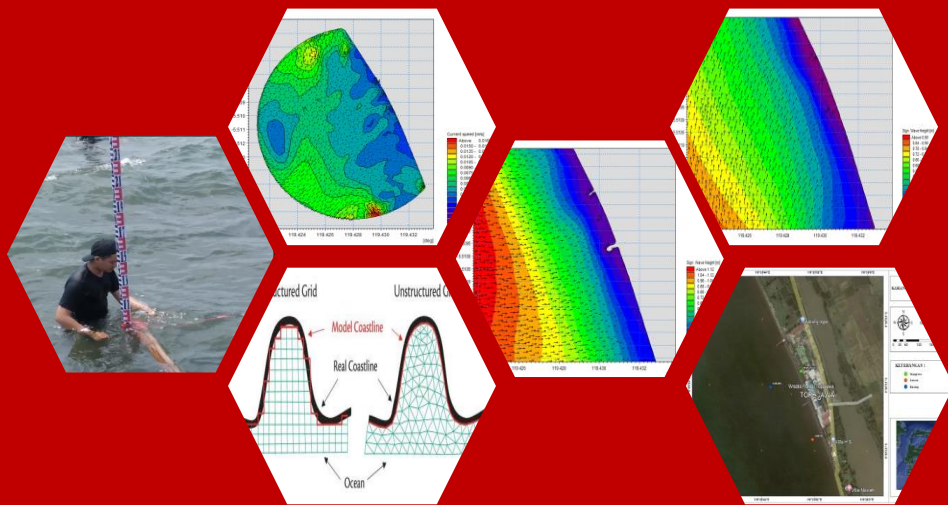


PENGARUH GROIN EKSISTING TERHADAP POLA SEDIMENTASI DI PANTAI WISATA TOPEJAWA MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK



DZAKY FAUZAN

D081 20 1043



**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**PENGARUH GROIN EKSISTING TERHADAP POLA SEDIMENTASI DI
PANTAI WISATA TOPEJAWA MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK**

DZAKY FAUZAN

D081201043



**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**PENGARUH GROIN EKSISTING TERHADAP POLA SEDIMENTASI DI
PANTAI WISATA TOPEJAWA MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK**

**DZAKY FAUZAN
D081 20 1043**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana
Teknik Kelautan

pada

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Gowa

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**PENGARUH GROIN EKSISTING TERHADAP POLA SEDIMENTASI DI
PANTAI WISATA TOPEJAWA MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK**

**DZAKY FAUZAN
D081201043**

Skripsi,

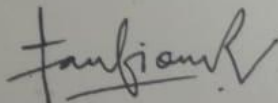
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjana Pada Tanggal 15 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada



**UNIVERSITAS HASANUDDIN
DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA**

Mengesahkan:



Pembimbing Utama



Dr. Ir. Taufiqur Rachman, S.T., M.T.
NIP. 19690802 199702 1 001

Mengetahui:

Ketua Departemen,



Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.
NIP. 19750605 200212 1 003

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "PENGARUH GROIN EKSISTING TERHADAP POLA SEDIMENTASI DI PANTAI WISATA TOPEJAWA MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK". Adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr. Ir. Taufiqur Rachman, S.T., M.T). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 15 Agustus 2024



DZAKY FAUZAN
D081201043

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul "Pengaruh Existing Groin Terhadap Pola Sedimentasi Di Pantai Wisata Topejawa Menggunakan Simulasi Numerik". Shalawat dan salam tak lupa juga penulis kirimkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang-benderang. Penulis menyadari bahwa dalam proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini telah banyak pihak yang membantu dalam bentuk apapun itu. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak dengan segala keikhlasannya yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Kedua Orang Tua, **Hasanuddin** dan **Ibu Nuriyanti** yang telah melahirkan dan terus mendoakan sedari awal serta melakukan apapun untuk mengusahakan anaknya bisa berada di titik lebih dari dirinya. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih untuk semua pengorbanan tulus yang tentunya tidak akan pernah bisa terbalaskan. Penulis percaya bahwa setiap langkah yang dimudahkan oleh-Nya adalah hasil pengijabahan doa kedua orang tua penulis.
2. Dosen Pembimbing, **Dr. Ir. Taufiqur Rachman, S.T., M.T.** Terima kasih atas segala keikhlasan, kesabaran dan ketulusannya serta dukungan tak terhitung dalam mengarahkan, memberikan bimbingan, bantuan dan motivasi serta masukan-masukan kepada penulis dimulai dari awal perkuliahan dan ditahap penelitian, penulisan skripsi sampai dengan hari ini.
3. Bapak **Dr. Eng., Firman Husain, ST., MT.** dan **Fuad Mahfud Assidiq, ST., M.T.** selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan memberikan kritik serta saran yang sangat membantu penulis dalam proses penelitian maupun penyusunan skripsi ini.
4. **Dosen - Dosen Teknik Kelautan** yang telah memberikan ilmu serta pengalamannya selama dalam proses perkuliahan.
5. **Tenaga Kependidikan Departemen Teknik Kelautan, Ibu Marwah andalannya ana – ana, Kak Amar** yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Kepada kakak senior **Kak Fadli dan Kak Cesar** yang telah memberikan ilmu serta memberi kesempatan pengalaman berharga sehingga dapat membentuk diri saya yang sekarang.
7. Kepada kakak senior di **Gedung Belakang** yang telah memberikan ilmunya untuk menghadapi kerasnya dunia.
8. Terima kasih kepada tim surveyor andalang **Nokon, Fajar, Pattah** serta **Tandi** yang telah meluangkan waktunya untuk menemani mengambil data dilokasi penelitian serta mengorbankan jiwa ragannya untuk menyukseskan pengambilan data.

9. Teman - teman **Naval20** dan khususnya mahasiswa **Dreger20** yang kebersamai serta waktu yang telah kita lalui bersama dalam suka dan duka.
10. Teman-teman **Labo Pantai** yang selalu memberikan semangat kepada saya, penulis mengucapkan banyak terima kasih juga kepada **Alumni Labo Pantai** yang selalu bersedia memberikan pengarahan.
11. Terima kasih kepada **Felis** yang telah mempersilahkan saya untuk menempati kosnya ketika saya galau, stress menghadapi masalah-masalah selama kuliah di fakultas teknik.
12. Terima kasih kepada **Rivaldy Baco** serta pacarnya yang mau mendengar keluh kesahku saat mengerjakan skripsiku.
13. Dan yang terakhir saya mengucapkan terima kasih banyak kepada **diri saya sendiri** yang sudah berjuang sampai sejauh ini, terima kasih untuk tubuh yang selalu kuat menahan beban yang sangat berat ini. Kepada diri sendiri terima kasih sekali lagi telah berjuang karna hanya dirimu sendiri yang tau jatuh bangunnya dan susahnya otak berpikir bersatu melawan *overthinking* setiap malam. Masalah yang silih berganti mengajarkan saya bahwa nangis dalam penyusunan skripsi itu wajib ada dan itulah bumbu yang sebenarnya yang harus dicoba.
14. Serta semua pihak yang turut serta dalam penyelesaian pendidikan, penelitian, dan penyusunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Penulis menyampaikan ucapan Terima Kasih yang sebesar-besarnya untuk seluruh bantuan yang diberikan. Dengan segala kerendahan hati penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Penulis dedikasikan tugas akhir ini, untuk ibunda saya tercinta (Almh Nurwani) yang selalu menginspirasi penulis sehingga penulis dapat berkuliah dan menempuh studi.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Dzaky Fauzan

ABSTRAK

Dzaky Fauzan. **Pengaruh Groin Eksisting Terhadap Pola Sedimentasi Di Pantai Topejawa Menggunakan Simulasi Numerik.** (Dibimbing oleh Taufiqur Rachman)

Permasalahan pantai dapat menimbulkan kerugian atau dapat menimbulkan efek yang berlawanan apabila desain pembangunan dan perawatan tidak dilakukan dengan tepat. Pengetahuan mengenai proses pantai dan fungsi dari bangunan pantai merupakan kunci utama dalam perencanaan bangunan pantai dan kunci sukses dalam program pengamanan pantai yang berkesinambungan untuk itu, diperlukan adanya penelitian terkait analisis efektifitas groin terhadap abrasi pesisir Pantai Topejawa terhadap masalah abrasi pantai dan memahami kondisi perairan sebelum dan sesudah adanya pembangunan pelindung pantai dengan melihat perubahan lingkungan, erosi serta sedimentasi pantai serta perubahan pola arus dan gelombang untuk pemodelan pada software Simulasi numerik. Pemodelan hidrodinamika laut dengan menggunakan software simulasi numerik ini akan didapatkan pola arus dan kecepatan arus yang terjadi pada lokasi studi. tahapan pemodelan menggunakan simulasi numerik meliputi digitasi *land boundary*, pembuatan *grid*, pemasukan data kedalaman, parameter *flow* hidrodinamika, dan keluaran hasil simulasi. Sesudah menentukan letak garis tinjauan, maka akan terlihat perbedaan permukaan dasar atau *bed level* yang terjadi akibat adanya transpor sedimen yang terjadi di lokasi penelitian dari sebelum dan sesudah pembangunan groin yang didapat sesudah mengekstraksi data pola sedimentasi yang telah dibuat lalu disajikan dalam bentuk grafik bahwa terjadi perubahan morfologi dasar perairan/*bed level* walaupun tidak terlalu signifikan. Kedalaman perairan mengalami perubahan pada daerah sekitar groin.

Kata Kunci: Abrasi pantai, groin, hidrodinamika, simulasi numerik

ABSTRACT

Dzaky Fauzan. **The Influence of Existing Groynes on Sedimentation Patterns on the Topejawa Coast Using Numerical Simulations.** (Supervised by Taufiqur Rachman)

Beach problems can cause losses or can have the opposite effect if development design and maintenance are not carried out properly. Knowledge of beach processes and the function of beach buildings is the main key in planning beach buildings and the key to success in sustainable beach protection programs. For this reason, research is needed regarding the analysis of the effectiveness of groynes on coastal abrasion on the Topejawa coast towards the problem of beach erosion and understanding the condition of the waters before and after the construction of coastal protection by looking at environmental changes, coastal erosion and sedimentation as well as changes in current and wave patterns for modeling in numerical simulation software. Marine hydrodynamic modeling using numerical simulation software will obtain current patterns and current speeds that occur at the study location. Modeling stages using numerical simulation include digitizing land boundaries, creating grids, entering depth data, hydrodynamic flow parameters, and outputting simulation results. After determining the location of the survey line, you will see differences in the base surface or bed level that occur due to the sediment transport that occurs at the research location from before and after the construction of the groyne which is obtained after extracting the sedimentation pattern data that has been created and then presented in graphical form that changes have occurred. seabed morphology/bed level although not very significant. The depth of the water has changed in the area around the groyne.

Key Words: Coastal erosion, groyne, hydrodynamics, numerical simulation

DAFTAR ISI

Halaman

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	Error! Bookmark not defined.
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Teori.....	4
1.6.1 Pantai	4
1.6.2 Sedimen dan Material Sedimen.....	5
1.6.3 Sifat-sifat Sedimen	6
1.6.4 Mekanisme Transport Sedimen Oleh Gelombang.....	7
1.6.5 Awal Gerak Sedimen.....	10
1.6.6 Pola Arus.....	12
1.6.7 Pasang Surut	13
1.6.8 Peramalan Gelombang Laut	15
1.6.9 Pemodelan Hidrodinamika dan Transpor Sedimen	19
1.6.10 Metode Validasi <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	22
BAB II. METODOLOGI PENELITIAN	23
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
2.2 Prosedur Penelitian.....	23
2.3 Diagram Alir.....	25
2.4 Input Data dan Pemodelan	26
BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
3.1 Hasil	27
3.1.1 Pasang Surut	27
3.1.2 Angin	28
3.1.3 Gelombang.....	29
3.1.4 Batimetri	30
3.1.5 Arus	30
3.1.6 Pemodelan <i>software</i> Simulasi numerik.....	31
3.1.6.1 Digitasi <i>Land Boundary</i>	31
3.1.6.2 Meshing Grid.....	31
3.1.6.3 Kondisi Batas Lingkungan	33
3.1.6.4 Simulasi Pemodelan Hidrodinamika (<i>Hydrodynamic Module</i>).....	33
3.1.6.5 Validasi Hasil Simulasi	34
3.1.6.6 Pola Arus Sebelum Adanya Groin Eksisting	35
3.1.6.7 Pola Arus Sesudahnya Adanya Groin eksisting.....	38

3.1.7 Perbandingan Pola Arus Sebelum dan Sesudah Adanya Groin Eksisting	40
3.1.8 Pemodelan Gelombang	41
3.1.8.1 Tinggi Gelombang Sebelum Adanya Groin Eksisting	41
3.1.8.2 Tinggi gelombang sesudahnya adanya groin eksisting	45
3.1.9 Perbandingan Tinggi Gelombang Sebelum dan Sesudah Adanya Groin Eksisting.....	49
3.1.10 Pemodelan Transport Sedimen	51
3.1.10.1 Pemodelan Transport Sedimen	51
3.1.11 Pemodelan Land Boundary.....	55
3.1.11.1 Digitasi <i>Land Boundary</i>	55
3.1.11.2 Meshing Grid.....	55
3.1.11.3 Kondisi Batas Lingkungan.....	56
3.1.11.4 Simulasi Pemodelan Hidrodinamika (<i>Hydrodynamic Module</i>).....	57
3.1.11.5 Validasi Hasil Simulasi	58
3.1.11.6 Pola Arus Sebelum Adanya Groin Eksisting	59
3.1.11.7 Pola Arus Sesudahnya Adanya Groin eksisting.....	62
3.1.12 Perbandingan Pola Arus Sebelum dan Sesudah Adanya Groin Eksisting	64
3.1.13 Pemodelan Gelombang	65
3.1.13.1 Tinggi Gelombang Sebelum Adanya Groin Eksisting	65
3.1.13.2 Tinggi gelombang sesudahnya adanya groin eksisting	69
3.1.14 Perbandingan Tinggi Gelombang Sebelum dan Sesudah Adanya Groin Eksisting.....	73
3.1.15 Pemodelan Transport Sedimen	75
3.1.15.1 Pemodelan Transport Sedimen	75
3.2 Pembahasan	78
3.2.1 Pasang surut.....	79
3.2.2 Angin	79
3.2.3 Gelombang.....	79
3.2.4 Batimetri	79
3.2.5 Arus	80
3.2.6 Pemodelan <i>software</i> Simulasi numerik.....	81
3.2.6.1 Digitasi <i>Land Boundary</i>	81
3.2.6.2 <i>Meshing Grid</i>	81
3.2.6.3 Kondisi Batas Lingkungan	82
3.2.6.4 Simulasi Pemodelan Hidrodinamika (<i>Hydrodynamic Module</i>).....	82
3.2.6.5 Validasi Hasil Simulasi	82
3.2.6.6 Pola Arus Sebelum Adanya Groin Eksisting	82
3.2.6.7 Pola Arus Sesudah Adanya Groin Eksisting	83
3.2.7 Perbandingan Pola Arus Sebelum dan Sesudah Adanya Groin Eksisting	83
3.2.8 Pemodelan Gelombang	83
3.2.8.1 Tinggi Gelombang Sebelum Adanya Groin Eksisting	83
3.2.8.2 Tinggi Gelombang Sesudah Adanya Groin Eksisting	84
3.2.8.3 Perbandingan Tinggi Gelombang Sebelum dan Sesudah Adanya Groin Eksisting	85
3.2.9 Pemodelan Transport Sedimen	85
3.2.9.1 Pemodelan Transport Sedimen	85
3.2.10 Pemodelan <i>software</i> Simulasi numerik.....	86
3.2.10.1 Digitasi <i>Land Boundary</i>	86
3.2.10.2 <i>Meshing Grid</i>	86
3.2.10.3 Kondisi Batas Lingkungan	86
3.2.10.4 Simulasi Pemodelan Hidrodinamika (<i>Hydrodynamic Module</i>).....	87
3.2.10.5 Validasi Hasil Simulasi	87

3.2.10.6 Pola Arus Sebelum Adanya Groin Eksisting	87
3.2.6.7 Pola Arus Sesudah Adanya Groin Eksisting	88
3.2.11 Perbandingan Pola Arus Sebelum dan Sesudah Adanya Groin Eksisting	88
3.2.12 Pemodelan Gelombang	88
3.2.12.1 Tinggi Gelombang Sebelum Adanya Groin Eksisting	88
3.2.12.2 Tinggi Gelombang Sesudah Adanya Groin Eksisting	89
3.2.12.3 Perbandingan Tinggi Gelombang Sebelum dan Sesudah Adanya Groin Eksisting	89
3.2.13 Pemodelan Transport Sedimen	90
3.2.13.1 Pemodelan Transport Sedimen	90
BAB IV. KESIMPULAN	91
4.1 Kesimpulan	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	93

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Ukuran besar Butir untuk Sedimen Menurut Wentworth	6
2 Sumber data dan penggunaannya.....	24
3 Konstanta Harmonis Pasang Surut Pantai Topejawa Takalar	28
4 Analisis Gelombang kala Ulang di Lokasi Studi	29
5 Data Pengukuran Arus di Lapangan	30
6 Koordinat Titik Tinjauan Kecepatan Arus Lokasi Penelitian.....	35
7 Titik Tinjauan Kecepatan Arus.....	36
8 Titik Tinjauan Kecepatan Arus.....	39
9 Perbandingan kecepatan arus	41
10 Koordinat Titik Tinjauan Tinggi Gelombang	42
11 Titik Tinjauan Tinggi Gelombang Arah Selatan	43
12 Titik Tinjauan Tinggi Gelombang Arah Barat.....	43
13 Titik Tinjauan Tinggi Gelombang Arah Selatan	46
14 Titik Tinjauan Tinggi Gelombang Arah Barat.....	46
15 Perbandingan Tinggi Gelombang Arah Selatan.....	50
16 Perbandingan Tinggi Gelombang Arah Barat	51
17 Koordinat garis tinjau <i>bed level</i> dalam satuan Decimal Degree	51
18 Tinjauan perubahan rata-rata <i>bed level</i>	54
19 Koordinat Titik Tinjauan Kecepatan Arus Lokasi Penelitian.....	59
20 Titik Tinjauan Kecepatan Arus.....	60
21 Titik Tinjauan Kecepatan Arus.....	63
22 Perbandingan kecepatan arus	65
23 Koordinat Titik Tinjauan Tinggi Gelombang	66
24 Titik Tinjauan Tinggi Gelombang Arah Selatan	67
25 Titik Tinjauan Tinggi Gelombang Arah Barat.....	67
26 Titik Tinjauan Tinggi Gelombang Arah Selatan	70
27 Titik Tinjauan Tinggi Gelombang Arah Barat.....	70
28 Perbandingan Tinggi Gelombang Arah Selatan.....	74
29 Perbandingan Tinggi Gelombang Arah Barat	75
30 Koordinat garis tinjau <i>bed level</i> dalam satuan Decimal Degree	75
31 Tinjauan perubahan rata-rata <i>bed level</i>	78
32 Kondisi Batas <i>Hydrodynamic Module</i>	82
33 Kondisi Batas <i>Hydrodynamic Module</i>	82
34 Kondisi Batas <i>Hydrodynamic Module</i>	86
35 Kondisi Batas <i>Hydrodynamic Module</i>	87

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1 Peta Kemunduran Garis Pantai Pesisir Topejawa	3
2 Defenisi dan batasan pantai	4
3 Tipe profil pantai.....	5
4 Kecepatan endap butir kwarsa berbentuk bola	7
5 Tiga cara sedimen diangkut.....	8
6 Pengaruh diameter partikel terhadap faktor flokulasi	9
7 Pengaruh tegangan geser terhadap gerak sedimen dasar	10
8 Awal gerak sedimen karena pengaruh gelombang	11
9 Tegangan kritik erosi fungsi rapat masa endapan	12
10 Tipe Pasang Surut	13
11 Pola Gerak Pasang Surut Harian Tunggal.....	13
12 Pola Gerak Pasang Surut Condong ke Harian Ganda	14
13 Pola Gerak Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda	14
14 Pola Gerak Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal	15
15 Windrose 8 arah mata angin dari tahun 1990-2009	16
16 Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat	17
17 Contoh perhitungan fetch.....	18
18 Nomogram peramalan gelombang	18
19 Ilustrasi <i>unstructured triangular mesh</i> dengan cell-centered Node • : H, z, w,D, s, q, q2, q2l, Am, Kh; Centroid × : u, v	19
20 Prinsip bentuk mesh pada kasus 2D/3D.....	20
21 Ilustrasi perbedaan bentuk grid vertikal pada koordinat sigma dan kombinasi koordinat sigma dan $-z$, konfigurasi dengan koordinat sigma dapat mempresentasikan batimetri.....	20
22 Konfigurasi desain pesisir pada sistem <i>grid</i> teratur (POM) dan sistem <i>grid</i> segitiga tidak teratur (FVCOM).....	21
23 Ilustrasi perbedaan bentuk mesh pada penyelesaian numerik 2D, konfigurasi <i>unstructured triangular mesh</i> dapat mempresentasikan garis pantai	21
24 Lokasi Penelitian	23
25 Diagram Alir Penelitian.....	25
26 Menu Software Simulasi numerik	26
27 Proses Pemasangan Peilschaal (a) dan Pembuatan Peilschaal (b)	27
28 Grafik Muka Air Pantai Topejawa	27
29 Mawar Angin	28
30 Mawar Gelombang.....	29
31 Peta Batimetri daerah Penelitian	30
32 <i>Land Boundary</i> pemodelan.....	31
33 Meshing pada daerah pemodelan	32
34 Kontur Kedalaman daerah pemodelan	32
35 Kondisi Batas Pemodelan <i>Hydrodynamic Module</i>	33
36 Hasil simulasi pola dalam bentuk vektor.....	33
37 Perbandingan Pasang surut pengamatan langsung dan simulasi Menggunakan Mike 21.....	34
38 Perbandingan kecepatan pengukuran dan simulasi.....	34
39 <i>Time Step</i> pengamatan hasil simulasi	35
40 Titik tinjauan kecepatan arus	36
41 Pola arus pada saat surut terendah.....	37

42 Pola arus pada saat pasang tertinggi	37
43 <i>Time Step</i> pengamatan hasil simulasi	38
44 Titik tinjauan kecepatan arus	38
45 Pola arus pada saat surut terendah	39
46 Pola arus pada saat pasang tertinggi	40
47 Pola Arus Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Surut Terendah	40
48 Pola Arus Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Pasang Tertinggi	41
49 <i>Time Step</i> pengamatan hasil simulasi	42
50 Titik tinjauan tinggi gelombang.....	42
51 Tinggi gelombang pada saat surut terendah arah selatan	43
52 Tinggi gelombang pada saat surut terendah arah barat	44
53 Tinggi gelombang pada saat pasang tertinggi arah selatan	44
54 Tinggi gelombang pada saat pasang tertinggi arah Barat	45
55 <i>Time Step</i> pengamatan hasil simulasi	45
56 Titik tinjauan tinggi gelombang.....	46
57 Tinggi gelombang pada saat surut terendah arah selatan	47
58 Tinggi gelombang pada saat surut terendah arah barat	47
59 Tinggi gelombang pada saat pasang tertinggi arah selatan	48
60 Tinggi gelombang pada saat pasang tertinggi arah barat	48
61 Tinggi Gelombang Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Surut Terendah Arah Datang Gelombang dari Selatan.....	49
62 Tinggi Gelombang Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Surut Terendah Arah Datang Gelombang dari barat.....	49
63 Tinggi Gelombang Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Pasang Tertinggi Arah Datang Gelombang dari selatan	50
64 Tinggi Gelombang Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Pasang Tertinggi Arah Datang Gelombang dari selatan	50
65 Letak garis tinjauan perubahan morfologi dasar pantai Topejawa.....	52
66 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 1	52
67 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 2	53
68 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 3	53
69 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 4	54
70 <i>Land Boundary</i> Pemodelan	55
71 Meshing Pada Daerah Pemodelan	56
72 Kontur Kedalaman Daerah Pemodelan	56
73 Kondisi Batas Pemodelan <i>Hydrodynamic Module</i>	57
74 Hasil simulasi pola dalam bentuk vektor.....	57
75 Perbandingan Pasang surut pengamatan langsung dan simulasi Menggunakan Mike 21.....	58
76 Perbandingan kecepatan pengukuran dan simulasi.....	58
77 <i>Time Step</i> pengamatan hasil simulasi	59
78 Titik tinjauan kecepatan arus	60
79 Pola arus pada saat surut terendah.....	61
80 Pola arus pada saat pasang tertinggi	61
81 <i>Time Step</i> pengamatan hasil simulasi	62
82 Titik tinjauan kecepatan arus	62
83 Pola arus pada saat surut terendah	63
84 Pola arus pada saat pasang tertinggi	64
85 Pola Arus Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Surut Terendah	64
86 Pola Arus Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Pasang Tertinggi.....	65
87 <i>Time Step</i> pengamatan hasil simulasi	66
88 Titik tinjauan tinggi gelombang.....	66

89 Tinggi gelombang pada saat surut terendah arah selatan	67
90 Tinggi gelombang pada saat surut terendah arah barat	68
91 Tinggi gelombang pada saat pasang tertinggi arah selatan	68
92 Tinggi gelombang pada saat pasang tertinggi arah Barat	69
93 Time Step pengamatan hasil simulasi	69
94 Titik tinjauan tinggi gelombang.....	70
95 Tinggi gelombang pada saat surut terendah arah selatan	71
96 Tinggi gelombang pada saat surut terendah arah barat.....	71
97 Tinggi gelombang pada saat pasang tertinggi arah selatan	72
98 Tinggi gelombang pada saat pasang tertinggi arah barat	72
99 Tinggi Gelombang Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Surut Terendah Arah Datang Gelombang dari Selatan.....	73
100 Tinggi Gelombang Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Surut Terendah Arah Datang Gelombang dari barat.....	73
101 Tinggi Gelombang Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Pasang Tertinggi Arah Datang Gelombang dari selatan.....	74
102 Tinggi Gelombang Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Pasang Tertinggi Arah Datang Gelombang dari selatan.....	74
103 Letak garis tinjauan perubahan morfologi dasar pantai Topejawa	76
104 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 1	76
105 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 2	77
106 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 3	77
107 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 4	78
108 Dokumentasi Proses Perakitan (a) dan Pengambilan Data Batimetri (b).....	80
109 Dokumentasi Alat pengukur arus (a) dan Pengambilan Data Arus (b)	81

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
Lampiran 1 Layout Goin	94
Lampiran 2 Peta Kemunduran Garis Pantai	100
Lampiran 3 Peta Lokasi Penelitian	101

BAB I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan (*archipelago state*) terbesar di dunia dengan jumlah pulau yang tercatat saat ini kurang lebih sebanyak 17,000 pulau dan juga menjadi negara dengan garis pantai terpanjang kedua setelah Kanada dengan panjang garis pantai mencapai 99,083 kilometer. Garis pantai dapat didefinisikan sebagai garis batas pertemuan antara daratan dan lautan, sementara pengertian dari wilayah pesisir berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor: KEP.10/MEN/2002 tentang Pedoman Umum Perencanaan Pengelolaan Pesisir Terpadu, wilayah pesisir didefinisikan sebagai wilayah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang saling berinteraksi, dimana ke arah laut 12 mil dari garis pantai untuk provinsi dan sepertiga dari wilayah laut itu (kewenangan provinsi) untuk kabupaten/kota dan ke arah darat batas administrasi kabupaten/kota. Wilayah pesisir seperti sungai merupakan lingkungan yang dinamis, unik dan rentan terhadap perubahan lingkungan. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap lingkungan pesisir antara lain adalah aktifitas di daratan, pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, peningkatan permintaan akan ruang dan sumberdaya serta dinamika pantai memiliki banyak permasalahan. Berbagai macam aktivitas manusia yang dilakukan baik di daratan maupun di lautan mendorong terjadinya perubahan lingkungan di wilayah pesisir.

Pantai merupakan suatu kawasan pesisir yang memiliki kemampuan untuk menyerap energi gelombang laut yang datang dari laut dalam menuju pantai. Pantai berfungsi sebagai *buffer* atau penghalang, melindungi tebing laut dan konstruksi bangunan di sepanjang pantai seperti pemukiman masyarakat dari serangan gelombang. Kehilangan asupan sedimen dalam waktu yang panjang akan berdampak pantai tidak mampu berfungsi sebagai *buffer* dan tentunya akan menyebabkan kerentanan pada suatu kawasan pantai (Febriansyah et al. 2012). Salah satu indikator yang menunjukkan adanya tekanan terhadap suatu kawasan pantai adalah perubahan garis pantai yang ditandai dengan proses abrasi maupun sedimentasi (Siswanto et al. 2010). Kumar (2010) mendefinisikan kerentanan sebagai suatu faktor resiko internal dari objek atau sistem yang terekspos suatu bahaya sehubungan dengan kecenderungannya yang mudah dipengaruhi atau rentan terhadap kerusakan. Menurut Kaiser (2007) kerentanan pantai merupakan suatu kondisi yang menggambarkan keadaan yang mudah mendapatkan pengaruh (*susceptibility*) dari faktor alami maupun faktor aktivitas manusia. Faktor-faktor alami yang dapat mempengaruhi tingkat kerentanan suatu pantai yaitu geomorfologi pantai, pasang surut, tinggi gelombang laut, kemiringan pantai serta proses perubahan garis pantai yang ditunjukkan oleh fenomena abrasi dan sedimentasi (Gornitz 1991; Thieler & Hammar-Klose 2000). Analisis tingkat kerentanan pantai sangat perlu untuk dilakukan pada setiap kawasan pantai untuk mengetahui kondisi suatu kawasan pantai. Tingginya tingkat kerentanan suatu kawasan pantai tentunya akan berakibat pada turunnya produktivitas suatu kawasan pantai baik dari sisi ekologi, biologi maupun sosial ekonomi (Suhana, 2016).

Wilayah pesisir bersifat dinamis dan rentan terhadap terjadinya perubahan oleh pasang surut air laut, angin dan arus menyusur pantai (*longshore current*). Perubahan garis pantai dapat disebabkan oleh faktor alami maupun antropogenik (manusia). Faktor alami berupa sedimentasi, abrasi, pemadatan sedimen pantai, kenaikan muka laut dan kondisi geologi. Faktor manusia berupa pembuatan tanggul pantai, penggalian sedimen pantai, penimbunan pantai, pembabatan tumbuhan pelindung pantai, pembuatan kanal banjir dan pengaturan pola daerah aliran sungai (Sudarsono, 2011; dalam Darmiati, Nurjaya dan Atmadipoera, 2020). Abrasi adalah proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak, biasa disebut juga erosi pantai.

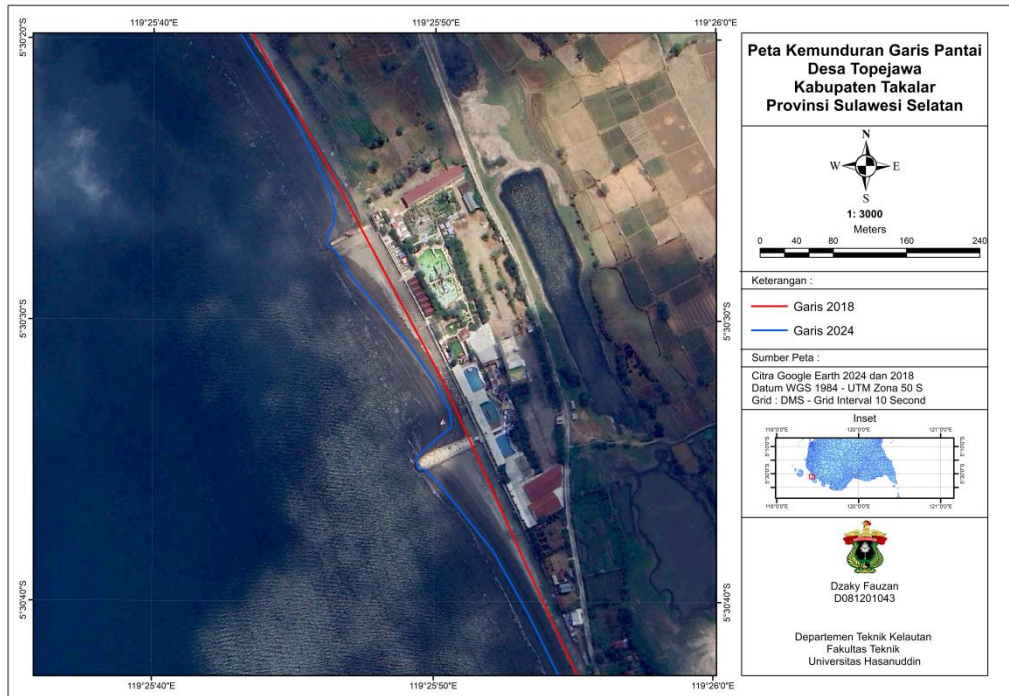
Sedangkan sedimentasi atau akresi adalah proses perkembangan gisik, gosong atau bura ke arah laut melalui pengendapan sedimen yang dibawa oleh hanyutan litoral (Setiyono, 1996; dalam Prasetyo, 2018).

Abrasi menjadi salah satu permasalahan bagi ekosistem maupun pemukiman di wilayah pesisir. Dampak dari abrasi adalah terjadinya kemunduran garis pantai yang dapat mengancam bangunan maupun ekosistem yang berada di belakang wilayah garis pantai. Kabupaten Takalar terletak di bagian barat Provinsi Sulawesi Selatan. Pesisir pantai Kabupaten Takalar berhadapan langsung dengan laut di Selat Makassar. Oleh sebab itu pesisir pantai ini sering mengalami permasalahan tersebut. Secara administrasi kabupaten Takalar adalah salah satu kabupaten yang terletak di Provinsi Sulawesi Selatan. Ibukota Kabupaten Takalar terletak di Pattalassang. Luas wilayah Takalar yaitu 566,51 km² dengan jumlah penduduk sebanyak 304,856 jiwa (BPS, 2021). Secara administratif, kabupaten ini terdiri dari 76 desa dan 24 kelurahan yang terletak di 10 kecamatan, yaitu: Kecamatan Mangarabombang, Mappakasunggu, Sanrobone, Polombangkeng Selatan, Pattalassang, Polombangkeng Utara, Galesong Selatan, Galesong, Galesong Utara dan Kepulauan Tanakaeke. Berdasarkan posisi geografis, Kabupaten Takalar memiliki batas-batas: di sebelah timur, berbatasan Kabupaten Gowa dan Jeneponto. Di sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Gowa, sedangkan di sebelah barat dan selatan dibatasi oleh Selat Makassar dan Laut Flores.

Data dari kajian Dokumen Resiko Bencana Nasional Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2022 – 2026 dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana menunjukkan bahwa Kabupaten Takalar merupakan daerah dengan resiko bencana abrasi dan gelombang ekstrim yang masuk dalam kategori kelas tinggi. Wilayah Pesisir Kabupaten Takalar saat ini mengalami kondisi yang mengkhawatirkan. Pantai Takalar menunjukkan bahwa 18 km dari total 56 km panjang pantai Takalar memiliki tingkat kerentanan pesisir yang sangat tinggi dan parameter yang paling mempengaruhi kerentanan pesisir Takalar tersebut adalah perubahan garis pantai.

Permasalahan pantai dapat menimbulkan kerugian atau dapat menimbulkan efek yang berlawanan apabila desain pembangunan dan perawatan tidak dilakukan dengan tepat. Pengetahuan mengenai proses pantai dan fungsi dari bangunan pantai merupakan kunci utama dalam perencanaan bangunan pantai dan kunci sukses dalam program pengamanan pantai yang berkesinambungan.

Permasalahan yang dimiliki oleh Desa Topejawa Kabupaten Takalar yaitu abrasi pantai, dimana sebagai Desa yang memiliki tempat wisata yang cukup terkenal di Sulawesi Selatan. Desa ini memiliki permasalahan lingkungan yang cukup serius dan mengancam keberadaan atau eksistensi dari wisata pantai Topejawa itu sendiri yang dapat dilihat pada Gambar 1, tindakan mitigasi yang telah dilakukan oleh salah satu pengelola wisata pantai Topejawa dengan membangun suatu dinding batu (*groin*) yang dibangun pada sekitaran pesisir pantai dengan tujuan agar kawasan pesisir pantai wilayah tersebut tetap bertahan, pembangunan groin dibangun pada tahun 2022 atas arahan dari pemerintah Kecamatan dan Desa, maka dibangunlah bangunan pelindung pantai berupa tumpukan batu sepanjang sekitar 70 meter tegak lurus ke arah laut untuk melindungi pantai wisata Topejawa dari tinggi gelombang yang besar sekaligus mencegah terangkutnya pasir dari daerah Topejawa keluar. Untuk itu, diperlukan adanya penelitian terkait analisis efektifitas groin terhadap abrasi pesisir pantai Topejawa terhadap masalah abrasi pantai dan memahami kondisi perairan sebelum dan sesudah adanya pembangunan pelindung pantai dengan melihat perubahan lingkungan, erosi serta sedimentasi pantai serta perubahan pola arus dan gelombang.



Gambar 1 Peta Kemunduran Garis Pantai Pesisir Topejawa

Sumber: Google Earth

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh groin eksisting terhadap pola arus yang terjadi di pesisir Pantai Topejawa?
2. Bagaimana pengaruh groin eksisting terhadap tinggi gelombang yang terjadi di pesisir Pantai Topejawa?
3. Bagaimana pengaruh groin eksisting terhadap pola sedimentasi yang terjadi di pesisir Pantai Topejawa?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Mengetahui pola arus yang terjadi di pesisir Pantai Topejawa sebelum dan sesudah adanya groin eksisting.
2. Mengetahui tinggi gelombang yang terjadi di pesisir Pantai Topejawa sebelum dan sesudah adanya groin eksisting.
3. Mengetahui pola sedimentasi yang terjadi di pesisir Pantai Topejawa sebelum dan sesudah adanya groin eksisting.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk pemodelan pola arus, gelombang dan pola sedimentasi.

2. Penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan bagi pihak-pihak atau lembaga pemerintahan yang menjadi pengawas atau pemantau pesisir pantai Topejawa.
3. Untuk menambah literatur keteknikan khususnya pada jurusan teknik kelautan mengenai simulasi dan pemodelan hidrodinamika.

1.5 Ruang Lingkup

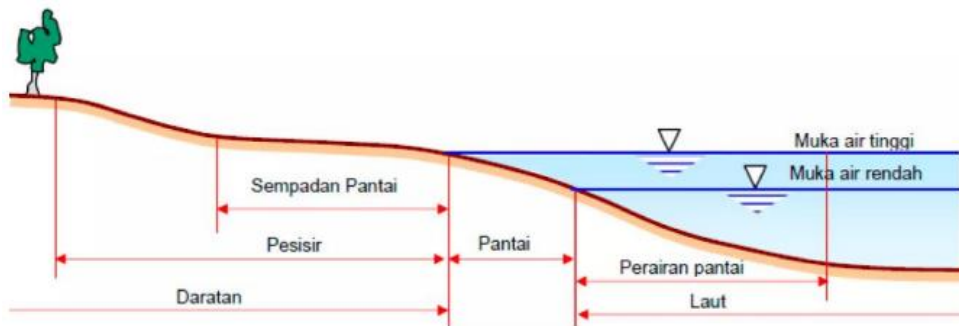
Karena banyak aspek yang tidak dapat diteliti pada penelitian tugas akhir ini, maka untuk memperjelas ruang lingkup penelitian diperlukan Batasan – Batasan sebagai berikut.

1. Daerah pemodelan hanya pada daerah sekitar perairan pesisir Pantai Topejawa yang sudah ditentukan.
2. Beberapa data pengimputan masih menggunakan data sekunder.
3. Pola arus yang dimodelkan adalah pasang surut.

1.6 Teori

1.6.1 Pantai

Pantai dapat diartikan sebagai suatu wilayah di mana wilayah daratan bertemu dengan wilayah lautan, selain itu, pantai juga merupakan daerah atau tempat di mana gaya-gaya yang berasal dari laut direaksikan ke daratan (CERC, 1984). Pantai merupakan batas antara daerah daratan dengan daerah lautan. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Sedangkan daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi di bawahnya (Triatmodjo, 2011).



Gambar 2 Defenisi dan batasan pantai

Sumber: Yuwono (1992)

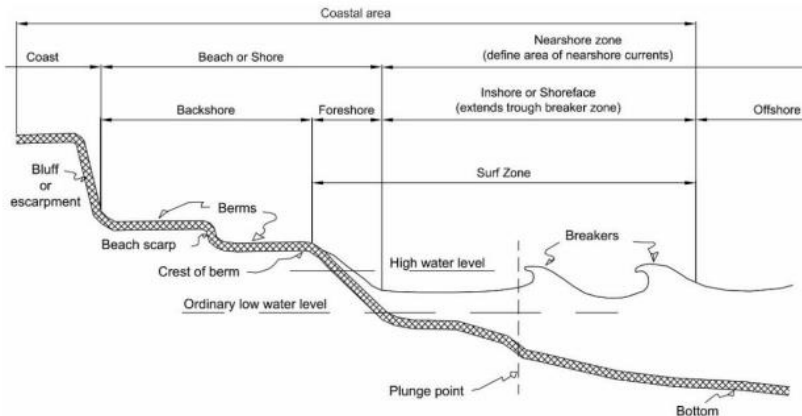
Berdasarkan gambar diatas dapat disimpulkan pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah, sedangkan pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang dipengaruhi oleh aktivitas laut. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dengan lautan. Perairan pantai adalah daerah perairan yang masih dipengaruhi oleh aktivitas daratan. Sempadan pantai adalah daerah sepanjang pantai yang diperuntukkan bagi pengamanan dan pelestarian pantai.

Menurut (Triatmodjo, 2011), morfologi pantai dan dasar laut dekat pantai akibat pengaruh terhadap gelombang dibagi menjadi empat kelompok yang berurutan dari darat ke laut sebagai berikut:

- Backshore merupakan bagian dari pantai yang tidak terendam air laut kecuali bila terjadi gelombang badai.

- Foreshore merupakan bagian pantai yang dibatasi oleh beach face atau muka pantai pada saat surut terendah hingga uprush pada saat air pasang tinggi.
- Inshore merupakan daerah dimana terjadinya gelombang pecah, memanjang dari surut terendah sampai ke garis gelombang pecah.
- Offshore yaitu bagian laut yang terjauh dari pantai (lepas pantai), yaitu daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut.

Adapun kelompok morfologi pantai dan dasar laut dapat dilihat pada Gambar 3..



Gambar 3 Tipe Profil Pantai

Sumber: (CERC, 1984)

Tipe pantai sangat berpengaruh terhadap kemudahan terjadinya pantai. Berikut ini diuraikan tentang tipe-tipe pantai yang ada di Indonesia berdasarkan tipe paparan (shelf) dan perairan (Pratikto Widi Agoes et al., 1997):

- Pantai Paparan, merupakan pantai dengan proses pengendapan yang dominan.
- Pantai Samudra, merupakan pantai di mana proses erosi lebih dominan.
- Pantai Pulau, merupakan pantai yang mengelilingi pulau kecil yang dibentuk oleh endapan sungai, batu gamping, endapan gunung berapi atau endapan lainnya.

1.6.2 Sedimen dan Material Sedimen

Sedimen adalah partikel yang diendapkan secara perlahan-lahan di dasar perairan, yang berasal dari pembongkaran batu-batuan dan potongan-potongan kulit (*shell*) serta sisa-sisa rangka dari organisme laut dan ukuran partikel partikel ini sangat ditentukan oleh sifat-sifat fisik sehingga mengakibatkan perbedaan sifat-sifat sedimen yang terdapat pada berbagai tempat di dunia. Selanjutnya, dikatakan bahwa sedimentasi terjadi apabila kekuatan arus atau gaya dari material transportasi mulai menurun, sehingga material-material yang tersuspensi mulai terendapkan. Kecepatan pengendapan suatu material sedimen tergantung dari gaya beratnya sehingga umumnya material yang mempunyai ukuran kasar akan diendapkan lebih cepat menyusul material yang lebih halus. (Hutabarat, 1984).

Sedimen di laut dikelompokkan berdasarkan ukuran, asal dan posisinya di laut. Umumnya semakin besar ukuran partikel maka semakin besar pula beratnya. Oleh karena itu air yang mengalir dengan kecepatan yang sangat lambat hanya dapat mengangkut material-material yang sangat halus. Sebaliknya sedimen yang memiliki ukuran yang lebih besar seperti kerikil dipindahkan hanya oleh air yang mengalir dengan cepat. Pasir cenderung mengendap lebih cepat sedangkan lanau dapat terangkut pada jarak yang cukup jauh sebelum diendapkan. Lempung yang ukurannya sangat halus akan tetap tersuspensi untuk jangka waktu tertentu dengan jarak yang cukup jauh (Nontji, 1993).

Proses erosi dan sedimentasi tergantung pada sedimen dasar dan pengaruh hidrodinamika gelombang dan arus. Jika dasar laut terdiri dari material yang mudah bergerak, maka arus dan gelombang akan mengerosi sedimen dan membawanya searah dengan arus. Apabila kecepatan arus berkurang maka arus tidak mampu mengangkut sedimen sehingga akan terjadi sedimentasi tersebut (Triatmodjo, 2016).

Material sedimen di pantai pada hakikatnya adalah material hasil pelapukan batuan di darat yang terbawa oleh aliran sungai menuju laut. Material itu kemudian akan mengendap pada suatu tempat yang tenang dan akhirnya akan terbentuk sand duns, delta, maupun membentuk garis pantai yang baru.

Sedimen di pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa oleh sungai, dan dari laut dalam yang terbawa arus ke daerah pantai (Triatmodjo, 2016).

Material sedimen terdiri atas beberapa jenis yang dikelompokkan berdasarkan ukuran diameter butirannya. Wentworth mengklasifikasikan sedimen pantai menjadi: lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral dan batu. Sedangkan *American Geophysical Union* membagi sedimen menjadi: batu, karakal, kerikil, pasir, lumpur dan lempung.

1.6.3 Sifat-sifat Sedimen

Sifat-sifat sedimen adalah faktor penting untuk mempelajari proses erosi dan sedimentasi, dimana kedua proses tersebut saling berhubungan dalam proses transport sedimen. Sifat-sifat sedimen yang dimaksud antara lain: ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, bentuk butiran, rapat massa dan kecepatan endap.

1. Ukuran Partikel dan Distribusi Butir Sedimen

Ukuran partikel merupakan bagian partikel yang penting dalam menganalisis tekstur dalam batuan sedimen karena ukuran suatu partikel dapat menggambarkan keberadaan partikel dari jenis yang berbeda, daya tahan (*resistensi*) partikel terhadap proses pelapukan (*weathering*), erosi atau abrasi dan proses pengangkutan dan pengendapan material (Baharuddin, 2006)

Sedimentasi merupakan proses pembentukan atau pengendapan sedimen. Sedimentasi di pantai timbul karena adanya sedimen yang mengendap sehingga dapat juga mengakibatkan perubahan bentuk garis pantai. Sedimen pantai sendiri bisa berasal dari erosi.

Sedimen diklasifikasikan menurut ukuran diameternya sistem klasifikasi menurut Wentworth menentukan bahwa partikel terbesar adalah batu dengan diameter 56 mm atau 8 dalam satuan phi, sedangkan material terkecil adalah lempung sangat halus dengan diameter partikel 0,0005 0.0003 mm atau 11 sampai 12 dalam satuan phi. Dapat dilihat pada Tabel 1 klasifikasi ukuran butir dan sedimen.

Tabel 1 Ukuran besar Butir untuk Sedimen Menurut Wentworth

Fraksi sedimen	Nama Partikel	Diameter Partikel (mm)
	Bongkahan(<i>Boulders</i>)	>256
Batu (<i>Gravel</i>)	Kerakal (<i>coble</i>)	64-256
	Kerikil (<i>Peble</i>)	4-64
	Butiran (<i>Granule</i>)	2-4
Pasir (<i>Sand</i>)	Pasir sangat kasar (<i>Very coarse sand</i>)	1-2
	Pasir kasar (<i>Coarse sand</i>)	0.5-1
	Pasir sedang (<i>Medium sand</i>)	0.25-0.5

	Pasir halus (<i>Fine sand</i>)	0.125-0.25
	Pasir sangat halus (<i>Very fine sand</i>)	0.0625-0.125
Lanau (<i>silt</i>)	Lumpur kasar (<i>Coarse silt</i>)	0.03125-0.125
	Lumpur sedang (<i>Medium silt</i>)	0.015625-0.03125
	Lumpur halus (<i>Fine silt</i>)	0.0078125-0.015625
	Lumpur sangat halus (<i>Very fine silt</i>)	0.00390625-0.0078125
Lumpur (<i>Mud</i>)	Lempung (<i>clay</i>)	<0.00390625

Sumber: (Hutabarat, 1984)

Kecepatan pengendapan material sedimen juga dipengaruhi oleh gaya beratnya sehingga material yang mempunyai ukuran kasar umumnya akan diendapkan lebih cepat menyusul material yang halus.

2. Rapat Massa (ρ)

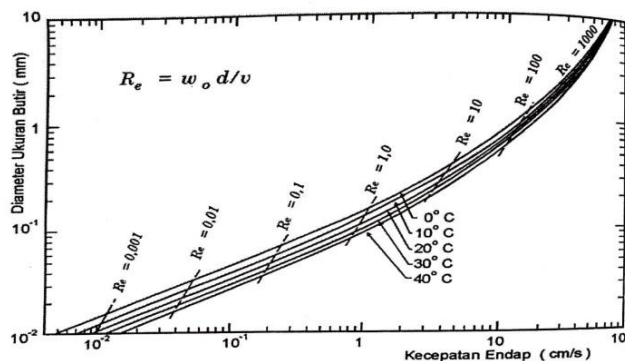
Rapat massa adalah massa persatuan volume. Rumus $\gamma = \rho \times g$ menunjukkan hubungan antara berat jenis (γ) dengan rapat massa (ρ). Rapat massa atau berat sedimen merupakan fungsi dari komposisi mineral. Untuk sedimen kohesif rapat massa sedimen tergantung pada konsentrasi endapan. Konsentrasi endapan ini dipengaruhi oleh waktu konsolidasi.

3. Kecepatan Endap (*Settling Velocity*)

Kecepatan endap butir sedimen juga penting di dalam mempelajari mekanisme transport sedimen, terutama untuk sedimen suspensi. Untuk sedimen non kohesif, seperti pasir, kecepatan endap dapat dihitung dengan rumus Stokes yang tergantung pada rapat massa sedimen dan air, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel sedimen. Gambar 4 menunjukkan kecepatan endap butir kwarsa berbentuk bola di air sebagai fungsi ukuran butir dan temperature air (Bonnefille R, 1980). Dalam gambar tersebut R_w adalah angka Reynolds butiran yang berbentuk :

$$R_w = \frac{W D}{\nu} \quad (1)$$

Dengan D adalah diameter butir, W adalah kecepatan endap dan ν adalah kekentalan kinematic air.



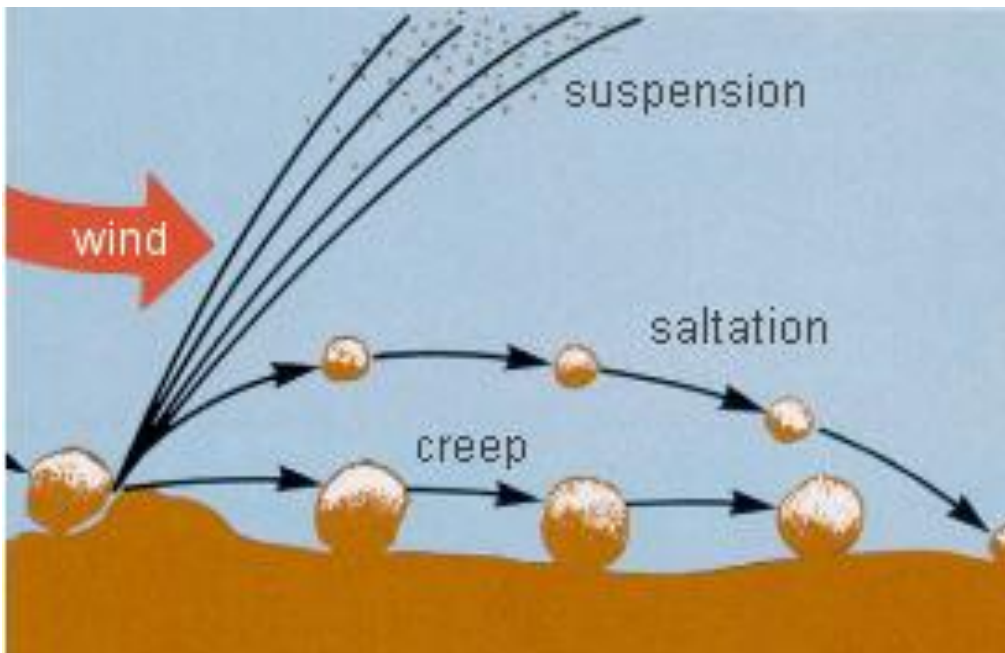
Gambar 4 Kecepatan endap butir kwarsa berbentuk bola

Sumber: (Triatmodjo, 2016)

1.6.4 Mekanisme Transport Sedimen Oleh Gelombang

Transport sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Sedimen material yang mengalami transportasi merupakan material hasil erosi batuan, endapan sepanjang

pantai maupun material yang berasal dari sungai yang bermuara di kawasan pantai tersebut dan merupakan sumber utama sedimen pantai (Komar, 1976). Sedimen di angkut dengan tiga cara yaitu: Sedimen di angkut dengan tiga cara yaitu: (1). suspensi, umumnya terjadi pada sedimen-sedimen yang sangat kecil ukurannya (seperti lempung) sehingga mampu diangkut oleh aliran air atau angin; (2) *bed load*, terjadi pada sedimen yang relatif lebih besar (seperti pasir, kerikil, kerakal, bongkah) sehingga gaya yang ada pada aliran yang bergerak dapat berfungsi memindahkan pertikel-partikel yang besar di dasar; (3) saltasi yang dalam bahasa latin artinya meloncat, terjadi pada sedimen berukuran pasir dimana aliran fluida yang ada mampu menghisap dan mengangkut sedimen pasir sampai akhirnya karena gaya gravitasi yang ada mampu mengembalikan sedimen pasir tersebut ke dasar (Komar, 1976). Tiga cara sedimen diangkut dapat digambarkan sesuai:

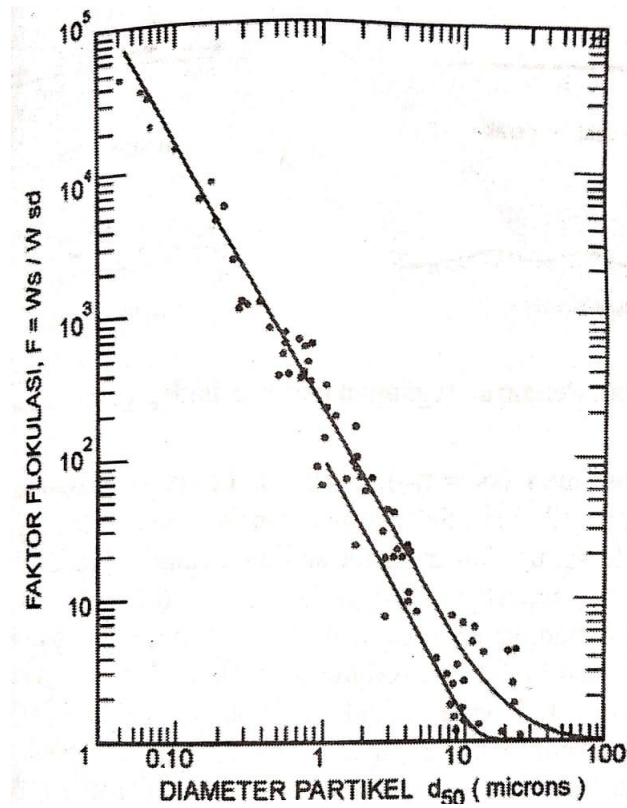


Gambar 5 Tiga cara sedimen diangkut

Sumber: (Himpunan Mahasiswa Geologi Universitas Padjajaran, 2010)

Pada tranpor sedimen, kecepatan partikel air di dekat dasar (u_b) dinyatakan dalam bentuk tegangan geser dasar (τ_b). Hubungan antara tegangan geser dasar dan kecepatan partikel air dinyatakan dalam bentuk:

$$\tau_b = \rho u_*^2 \quad (2)$$



Gambar 6 Pengaruh diameter partikel terhadap faktor flokulasi
Sumber: (Triatmodjo, 2016)

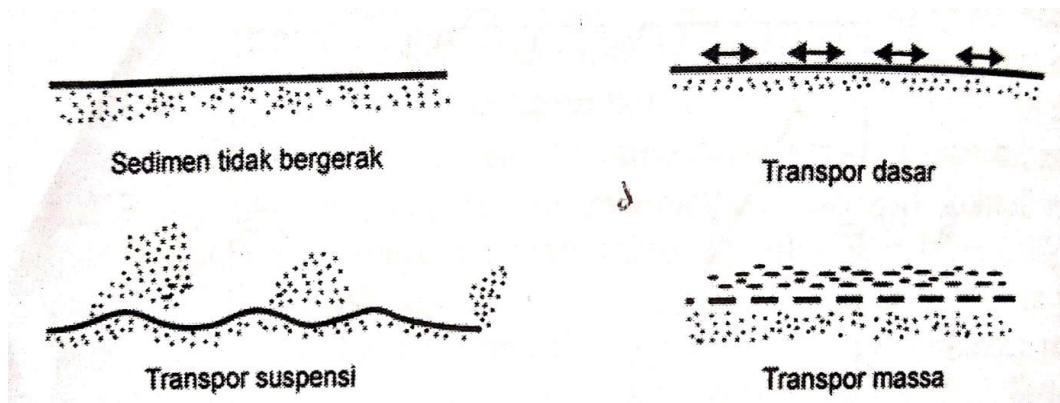
dengan :

$$u_* = \sqrt{\frac{f}{2}} u_b \quad (3)$$

Dimana ρ adalah rapat massa air, u_* adalah kecepatan geser dan f adalah faktor gesekan. Kecepatan partikel air di dekat dasar atau yang dinyatakan dalam bentuk tegangan geser tersebut berusaha untuk menarik sedimen dasar. Sementara itu sedimen dasar memberikan tahanan yang dinyatakan dalam bentuk kecepatan kritik erosi u_{bc} atau tegangan kritik erosi τ_{ce} . Kedua parameter tersebut (u_{bc} dan τ_{ce}) tergantung pada sifat sedimen dasar seperti diameter, bentuk dan rapat massa sedimen untuk sedimen non kohesif (pasir) dan kohesifitas antara partikel untuk sedimen kohesif (lumpur, lempung).

Apabila kecepatan di dekat dasar sangat kecil, yang berarti juga tegangan geser dasar, partikel sedimen tidak bergerak ($\tau_b < \tau_{ce}$) Gambar 7.a. Selanjutnya apabila kecepatan bertambah (juga tegangan geser dasar τ_b) sampai pada suatu kecepatan tertentu beberapa butiran mulai bergerak, yang disebut dengan awal gerak sedimen ($\tau_b = \tau_{ce}$). Sedimen bergerak maju-mundur dengan gerak partikel air. Selanjutnya kenaikan kecepatan dapat mem cepat gerak tersebut, dan transpor sedimen yang terjadi disebut transpor dasar (*bed load*) seperti terlihat pada Gambar 7.b ($\tau_b > \tau_{ce}$). Dengan semakin bertambahnya kecepatan di dekat dasar, gerak partikel sedimen semakin kuat dan kemudian sedimen membentuk *ripple*, yaitu dasar laut bergelombang kecil dengan puncaknya tegak lurus arah gelombang. Ukuran *ripple* tergantung pada amplitudo dan

periode dari gerak air di dekat dasar, ukuran butiran dan rapat massa material dasar (Lesht, 1989). Dengan terbentuknya *ripple* akan meningkatkan turbulensi, dan partikel sedimen akan terangkat dalam bentuk suspensi Gambar 7.c. Transpor sedimen dalam bentuk suspensi di atas dasar disebut transpor sedimen suspensi. Apabila gerak air semakin kuat, *ripple* akan menghilang dan terjadi transpor massa Gambar 7.d di mana suatu lapis dengan tebal tertentu terangkat dalam bentuk transpor sedimen dasar dan suspensi.



Gambar 7 Pengaruh tegangan geser terhadap gerak sedimen dasar
Sumber: (Triatmodjo, 2016)

1.6.5 Awal Gerak Sedimen

Pada awal gerak sedimen, gaya yang ditimbulkan oleh aliran air adalah seimbang dengan gaya hambatan dari sedimen dasar. Dipandang suatu partikel berbentuk bola dengan diameter D dan rapat massa ρ_s . Berat partikel W di dalam air adalah:

$$W = \frac{\pi}{6} D^3 (\rho_s - \rho) g \quad (4)$$

Dengan ρ adalah rapat massa air dan g adalah percepatan gravitasi. Apabila f adalah koefisien gesekan, maka gaya hambatan dari partikel adalah:

$$F_h = fW = f \frac{\pi}{6} D^3 (\rho_s - \rho) g \quad (5)$$

Gaya yang ditimbulkan oleh aliran pada butir dengan luas tampang

$$F_t = \frac{\pi D^2}{4} \tau_b = \frac{\pi D^2}{4} \rho u_*^2 \quad (6)$$

Didefinisikan angka reynolds bintang dari butiran yang berbentuk

$$Re_* = \frac{u_* D}{\nu} \quad (7)$$

atau

$$D = \frac{\nu Re_*}{u_*} \quad (8)$$

Substitusi nilai D di atas ke dalam Persamaan (6) maka:

$$F_t = \frac{\pi}{4} \frac{\nu^2 Re_*^2}{u_*^2} \rho u_*^2$$

$$F_t = \frac{\pi}{4} \rho v^2 R e_*^2 \quad (9)$$

Dengan menyamakan Persamaan (5) dan (9) maka:

$$\frac{\pi}{6} (\rho_s - \rho) f g D^3 = \frac{\pi}{4} \rho v^2 R e_*^2$$

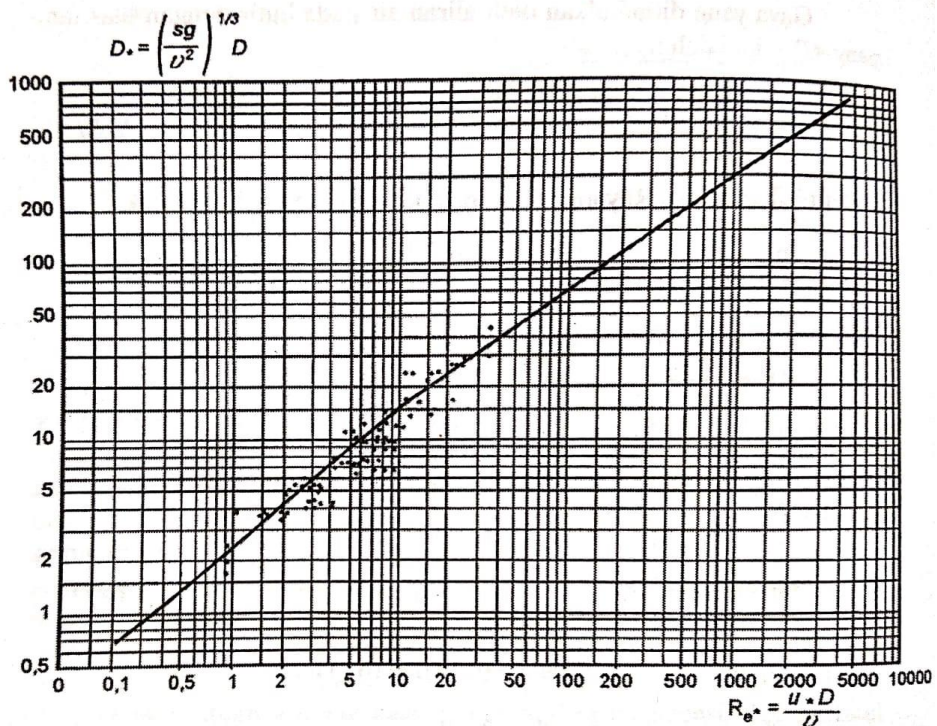
$$R e_*^2 = \frac{2 (\rho_s - \rho) f g}{3 \rho v^2} D^3 = \frac{2 s f g}{3 v^2} D^3$$

$$R e_*^2 = \frac{2}{3} f D_*^3 \quad (10)$$

Dengan $s = \frac{\rho_s - \rho}{\rho}$ dan $D_* = \left(\frac{s g}{v^2} \right)^{1/3} D$

Koefisien gesekan f tergantung pada sifat sedimen dsar seperti diameter, bentuk, rapat relative, dan gradasi butri. Dari percobaan yang telah dilakukan mengenai pengaruh gelombang terhadap awal gerak sedimen non kohesif, diperoleh hubungan antara D_* dan $R e_*$ seperti ditunjukkan dalam Gambar 8.

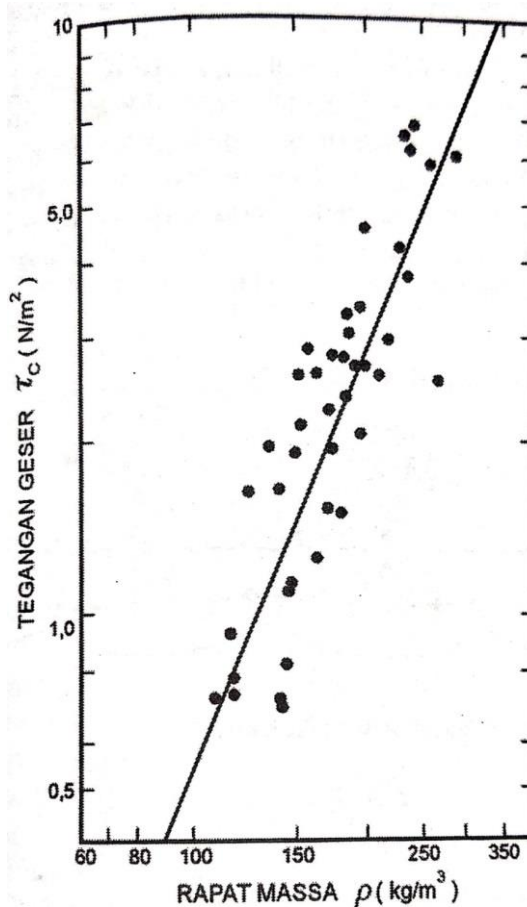
Untuk sedimen kohesif, parameter penting di dalam menentukan awal gerak sedimen adalah konsentrasi/rapat massa dari endapan dasar. Awal gerak sedimen kohesif dinyatakan dalam bentuk tegangan kritik erosi τ_{ce} .



Gambar 8 Awal gerak sedimen karena pengaruh gelombang

Sumber: (Triatmodjo, 2016)

Sedimen dasar mulai bergerak a pabila tegangan geser dasar yang ditimbulkan oleh aliran/gelombang sama dengan tegangan kritik erosi. Gambar 9 menunjukkan tegangan kritik erosi sebagai fungsi rapat massa endapan.



Gambar 9 Tegangan kritis erosi fungsi rapat masa endapan
 Sumber: (Triatmodjo, 2016)

1.6.6 Pola Arus

Arus adalah perpindahan massa air dari suatu tempat ke tempat lain, yang bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke daerah bertekanan udara rendah. Perbedaan tekanan udara tersebut disebabkan oleh hembusan angin yang ada di permukaan laut. Massa air laut adalah jumlah air laut yang dipengaruhi oleh parameter fisika laut seperti temperature, salinitas dan densitas. Arus laut (*sea current*) adalah gerakan massa air laut dari satu tempat ke tempat lain baik secara vertical maupun horizontal. Arus dapat dikelompokkan berdasarkan pembangkitnya sebagai berikut (Pond, 1983):

1. Angin

Dimana arus yang terjadi akibat faktor angin akan mempunyai kecepatan yang berbeda-beda sesuai dengan kedalamannya.

2. Arus Pasang Surut

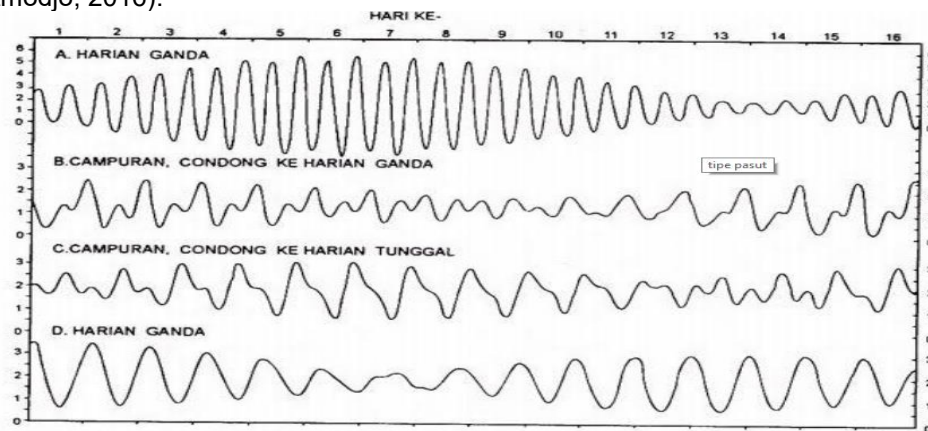
Disebabkan adanya gaya tarik menarik antara bumi dan benda-benda di angkasa. Gerakan arus pasang surut terjadi secara horizontal.

3. Turbulensi

Perpindahan massa air akibat turbulensi disebabkan oleh gesekan antar lapisan air.

1.6.7 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 vertikal antara elevasi muka air laut pada saat pasang tertinggi dengan elevasi muka air laut surut terendah. Sedangkan periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan 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 dapat dibagi menjadi 4 tipe (Triatmodjo, 2016).

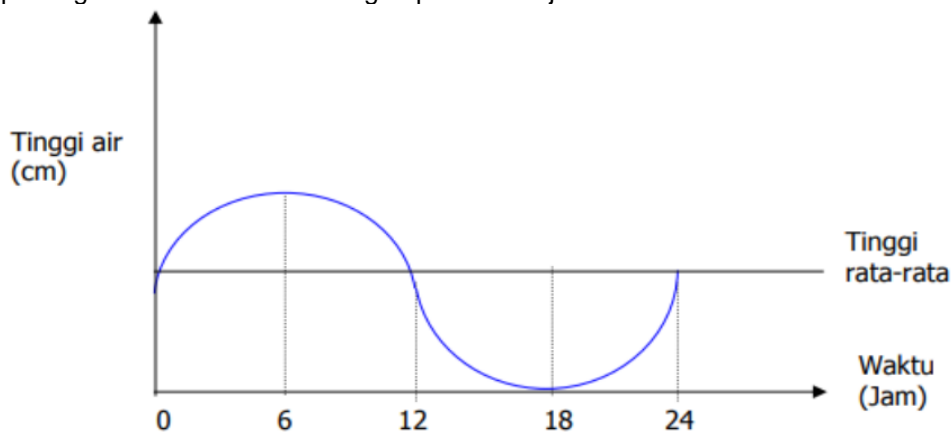


Gambar 10 Tipe Pasang Surut

Sumber: (Triatmodjo, 2016)

1. Pasang Surut Harian Tunggal (*diurnal tide*)

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

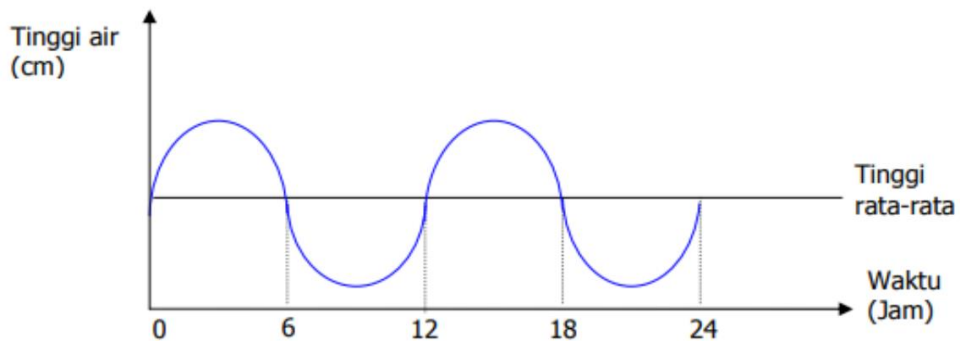


Gambar 11 Pola Gerak Pasang Surut Harian Tunggal

Sumber: (Ramdhan, 2011)

2. Pasang Surut Harian Ganda (*Semi diurnal tide*)

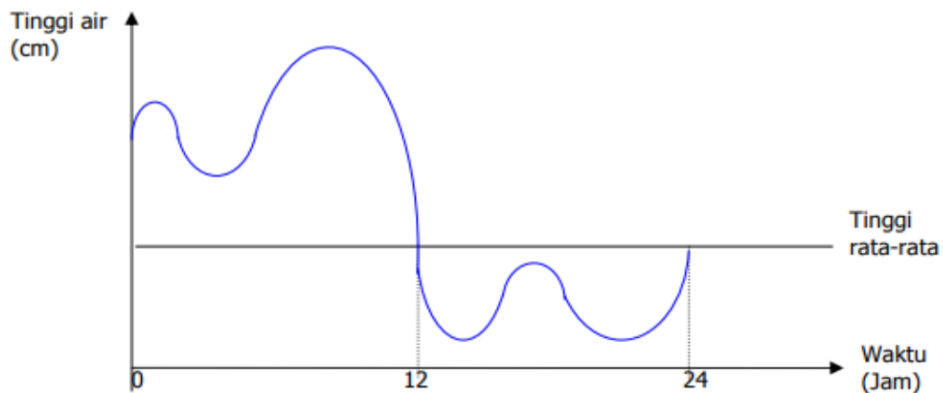
Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sama. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.



Gambar 12 Pola Gerak Pasang Surut Condong ke Harian Ganda
Sumber : (Ramdhan, 2011)

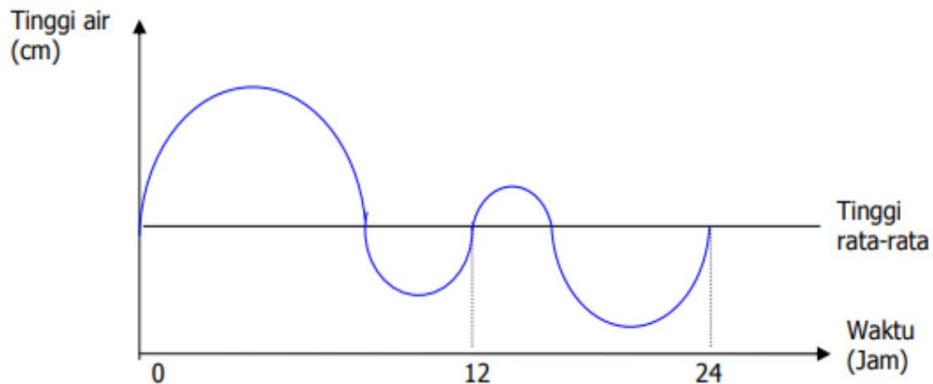
3. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*Mixed tide prevailing semidiurnal*)

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 13 Pola Gerak Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda
Sumber: (Ramdhan, 2011)

4. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*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 14 Pola Gerak Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal

Sumber: (Ramdhan, 2011)

1.6.8 Peramalan Gelombang Laut

Gelombang merupakan elemen utama yang berpengaruh dalam kegiatan penanganan pantai. Arah dan besaran gelombang datang merupakan hal yang sangat kompleks dimana masing-masing gelombang mempunyai sifat-sifat berbeda, sehingga gelombang harus dianalisis secara statistik. Analisis statistik gelombang diperlukan untuk mendapatkan beberapa karakteristik gelombang seperti gelombang representatif (H_s), probabilitas kejadian gelombang, dan gelombang ekstrim (gelombang dengan periode ulang tertentu) untuk menentukan kondisi dari suatu pantai. Seri data gelombang diperoleh dengan melakukan pengukuran gelombang secara *real time* melalui penempatan alat ukur gelombang di lepas pantai. Kegiatan tersebut memerlukan biaya yang besar dan durasi waktu yang cukup panjang. Sehubungan dengan kondisi tersebut, maka kegiatan peramalan gelombang dari data angin merupakan solusi yang paling tepat untuk mendapatkan hasil kajian yang sempurna (Putra, 2013).

1. Analisis angin Angin

Seperti yang terdapat dalam penelitian Herucakra (2010), adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan, yaitu dari daerah dengan tekanan udara tinggi ke daerah dengan tekanan udara rendah. Perbedaan tekanan ini terjadi akibat adanya perbedaan temperatur.

2. Distribusi kecepatan angin

Pengukuran angin umumnya dilakukan di daratan, oleh karena itu perlu dilakukan konversi sehingga pengukuran angin seolah-olah dilakukan di laut. Data angin yang dipakai adalah data angin yang diukur pada ketinggian 10 meter di atas permukaan bumi dengan alasan bahwa pada ketinggian tersebut terjadi keseimbangan satuan pengukuran (*stabilitas netral*), apabila angin tidak diukur pada ketinggian 10 meter maka perlu dilakukan koreksi dengan menggunakan koreksi sebagai berikut (Triatmojo, 1999):

$$U(10) = U(y) \left(\frac{10}{y} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (11)$$

Dengan ketentuan

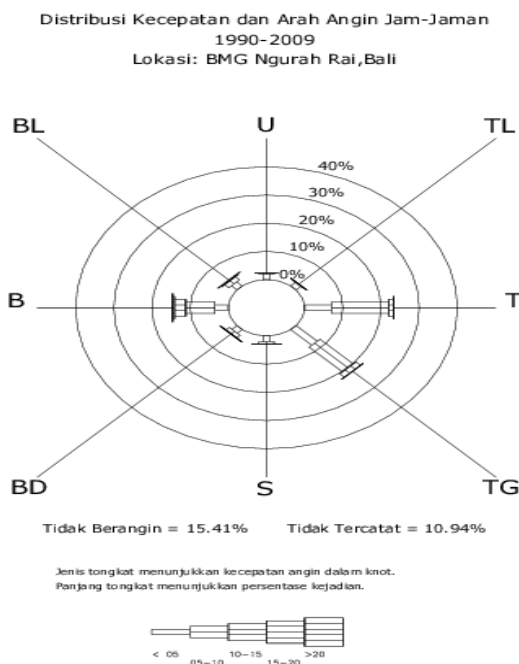
U = kecepatan angin.

$U(10)$ = kecepatan angin pada ketinggian 10 meter.

Y = elevasi terhadap tinggi muka air dengan nilai y lebih kecil dari 20 meter

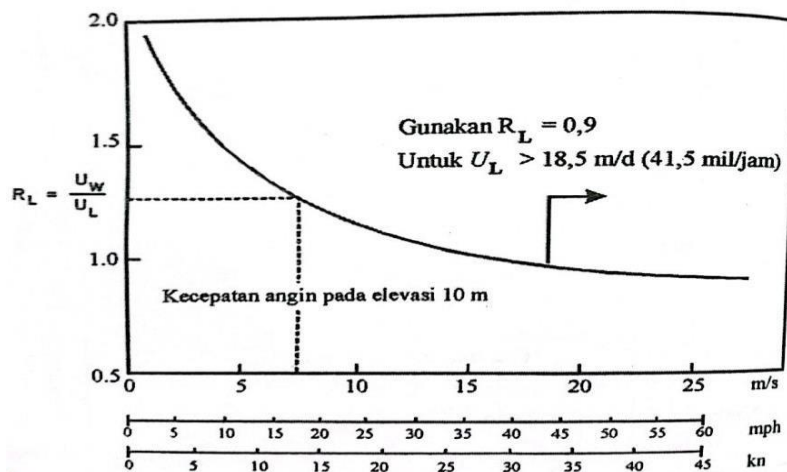
3. Konversi kecepatan angin

Data angin dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut (menggunakan kapal yang sedang berlayar) atau pengukuran di darat (di lapangan terbang) di dekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin laut. Kecepatan angin diukur dengan anemometer, dan biasanya dinyatakan dalam satuan knot. Satuan knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui khatulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/h} = 0,5 \text{ m/dtk}$. Data angin dicatat tiap jam dan biasanya disajikan dalam bentuk tabel. Dengan pencatatan angin jam-jaman tersebut dapat diketahui angin dengan kecepatan tertentu dan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin dan dapat pula dihitung kecepatan angin rerata harian. Data angin yang diperlukan merupakan hasil pengamatan beberapa tahun yang disajikan dalam bentuk tabel dengan jumlah data yang sangat besar. Kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk diagram yang disebut dengan mawar angin. Gambar 15 adalah contoh mawar angin yang dibuat berdasarkan pengolahan data angin yang tercatat oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang terdapat di sekitar daerah pantai yang direncanakan.



Gambar 15 Windrose 8 arah mata angin dari tahun 1990-2009
(Sumber: Hidayah, dkk., 2012).

Gambar tersebut menunjukkan presentase kejadian angin dengan kecepatan tertentu dari berbagai arah dalam periode waktu pencatatan. Dalam gambar tersebut garis-garis radial adalah arah angin dan tiap lingkaran menunjukkan presentase kejadian angin dalam periode waktu pengukuran. Biasanya pengukuran angin dilakukan di darat, oleh karena itu diperlukan transformasi/koreksi dari data angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut. Hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 16 (*Coastal Engineering Research Center, 1984*).



Gambar 16 Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat
(Sumber: after Resio dan Vincent, 1977 dalam CERC, 1984).

Dengan memasukkan nilai kecepatan angin terkoreksi (U), maka akan didapat R_L . Kecepatan angin harus dikonversikan menjadi faktor tegangan angin (U_A). Faktor tegangan angin berdasarkan kecepatan angin di laut (U_w), yang telah dikoreksi terhadap data kecepatan angin di darat (U_L). Rumus faktor tegangan angin berdasarkan kecepatan angin di laut adalah sebagai berikut.

$$U_w = R_L \times U_L \quad (12)$$

Dengan ketentuan :

U_w : kecepatan angin di atas permukaan laut (m/dtk)

R_L : nilai yang diperoleh dari grafik hubungan antar kecepatan angin di darat dan laut

U_L : Kecepatan Angin di atas daratan (m/dtk)

Setelah dilakukan konversi kecepatan angin di atas, kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan Rumus berikut (CERC, 1984):

$$U_L = 0,71 U^{1,23} \quad (13)$$

Dengan ketentuan :

U_a : faktor tegangan angin dalam m/dtk

U : kecepatan angin dalam m/dtk

4. Fetch

Fetch adalah jarak tanpa halangan di atas air dimana gelombang dibangkitkan oleh angin dan mempunyai arah dan kecepatan yang konstan. Di dalam peninjauan pembangkitan angin di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang dikelilingi laut (Gambar 17). Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Fetch efektif diberikan oleh persamaan sebagai berikut (CERC, 1984)

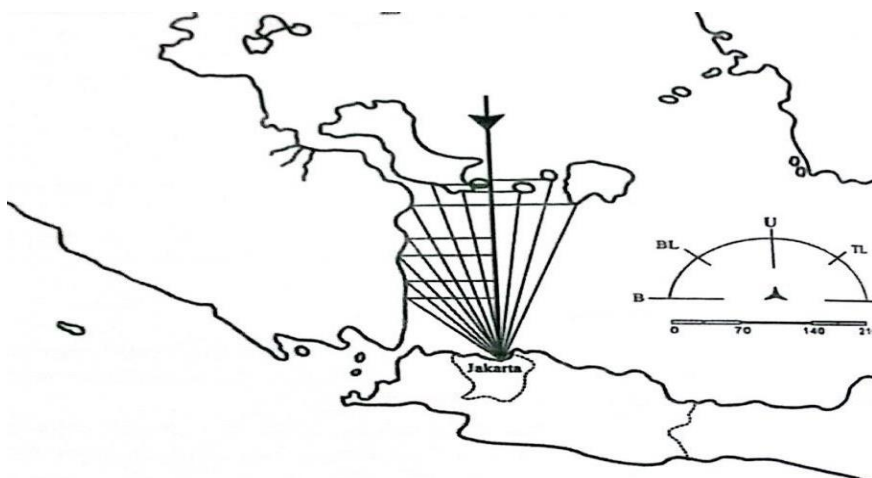
$$F_{eff} = \frac{\int xi \cos a}{\int \cos a}$$

Dengan ketentuan :

F_{eff} = fetch rerata efektif

xi = Panjang Segmen Fetch yang di ukur dari titik observasi

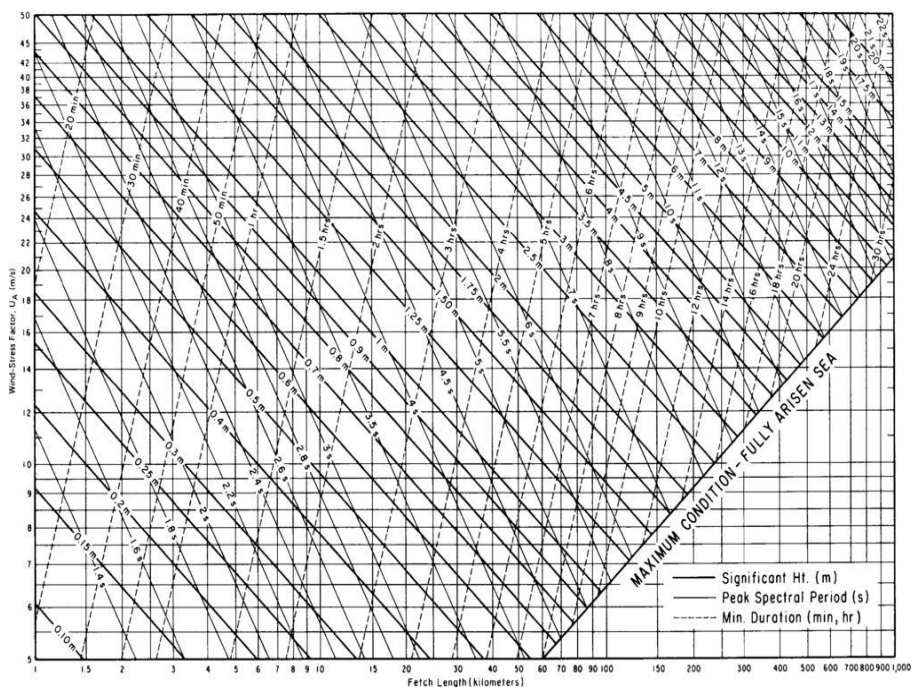
a = deviasi pada kedua sisi dari arah angin dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut terbesar 42° pada kedua sisi arah angina



Gambar 17 Contoh pengukuran fetch
(Sumber: Triadmodjo, 1999)

5. Peramalan gelombang di laut dalam

Peramalan gelombang di laut dalam dilakukan untuk dapat mengetahui tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) berdasarkan pada kecepatan angin, lama hembus angin, dan fetch dengan menggunakan grafik pada Gambar 18. Dari grafik tersebut apabila panjang fetch (F), faktor tegangan angin (U_A) dan durasi diketahui maka tinggi dan periode gelombang signifikan dapat dihitung.



Gambar 18. Nomogram peramalan gelombang
(Sumber: CERC, 1984)

1.6.9 Pemodelan Hidrodinamika dan Transpor Sedimen

Mike 21 adalah suatu perangkat lunak rekayasa profesional yang berisi sistem pemodelan yang komprehensif untuk program komputer untuk 2D *free-surface flows*. Mike 21 dapat diaplikasikan untuk simulasi hidrolika dan fenomena terkait di sungai, danau, estuari, teluk, pantai dan laut. Program ini dikembangkan oleh DHI *Water & Environment*. Mike 21 terdiri dari beberapa modul, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. *Hydrodynamic module (HD)*

MIKE 21 HD merupakan sistem model numerik secara umum untuk memodelkan simulasi muka air dan aliran di estuari, teluk dan pantai. Model ini dapat mensimulasikan aliran dua dimensi tidak langgeng di dalam fluida satu lapisan (secara vertikal homogen) maupun dalam aliran tiga dimensi. Modul hidrodinamika Mike 21 (Mike 21 HD) merupakan modul dasar dalam program Mike 21 model aliran (*flow model*). Persamaan konversi massa dan momentum dapat ditulis dalam persamaan (DHI Software, 2007): persamaan dalam kasus 2D pada aliran perairan dangkal didapatkan persamaan berikut yang diselesaikan dalam koordinat kartesian:

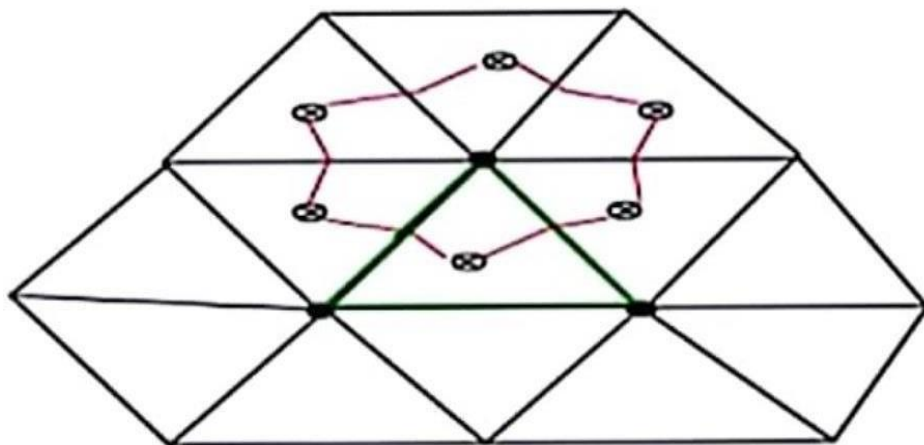
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = 0 \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} = & F_{\bar{u}h} - gh \frac{\partial^n}{\partial x} - \frac{h}{\rho_o} \frac{\partial \rho}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_o} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_o} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_o} + \frac{1}{\rho_o} \\ & \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) h u_{s,s} \frac{\partial h\bar{v}}{\partial} + u \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = -F_{\bar{u}h} - \\ & gh \frac{\partial^n}{\partial y} - \frac{h}{\rho_o} \frac{\partial \rho}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_o} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_o} - \frac{\tau_{by}}{\rho_o} + \frac{1}{\rho_o} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \\ & \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) h v_{s,s} \end{aligned} \quad (15)$$

Dimana U_a pada penyelesaiannya mengindikasikan nilai dari kedalaman rata – rata, dimana $U V \rightarrow$ adalah kecepatan pada kedalaman rata –rata yang diberikan oleh:

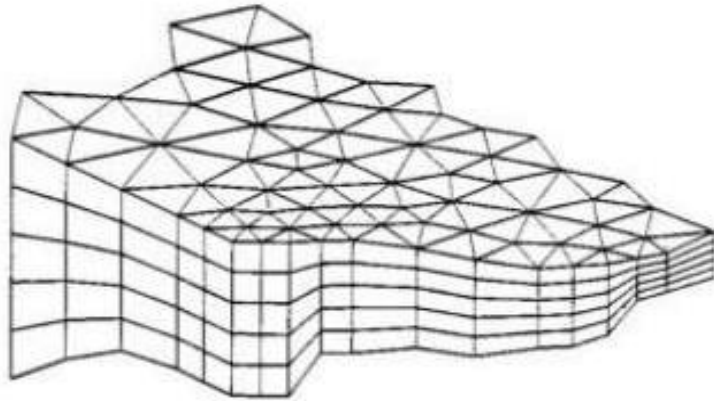
$$h\bar{u} = \int_{-d}^n u dz, \quad h\bar{v} = \int_{-d}^n v dz \quad (16)$$

Penyelesaian dilaksanakan pada penerapan sistem koordinat kartesian dan sigma pada penyelesaian 2D/3D. Diskritasi persamaan dasar menggunakan sebuah *cell centered finite volume method* (Gambar 20).

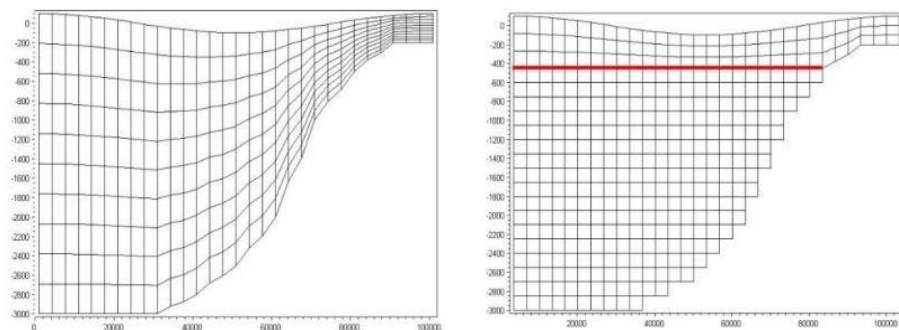


Gambar 19. Ilustrasi *unstructured triangular mesh* dengan cell-centered Node • :
H, z, w, D, s, q, q2, Am, Kh; Centroid x : u, v
(Sumber : Chen et. al, 2006)

Pada penyelesaian kasus 2D elemen yang digunakan merupakan bentuk segitiga tidak teratur, pada penyelesaian kasus 3D untuk penyelesaian horizontal menggunakan grid segitiga tidak berstruktur dan penyelesaian vertikal *mesh* dibentuk sistem koordinat sigma atau kombinasi antara kordinat sigma dengan kordinat $-z$.



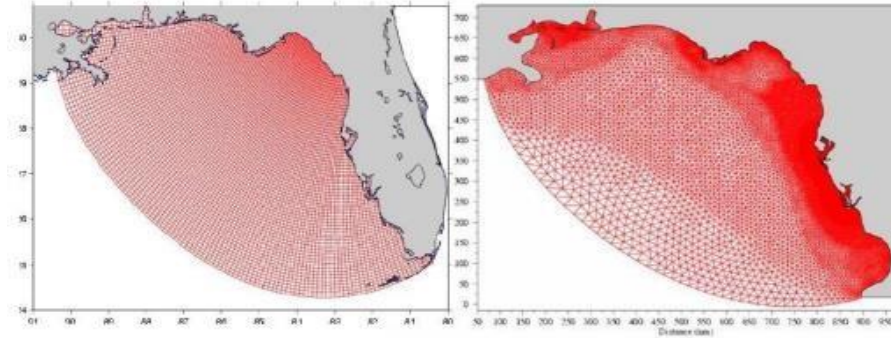
Gambar 20 Prinsip bentuk *mesh* pada kasus 2D/3D
(sumber : DHI Water and Enviroment, 2012)



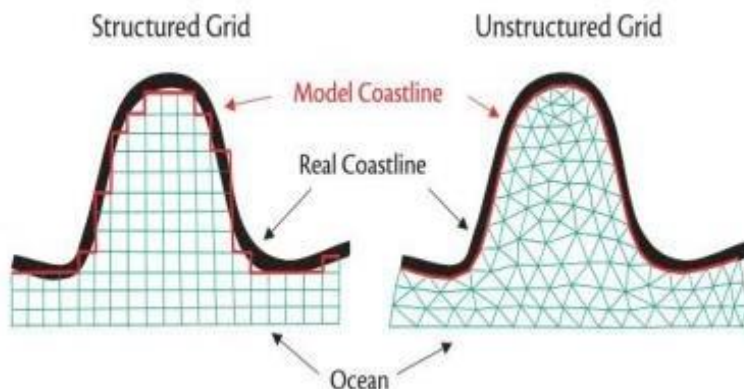
Gambar 21 Ilustrasi perbedaan bentuk grid vertikal pada koordinat sigma dan kombinasi koordinat sigma dan $-z$, konfigurasi dengan koordinat sigma dapat mempresentasikan batimetri

(Sumber : DHI Water and Enviroment, 2012)

Potensi keuntungan model 3D dengan konfigurasi koordinat sigma adalah kemampuan akurat dalam mempresentasikan batimetri dan resolusi dekat dengan dasar, namun masih memiliki kemungkinan menghasilkan error dari aliran yang tidak riil. Pada koordinat $-z$ kelemahannya adalah ketidak akuratan dalam merepresentasikan batimetri namun kemudahan dalam mengkalkulasi perubahan tekanan horizontal.



Gambar 22 Konfigurasi desain pesisir pada sistem grid teratur (POM) dan sistem grid segitiga tidak teratur (FVCOM)
(Sumber : Chen et. al, 2006)



Gambar 23 Ilustrasi perbedaan bentuk mesh pada penyelesaian numerik 2D, konfigurasi *unstructured triangular mesh* dapat mempresentasikan garis pantai
(Sumber : Chen et. al, 2006)

Bentuk *mesh* 2D juga memiliki penyelesaian dengan masing masing keuntungan tersendiri, penggunaan unstructured triangular mesh akan memberikan representasi garis pantai yang lebih akurat, namun sering terjadi *error* dengan timbulnya bias aliran yang tidak rill. Hasilnya bias menjadi aplikasi batas yang tidak slip, dan masalah dengan cairan sepanjang lereng pantai. Dengan menyelesaikan *mesh* masalah ini dapat diselesaikan (Marshall, 1998).

Daerah spasial didiskritasi menjadi beberapa bagian yang kontinyu dan tidak tumpang tindih dari masing — masing elemen. Bidang horizontal unstructured triangular mesh terdiri dari elemen segitiga untuk integrasi waktu pada skema eksplisit (DHI Water and Enviroment, 2012).

Penggunaan grid teratur tidak dapat merepresentasikan bentuk garis pantai secara akurat, namun kemudahan dalam kalkulasi dalam perhitungan (Chenetal,2006).

6. Sand Transport Module (ST)

Modul Sand Transport (ST) merupakan aplikasi model dari angkutan sedimen non kehasif. MIKE 21 Flow Model FM adalah satu sistem modeling berbasis pada satu pendekatan *mesh* fleksibel. Dikembangkan untuk aplikasi di dalam *oceanographic*, rekayasa pantai dan alam lingkungan muara sungai. Sand Transport Module menghitung hasil dari pergerakan material non kohesif berdasarkan kondisi aliran di dalam modul hidrodinamik serta kondisi gelombang

dari perhitungan gelombang (*modul spectral wave*). Pendekatan formula yang digunakan dalam sediment transpor di modul ini adalah *Engelund-Hansen model*, *Van-Rijn model*, *Engelund-Fredsoe model*, serta *Meyer-Peter-Müller model*. Formula yang digunakan tersebut memadukan antara pengaruh arus dan gelombang dalam pergerakan sedimen (DHI, 2014a) Persamaan 17. pengatur yang digunakan dalam modul ini adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial z}{\partial t} = \frac{z(1+a-e^z)}{e^z(z-1)+1} \frac{1}{U_0} \frac{dU_0}{dt} + \frac{30k}{k} + \frac{\sqrt{k^2 U_0^2 + z^2 U_{f0}^2 + 2kz U_{f0} U_0 \cos y}}{e^z(z-1)+1} \quad (17)$$

Beberapa item output yang dihasilkan dari Modul *Sand Transport* (ST) ini adalah:

- a. *Suspended Sediment Concentration (SSC)*
- b. *Suspended Load, x-component*
- c. *Suspended Load, y-component*
- d. *Total load, x-component*
- e. *Total load, y-component*
- f. *Rate of bed level change*
- g. *Bed level change*
- h. *Bed level*

1.6.10 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:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(X-Y)^2}{n}} \quad (18)$$

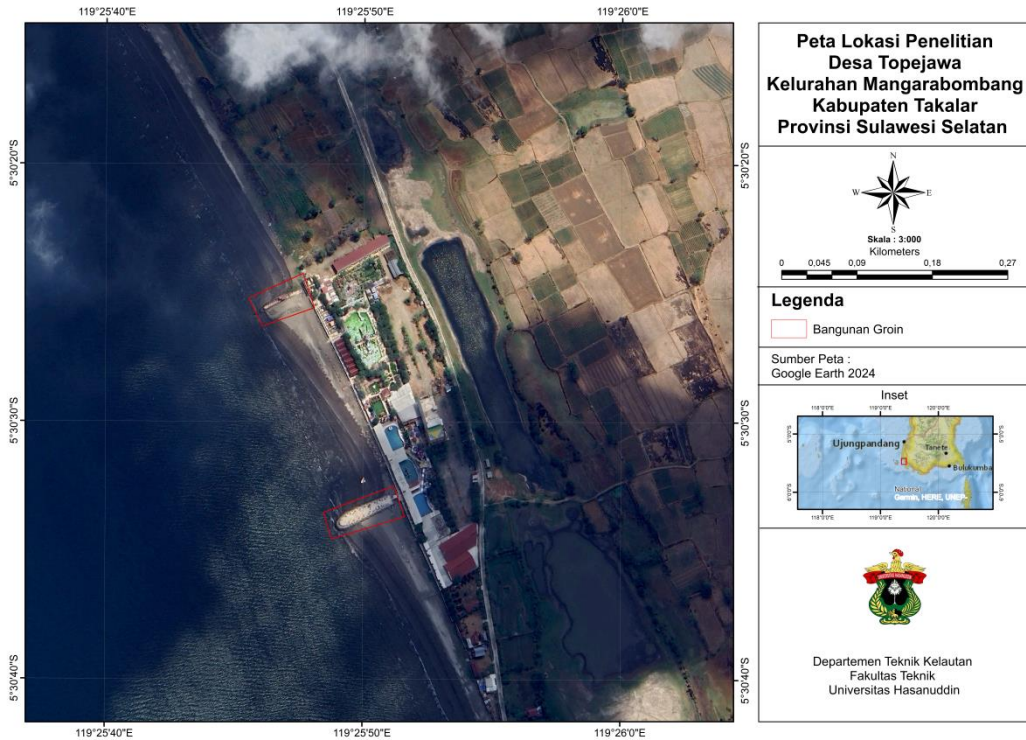
dengan :

- X = Nilai pengamatan
- Y = Nilai prediksi
- n = Jumlah data

BAB II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah Takalar secara administrasi terletak di Dusun Ka'nea Desa Topejawa Kec. Mangarabombang Kab. Takalar Sulawesi Selatan yang koordinatnya terletak pada $119^{\circ}25'47.50''\text{BT}$ $S5^{\circ}30'26.41''\text{LS}$.



Gambar 24 Lokasi Penelitian
Sumber: Google Earth

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dijelaskan pada langkah-langkah di bawah ini.

1. Perumusan masalah
Melakukan perumusan dengan berdiskusi bersama dosen pembimbing sehingga mendapatkan tema dari tugas akhir ini.
2. Studi literatur
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan referensi dari buku dan jurnal ilmiah yang relevan dengan topik pembahasan dan pemahaman terhadap materi. Beberapa referensi ini didapatkan dari buku, jurnal, tugas akhir, website dan sebagainya.
3. Pengumpulan dan pengolahan data
Data-data yang diperoleh dari berbagai sumber yang sesuai dengan objek pada tugas akhir ini. Data yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini berupa data arus, angin, pasang surut, dan Gelombang. Sumber data serta penggunaannya pada simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Sumber data dan penggunaannya

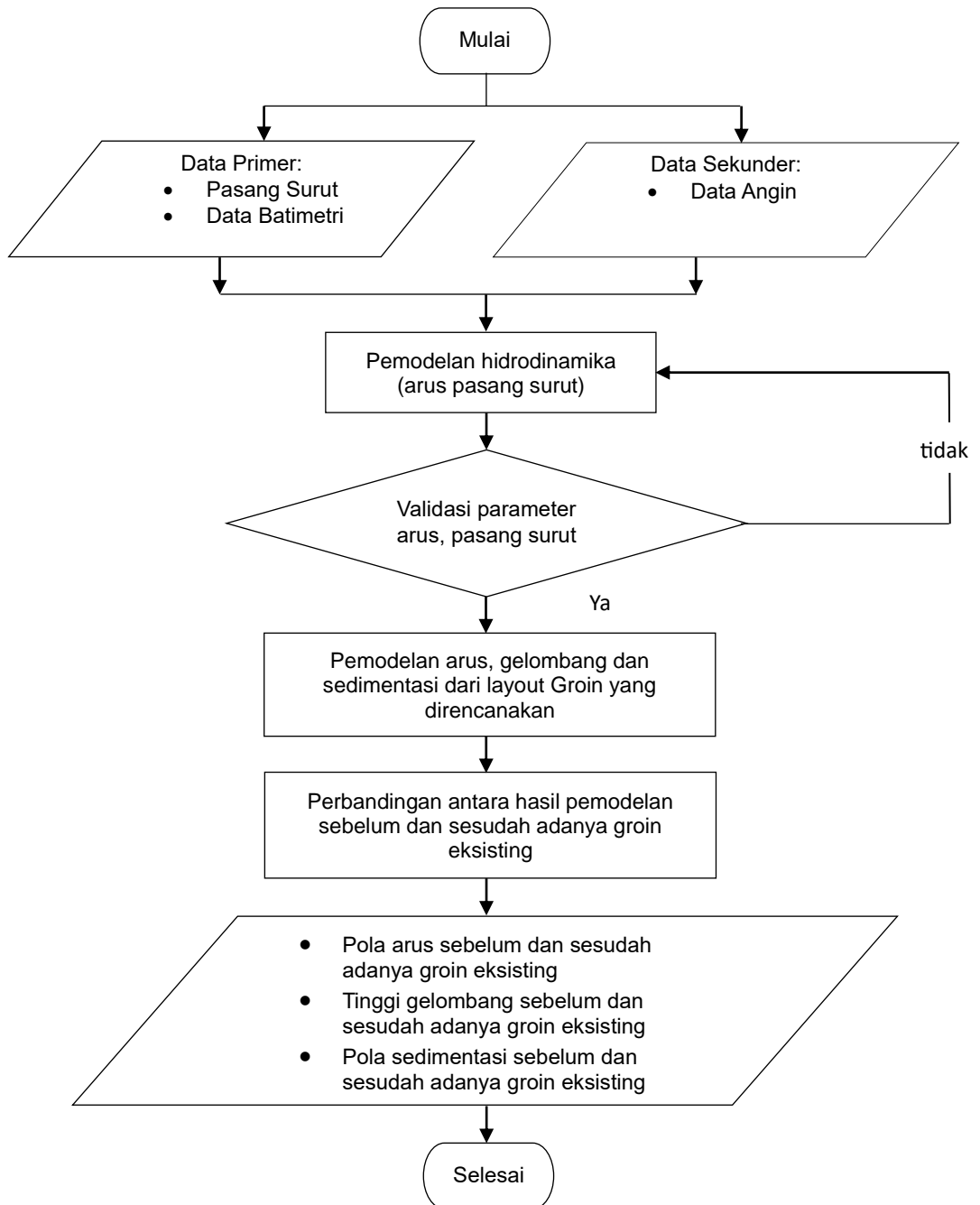
No	Data	Penggunaan Data	Sumber
1	Data Batimetri	Kedalaman area simulasi	Survei
2	Angin	Batasan simulasi arus	ECMWF
3	Pasang Surut	Batasan simulasi arus	Survei
4	Gelombang	Batasan simulasi arus	ECMWF
5	Ukuran Sedimen	Batasan simulasi sedimentasi	Survei

Sumber: Olah Data 2024

4. Data yang telah dikumpulkan kemudian menjadi bahan untuk analisa berikut beberapa tahapnya, yaitu sebagai berikut :
 - a. Analisa data awal: pengolahan data batimetri, tracking garis pantai, pasang surut, angin, Gelombang dan arus serta pengambilan sampel sedimen di lokasi penelitian.
 - b. Analisa kondisi Hidro-Oseanografi: analisa arus yang dipengaruhi oleh pasang surut menggunakan software Simulasi numerik yang akan menghasilkan pola arus pada daerah tersebut. Sesudah mendapatkan pola arus tersebut maka arah dan distribusi sedimen di lokasi penelitian dapat disimulasikan.

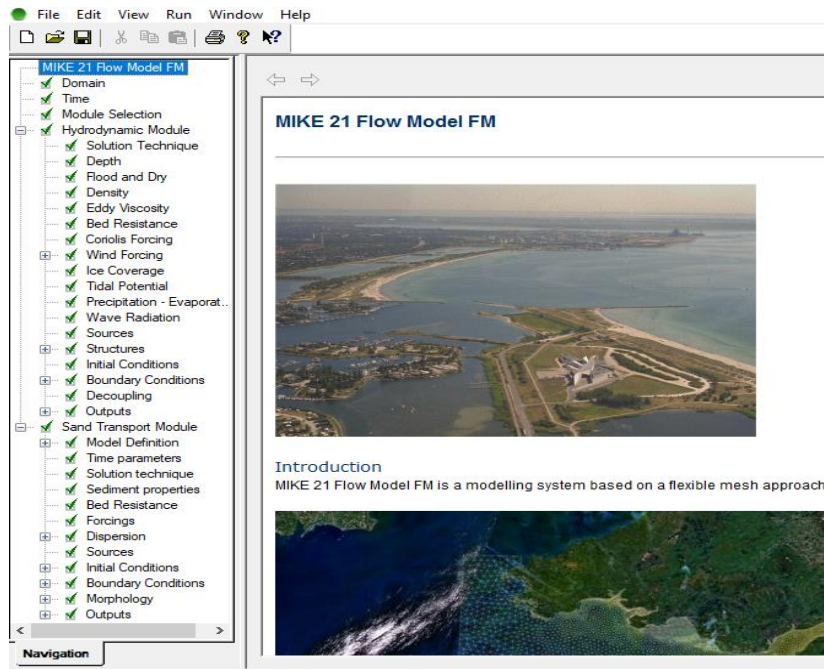
2.3 Diagram Alir

Prosedur penelitian dipaparkan lebih jelas pada diagram alir yang terlampir di bawah.



Gambar 25 Diagram Alir Penelitian

2.4 Input Data dan Pemodelan



Gambar 26 Menu Software Simulasi numerik
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pemodelan pola arus dan sedimentasi dengan menggunakan software Simulasi numerik yang merupakan program pemodelan hidrodinamika dua dimensi. Input data yang telah ada dilanjutkan dengan pembuatan grid komputasi dan penentuan kondisi batas untuk pemodelan pada software Simulasi numerik.

Pemodelan hidrodinamika laut dengan menggunakan software Simulasi numerik ini akan didapatkan pola arus dan kecepatan arus yang terjadi pada lokasi studi. Tahapan-tahapan Pemodelan menggunakan Simulasi numerik meliputi digitasi land boundary, pembuatan grid, pemasukan data kedalaman, parameter flow hidrodinamika, dan keluaran hasil simulasi. Untuk input data yang diperlukan pada simulasi arus yaitu:

1. Batimetri
2. Pasang surut
3. Angin
4. Gelombang

Sedangkan input data yang diperlukan pada simulasi sedimentasi yaitu:

1. Gaya gravitasi bumi
2. Ukuran butir sedimen
3. Gelombang
4. Pasang surut