

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai Maro, sebagai salah satu sungai terbesar di Kabupaten Merauke, sering dijadikan tempat penangkapan ikan oleh penduduk setempat. Sungai ini memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan biota air dan memenuhi kebutuhan manusia (Samuel dan Adji, 2007). Selain itu, sungai berfungsi sebagai lokasi vital untuk menangkap ikan guna konsumsi dan koleksi, menyediakan benih dan induk untuk kegiatan akuakultur, serta sebagai area pengembangan usaha budidaya yang berkelanjutan.

Sungai Maro di Kabupaten Merauke mengalir dengan tenang dari arah timur laut menuju barat daya sebelum membuahkan diri ke dalam Laut Arafura. Sungainya membentang sepanjang 207 km dan memiliki lebar yang beragam, berkisar antara 48 hingga 900 m. Sebagian besar aliran sungai ini memiliki arus yang kuat, sementara di bagian bawahnya airnya menjadi asin karena terpengaruh oleh air laut. Salinitas yang terjadi selama musim kemarau bisa mencapai jarak hingga 70 km dari tepi pantai menuju ke hulu sungai. Fluktuasi pasang surut di perairan Merauke dapat mencapai ketinggian antara 5 hingga 6 meter.

Lokasi di sekitar muara sungai memiliki nilai ekonomi yang penting karena menjadi titik vital yang menghubungkan laut dengan sungai yang mengalir dari darat ke laut ataupun sebaliknya. Pada saat air bergerak bolak-balik, banyak air kembali ke laut, yang membuat aliran air semakin dalam dan arus semakin kencang, bisa mengikis lantai muara dan memelihara kedalaman air. Kondisi ini memungkinkan estuari bisa dimanfaatkan sebagai jalur pelayaran.

Muara merupakan area di pinggir pantai di mana sungai-sungai bertemu dan mengalir bebas ke laut. Muara menjadikan wilayah peralihan antara ekosistem sungai dan lautan, dipengaruhi oleh naik-turun air, gelombang, serta aliran dan pengendapan material dari sungai. Oleh karena itu, muara dipengaruhi oleh kualitas air laut dan air tawar, sehingga gabungan pengaruh keduanya membentuk ciri khas yang unik di muara itu.

Di muara sungai, air sungai dan air laut saling bercampur sebagai hasil dari pasang surut dan gelombang yang terjadi (Nelson et al. dalam Purba, 2006). Maka, pasokan air di muara sungai bergantung pada peristiwa pasang surut. Arus pasang merayap, menggerakkan partikel sedimen di daerah muara sungai, sehingga berimbas pada konsentrasi material padat yang terlarut di wilayah tersebut.

Sedimentasi seringkali menjadi isu yang muncul secara rutin di daerah pesisir. Sedimentasi seringkali menjadi pemicu masalah lain, seperti terjadinya banjir dan terganggunya aliran air. Kesulitan terkait sedimentasi sering terjadi di daerah pesisir yang banyak dihuni oleh berbagai aktivitas industri dan lainnya. Oleh karena itu, kemungkinan besar terjadi endapan yang dapat menyebabkan pendangkalan. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nugroho pada tahun 2013.

Salah satu cara untuk mengatasi pendangkalan adalah dengan melakukan pengerukan sedimen yang mengendap di area tersebut. Untuk memastikan kelancaran pengerukan dan evaluasi dampak sedimen, diperlukan pemahaman yang mendalam tentang hidrodinamika laut dan transportasi sedimen di wilayah perairan tersebut. Salah satu metode yang lebih efisien dan hemat biaya adalah menggunakan simulasi model numerik. Menurut Supiyati (2013), penelitian tentang angkutan sedimen sulit dilakukan secara langsung karena proses yang kompleks, serta membutuhkan waktu dan biaya yang besar. Kecepatan dan arah arus dapat memberikan gambaran mengenai besarnya energi yang dibutuhkan untuk memindahkan sedimen dari satu tempat ke tempat lain di perairan. Pergerakan endapan ini dapat menimbulkan erosi atau sedimentasi (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005). Karena hal tersebut, dalam penelitian yang terkait dengan penyusunan tesis ini, kami memilih untuk meneliti dengan judul "**Analisis Pola Arus Di Muara Sungai Maro Kabupaten. Merauke**"

1.1.1 Rumusan Masalah

Dari informasi yang telah disampaikan sebelumnya, dapat kita jabarkan bahwa permasalahan utama yang akan diteliti dalam studi ini adalah seperti yang berikut:

1. Bagaimana pasang surut yang terjadi di muara Sungai Maro?
2. Bagaimana pola arus akibat pasang surut dan debit sungai yang terjadi di muara Sungai Maro?

1.1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis pasang surut yang terjadi pada muara Sungai Maro.
2. Untuk menganalisis pola arus akibat pasang surut dan debit sungai di muara Sungai Maro.

1.1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diinginkan dapat memberikan pemahaman tentang pengaruh pasang surut dan debit sungai terhadap pola arus di muara Sungai Maro, serta bagaimana model hidrodinamika muara Sungai akan bekerja baik saat pasang ataupun surut air laut. Harapannya penelitian ini bisa berguna untuk mempertimbangkan tindakan yang akan diambil dalam pengaturan wilayah perairan di area di sekitar muara Sungai Maro.

1.1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di muara Sungai Maro, Kabupaten Merauke.
2. Tidak mengkaji pengaruh gelombang.
3. Pembuatan model hidrodinamika dengan menggunakan software Mike 21.
4. Penentuan pola arus didasarkan pada data batimetri, data pasang surut, serta data lainnya yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan.

5. Pemodelan Simulasi dari pola arus yang dilakukan menggunakan perangkat lunak MIKE Zero (Modul hidrodinamika) dengan mempertimbangkan syarat batas.

1.2. Teori

1.2.1 Sungai

Sungai adalah aliran air alami yang terbentuk melalui siklus hidrologi. Airnya mengalir dari daerah tinggi ke tempat yang lebih rendah seperti laut, danau, atau sungai lainnya. Sejak dahulu, sungai memiliki peran penting dalam peradaban manusia. Dengan daya tarik air yang melimpah, tanah yang subur, dan potensi lainnya, sungai telah menarik manusia untuk menetap di sekitar alirannya.

Di sungai, terdapat dua jenis penampang yang dapat dikenali, yaitu penampang melintang dan penampang memanjang.

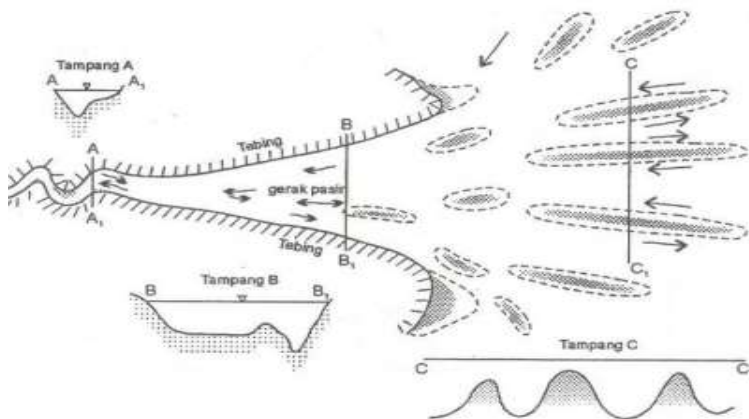
1. Aliran sungai yang dangkal memiliki dasar yang tertutup endapan ketika air surut, dikelilingi oleh tanggul alami di kedua sisinya
2. Daerah banjir atau *flood plain* adalah wilayah yang menampung luapan air ketika sungai meluap. Arus dan gelombang laut sangat lemah

Tiap sungai cenderung memiliki bentuk penampang melintang yang unik, dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti formasi geologi di sepanjang aliran sungai dan iklim lokalnya. Di dalam sungai pun, mungkin terjadi perbedaan di antara bagian-bagian yang ada. Variasi yang terjadi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perubahan waktu yang mengakibatkan sungai menjadi lebih landai akibat proses erosi dan sedimentasi yang berlangsung seiring waktu, serta letak topografis sungai dan wilayah aliran sungainya. Selain itu, perbedaan ini juga bisa dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti perubahan iklim dan kondisi geologis lembah yang dilalui oleh sungai tersebut. Ketika melihat secara menyeluruh, sebuah sungai bisa terbagi menjadi beberapa bagian dengan karakteristik yang berbeda.

1. Hulu Sungai
2. Bagian Tengah Sungai
3. Hilir Sungai

Muara sungai adalah area di mana sungai bertemu dengan laut. Masalah di sekitar muara dapat diamati di wilayah mulut sungai dan estuari. Hulu muara adalah tempat percampuran air tawar dari sungai dengan air asin dari laut. Estuari adalah area pertemuan air sungai dan air laut yang dipengaruhi oleh pasang surut menurut Triatmodjo (2012). Muara berfungsi sebagai saluran untuk melepaskan volume air sungai, terutama saat banjir, ke laut. Salah satu manfaat muara adalah memungkinkan aliran air pasang yang memiliki debit lebih besar dari sungai untuk mengalir. Debit air di mulut sungai biasanya lebih besar daripada aliran di bagian atas sungai.

Muara sungai dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan faktor-faktor utama yang memengaruhinya, seperti gelombang, pasang surut, dan debit sungai (Yuwono, 1994). Fluktuasi yang signifikan dalam naik turunnya air menyebabkan jumlah air pasang yang memasuki sungai menjadi sangat tinggi, bercampur dengan air sungai yang mengalir dari hulu. Saat air surut, volume air yang keluar selama periode tertentu tergantung pada jenis pasang surut yang terjadi. Kecepatan arus saat surut memiliki potensi besar dalam membentuk muara sungai. Jenis muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pola Pengendapan Sedimen di Muara Sungai Pengaruh Pasang Surut Air Laut

1.2.2 Arus

Arus air yang dihitung berdasarkan kecepatan alirannya, atau sering disebut sebagai kecepatan arus, umumnya diukur dalam meter per detik. Secara umum, arus ini cenderung mengalir ke arah laut, terutama selama air surut, tetapi memiliki kemungkinan untuk mengalir ke arah sebaliknya selama air pasang, yang sering disebut sebagai back water. Di daerah muara, arah aliran dapat menunjukkan perbedaan antara bagian atas dan bawah muara, serta arah yang berlawanan di satu sisi tepi sungai dibandingkan dengan sisi sungai yang berlawanan. Perbedaan arah yang kompleks terjadi baik pada dimensi vertikal maupun lateral dari aliran air, seperti yang dikemukakan oleh Ongkosongo (2010).

Keterbatasan dan kedangkalan umumnya di wilayah estuari menyebabkan gelombang laut jarang memasuki estuari dengan cepat. Dampak dari proses ini menciptakan kondisi perairan yang cenderung tenang di daerah estuari. Pergerakan arus di estuari secara utama dipengaruhi oleh pasang surut dan aliran sungai. Di bagian hulu, aliran air tawar terus mengalir menuju estuari. Sebagian dari air tawar ini bergerak ke hilir estuari, bercampur dengan air laut dalam jumlah yang bervariasi. Sebagian besar dari air ini akhirnya mengalir keluar dari estuari atau menguap untuk

menyeimbangkan masukan air berikutnya di bagian hulu, sesuai dengan penjelasan Nybakken (1988).

1.2.3 Arus Pasang Surut

Arus pasang surut merupakan perpindahan horizontal massa air laut yang terkait dengan fluktuasi permukaan air laut yang naik dan turun karena gaya tarikan benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari. Arah arus pasang surut berubah secara berkala sebagai hasil dari fenomena pasang surut air laut. Misalnya, selama pasang di suatu teluk, arus laut akan mengalir masuk ke dalam teluk, dan sebaliknya, arus akan bergerak keluar dari teluk selama surut. Jika suatu wilayah mengalami pasang surut harian tunggal, maka arah arus pasang surut akan berubah sekali dalam sehari. alam daerah yang mengalami pasang surut harian ganda, arah arus pasang surut akan mengalami dua perubahan dalam sehari. Sebaliknya, pada pasang surut campuran, arah arus pasang surut dapat mengalami perubahan sekali hingga dua kali sehari. Kecepatan arus pasang surut yang terjadi sangat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya pasang surut.

Pada saat elevasi pasang surut mencapai titik tertinggi (maksimum) atau terendah (minimum), kecepatan arus akan mencapai nol. Kecepatan arus maksimum terjadi ketika elevasi mencapai nol. Perubahan arah arus pasang surut terjadi setelah elevasi pasang surut mencapai nilai minimum atau maksimum. Karena sifat periodik dari arus pasang surut, peristiwa ini dapat diprediksi secara berulang.

1.2.4 Pasang Surut

Periode pasang surut adalah saat gelombang mencapai titik tertinggi atau terendahnya dan berlanjut hingga mencapai titik tertinggi atau terendah berikutnya. Lama periode ini berada di antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit. Purnama terjadi ketika bumi, bulan, dan matahari berada dalam satu garis lurus, menyebabkan pasang laut yang tinggi dan surut yang rendah. Purnama terjadi pada saat bulan baru, sementara pasang perbani terjadi ketika bumi, bulan, dan matahari berada dalam posisi sudut tepat. Pada saat ini, terjadi pasang tinggi yang diikuti oleh pasang rendah dan sebaliknya. Peningkatan dan penurunan air laut terjadi saat bulan berada pada fase $\frac{1}{4}$ dan $\frac{3}{4}$. Pola pasang surut dipengaruhi oleh frekuensi naik turunnya air setiap hari. Jika di suatu wilayah terjadi satu kali gelombang pasang dan satu kali surut setiap harinya, maka fenomena tersebut dikenal dengan istilah pasang surut harian tunggal. Namun, ketika dua kali pasang dan dua kali surut terjadi dalam sehari, maka fenomena tersebut dikenal dengan istilah pasang surut harian ganda.

Jenis pasang surut lain yang terletak di antara tipe tunggal dan ganda dikenal sebagai tipe campuran. Tipe ini terbagi menjadi dua kategori: tipe campuran yang cenderung mirip dengan tipe ganda dan tipe campuran yang lebih condong ke arah tipe tunggal. Selain dari menganalisis data pasang surut yang direpresentasikan dalam bentuk grafik, kita juga dapat menentukan tipe pasang surut berdasarkan nilai formzahl (F). Dikarenakan adanya sifat pasang surut yang terjadi secara berulang,

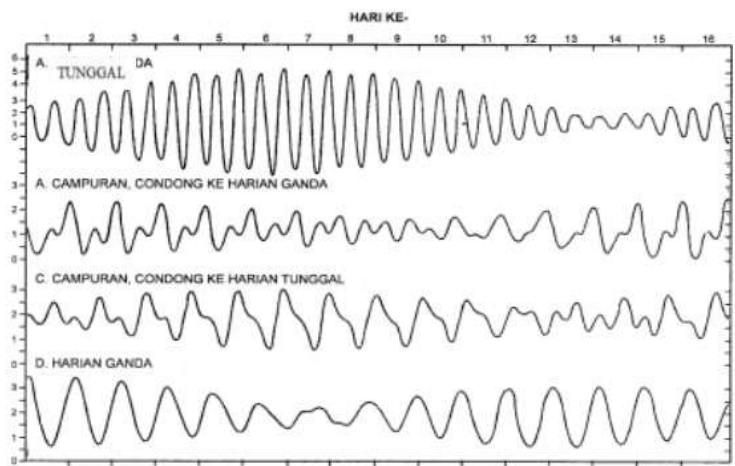
hal tersebut bisa diprediksi. Agar dapat meramalkan pasang surut dengan tepat, data tentang amplitudo dan perbedaan fase dari setiap komponen pembangkit pasang surut sangat diperlukan. Komponen penting dari pasang surut terbagi menjadi komponen tengah harian dan harian. Setiap 24 jam 51 menit, bulan melakukan putaran di sekitar bumi. Akibatnya, setiap pasang surut mengalami keterlambatan 51 menit setiap hari.

Perubahan muka air laut seiring waktu disebabkan oleh tarikan benda-benda langit, terutama matahari dan bulan, terhadap massa air laut di Bumi (Triatmodjo, 2009). Meskipun massa bulan lebih kecil dari massa matahari, kedekatan bulan dengan Bumi menyebabkan tarikan gravitasinya lebih kuat dibandingkan tarikan matahari. Oleh karena itu, permukaan air laut selalu dinamis dan terus bergerak (Marchuk dan Kagan, 1983).

Menurut Triatmodjo (2009), fluktuasi permukaan air laut menyebabkan arus yang disebut arus pasang surut, yang memindahkan volume air dalam skala besar. Arus ini dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu arus pasang dan arus non-pasang. Perubahan reguler posisi air laut akibat pengaruh pasang surut adalah gerakan horisontal yang berulang-ulang seiring naik turunnya permukaan air laut. Gerakan lembut air di sepanjang pantai yang mengikuti kenaikan dan penurunan permukaan laut ini dipengaruhi oleh gaya pasang surut yang muncul (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Fluktuasi permukaan air laut bervariasi di berbagai wilayah. Di suatu tempat, dalam satu hari dapat terjadi satu atau dua siklus pasang surut. Secara umum, pola pasang surut di banyak wilayah dapat diklasifikasikan menjadi empat varian berbeda: pasang surut harian tunggal, harian ganda, dan dua jenis campuran (Triatmodjo, 2009). Di sini dijelaskan tentang empat jenis pasang surut dan bentuk kurvanya seperti yang terlihat pada Gambar 2.

- a. Pergerakan gelombang air di pantai mengikuti pola yang teratur. Setiap hari, air mengalami satu siklus pasang dan satu siklus surut.
- b. Sistem pasang surut harian ganda mengakibatkan dua kali air pasang dan dua kali air surut dalam satu hari. Keempatnya memiliki tinggi yang hampir sama dan terjadi secara berurutan dengan pola yang teratur.
- c. Perubahan air laut bergantian antara pasang dan surut dalam pola semidiurnal. Hal ini berarti terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam kurun waktu satu hari, namun tinggi dan durasinya bervariasi.
- d. Perubahan pasang surut dengan kecenderungan campuran menuju arus harian tunggal. Pada tipe ini, terdapat satu siklus air pasang dan air surut dalam sehari. Namun, kadang-kadang terjadi dua siklus pasang dan surut dengan tinggi dan periode yang berbeda untuk sementara waktu (Triatmodjo 1999).



Gambar 2 Tipe Pasang Surut (Triatmodjo 2009)

1.2.5 Gaya Pembangkit Pasang Surut

Gaya yang menyebabkan pasang surut terjadi dikarenakan interaksi yang halus antara gaya gravitasi antara matahari, bumi, dan bulan. Pada tahun 1989, Ongkosongo menjelaskan bahwa gaya tarik menarik antara bumi dan bulan membentuk satu sistem kesatuan yang mengelilingi sumbu perputaran bersama, yang disebut dengan common axis revolution. Pengaruh pembentukan pasang surut air laut sangat disebabkan oleh gerakan utama matahari dan bulan.

1. Bulan melakukan revolusi mengelilingi Bumi dengan orbitnya yang berbentuk elips, dan memerlukan waktu sekitar 29,5 hari untuk menyelesaikan satu putarannya.
2. Revolusi bumi mengelilingi matahari dengan lintasan yang berbentuk elips, butuh waktu sekitar 365,25 hari untuk menyelesaikannya.
3. Bumi berputar pada sumbunya sendiri dalam waktu 24 jam.

1.2.6 Arus Pasang Surut

Pergerakan air laut secara horizontal yang terjadi akibat fluktuasi permukaan air laut yang meningkat dan menurun disebabkan oleh gaya tarik menarik benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari, dikenal sebagai arus pasang surut. Perubahan arah arus pasang surut terjadi secara teratur akibat fenomena pasang surut air laut. Contohnya, saat air laut sedang pasang di sebuah teluk, aliran air akan mengalir ke dalam teluk, namun saat air surut, aliran akan bergerak keluar dari teluk. Jika suatu wilayah mengalami pasang surut harian tunggal, maka arah arus pasang surut akan berubah sekali dalam sehari. Dalam wilayah tersebut, alamnya berubah secara berkala karena terjadi pasang surut dua kali dalam sehari. Di sisi lain, dalam pasang surut campuran, arah arus pasang surut bisa berubah satu hingga dua kali sehari. Kecepatan arus pasang surut sangat bergantung pada tinggi rendahnya pasang surut.

Saat elevasi pasang surut mencapai level tertinggi (maksimum) atau terendah (minimum), arus akan berhenti bergerak sama sekali. Saat elevasi mencapai nol, kecepatan arus mencapai titik maksimumnya. Perubahan arah arus pasang surut terjadi setelah elevasi pasang surut mencapai nilai minimum atau maksimum. Dikarenakan siklus reguler dari gelombang pasang surut, peristiwa ini bisa diperkirakan secara teratur.

1.2.7 Gerakan Arus Pasang Surut

Terdapat tiga jenis gerakan dalam arus pasang surut, yaitu gerak rotasi, gerak bolak-balik (perubahan arah), dan tipe hidrolik. Di lautan lepas, terdapat arus pasang surut yang bergerak dalam pola elips, mengikuti arah rotasi searah jarum jam di belahan bumi utara, dan berlawanan arah jarum jam di belahan bumi selatan. Arus pasang surut bergerak terus-menerus dengan arah yang berubah-ubah, mengikuti putaran jarum jam atau berlawanan selama satu periode pasang surut.

Di perairan sungai, muara sungai, dan teluk, terdapat gerakan arus pasang surut yang berulang-ulang, yang tercermin dalam pola bolak-baliknya arus pasang surut.

a. Saat Pasang

Perbedaan tinggi permukaan air antara laut dan estuari menyebabkan arus pasang surut mengalir masuk ke dalam estuari. Keadaan ini dikenal dengan istilah banjir pasang.

b. Saat Surut

Permukaan air di laut berada pada ketinggian lebih rendah daripada di estuari (teluk), sehingga arus pasang surut mengalir dari estuari (teluk) menuju laut, keadaan ini dikenal dengan istilah ebb.

Ketika akan terjadi perubahan arah arus, akan ada suatu periode singkat dimana kecepatan arusnya rendah atau bahkan tidak ada sama sekali, keadaan ini dikenal sebagai slack water. Saat air pasang, kecepatan arus maksimumnya dikenal sebagai kekuatan banjir (flood strength), sementara saat surut, kecepatan maksimumnya disebut kekuatan surut (ebb strength). Kekuatan banjir dan kekuatan surut ini terjadi di antara dua air tenang.

1.2.8 MIKE 21 DHI

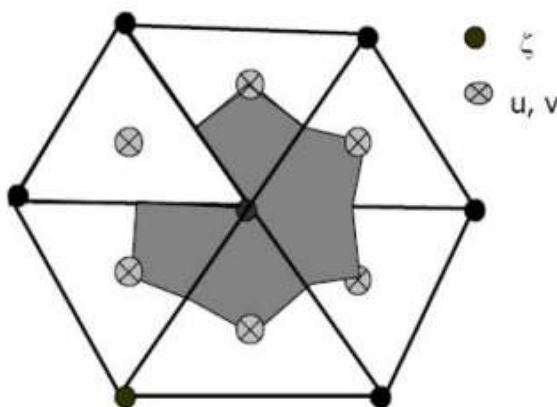
Dalam penyusunan tesis ini, penulis menggunakan perangkat lunak MIKE DHI sebagai alat bantu. Software MIKE DHI dapat menampilkan informasi mengenai jumlah sedimen yang terangkut dan perubahan ketinggian dasar sungai dalam periode waktu tertentu. MIKE DHI adalah salah satu perangkat lunak pemodelan hidrodinamika yang sangat stabil dan komprehensif.

Perangkat lunak ini dikembangkan oleh DHI (*Danish Hydrodynamic Institute*). Beberapa modul yang tersedia dalam DHI Mike mencakup modul *Spectral Wave* (SW) untuk memodelkan angin dan gelombang, modul *Hydrodynamic* (HD) untuk

memodelkan aliran, dan modul *Sand Transport* (ST) untuk memodelkan pergerakan sedimen serta perubahan elevasi data.

1. Modul Hidrodinamika MIKE 21 DHI Enviroment (HD)

Modul Hidrodinamika MIKE 21 Flow Model FM dapat digunakan untuk menghasilkan simulasi yang akurat mengenai pola pasang surut dan aliran air. Modul ini disusun menggunakan solusi numerik untuk mengatasi persamaan matematika pada perairan dangkal dalam dua dimensi, yang mencakup persamaan *Navier-Stokes* dengan kedalaman yang terintegrasi. Model ini dibentuk oleh penggabungan persamaan kontinuitas dan momentum. Pemisahan spasial dalam model domain dilakukan menggunakan metode volume hingga, di mana area penghitungan horizontal dibagi menjadi segmen-segmen yang tidak bersinggungan. Dalam situasi dua dimensi, elemen-elemen memiliki bentuk poligon yang bervariasi, tetapi pada kesempatan ini kita hanya menggunakan elemen segitiga dan quadrilateral. Sebuah segitiga terbentuk ketika tiga titik, pusat berat, dan tiga rusuk saling terhubung. Kedalaman perairan di grid terletak di pusat massa, sama halnya dengan komponen kecepatan u dan v . Penggunaan skema eksplisit bertujuan untuk menggabungkan waktu, dengan fleksibilitas dalam kecepatan perhitungan yang dapat disesuaikan sesuai keperluan. Penghitungan gesekan biasanya dilakukan dengan menggunakan rumus *Manning* atau *Chezy*, sementara koefisien viskositas eddy digunakan khususnya untuk mengidentifikasi sifat turbulensi.



Gambar 3 Grid segitiga yang tidak terstruktur

Perusahaan perangkat lunak DHI bertanggung jawab atas pengembangan paket modul MIKE 21. MIKE dari DHI merupakan model simulasi air yang memperhitungkan perjalanan air mulai dari dataran tinggi hingga ke laut, mencakup juga dari air minum hingga limbah. DHI terbentuk pada bulan Oktober 2005 melalui penggabungan antara DHI *Water and Environment* dan *Danish Toxicology Centre* (DTC). Sejak tahun 2001, DHI *Water and Environment* telah dibentuk melalui

penggabungan antara *Danish Hydraulic Institute* (DHI) dan *Institute for the Water Environment* (VKI). Modul ini sering dipergunakan dalam konteks transportasi air serta peristiwa yang penting, dengan porsi utama penekanannya terletak pada penggunaannya di daerah pesisir dan kelautan.

Modul hidrodinamik dalam MIKE 21 HD adalah sistem model numerik yang sering digunakan untuk mensimulasikan muka air dan aliran di estuari, teluk, dan pantai. Model ini mampu memvisualisasikan gerakan dua dimensi yang tidak stabil di dalam fluida dengan satu lapisan (homogen di vertikal) atau dalam aliran tiga dimensi. Salah satu modul dasar dalam program MIKE 21 yang digunakan untuk menghasilkan model aliran adalah Modul Hidrodinamika MIKE 21 (MIKE 21 HD). Persamaan konversi massa dan momentum dapat dirumuskan dalam sebuah rumusan sesuai dengan sumber yang disebutkan (DHI Software, 2007). Dalam konteks aliran perairan dangkal berdimensi dua, persamaan yang diperoleh akan diselesaikan dalam sistem koordinat kartesian.

Formulasi untuk persamaan kontinuitas:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Persamaan momentum dalam dua dimensi untuk komponen y dan komponen x :

Pada arah x,

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial y} = -gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_o} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial y} \quad (2)$$

Pada arah y,

$$\frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial hvu}{\partial x} + \frac{\partial hv^2}{\partial y} = -gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_o} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial y} \quad (3)$$

2. Modul Spectial Wave MIKE 21 DHI Enviroment (SW)

Modul terbaru untuk gelombang dan angin berbasis jaring tak terstruktur. MIKE 21 SW mensimulasikan perkembangan gelombang dari berbagai sumber seperti angin dan gelombang swell di wilayah lepas pantai dan pesisir. MIKE 21 SW tersedia dalam dua formulasi yang berbeda

- a. *Directional decoupled parametric formulation*
- b. *Fully spectral formulation Directional decoupled parametric formulation*

Berdasarkan parameterisasi persamaan yang mempertahankan aksi gelombang, parameterisasi ini dilakukan pada frekuensi dominan dengan

menggunakan momen nol dan momen satu sebagai variabel yang bergantung pada variabel lainnya (Holthuijsen, 1989). Formulasi spektral penuh didasarkan pada persamaan konservasi aksi gelombang seperti yang diuraikan dalam penelitian Komen et al. (1994) dan Young (1999), di mana frekuensi dalam setiap arah spektrum aksi gelombang merupakan variabel yang bergantung pada variabel lain.

Pendekatan diskrit digunakan untuk menyusun persamaan dalam konteks geografis dan spektral dengan metode volume hingga berbasis sel. Dalam domain geografis, digunakan mesh yang tidak terstruktur. Integrasi waktu dilakukan menggunakan pendekatan langkah fraksional dengan metode multi-sequence untuk menghitung penyebaran gelombang. MIKE 21 SW sangat bermanfaat dalam merancang lokasi lepas pantai, pesisir, dan dermaga karena kemampuannya memberikan perkiraan beban gelombang yang akurat, yang merupakan faktor kunci untuk menjaga keamanan dan merancang struktur secara efisien. Model ini juga bisa dimanfaatkan untuk menghitung transportasi sedimen, yang pada umumnya dipengaruhi oleh kondisi gelombang dan arus. Gelombang di surf zone yang dipengaruhi arus terjadi karena adanya perbedaan radiation stress.

Modul MIKE 21 SW memiliki kemampuan yang sangat efektif dalam mensimulasikan pembangkitan, penyebaran, dan kerugian energi gelombang akibat perubahan kedalaman. MIKE 21 SW bekerja dengan dua jenis persamaan yang berbeda, yakni formulasi parametrik terlepas arah (directional decoupled parametric) dan formulasi spektral penuh (fully spectral). Kedua persamaan ini bersandar pada prinsip persamaan konservasi gelombang. Perbedaannya terletak pada metode solusi yang digunakan: formulasi parametrik terlepas arah mengikuti pendekatan Holthuijsen (1989), Sementara itu, formulasi spektral lengkap digunakan sebagaimana yang dilakukan oleh Komen dan rekan-rekannya. Tahun 1994 dan Young pada tahun 1999. Dibawah ini terdapat persamaan konservasi gelombang yang disusun oleh Komen dan rekan-rekannya. Pada tahun 1994 dan 1999, baik dalam sistem koordinat kartesian maupun sferis.

Koordinat Kartesian.

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \quad (4)$$

Dimana :

N = Rapat gaya

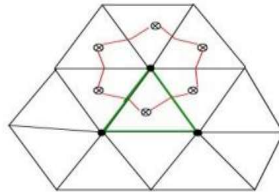
t = waktu = kecepatan propagasi grup gelombang

S = Souch

Sementara itu, pada koordinat polar, persamaan yang digunakan sebagai referensi adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial \hat{N}}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial \varphi} c_{\varphi} \hat{N} + \frac{\partial}{\partial \lambda} c_{\lambda} \hat{N} + \frac{\partial}{\partial \sigma} c_{\sigma} \hat{N} + \frac{\partial}{\partial \theta} c_{\theta} \hat{N} = \frac{S}{\sigma} \quad (5)$$

Penyelesaian dilakukan dengan menggunakan sistem koordinat kartesian dan sigma dalam menyelesaikan masalah 2D/3D. Diskritisasi persamaan dasar diterapkan dengan metode volume hingga yang fokus pada sel-sel pusat (Gambar 15).



Gambar 4 Ilustrasi unstructured triangular mesh dengan cell-centered Node • : H, z, w,D; Centroid × : u, v

Mesh 2D punya aspek positif yang unik tiap jenisnya. Pemanfaatan mesh segitiga tanpa struktur memberikan gambaran garis pantai yang lebih tepat, walaupun terkadang terdapat kesalahan akibat adanya bias aliran yang tidak terlihat secara jelas. Pendapat ini bisa berdampak pada penerapan batas yang ketat dan permasalahan terkait cairan di sepanjang pantai. Dengan menyelesaikan masalah mesh, kita dapat mengatasi masalah ini. (Marshall, 1998). Daerah spasial telah dibagi menjadi beberapa bagian yang berkesinambungan dan tidak saling bertindihan dari setiap elemennya. Bidang jala tidak terstruktur segitiga dalam integrasi skema eksplisit waktu (DHI Water and Environment, 2012). Penggunaan grid teratur tidak mampu dengan persis mencitrakan garis pantai, tetapi justru mendukung kemudahan dalam perhitungan.

1.2.9 Courant Number

Kondisi *Courant-Friedrich-Lewy* (CFL) merupakan syarat penting untuk mencapai konvergensi saat menyelesaikan persamaan diferensial tertentu. Ini terjadi saat skema waktu-gerak dipakai dalam penghitungan numeris. Oleh karena itu, interval waktu harus lebih pendek dibandingkan yang digunakan dalam simulasi komputer dengan skema waktu-bergerak untuk menjaga kestabilan dan akurasi hasil simulasi. Poin dasar untuk simulasi gelombang adalah nilai CFL, sesuai dengan persamaan :

$$CFL_{SW} = c \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (6)$$

Dimana :

C = Kecepatan rambat gelombang

Δt = tahapan waktu

Δx = resolusi grid

Anda dapat mengatur ukuran grid mesh, kedalaman air, dan durasi waktu sesuai keinginan untuk mengendalikan nilai Courant number dalam pengaturan model. Sebaiknya nilai maksimum Courant tetap di bawah 1. Sehingga, durasi simulasi tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah simpul dalam jaringan mesh, melainkan juga oleh susunan segitiga pada jaringan mesh dan nilai Courant yang dihasilkan. Dampaknya cukup signifikan pada simulasi dengan resolusi grid sedang di perairan dalam dibandingkan dengan resolusi grid tinggi di perairan dangkal.

1.2.10 Root Mean Square Error

Sebagai tolok ukur ketepatan sebuah model terhadap data yang telah dikumpulkan, digunakan metode root mean square error (RMSE). RMSE adalah formula yang digunakan untuk mengukur kesalahan output model yang telah dibuat. Kesalahan ini menunjukkan seberapa besar perbedaan antara hasil model dan nilai sebenarnya. Angka ini digunakan untuk menentukan tingkat kesalahan pada model. Formula RMSE dapat diungkapkan sebagai berikut:

$$RMSE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f(x_i) - y_i|^2 \right)^{1/2} \quad (7)$$

dimana,

RMSE = *Root Mean Square Error*

n = Jumlah Sampel

x_i = Nilai Aktual

y_i = Nilai Prediksi

1.2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh penulis bertujuan untuk mendapatkan bahan perbandingan dan referensi yang dapat memperkaya penulisan, sehingga penulis bisa lebih fokus dalam memecahkan masalah yang dihadapi.

Penelitian sebelumnya telah memberikan referensi yang berharga seperti analisis pola aliran, opsi perhitungan alternatif, dan kesamaan kondisi atau karakter lokasi. Hal ini dapat melengkapi dan memperkaya penelitian yang sedang dilakukan oleh penulis. Namun, studi sebelumnya yang bertujuan sama mungkin menunjukkan variasi dalam kondisi obyek penelitian, pendekatan perhitungan, atau strategi penyelesaian masalah yang dipengaruhi oleh ciri khas lokasi yang beragam. Harapannya, kolaborasi berbagai referensi dapat menyajikan referensi yang lengkap. Penelitian sebelumnya telah mengamati pola aliran yang terjadi di sepanjang muara daerah tersebut:

Tabel 1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Penulis, Tahun	Tujuan	Metode	Hasil	GAP Analisis
1	Study of the characteristics of the sea water zone of the estuary zone on the coast of Makassar	Mukhsan Putra Hatta (2018)	Menggambarkan sebaran suhu, salinitas, ruang klorofil-a dan kekeruhan	Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat CTD. Pengamatan telah dilakukan pada tanggal 7 dan 8 Agustus 2016. Di sekitar pantai Makassar terdapat 50 titik yang menarik untuk dikunjungi.	1. Salinitas rendah hanya terjadi di dekat mulut sungai. 2. Klorofil-a di perairan bagian utara tinggi. Tingkat kekeruhan tertinggi terjadi pada dasar laut dekat muara sungai.	Perbedaan tujuan, penggunaan instrumen penelitian, dan letak geografisnya.
2	2D modeling of current patterns and sediment patterns on Pasir Beach, Kebumen	AID Puspita, Muh. Arsyad Thaha, B Hidayah (2022)	Menganalisis aliran arus dan tata sedimen di sepanjang pantai Pasir, khususnya di Kawasan Pelabuhan pendaratan ikan, melalui metode pemodelan 2D.	Pelakukan pemodelan dua dimensi dapat dilakukan dengan menggunakan program RMA2 dan SED2D. Mensimulasikan penyebaran konsentrasi sedimen selama 10 hari di sekitar wilayah Pelabuhan pendaratan ikan.	Tidak terlalu berfluktuasi arusnya karena kecepatannya cenderung rendah. Peningkatan kecepatan arus lebih didominasi oleh lebar mulut Pelabuhan yang sempit, yang mengakibatkan badan air tersebar dan akibatnya arus juga menjadi tersebar.	Terdapat perbedaan yang diamati dalam metode simulasi komputasi pola arus yang menggunakan perangkat lunak, geografis, dan penelitian ini bertujuan untuk menentukan pola sedimentasi yang terjadi.
3	A 2D numerical model of salinity distribution pattern on the	Riswal Karamma, Muhammad Saleh Pallu, Muh. Arsyad	Menelaah pola distribusi kadar garam di area muara Sungai Jeneberang melalui penggunaan	Penelitian ini memanfaatkan model numerik untuk meraih pemahaman tentang dinamika	Dari pemodelan yang telah dilakukan, terlihat bahwa terjadi penurunan salinitas di sepanjang wilayah di hilir muara	Metode simulasi komputasi diaplikasikan guna memperoleh pemahaman mendalam

	estuary of Jeneberang River	Thaha, Mukhsan Putra Hatta. (2020)	metode pemodelan numerik 2 dimensi.	dan karakteristik perairan Sungai Jeneberang pada masa kemarau. Mengukur pasang surut, kecepatan aliran, suhu, dan salinitas dilakukan sebelum proses pemodelan numerik untuk mengilustrasikan sirkulasi aliran pasang surut..	Sungai Jeneberang. Salinitas di bagian hilir bervariasi antara 34,5 PSU hingga 35 PSU, menunjukkan karakter salinitas yang berfluktuasi dengan dinamisnya.	mengenai dinamika dan karakteristik perairan muara beserta kondisi geografisnya.
4	Spatial mapping of water mass structure in the estuary of Jeneberang River	R Karamma, Muhammad Saleh Pallu, Muh. Arsyad Thaha, Mukhsan Putra Hatta, and Muhammad Ihsan (2021).	Mempelajari dampak pasang surut terhadap stratifikasi dan distribusi massa air, serta area pencampuran di Muara Sungai Jeneberang.	Cara simulasi komputasi adalah metode yang digunakan untuk memahami bagaimana aliran air di muara bekerja dan sifat geografisnya.	Adanya korelasi antara densitas dan suhu terhadap kecepatan, menyebabkan kecenderungan peningkatan kedalaman lapisan tercampur karena kecepatan yang tinggi. Kepekatanannya adalah faktor penting yang memengaruhi kepadatan air selama pasang surut tinggi dan rendah.	Ada perbedaan dalam tujuan, penggunaan alat penelitian, dan letak geografisnya.
5	Hydrodynamic analysis at the confluence of the Mahakam River and the Karang Mumus tributary	Nur, D. A. Suriamihardja, M. A. Thaha, and M. P. Hatta (2021)	Memperhitungkan kedua faktor yaitu debit air di bagian hulu dan ketinggian pasang surut di bagian hilir saat	Penelitian ini telah dilaksanakan di lapangan guna mengumpulkan data yang diperlukan untuk melakukan simulasi numerik.	Adanya penetrasi kadar garam terpantau di tempat pertemuan Sungai Mahakam dengan anak Sungai Karang Mumus, yang terletak sekitar 60 km dari tepi	Menyelenggarakan metode simulasi komputasi pola arus dengan memanfaatkan perangkat lunak yang mempertimbangkan perbedaan, tujuan, dan

			memodelkan pola sebaran massa air.	Pengukuran pasang surut dilakukan selama 15 hari, dimulai dari tanggal 14 hingga 28 Juli 2018.	pantai. Rentang nilai minimum salinitas adalah antara 0,065 hingga 0,240 PSU.	karakteristik geografisnya.
6	Preliminary modeling of characteristics of current and batimetry in the condluence of Mahakam River and Karang Mumus river	M Nur, Mukhsan Putra Hatta, Muh. Arsyad Thaha, D. A. Suriamihardja. (2019).	Memperbandingkan kedalaman sungai yang diukur dengan peta batimetri yang disediakan oleh Dishidros TNI AL beserta pola aliran vertikal dan horizontal dari arus sungai.	Penelitian ini dilakukan menggunakan metode kuantitatif pada tanggal 21-22 Januari 2019 ketika terjadi pasang purnama (spring tide). Data yang digunakan mencakup informasi mengenai kecepatan arus, arah arus, kedalaman, serta peta batimetri yang diperoleh dari Hidros TNI AL. Analisis distribusi arus vertikal dan horizontal dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Surfer 11.	Arus di pertemuan Sungai Mahakam dan Sungai Karang Mumus dipengaruhi oleh pasang surut dan debit fluvial, yang dapat menyebabkan pergerakan massa air.	Penggunaan perangkat lunak dalam melakukan simulasi komputasi pola arus melibatkan pertimbangan terhadap perbedaan serta karakteristik geografisnya.
7	Pemodelan pola arus di Kawasan pesisir Pantai Kawal	Iqbal Faiz Sarmada, Yales Veva Jaya, Risandi Dwirama Putra,	Meneliti pola arus yang timbul akibat pasang surut dan angin serta menganalisis	Pemodelan arus dilakukan selama 5 hari menggunakan perangkat lunak MIKE 21, dengan	Arus di sekitar Pantai Kawal berlangsung dengan pola pasang dan surut yang alami. Saat air pasang, arus bergerak	Perbedaan terletak pada jenis perangkat yang digunakan dalam penelitian, metode penelitian yang

	Kabupaten Bintan	Mario Putra Suhana. (2018)	fenomena arus di sekitar wilayah pesisir pantai Kawal.	memasukkan parameter angin dan pasang surut sebagai penggerak gaya dalam pemodelan arus.	dengan cepat ke arah selatan-barat daya, namun saat air surut, arus berubah arah ke utara. Puncak kecepatan arus terjadi pada saat pasang dengan rentang antara 0,6 hingga 1,80 m/s, hampir sebanding dengan kecepatan arus terendah selama surut yang berkisar antara 0,4 hingga 1,80 m/s..	diterapkan, dan lokasi pelaksanaan penelitian.
8	Model 2D coherens angin terhadap pola arus permukaan dan distribusi salinitas di muara sungai Palu	I U Meidji, Y Mudin, H Jayadi, M U Botjing (2020)	Menganalisis pengaruh angin dalam mempengaruhi pola arus di permukaan serta distribusi salinitas di sekitar muara Sungai Palu.	Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer mencakup informasi tentang topografi, konsentrasi garam, suhu, serta kecepatan aliran sungai. Data tambahan mencakup informasi mengenai topografi dasar laut, pasang surut, dan kondisi angin.	Pengaruh angin terasa pada pola arus permukaan serta penyebaran salinitas di sekitar muara Sungai Palu. Aliran arus bergerak dari timur laut menuju barat dan berbelok ke arah selatan ketika mendekati muara Sungai Palu. Hal ini menyebabkan penurunan kadar salinitas di bagian muara tersebut.	Penggunaan perangkat lunak simulasi komputasi dalam menganalisis pola arus memiliki ciri khas tersendiri, dengan bahan data yang menjadi fokus dalam penelitian.
9	Hubungan antara debit dan besaran angkutan sedimen pada Sungai Palu	Andi Rusdin, Asnah Abu, Petra Kalawawo (2014)	Memahami hubungan antara jumlah air yang mengalir dan transportasi partikel sedimen di dasar	Panjang sungai tersebut mencapai 6726 dalam data geometrik yang digunakan. Tujuh puluh satu meter.	Pemodelan menunjukkan bahwa semakin banyak angkutan sedimen, maka debit aliran juga akan meningkat. Ketika aliran air sedikit, debit air	Terdapat variasi antara metode, perangkat lunak yang digunakan, penggunaan instrumen penelitian, dan lamanya penelitian.

			sungai, serta dampak perubahan tinggi dasar sungai yang disebabkan oleh pergerakan sedimen.	Ada tiga kondisi debit yang dapat terjadi setiap kali, yaitu normal dan yang paling minimal dari data pengukuran. Transportasi sedimen juga berkontribusi dalam persamaan Meyer Pether Muller.	mencapai $9,19 \text{ m}^3$ per detik dengan angkutan sedimen sebesar $0,00779 \text{ kg}$ per detik per meter. Pada kondisi biasa, debit air mencapai $83,659$ meter kubik per detik dengan angkutan sedimen sebesar $0,07267$ kilogram per detik per meter. Saat air melimpah, debit air mencapai puncaknya hingga $423,110$ meter kubik per detik dan angkutan sedimen sebesar $0,42244$ kilogram per detik per meter. Rentang tingkatan dasar bervariasi mulai dari negatif 4.680 cm hingga positif 2.931 cm .	
10	Pola pergerakan aliran di muara sungai musi dengan program Mike 21 flow model	Achmad Syarifudin, Eka Puji Agustini. (2015)	Menganalisis pola pergerakan aliran di muara Sungai Musi	Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan model perangkat lunak Mike 21 Flow Model	Gerakan aliran air melibatkan arah, kecepatan, dan model hidrodinamika kedalaman sungai dari ambang sungai Musi hingga daerah yang terkena pengaruh oleh pasang surut.	Perbedaan metode penelitian, penggunaan instrument penelitian serta letak geografis dimana dilakukan penelitian.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Metode

Studi mengenai pola aliran di Sungai Maro dengan mengaplikasikan pemodelan numerik melibatkan proses pemodelan Hidrodinamika (HD) guna memahami dampak dari arus pasang surut dan volume air sungai. Penelitian ini menelusuri pola aliran yang terbentuk karena pengaruh pasang surut air laut dan volume air sungai. Modul ini terdapat di dalam Mike21 yang terdapat dalam paket perangkat lunak Mike Zero yang diciptakan oleh Institut Hidrolik Denis (DHI).

Proses penelitian dimulai dengan pengumpulan sejumlah data sebagai parameter yang akan dimasukkan ke dalam model hidrodinamika, seperti peta batimetri yang sudah terbentuk dalam koordinat x , y , z . Peta batimetri ini akan digunakan dalam proses pembuatan mesh atau grid. Penggunaan mesh dalam bentuk tidak terstruktur atau yang lebih fleksibel dikenal sebagai mesh segitiga. Selain peta batimetri, penting juga memiliki data pasang surut yang bisa didapatkan melalui pengukuran lapangan atau ramalan dari global tide yang merupakan salah satu alat dalam program Mike Zero. Informasi mengenai kecepatan arus perlu diperoleh dari pengukuran lapangan untuk memastikan keakuratan model numerik yang telah dibuat dengan kondisi sebenarnya. Ini menjadi penting guna mengevaluasi kualitas model yang telah dikembangkan. Pada umumnya, proses verifikasi ini disebut sebagai validasi.

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sungai Maro, yang terletak di Kabupaten Merauke. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan September hingga November. Penelitian berfokus pada muara sungai Maro.



Gambar 5 Lokasi Penelitian

2.3 Jenis dan Sumber Penelitian

Penelitian ini melaksanakan beberapa pengujian di lapangan, yang terdiri dari pengambilan data lapangan dan model matematik. Untuk memperoleh data, digunakan dua metode pengumpulan data, yaitu:

- a. Studi Pustaka, yang bertujuan untuk mendapatkan data sekunder melalui pembacaan berbagai buku, jurnal, dan artikel ilmiah sebagai landasan teori dalam penelitian ini.
- b. Survei pelaksanaan penelitian dan pemodelan matematik, yang bertujuan untuk memperoleh data yang akan digunakan dalam menganalisis hasil penelitian ini.

2.4 Alat dan Bahan Penelitian

Untuk melaksanakan penelitian ini, pastinya diperlukan bahan dan peralatan yang berguna guna mendapatkan data yang diperlukan dalam proses pengolahan. Penelitian ini menggunakan data batimetri, data angin, dan data pasang surut, serta informasi mengenai kecepatan arus, tinggi gelombang, periode gelombang, dan arah gelombang. Diperlukan pula pengukuran debit di Sungai Maro serta pengambilan sampel sedimen beserta ukuran butiran sedimennya. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat tulis
2. Current meter
3. Laptop lengkap dengan Software pendukung
4. Meteran ukur
5. Waterpass
6. GPS Handheld Garmin
7. Speed boat
8. Kamera digital

2.5 Teknik Pengumpulan Data

2.5.1 Data Bathimetri

Data batimetri dalam format XYZ tersimpan dalam file berekstensi txt. Kemudian data yang telah dikumpulkan akan diproses lagi guna menghasilkan data batimetri yang siap digunakan dalam model. Pengolahan data ini diperlukan karena data topografi yang telah diperoleh mencakup informasi tentang topografi daratan dan lautan. Selain data batimetri, data garis pantai dalam format XY juga perlu disediakan untuk menandai batas boundary dengan tepat.

2.5.2 Data Angin

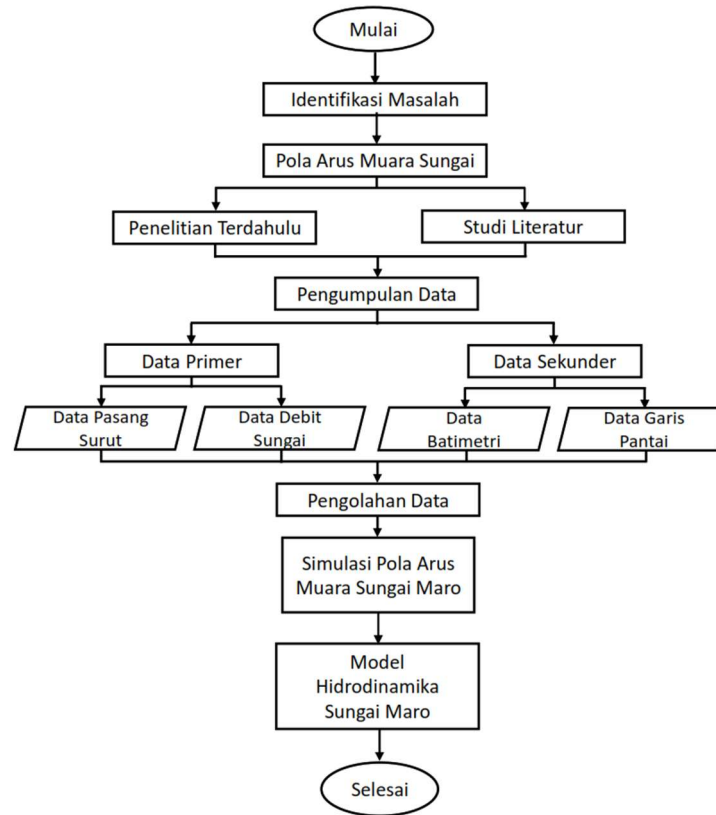
Data angin yang digunakan adalah data kecepatan angin pada ketinggian 10 meter di atas permukaan laut, terdiri dari komponen u dan v , dan tersedia dalam format NetCDF (Network Common Data Form) dengan ekstensi .nc. Kemudian, data ini diekstrak menggunakan perangkat lunak OCD (Ocean Data View) untuk mengubah format nc menjadi txt. Data mengenai angin ini akan dijadikan informasi mengenai kecepatan serta arah angin. Selain dari menggunakan data dari ECMWF,

informasi mengenai cuaca juga dapat diperoleh dari sumber lain seperti NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Hasil yang didapat akan diverifikasi dengan data yang disediakan oleh BMKG.

2.5.3 Data Pasang Surut

Data pasang surut diperlukan dalam pembuatan model karena nilai awal elevasi muka air di dalam model perlu dipertimbangkan. Informasi tentang pasang surut tersebut bisa didapatkan melalui perangkat lunak Mike21 yang dirancang khusus untuk model pasang surut global, kemudian akan dikonfirmasi dengan hasil pengukuran lapangan

2.6 Bagan Alir Penelitian



Gambar 6 Bagan Alir Penelitian