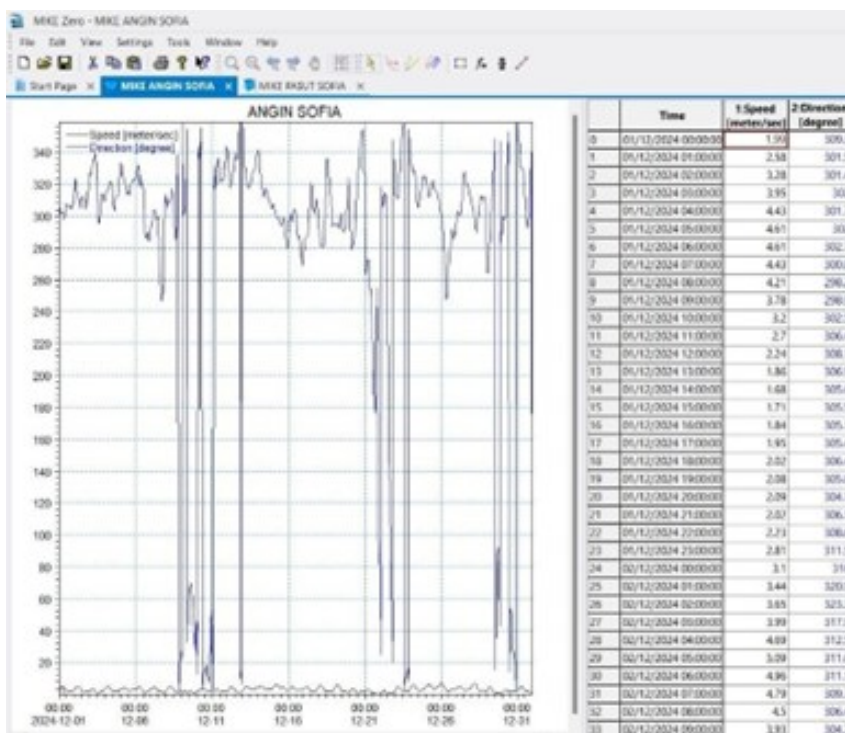
Memasukan metadata file yang diatas, tambahkan 2 item *Wind Velocity (m/s)* dan *Wind Direction (degree)*, lalu masukan data angin speed dan arah perjam secara manual di import dari excel, lalu simpan file dengan format angin.

3.3 Pemodelan Model MIKE 21

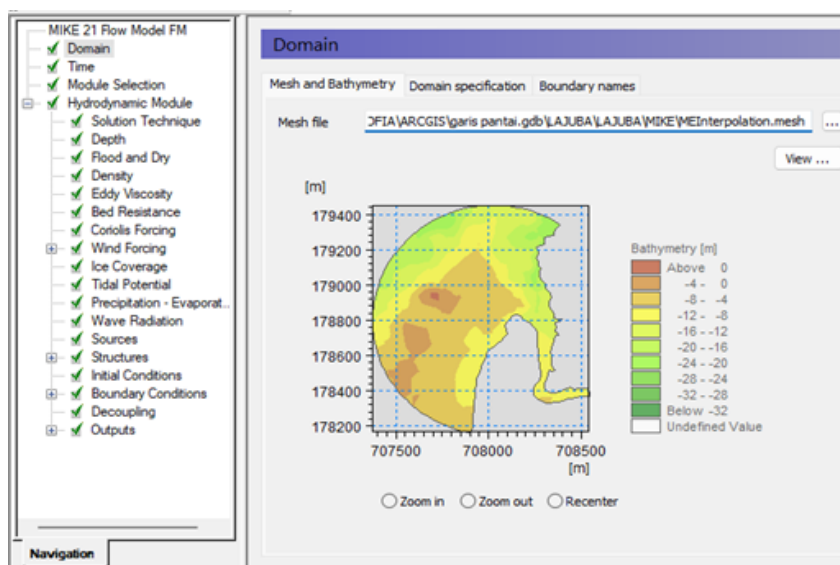
Model numerik arus pasang surut dalam penelitian ini dimodelkan menggunakan perangkat lunak MIKE 21 *Flexible Mesh (FM)*, dengan cara pada bagian *Domain* diinput *mesh* yang sudah dibuat pada *Mesh Generator*. Dan pada bagian *Time* masukan metadata

No. of timestep : *743*
Time Step interval :
Simulator start date : *01/12/2024 00:00:00*
Simulator end date : *31/12/2024 23:00:00*

Pada *Wind Forcing* pilih format *Varying in time, constant in domain* dan pilih file angin dan pasang surut yang sudah dibuat sebelumnya, selanjutnya buat 2 output yaitu area dan point, selanjutnya pemodelan siap untuk dijalankan.



Gambar 8. Grafik Data Angin



Gambar 9. Model Mike 21 Running Data

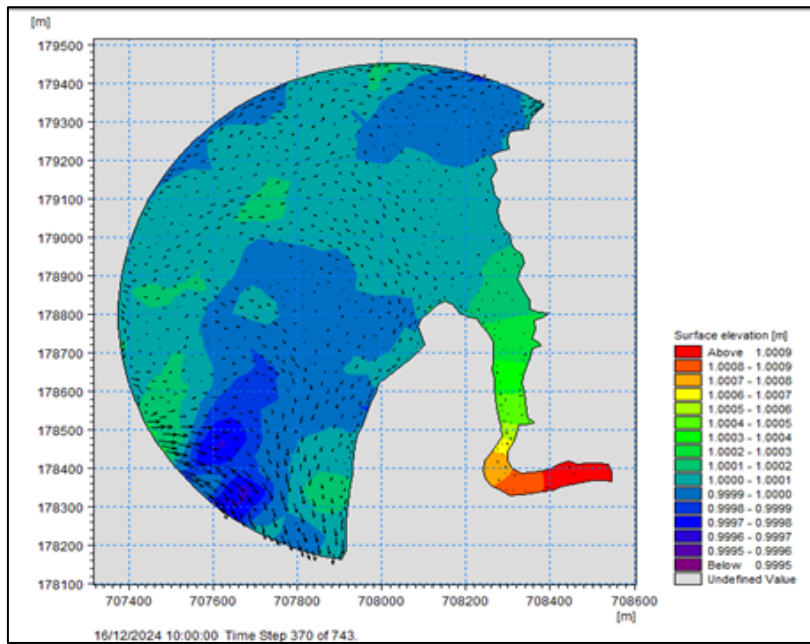
3.4 Hasil Simulasi Pemodelan Arus Pasang Surut

3.4.1 Simulasi Arus Pasang Surut

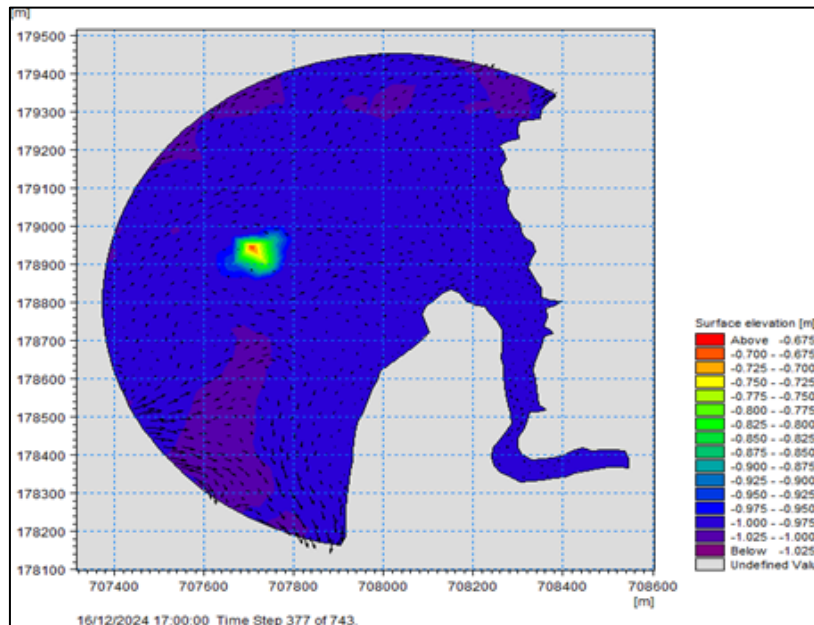
Simulasi pasang surut dilakukan menggunakan perangkat lunak Mike 21 dengan menggunakan data garis pantai dan batimetri sebagai input. Hasil dari simulasi ini memberikan informasi mengenai elevasi permukaan laut, serta kecepatan dan arah arus laut.

Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa pasang tertinggi terjadi pada tanggal 16 Desember pukul 10.00 dengan time step 370 dari 743 dengan arus dominan ke arah selatan yang ditunjukkan dengan panah- panah kecil pada gambar.

Pada Gambar 11 dapat dilihat surut terendah diketahui berada pada hari yang sama dengan hari terjadinya pasang tertinggi pada 16 Desember pukul 16.00 dengan time step 377 dari 743 dengan arus dominan ke arah timur laut yang ditunjukkan dengan panah- panah kecil pada gambar.



Gambar 10. Pasang Tertinggi

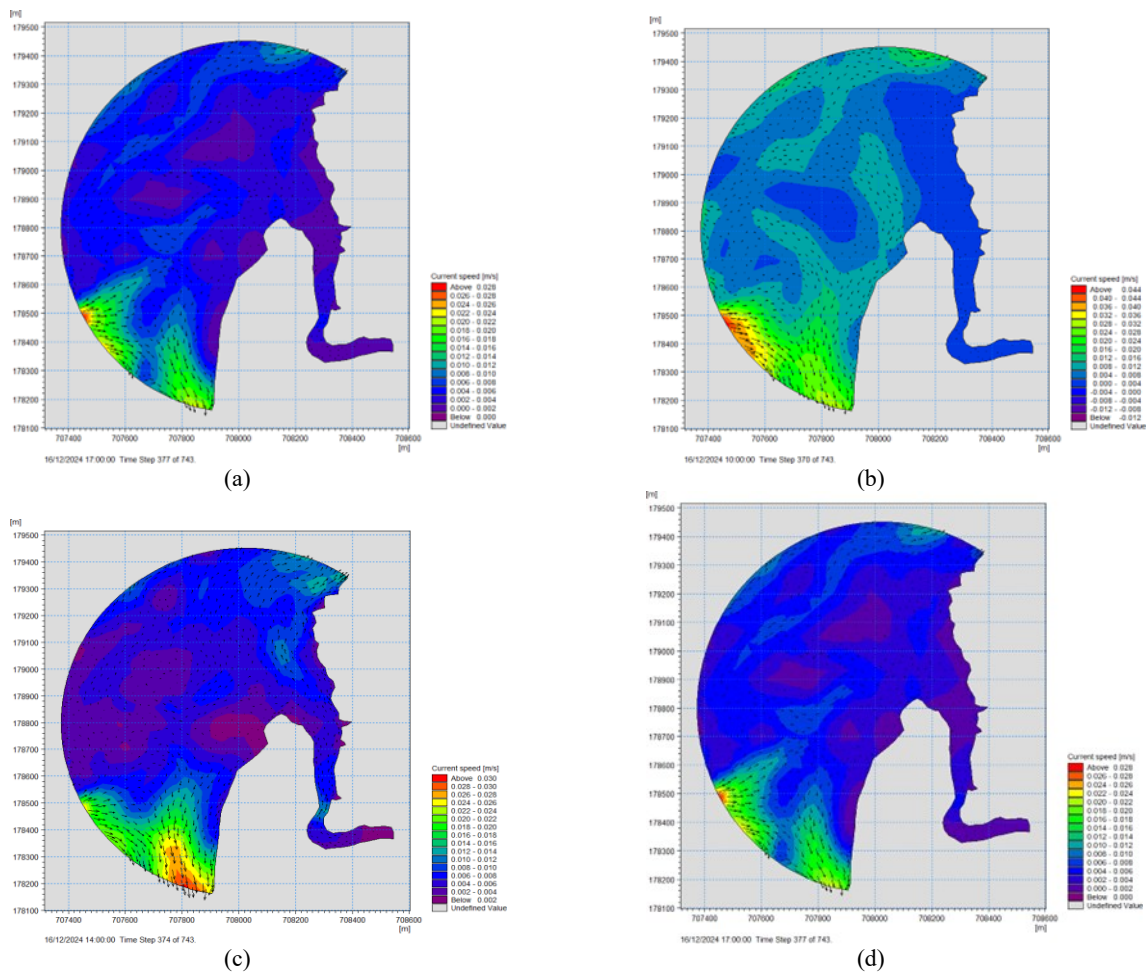


Gambar 11. Surut Terendah

3.4.2 Kecepatan Arus Pasang Surut

Berdasarkan hasil simulasi arus pasang surut menggunakan perangkat lunak Mike 21, transisi dari kondisi surut ke pasang terjadi rentang waktu pukul 07.00 hingga 09.00, dengan kecepatan arus berkisar antara 0.006 hingga 0,005 m/s.

Saat permukaan air bergerak dari kondisi pasang menuju surut, kecepatan arus cenderung meningkat dengan rata-rata antara 0.0029 hingga 0.0034 m/s. Arah arus umumnya mengalir dari Barat Laut ke Barat Daya, yang terjadi pada waktu pukul 14:00 hingga 16:00. Pada saat surut terenda, arus mengalir dari Barat Laut ke Barat Daya dengan kecepatan yang serupa, yaitu sekitar 0.0029 hingga 0.0044 m/s, yang terjadi pada tanggal 16 pukul 17:00. Sedangkan kondisi pasang tertinggi tercatat pada tanggal 16 desember sekitar pukul 10:00.



Gambar 12. Surut Terendah (a) Pola Surut menuju Pasang; (b) Pola Pasang Tertinggi; (c) Pola Pasang menuju Surut; (d) Pola Surut Terendah

3.4.3 Arah Angin

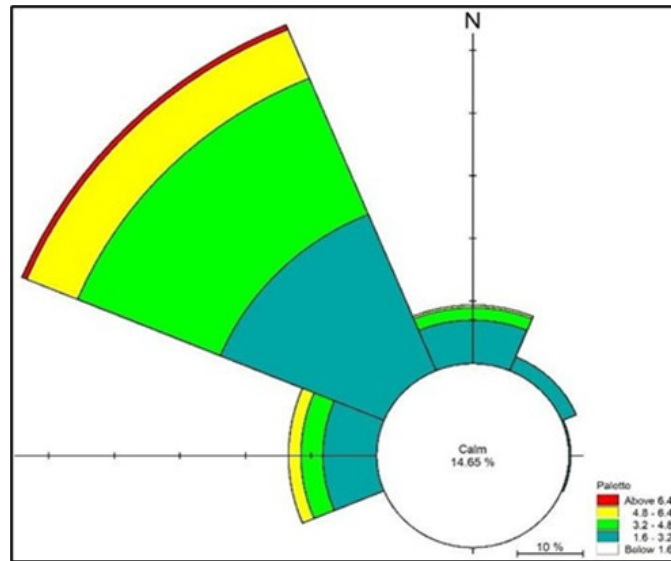
Analisis klimatologi dan simulasi numerik yang ditunjukkan pada gambar di atas mengindikasikan bahwa angin utama di wilayah Pantai Talawaan-Bajo bertiup dari Barat Laut ke tenggara. Selain itu, terdapat juga angin yang bergerak dari barat ke timur, serta dari utara ke selatan dan ada juga sedikit dari timur laut ke barat daya. Arah angin ini berpengaruh pada pola arus permukaan, terutama ketika kecepatan angin tinggi. Dalam kondisi tersebut, arus cenderung bergerak searah dengan angin atau mengalami deviasi akibat rotasi bumi (Efek Coriolis), meskipun tetap dipengaruhi oleh mekanisme pasang surut.

Simulasi menggunakan MIKE 21 menunjukkan bahwa ketika angin barat laut mendominasi, arus pasang surut tidak sepenuhnya mengikuti pola bolak-balik yang biasa terjadi. Sebaliknya, arus cenderung lebih sering bergerak ke tenggara, yang menunjukkan adanya kombinasi antara arus pasang surut dan arus yang disebabkan oleh angin, sehingga membentuk pola aliran yang lebih kompleks di lapisan permukaan laut.

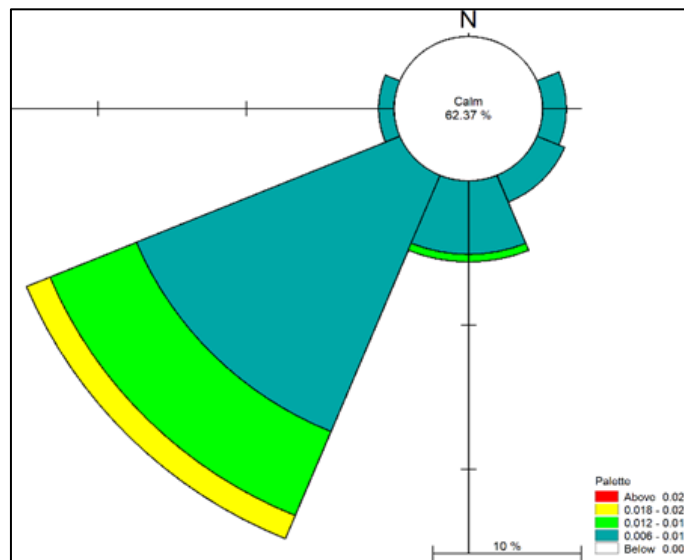
3.4.4 Arah Arus Pasang Surut

Ketika mendekati pasang dan saat pasang, arus pasang surut umumnya mengalir ke arah selatan. Namun, saat air mulai surut hingga mencapai kondisi surut, arah arus pasang surut menjadi lebih bervariasi. Meskipun demikian, berdasarkan arah vektornya, aliran cenderung bergerak ke timur laut.

Yanagi (1999) menyatakan bahwa salah satu pola pergerakan arus pasang surut adalah gerakan rotasional, yang di perairan laut lepas membentuk lintasan berbentuk elips. Di Belahan Bumi Utara, arah rotasi ini searah jarum jam, sementara di Belahan Bumi Selatan, rotasinya berlawanan arah jarum jam.



Gambar 13. Angin Dominan di Pantai Talawaan Bajo



Gambar 14. Arah Arus Dominan di Pantai Talawaan Bajo

Berdasarkan analisis pola arah arus pada diagram *current rose* di atas, kecepatan dominan berada pada rentang 0.006 hingga 0.012 meter per detik. Namun, jika dikaitkan dengan karakteristik pasang surut, idealnya arus pasut memperlihatkan arah yang berubah secara periodik dan berlawanan, mengikuti siklus pasang naik dan pasang surut yang terjadi secara bergantian.

3.4.5 Elevasi Muka Air Laut

Pada gambar 4.13, 4.14, 4.15, 4.16 di atas menunjukkan elevasi permukaan laut pada empat fase yang berbeda, yaitu saat menuju pasang pada 16 Desember pukul 07.00 WITA, saat pasang pada pukul 10.00 WITA, saat transisi menuju surut pada pukul 14.00 WITA, dan saat surut pada pukul 17.00 WITA. Ketinggian maksimum permukaan laut tercatat pada saat pasang dengan nilai sebesar 0.999 meter, sedangkan ketinggian minimum terjadi pada saat surut dengan nilai sebesar -0.923 meter.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

1. Perangkat lunak Mike 21 terbukti efektif dalam memodelkan arus pasang surut secara dua dimensi, serta mampu menghasilkan visualisasi dan informasi spasial yang berguna untuk analisis oseanografi, pengelolaan wilayah pesisir, dan perencanaan kelautan yang berkelanjutan. Model ini menunjukkan pola arus yang mencerminkan pergerakan bolak-balik sesuai dengan fase pasang surut, dengan kecepatan rata-rata arus mencapai 0,005 m/s. Kecepatan maksimum yang tercatat adalah 0,022 m/s, sedangkan kecepatan minimum berada pada nilai 0,000382 m/s.
2. Berdasarkan data yang diperoleh dari NASA, pola pasang surut di wilayah pantai Talawaan Bajot termasuk dalam kategori pasang surut campuran dengan kecenderungan semi harian (Mixed Tide Prevailing Semi-Diurnal). Ini berarti bahwa dalam satu hari biasanya terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, meskipun tinggi dan waktu pasang surut tersebut tidak selalu konsisten. Jenis pasang surut ini merupakan hasil kombinasi antara komponen harian dan setengah harian, dengan dominasi komponen setengah harian yang menyebabkan fluktuasi permukaan air laut berlangsung secara tidak teratur, namun tetap mengikuti pola tertentu yang berulang.

4.2 Saran

Hasil simulasi ini dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan wilayah pesisir, termasuk mitigasi banjir akibat pasang yang sangat tinggi, pembangunan infrastruktur pantai, serta pengelolaan tambak atau pelabuhan. Penggunaan model ini sangat penting untuk mendukung kebijakan yang berbasis data di sektor kelautan.

Referensi

- Monica, L., Hendratta, L., & Supit, C. (2020). Analisis Pengaruh Backwater Di Muara Sungai Talawaan-Bajo Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10(2), 125-126.
- Rienetza, A., Zahrina, N., Yanfeto, B., & Agasi, R. N. (2022). Pemodelan Arus Pasang Surut Dan Gelombang 2D Menggunakan Metode Numwrik Dengan Flow Model Dan Spectral WaveSoftware Mike 21 Di Perairan Tanjung Mulang Hingga Teluk Meru Pada Bulan Januari 2022. *Jurnal Hidrografi* 5(2), 57-58.
- Agusdiansyah, D., Paotanan, C., & Rahman, S. (2024). Pemodelan Arus Sungai Tallo Makasar Menggunakan Software Pemodelan Numerik. Departemen Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin.
- Sahputra, R. A. (2018). Pemodelan Sedimentasi Pasca Reklamasi Dan Masterplan Di Teluk Jakarta Menggunakan Perangkat Lunak Mike 21. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Tantular, R. M. S. (2024). Studi Arus Pasang Surut Terhadap Distribusi Sedimen Di Perairan Muara Sungai Tallo Kota Makasar. Universitas Hasanuddin Makasar.
- Sagala, H. A. M. U., Pasaribu, R. P & Ulya, F. K (2021). Pemodelan Pasang Surut Dengan Menggunakan Metode Flexible Mesh Untuk Mengetahui Genangan ROB Di Pesisir Karawang. *Jurnal IPTEK*, 2(3), 142-143.
- Sachoemar, S. (2008). Pengaruh Spring dan Neap Tide terhadap Kecepatan Arus Pasang Surut. *Jurnal Oseanografi*, 7(1), 17-28.
- Fahmi, M., Hafli, T. M. (2019). Simulasi Numerik Perubahan Morfologi Pantai Akibat Konstruksi Jetty Pada Muara Lambada Lhok Aceh Besar Menggunakan Software Delft3D. *JURNAL TEKNIK SIPIL* 8(2) 50-51.
- Salim, M., Risandi, J., Dwi, A R. T., & Dharma, C. S. Pengoprasian Perangkat Lunak Mike 21 Untuk Pemodelan Arus (Studi Kasus Perairan Teluk Ambon). 116-118.
- Lumbanraja, B. J., Danial, M., Lestari, A. D., Meirany, J., & Supriyadi, A. (2023). Pemodelan Pola Arus Akibat Pergerakan Pasang Surut Di Muara Sungai Kapuas Mnggunakan Software Mike 21. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 6(1) 738-739.
- Pasomba', T., Jasin, M. I & Jansen, T. (2019). Analisis Pasang Surut pada Daerah Pantai Tobolobo Kelurahan Tobolobo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 7(11), 1517-1518
- Dinaryoko, A., Zakaria, A., & Tugiono, S. (2021). Analisis Perbandingan Data Pasang Surut Terukur dengan Data Pasang Surut Hasil Peramalan (Studi Kasus Stasiun Pasut Tanjung Priok). *JRSDD*, 9(1), 134.
- Yanagi, T. (1999). The rotational movement of tidal currents in open sea areas. *Journal of Oceanography*, 55(3), 245-254.