

SKRIPSI

**PENGARUH BANGUNAN BENDUNG TERHADAP POLA
ALIRAN AIR DAN KETINGGIAN AIR SUNGAI DI DAERAH
MEANDER DENGAN SIMULASI KOMPUTASI
(STUDI KASUS DAERAH HULU SUNGAI TALLO)**

Disusun dan diajukan oleh:

**ANDI MUH. REZKI TOMADDUALENG
D011 20 1044**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**PENGARUH BANGUNAN BENDUNG TERHADAP POLA ALIRAN
AIR DAN KETINGGIAN AIR SUNGAI DI DAERAH MEANDER
DENGAN SIMULASI KOMPUTASI (STUDI KASUS DAERAH
HULU SUNGAI TALLO)**

Disusun dan diajukan oleh

**ANDI MUH. REZKI TOMADDUALENG
D011 20 1044**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 4 Desember 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP. 196805292002121002

Menyetujui,
Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, ST, MT
NIP. 197305121999031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Andi Muh. Rezki Tomaddualeng

NIM : D011201044

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{ Pengaruh Bangunan Bendung Terhadap Pola Aliran Air Dan Ketinggian Air
Sungai Di Daerah Meander Dengan Simulasi Komputasi
(Studi Kasus Daerah Hulu Sungai Tallo) }

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 16 September 2024

Jenyatakan



Andi Muh Rezki Tomaddualeng

ABSTRAK

ANDI MUH. REZKI TOMADDUALENG. *Pengaruh Bangunan Bendung Terhadap Pola Aliran dan Ketinggian Air Sungai di Daerah Meander Dengan Simulasi Komputasi (Studi Kasus Daerah Hulu Sungai Tallo)* (dibimbing Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST, MT)

Sungai tallo di perlukan adanya bendung karet sebagai penahan intrusi air laut pada saat musim kemarau sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan pola aliran dan ketinggian muka air Sungai Tallo terhadap bangunan bendung karet untuk itu Dilakukan metode pemodelan numerik terhadap simulasi pola aliran dan ketinggian muka air sungai tallo dan menambahkan sebuah bangunan bendung karet pada area simulasi sungai tallo dari hasil pemodelan numerik pola aliran yang terjadi di sungai tallo pada saat kondisi pasang dipengaruhi dengan intrusi air laut sehingga pada kondisi tersebut kecepatan dan arah aliran cenderung tidak ada dikarenakan adanya pertemuan antara air laut dan air sungai setelah diletakkannya bendung karet kecepatan aliran dan arah aliran tidak lagi dipengaruhi dengan intrusi air laut dan arah aliran mengarah ke hilir sungai tallo selanjutnya memodelkan ketinggian muka air sungai tallo dan didapatkan hasil dari simulasi ketinggian muka air sungai tallo mengalami perubahan yang sangat signifikan yaitu sebelum adanya bendung ketinggian muka air rata-rata 0,4 m dan setelah adanya bendung ketinggian muka air rata-rata 1,75 m berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa bangunan bendung karet mengubah pola aliran dan ketinggian muka air serta dapat menahan intrusi air laut pada bagian hulu sungai tallo.

Kata Kunci: sungai tallo, pemodelan numerik, aliran

ABSTRACT

ANDI MUH. REZKI TOMADDUALENG. *Affection of Weir Structures on Flow Patterns and River Water Levels in Meander Areas Due to Using Computational Simulation (Case Study of the Upstream Tallo River Area)*(supervised by Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST, MT)

The tallo river is in need of a rubber weir as a barrier to seawater intrusion during the dry season that this study aims to determine changes in flow patterns and water levels of the Tallo River against the rubber weir building for that numerical modelling method is carried out to simulate flow patterns and water levels of the tallo river and add a rubber weir building to the tallo river simulation area from the results of numerical modelling the flow patterns that occur in the tallo river at high tide conditions are influenced by seawater intrusion so that under these conditions the flow velocity and direction tend to be absent due to the meeting of seawater and river water after the rubber weir is placed the flow velocity and direction of flow downstream. The results of numerical modelling of flow patterns that occur in the tallo river during high tide conditions are influenced by seawater intrusion so that in these conditions the speed and direction of flow tend to be absent due to the meeting of seawater and river water after the placement of the rubber weir the flow speed and direction of flow are no longer influenced by seawater intrusion and the flow direction leads to the downstream of the tallo river next modelling water level the tallo river and the results obtained from the simulation of the water level of the tallo river experience a very significant change, namely before the existence of the weir the average water level is 0,4 m and after the weir the average water level is 1.75 m. Based on these results it can be concluded that the rubber weir building changes the flow pattern and water level and can withstand seawater intrusion in the upstream part of the tallo river.

Keywords: Tallo river, Flow, Numerical Modelling

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
KATA PENGANTAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	2
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sungai.....	4
2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)	4
2.3 Pasang Surut.....	5
2.4 Aliran.....	9
2.5 Bendung	10
2.6 Pemodelan dan Metode Numerik	11
2.7 Software MIKE Zero/FM 21	12
2.8 Metode Validasi <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	15
3.2 Prosedur Penelitian.....	15
3.3 Diagram Alir.....	17
3.4 Analisis Data	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Gambaran Umum Lokasi	31
4.2 Pasang Surut.....	31
4.3 Batimetri	32
4.4 Pemodelan Aliran Sungai	33
4.5 Validasi Model	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Daerah Aliran Sungai (DAS) (Triatmodjo,2010).....	5
Gambar 2. 2 Peta Aliran Sungai Tallo	5
Gambar 2. 3 Tipe-tipe pasang surut. (Triatmojo, 1999)	6
Gambar 2. 4 Pola gerak pasang surut harian Tunggal (Ramdhan. 2011)	7
Gambar 2. 5 Pola gerak pasang surut harian ganda	7
Gambar 2. 6 Pola gerak Pasang surut campuran condong ke harian ganda (Ramdhan, 2011)	8
Gambar 2. 7 Pola gerak Pasang surut campuran condong ke harian ganda.....	8
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian Sungai Tallo	15
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 3. 3 Proses pengambilan data batimetri.....	18
Gambar 3. 4 Alat Pengambilan Data Batimetri (echosonder garmin gps map 585).....	18
Gambar 3. 5 Titik Lokasi peilschaal	19
Gambar 3. 6 Letak peilscal	20
Gambar 3. 7 Alat Current Meter Marotte HS	21
Gambar 3. 8 Menu software pemodelan numerik.....	23
Gambar 3. 9 Sistematika penentuan bendung	26
Gambar 3. 10 Sketsa definisi geometri Broad Crested Weirs	27
Gambar 3. 11 Skema aliran pada bendung	28
Gambar 4. 1 Grafik pasang Surut	31
Gambar 4. 2 Batimetri sungai tallo	32
Gambar 4. 3 Kondisi pasang sebelum ada bendung	33
Gambar 4. 4 Kondisi menuju surut sebelum ada bendung	34
Gambar 4. 5 Kondisi surut sebelum ada bendung	34
Gambar 4. 6 Kondisi menuju pasang sebelum ada bendung	35
Gambar 4. 7 Kondisi pasang setelah ada bendung	35
Gambar 4. 8 Kondisi menuju surut setelah ada bendung.....	36
Gambar 4. 9 Kondisi surut setelah ada bendung.....	36
Gambar 4. 10 Kondisi menuju pasang setelah ada bendung.....	37
Gambar 4. 11 Legend kecepatan aliran.....	37
Gambar 4. 12 Kondisi pasang sebelum ada bendung	38
Gambar 4. 13 Kondisi menuju surut sebelum ada bendung	38
Gambar 4. 14 Kondisi surut sebelum ada bendung	39
Gambar 4. 15 Kondisi menuju pasang sebelum ada bendung	40
Gambar 4. 16 Kondisi pasang setelah ada bendung	40
Gambar 4. 17 Kondisi menuju surut setelah ada bendung.....	41
Gambar 4. 18 Kondisi surut setelah ada bendung.....	42
Gambar 4. 19 Kondisi menuju pasang ada bendung.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Tabel Pemodelan Arus.....	25
Tabel 2 Tabel Pemodelan arus + Bendung	28
Tabel 3 RMSE	29
Tabel 4 Konstanta harmonik hasil perhitungan pasang surut menggunakan metode admiralty.....	32

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
A	Luas
Q	Debit (m^3/s)
u, v	komponen vektor kecepatan pada sumbu x dan y (m/s)
g	gravitasi (m/s^2)
ρ	densitas air (kg/m^3)
ζ	elevasi permukaan air laut dan <i>mean sea level</i>
f	gaya luar yang bekerja pada fluida
∂	gradien fluida
H	kedalaman air (m)
r_{sx}, r_{sy}	gaya viskositas geser (<i>sheer stress</i>), yang bekerja tegak lurus terhadap aliran fluida
r_{bx}, r_{by}	gaya viskositas tekanan (<i>perssure stress</i>), yang bekerja tegak lurus terhadap aliran fluida

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Pasang Surut.....	43
Lampiran 2 Hasil pengolahan data arus menggunakan WRPlot	44
Lampiran 3 Tabel RMSE.....	45

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, atas segala kebaikan dan karunia-Nya kepada setiap insan intelektual, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tak lupa sholawat serta salam kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW sebaik-baiknya suri tauladan. Penyusunan tugas akhir yang berjudul **“PENGARUH BANGUNAN BENDUNG TERHADAP POLA ALIRAN AIR DAN KETINGGIAN AIR SUNGAI DI DAERAH MEANDER DENGAN SIMULASI KOMPUTASI (STUDI KASUS DAERAH HULU SUNGAI TALLO)”** merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak hanya dari penulis sendiri melainkan berkat ilmu, arahan, bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. **Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. H. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.,IPM** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. **Bapak Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. **Bapak Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST, MT**, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan serta kesabarannya dalam menghadapi kualitas keilmuan penulis dari awal penelitian hingga selesainya tugas akhir ini. Semoga kebaikan, kesehatan serta kemudahan senantiasa dilimpahkan kepada beliau.
4. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis mempersembahkan kepada:

1. kedua orang tua saya yang tercinta, yaitu ayahanda **Muh. Akil Ishak, ST, MT.** dan ibunda **Andi Erdiyanti Engka** atas semua kasih sayang yang begitu besar dan doa yang tiada hentinya serta segala dukungan yang diberikan pada penulis setiap waktunya.
2. **Iyang, Rey, Thiya** selaku sahabat dan partner penelitian tugas akhir. Yang selalu kebersamai dalam semua proses tugas akhir ini, terima kasih telah berjuang bersama untuk menyelesaikan tugas akhir.
3. **Kak Rafa, Kak Ishaq, Kak Agung, Kak Adit, Kak Aslam** selaku senior dan kakak yang selalu memberikan saran dan membimbing kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan selalu memberikan warna di bukit manggala permai blok A8.
4. **Edo, Vito, Irfan, Thoha, Farhan, Oji, Edo, Reyhan, Adam, Nurmansyar, Fadil, dan Mufli** selaku sahabat serta partner kepengurusan HMS periode 2022/2023, yang memberi kenangan dan warna selama masa kepengurusan dan masa perkuliahan.
5. **Baco dan Rapal** sebagai ketua angkatan dan koordinator trainer angkatan 2020. Terima kasih untuk semua pengalaman baru yang menyenangkan yang diberikan selama penulis berkuliah di Teknik sipil.
6. Teman-teman Trema Kopi **Najassi, Amar, Emir, Arya, Thoriq, Nabil, dan Apip, Zidan** yang senantiasa banyak membantu penulis semasa perkuliahan.
7. Saudara-saudariku **Sipil Angkatan 2020**, teman-teman Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin **Angkatan 20** yang memberikan begitu banyak warna dan pengalaman yang sangat berharga dari awal hingga akhir . Semua cerita dalam setiap hidup tak akan selamanya indah dan tak akan selamanya buruk, coba selalu hadapi. *Keep On Fighting Till The End.*
8. **MIKE powered by DHI**, Yang telah memberikan izin lisensi pelajar kepada penulis untuk menggunakan software sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhirnya semoga Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan kebaikan dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, Septemer 2024

Andi Muh. Rezki Tomaddualeng

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai adalah Aliran alami yang mengalir di permukaan bumi dari daerah yang lebih tinggi (Hulu) ke daerah yang lebih rendah (Hilir) yang biasa disebut Muara. Adapun cabang ilmu pengetahuan yang membahas terkait fenomena yang ada pada sungai tersebut yakni hidrologi. Hidrologi ilmu yang secara khusus mempelajari tentang siklus hidrologi atau siklus air di permukaan bumi dengan berbagai macam konsekuensinya. Basis dari hidrologi adalah pengukuran fenomena alam, salah satunya adalah pengukuran aliran air di sungai.

Di Indonesia sendiri ada banyak sekali sungai dan DAS yang potensi dan manfaatnya sangatlah besar. Salah satu DAS yang sangat terkenal di daerah Sulawesi Selatan yaitu DAS Tallo. Sungai tallo mengalir melalui Tengah kota makassar dan mempunyai peranan penting di wilayah mamminasara. Letak Sungai tallo yang mengalir melalui pusat kota cukup strategis, Kawasan perkotaan diorientasikan sebagai pusat Pembangunan Indonesia timur, sehingga perlu dikelola secara serius agar dapat digunakan sebaik mungkin. Kota makassar yang dilintasi Sungai tallo sepanjang +25 km mempunyai potensi pengembangan karena pemanfaatan Sungai tallo sebagai sumber mata air bersih untuk wilayah kota makassar belum dilakukan.

Setiap aliran sungai tentu saja memiliki bentuk yang berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya, tak terkecuali Sungai Tallo. Perbedaan tersebut bisa diakibatkan oleh banyak faktor, seperti faktor pasang surut, topografi, dan sebagainya. Pengaruh pasang surut terhadap sungai masih sangat signifikan tergantung dengan kemiringan dari sungai tersebut pada penelitian ini ingin dilihat bagaimana perbedaan pola aliran terhadap bangunan bendung karet. Didukung dengan perkembangan teknologi, informasi, dan komunikasi, saat ini telah banyak dikembangkan *software* dalam bidang Teknik Sipil, khususnya dalam bidang

keairan. Salah satu *software* tersebut adalah *mike 21 flow model (FM)* dengan lisensi pelajar

Berdasarkan hal tersebut diperlukan suatu survey dan simulasi untuk mengetahui pola aliran yang terdapat pada Sungai tallo. Oleh karena itu perlu menganalisis pola aliran dan ketinggian air yang ada pada Sungai tallo dengan metode numerik dengan judul : **“Pengaruh Bangunan Bendung Terhadap Pola Aliran Air dan Ketinggian Air Sungai di Daerah Meander Dengan Simulasi Komputasi (Studi Kasus Daerah Hulu Sungai Tallo)”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang terkait, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Bagaimana pola aliran dan tinggi muka air yang terjadi pada sungai tallo?
2. Bagaimaimana perubahan pola aliran dan tinggi muka air sungai tallo terhadap bangunan bendung?

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pola aliran dan tinggi muka air sungai tallo
2. Mengetahui perubahan pola aliran dan tinggi muka air terhadap bangunan bendung.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut

1. Bagi penulis
Merupakan kontribusi dalam melaksanakan penelitian sebagai bagian dari kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi serta merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi sarjana di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2. Bagi Instansi Pendidikan

Menambah referensi ilmu pengetahuan khususnya pada bidang riset terkait pola arus aliran pada sungai. Diharapkan nantinya penelitian ini dapat menjadi acuan sehingga dapat dikembangkan oleh peneliti selanjutnya.

3. Bagi Pemerintah

Dengan adanya hasil penelitian ini, pola serta faktor yang mempengaruhinya dapat diketahui. Dengan demikian, hasil penelitian dapat menjadi landasan perencanaan yang lebih lanjut untuk mengatasi masalah tersebut

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Agar penelitian berjalan dengan baik dan terarah, maka penulis memberikan batasan masalah dalam melaksanakan penelitian, sebagai berikut:

1. Ruang Lingkup Wilayah

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai Tallo Sepanjang 3 km (Jembatan Insignia)

2. Ruang Lingkup Materi

Penelitian ini untuk menganalisis pola arus Sungai tallo terhadap pasang surut, dan menganalisis perubahan pola arus Sungai tallo terhadap bangunan bendung dengan menggunakan analisis dengan metode numerik

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

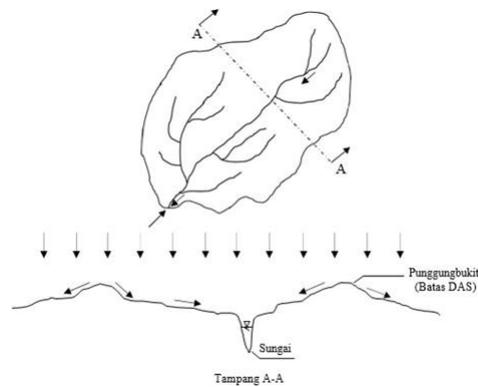
2.1 Sungai

Sungai adalah badan air alamiah tempat mengalirnya air hujan dan air buangan menuju laut dan tempat bersemayamnya biotik dan abiotik. (Rita Lopa, 2013). Sungai merupakan saluran terbuka yang terbentuk secara alamiah diatas permukaan bumi, tidak hanya menampung air tetapi juga mengalirkannya dari bagian hulu ke bagian hilir. Suatu alur yang Panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur Sungai.(Hatta dkk,2020)

Perpaduan antara alur Sungai dan aliran air di dalamnya disebut sebagai Sungai. Proses terbentuknya Sungai itu sendiri berasal dari mata air yang berasal dari gunung/pegunungan yang mengalir di atas permukaan bumi. Sungai sendiri merupakan saluran terbuka dengan ukuran geometric berubah seiring waktu, tergantung debit, material dasar tebing serta jumlah dan jenis dari sedimen yang diangkut oleh air. (Saleh Pallu dkk, 2016)

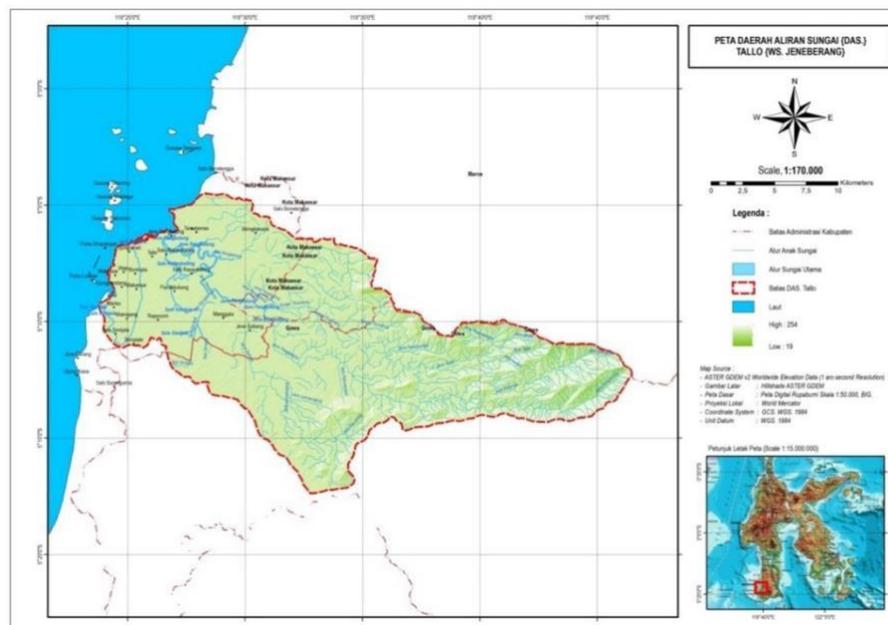
2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju Sungai Sungai utama pada suatu titik yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Garis-garis kontur dipelajari untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis-garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi disebut tersebut adalah DAS. (Triatmodjo, 2010).



Gambar 2. 1 Daerah Aliran Sungai (DAS) (Triatmodjo,2010)

DAS Tallo adalah Daerah aliran Sungai yang membelah kota makassar. Sungai ini melewati 3 kabupaten/kota, yaitu Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Maros dan bermuara di selat Makassar. (Tuharea, 2023)

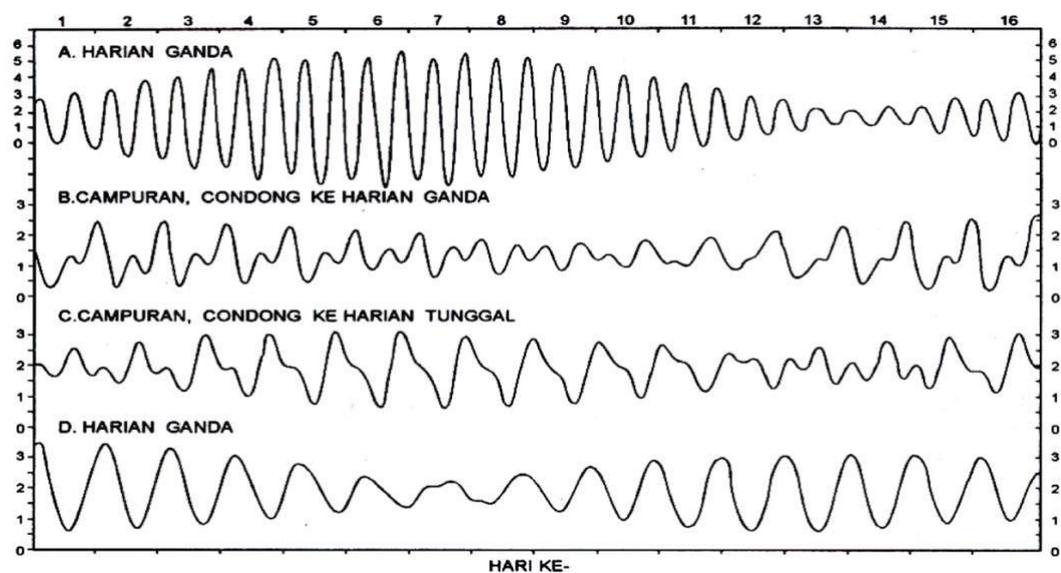


Gambar 2. 2 Peta Aliran Sungai Tallo

2.3 Pasang Surut

Perubahan elevasi muka air laut terhadap fungsi waktu disebut dengan pasang surut. Faktor utama yang menyebabkan terjadinya pasang surut adalah gaya Tarik benda-benda langit (bulan dan matahari) terhadap massa air laut yang ada di

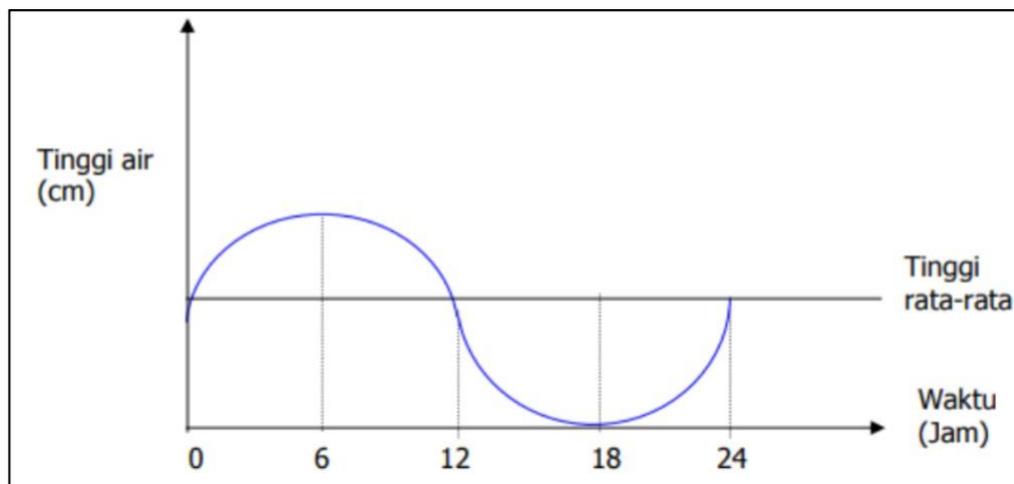
bumi. Elevasi air laut naik disebut pasang, elevasi air laut turun disebut surut. Tinggi pasang surut adalah jarak vertical antara elevasi muka air laut pada pasang tertinggi dengan elevasi muka air laut surut terendah. Sedangkan periode pasang surut adalah waktu yang di perlukan oleh muka air laut dari posisi muka air rata ke posisi muka air yang sama berikutnya, biasanya 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit tergantung jenis pasang surut yang ada di suatu daerah. Tipe pasang surut dibagi menjadi 4 tipe. (Triatmodjo, 1999)



Gambar 2. 3 Tipe-tipe pasang surut. (Triatmojo, 1999)

1. Pasang surut harian Tunggal (*diurnal tide*)

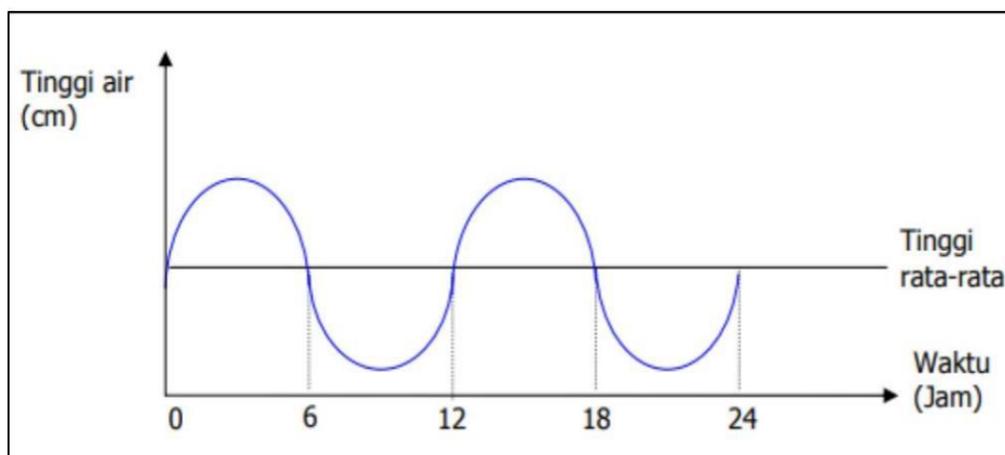
Pasang surut harian Tunggal (*diurnal tide*), dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam periode 24 jam 50 menit



Gambar 2. 4 Pola gerak pasang surut harian Tunggal (Ramdhan. 2011)

2. Pasang surut harian ganda (*Semi diurnal tide*)

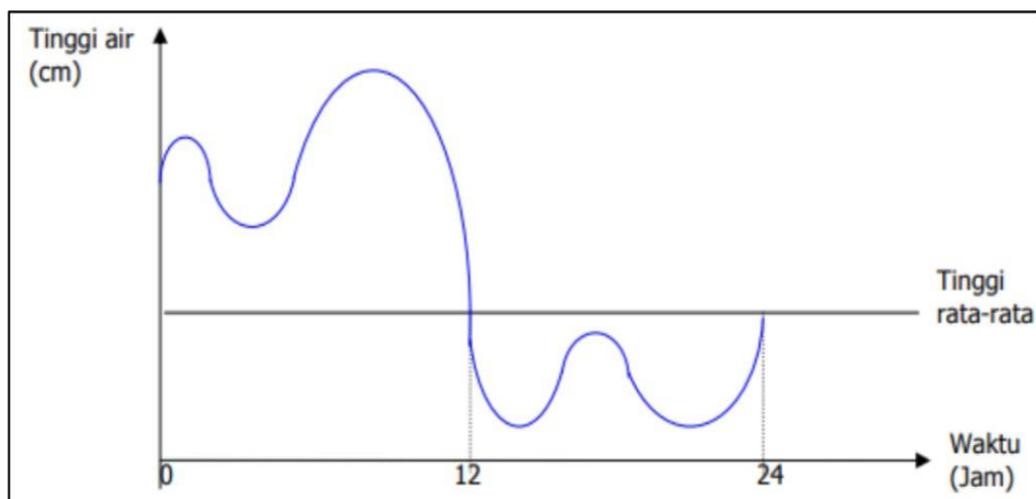
Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sama. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit



Gambar 2. 5 Pola gerak pasang surut harian ganda

3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)

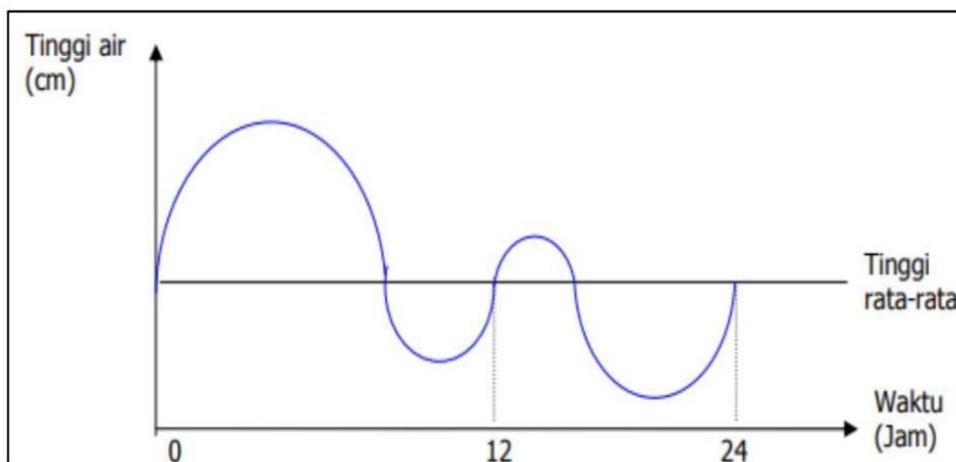
Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*), dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda.



Gambar 2. 6 Pola gerak Pasang surut campuran condong ke harian ganda (Ramdhan, 2011)

4. Pasang surut campuran condong ke harian Tunggal (*Mixed tide prevailing diurnal*)

Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*Mixed tide prevailing diurnal*), dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, namun terkadang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.



Gambar 2. 7 Pola gerak Pasang surut campuran condong ke harian Tunggal

Tipe pasang surut juga dapat ditentukan secara kuantitatif dengan menggunakan bilangan *Formzahl*, yakni bilangan yang dihitung dari nilai

perbandingan antara amplitudo (tinggi gelombang) komponen harmonik pasang surut tunggal utama dan amplitudo komponen harmonik pasang surut ganda utama, secara matematis formula tersebut ditulis sebagai berikut:

$$F = \frac{O_1 + K_1}{M_2 + S_2} \quad (1.1)$$

Dimana:

- F = bilangan *Formzhal*
- O_1 = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- K_1 = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari
- M_2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- S_2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

Berdasarkan nilai F, tipe pasang surut dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- $F < 0.25$: pasang surut tipe ganda
- $0.26 < F < 1.5$: pasang surut campuran condong bertipe ganda
- $1.5 < F < 3$: pasang surut campuran condong bertipe tunggal
- $F > 3$: pasang surut tunggal

2.4 Aliran

Aliran massa air, yang diukur dari kecepatan aliran (*velocity*) atau yang sering disebut sebagai arus (*current*), Dimana biasanya dinyatakan dalam meter/detik, dan aliran biasanya cenderung mengarah ke arah laut khususnya pada saat air surut, namun dapat pula mengarah pada arah sebaliknya pada saat air pasang, yang sering disebut dengan istilah *back water* (Ongkosongo, 2010)

Aliran massa air yang diukur dari kecepatan aliran (*velocity*) atau yang sering disebut sebagai arus (*current*) dinyatakan dalam satuan meter/detik. Aliran biasanya cenderung mengarah ke arah laut khususnya pada saat air surut, tetapi dapat pula mengarah pada arah sebaliknya pada saat air pasang, biasanya disebut

back water. Arah aliran pada daerah muara di bagian atas dapat berbeda dengan daerah di bagian bawah, begitu pula arah pada satu sisi tepi sungai dapat berlawanan dibandingkan pada sisi sungai yang lainnya. Demikian juga pada kombinasi perbedaan arah yang sangat kompleks, baik pada penampang vertikal maupun lateral (Ongkosongo, 2010).

Arus Sungai merujuk pada pergerakan air yang mengalir di sepanjang saluran Sungai dari hulu ke hilir. Ini adalah komponen utama dalam sistem hidrologi yang di pengaruhi oleh berbagai factor, termasuk kemiringan saluran, geometri saluran, kekasaran dasar Sungai, dan volume air yang mengalir. Arus Sungai ditandai oleh beberapa parameter penting seperti kecepatan aliran, debit, dan gradien Sungai. (Chow, 1959)

Arus pasang surut merupakan arus yang mendatar yang disebabkan atau dibangkitkan oleh pasang surut. Pada waktu pasang naik arus akan mengalir kearah pantai menyebabkan tertutupnya pantai oleh air laut atau yang disebut *flood tide*, sebaliknya pada saat surut disebut *webb tide* (Komar, 1976). Meskipun arus pasang surut tidak penting pengaruhnya pada laut terbuka, tetapi pasang surut dapat membangkitkan arus yang cukup kuat pada daerah teluk selat, estuari, sungai, dan tempat-tempat dangkal lainnya. Meskipun arus pasang surut bukan merupakan media utama proses erosi dan angkutan sedimen, tetapi bila pasang surut ini terjadi pada suatu *inlet* yang sempit, maka arus pasang surut dapat menjadi masalah yang cukup serius, karena dapat menjadikan *inlet* tersebut tertutup (Dahuri *et al.*, 1996).

2.5 Bendung

Menurut Yulistiyanto (2020) Bendung merupakan salah satu peluap ambang tipis yang banyak digunakan di Sungai. Fungsi utama bendung adalah untuk menaikkan elevasi muka air di Sungai, agar dapat diambil lewat lubang pengambilan dan dibawa saluran induk irigasi menuju ke areal persawahan. Berdasarkan fungsinya untuk menaikkan elevasi muka air Sungai kemudian dikenal dua tipe bendung yaitu :

1. Bendung tetap

Bendung tetap adalah jenis bendung yang tinggi pembendungannya tidak dapat di ubah, sehingga muka air di hulu bendung tidak dapat diatur sesuai yang dikehendaki.

2. Bendung gerak

Bendung gerak elevasi muka air di hulu bendung dapat dikendalikan naik atau turun sesuai yang dikehendaki dengan membuka atau menutup pintu air (*gate*)

2.6 Pemodelan dan Metode Numerik

Model adalah tiruan dari suatu benda, kejadian, atau proses yang digunakan untuk mengamati atau mempelajari yang ditiru (prototip) baik kondisi kini maupun setelah di modifikasi atau di kembangkan (Triatmadja, 2009)

Model adalah suatu versi system yang disederhanakan. Sifat bentuk model di bedakan menjadi dua yaitu formal dan tidak formal. Lisan dan grafik merupakan bentuk model yang bersifat tidak formal. Statistik dan matematika merupakan bentuk model yang bersifat formal. Model merupakan suatu perumusan yang menirukan kejadian alam sebenarnya dengan membuat peramalan-peramalan. Manusia dapat memahami model yang disederhanakan meskipun tidak melihat sistem tersebut secara lengkap pada suatu waktu. Pembuatan model penting untuk menangkap dan mengerti jalannya system yang merupakan bagian kecil dari sistem tersebut (Fauziah, 2005)

Simulasi adalah kegiatan yang menirukan suatu kemungkinan kejadian atau sesuatu yang telah terjadi untuk mendapatkan pengetahuan tentang berbagai hal terkait dengan kejadian tersebut. (Triatmadja, 2009)

Metode numerik adalah Teknik untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang di formulasikan secara matematis dengan cara operasi hitungan (*arithmetic*). Dalam metode numerik ini dilakukan operasi hitungan dalam jumlah yang sangat banyak dan berulang-ulang. Oleh karena itu diperlukan bantuan computer untuk melaksanakan operasi hitungan tersebut. Metode numerik mampu menyelesaikan suatu sistem persamaan yang besar, tidak linier dan sangat kompleks yang tidak mungkin di selesaikan secara analitis. (Triatmodjo, 1992)

2.7 Software MIKE Zero/FM 21

Software MIKE zero atau *MIKE 21 Flow Model (FM)* adalah perangkat lunak terkemuka untuk pemodelan 2D hidrodinamika, gelombang, dinamika salinitas, kualitas air, dan ekologi. Ini adalah perangkat lunak profesional dengan keandalan, kualitas, dan kesebangunan tinggi.

MIKE 21 adalah produk modular dan mencakup mesin simulasi yang ditujukan untuk aplikasi yang sangat luas. Ini termasuk pemodelan aliran pasang surut, gelombang badai, adveksi-dispersi, tumpahan minyak, kualitas air, transportasi lumpur, transportasi sedimen, gangguan Pelabuhan dan perambatan gelombang.

MIKE 21 Flow Model (FM) didasarkan pada pendekatan fleksibel dan telah dikembangkan untuk aplikasi dalam lingkungan oseanografi, pesisir dan muara. System pemodelan juga dapat diterapkan untuk studi banjir di daratan.

Sistem ini didasarkan pada Solusi numerik dari persamaan Navier-Stokes rata-rata Reynolds dua dimensi yang tidak dapat dimampatkan (*the two dimensional incompressible Reynolds averaged Navier-Stokes equations*) dengan menggunakan asumsi Boussinesq dan tekanan hidrostatik. Dengan demikian, model terdiri dari persamaan kontinuitas, momentum, temperature, salinitas, dan densitas dan ditutup dengan skema penutupan turbulen.

Diskritisasi spasial dari persamaan primitive dilakukan dengan menggunakan metode volume hingga yang berpusat pada sel. Domain spasial dipisahkan oleh pembagian kontinum menjadi elemen/sel yang tidak tumpang tindih. Pada bidang horizontal, grid tidak terstruktur digunakan, sedangkan pada domain vertikal dalam model 3D digunakan mesh terstruktur. Dalam model 2D, elemen dapat berupa elemen segitiga atau segiempat. Dalam model 3D, elemen dapat berupa prisma atau batu bata yang permukaan horizontal masing-masing adalah elemen dan segiempat.

Dinamika pasang surut dan arus pasang surut dapat dipelajari dari persamaan hidrodinamika 2 dimensi (2D) atau 3 dimensi (3D). Persamaan hidrodinamika 2D yang dirata-ratakan terhadap kedalaman tanpa memperhatikan

gaya pembangkit pasang surut yang langsung (Kasim, 2020), diberikan oleh:

Persamaan gerak:

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} - f \bar{v} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\tau_{sx} - \tau_{bx}}{\rho(h + \zeta)} \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} - f \bar{u} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\tau_{sy} - \tau_{by}}{\rho(h + \zeta)} \quad (2.2)$$

Dimana :

u, v = komponen vektor kecepatan pada sumbu x dan y (m/s)

g = gravitasi (m/s²)

ρ = densitas air (kg/m³)

ζ = elevasi permukaan air laut dan *mean sea level*

f = gaya luar yang bekerja pada fluida

∂ = gradien fluida

H = kedalaman air (m)

r_{sx}, r_{sy} = gaya viskositas geser (*sheer stress*), yang bekerja tegak lurus terhadap aliran fluida

r_{bx}, r_{by} = gaya viskositas tekanan (*perssure stress*), yang bekerja tegak lurus terhadap aliran fluida

Persamaan kontinuitas:

$$\frac{\partial}{\partial x} [(h + \zeta)\bar{u}] + \frac{\partial}{\partial y} [(h + \zeta)\bar{v}] + \frac{\partial \zeta}{\partial t} = 0 \quad (2.3)$$

Dengan ketentuan:

$$\bar{u} = \frac{1}{h + \zeta} \int_{-h}^{\zeta} u dz$$

$$\bar{v} = \frac{1}{h + \zeta} \int_{-h}^{\zeta} v dz$$

Karena elevasi muka air jauh lebih kecil daripada kedalaman air (h) maka ζ diabaikan terhadap h .

$$\zeta \ll h \rightarrow (h + \zeta) \approx h$$

Persamaan hidrodinamika 2D yang dirata-ratakan terhadap kedalaman dan di linierkan dinyatakan oleh :

Persamaan gerak :

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} - f\bar{v} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{K\bar{u}}{h} \quad (2.4)$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} - f\bar{u} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{K\bar{v}}{h} \quad (2.5)$$

Persamaan kontinuitas:

$$\frac{\partial}{\partial x}(h\bar{u}) + \frac{\partial}{\partial y}(h\bar{v}) = -\frac{\partial \zeta}{\partial t} \quad (2.6)$$

Salah satu software model numerik yang digunakan untuk mengetahui karakteristik hidrodinamika adalah perangkat lunak rekayasa profesional yang berisi sistem pemodelan yang komprehensif untuk program komputer 2d free surface flows. MIKE 21 dapat digunakan untuk simulasi hidrodinamika dan fenomena terkait sungai, danau, estuaria, teluk, pantai, dan laut. Program ini dikembangkan oleh Danish Hydraulic Institute (DHI) water and environment (DHI *water and environment* 2007).

1. Modul Hidrodinamika

Modul MIKE 21 yang digunakan terdiri dari modul hidrodinamika dan modul *sandtransport*. MIKE 21 hidrodinamika (HD) modul merupakan model matematik untuk menghitung perilaku hidrodinamika air terhadap berbagai macam fungsi gaya, seperti kondisi angin tertentu dan muka air yang sudah ditentukan pada *open model boundaries*. Modul ini mensimulasi perbedaan muka air dan arus dalam menghadapi berbagai fungsigaya di danau, estuaria, dan pantai. MIKE 21 HD *Flow Model* (FM) merupakan suatu sistem modeling berbasis pada suatu pendekatan mesh yang fleksibel dan dikembangkan untuk aplikasi di dalam bidang oseanografi, rekayasa pantai, dan alam lingkungan muara sungai (DHI, 2017).

Pemodelan menggunakan modul MIKE 21 Hidrodinamika (HD) FM dibangun melalui model matematik secara numerik, dimana persamaan dasar pada model hidrodinamika adalah persamaan kekekalan massa dan kekekalan momentum. Persamaan persamaan akan diintegrasikan terhadap kedalaman untuk mengubah persamaan dari tiga dimensi menjadi dua dimensi. Model ini mensimulasikan arus *unsteady* (tidak stabil) dalam fluida satu lapisan (secara

vertikal homogen) yang sudah terdapat dalam menu MIKE 21. Persamaan berikut merupakan konversi massa dan momentum, menggambarkan aliran, dan perbedaan muka air (DHI, 2017):

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \left(\frac{\partial \zeta}{\partial x} \right) + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial y}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega q - fVV_x + \frac{h}{\rho w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \quad (2.8)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \left(\frac{\partial \zeta}{\partial y} \right) + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial x}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega q - fVV_y + \frac{h}{\rho w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \quad (2.9)$$

Dengan:

H (x, y, z)	= Kedalaman air (m)
d (x, y, z)	= Kedalaman air dalam berbagai waktu (m)
ζ (x, y, z)	= Elevasi permukaan (m)
p, q	= <i>Flux density</i> dalam arah x dan y (m ³ /s/m) = (uh, vh) = <i>Depthaveraged velocity</i> dalam arah x dan y
ρ w	= Berat jenis air (kg/m ³)
x, y	= Koordinat ruang (m)
C (x, y)	= Tahanan Chezy (m ^{1/2} /s)
g	= Percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s ²)
f(V)	= Faktor gesekan angin
r _{xx} , r _{xy} , r _{yy}	= Komponen <i>effective shear stress</i>

2.8 Metode Validasi *Root Mean Square Error* (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan besarnya Tingkat kesalahan hasil prediksi, Dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Nilai RMSE dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (X-Y)^2}{n}} \quad (2.10)$$

Dengan :

X : Nilai Pengamatan

Y : Nilai Prediksi

n : Jumlah Data