

**SKRIPSI**

**STUDI BATIMETRI DAN MORFOLOGI DASAR LAUT DI  
PERAIRAN PANTAI GALESONG KABUPATEN TAKALAR  
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**FEBY ANUGRAH**

**D611 15 303**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**STUDI BATIMETRI DAN MORFOLOGI DASAR LAUT DI  
PERAIRAN PANTAI GALESONG KABUPATEN TAKALAR  
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

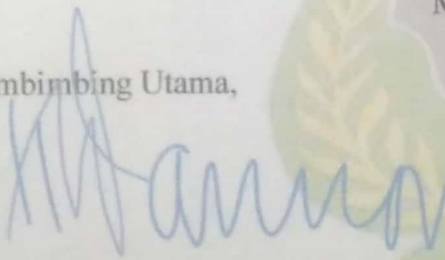
**FEBY ANUGRAH**

**D611 15 303**

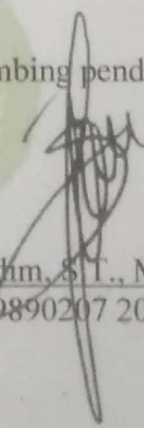
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 5 Maret 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,



Pembimbing Utama,

  
Prof. Dr. rer. Nat. Ir. A. M. Imran  
NIP. 19630605 198903 1 005

Pembimbing pendamping,

  
Safruddin, S.T., M.Eng  
NIP. 19890207 202005 3 001

Ketua Program Studi,

  
  
Dr. Eng. Asri Jaya HS, S.T., M.T  
NIP. 19690924199802 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Feby Anugrah  
NIM : D611 15 303  
Program Studi : Teknik Geologi  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

*Studi Batimetri dan Morfologi Dasar Laut Di Perairan Pantai Galesong  
Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan*

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

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

Makassar, 5 Maret 2021

Yang menyatakan,



*Feby Anugrah*  
Feby Anugrah

## **ABSTRACT**

*Human exploitation of sand beaches along the coastal waters of Takalar district will certainly affect the morphological of seabed along those waters. The general purpose of this study is to identify the bathymetric conditions moreover the changes on the seabed morphology as result of exploitation activities. The data used in this study include depth and tidal (high and low) data collected using Singlebeam Echosounder Garmin GPSmap 585 type, Real Time Kinematic (RTK) GPS furthermore secondary data used in bathymetric maps. The method used in this study encompasses observation method and data collection. Data analyses uses data description, which includes comparison of bathymetric measurement, Spatial analyses with the use of Geographic Information System (GIS) and further literature reference. The study indicate the study area to be of the continental shelf environment, with a maximum depth of up to 51 meters, relatively plain relief with the slope of approximately 0.4%. However, analyses on the changes of seabed morphology due to coastal sand mining and exploitation indicate that the coastal sand has been exploited for the past two years. The changes around the study area shows the deepening of the seabed with dimensions about 2000 meters in length and 15 meters in thickness, this indicate that there is an increasing depth at the mining area.*

**Keyword :** *Bathymetry, changes of morphology, seabed, sea sand exploiting*

## SARI

Aktivitas manusia dalam mengeksploitasi pasir laut di perairan Kabupaten Takalar tentunya akan mempengaruhi morfologi dasar laut di perairan tersebut. Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui kondisi batimetri serta perubahan morfologi dasar laut yang diakibatkan oleh aktivitas penambangan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pasang surut, data kedalaman, yang merupakan hasil pengukuran langsung dengan menggunakan *Singlebeam Echosunder* tipe Garmin *GPSmap 585* dan *GPS Real Time Kinematic (RTK)*, serta beberapa data sekunder yang digunakan dalam membuat peta batimetri. Metode yang digunakan adalah metode observasi, dengan cara pengumpulan data. Data dianalisis secara deskriptif, dengan membandingkan hasil pengukuran batimetri, analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), dan studi pustaka. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lokasi penelitian termasuk dalam lingkungan *continental shelf*, dengan kedalaman maksimum hingga 51 meter, memiliki relief yang relatif datar dengan kelerengan berkisar 0,40%. Adapun hasil analisis terhadap perubahan morfologi dasar laut akibat aktivitas penambangan menunjukkan bahwa dalam kurun waktu kurang lebih 2 tahun penambangan, terjadi perubahan berupa penurunan dasar laut berbentuk cekung dengan dimensi sekitar panjang 2000 meter dan ketebalan 15 meter, yang berarti pada lokasi penambangan dasar laut menjadi semakin dalam.

**Kata kunci :** batimetri, perubahan morfologi, dasar laut, penambangan pasir laut

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur atas kehadiran Allah وَتَعَالَى yang Maha suci, yang Maha tinggi diatas segala mahluk-Nya, pemilik dan pengatur semesta alam. Hanya kepada-Nya lah kami memohon berkah dan rahmat serta atas seizin-Nya jualah sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan pemetaan yang berjudul **“Studi Batimetri dan Morfologi Dasar Laut Di Perairan Pantai Galesong Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan”**.

Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada qudwah kita, uswah hasanah kita, Rasulullah صلى الله عليه وسلم beserta keluarga, para sahabat, serta orang-orang yang senantiasa berada diatas naungan sunnah beliau sampai hari kiamat.

Pada kesempatan ini penulis tidak lupa ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu penulis dalam menyusun laporan ini, antara lain :

1. Bapak Prof. Dr. rer. nat. Ir. A. M. Imran sebagai pembimbing I pada penelitian ini.
2. Bapak Safruddim, S.T., M.Eng sebagai pembimbing II pada penelitian ini.
3. Bapak Dr. Sultan, S.T., M.T., Bapak Ilham Alimuddin, S.T., M.GIS., PhD., Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng., sebagai dosen penguji
4. Bapak Dr. Eng. Asri Jaya HS, S.T, M.T. sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

5. Bapak Dr. Adi Tonggiroh, S.T, M.T sebagai Penasehat Akademik.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingannya.
7. Bapak dan Ibu Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin.
8. Dinas dan instansi terkait atas bantuan operasional dan data pendukung.
9. Kedua orang tua serta kakak-kakak ku tercinta atas segala bantuan materi dan dukungan moril kepada penulis.
10. Saudara-saudariku, M. Sayyidus Cakrawala, Imam Noor Setiadi, Astika Sari Latif, beserta tim survei yang telah membantu dalam survei dan penyusunan laporan, olehnya penulis ucapkan *Jazaakumullahu Khairan*.
11. Rekan-rekan mahasiswa geologi angkatan 2015 (Agate).
12. Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
13. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala bantuan dan dorongan yang diberikan selama ini.

Penulis mengharapkan adanya saran dan kritik dari pembaca yang bersifat membangun demi perbaikan laporan ini. Segala kesalahan serta kekeliruan yang ada tidak luput dari keterbatasan penulis sebagai manusia biasa yang memiliki banyak kekurangan.

Akhir kata, semoga penyusunan laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca dan bernilai berkah bagi penulis. Aamiin

Makassar, Maret 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN TUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
SARI.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Letak, Luas, dan Kesampaian Daerah.....	3
1.7 Alat dan Bahan.....	4
1.8 Peneliti Terdahulu .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian .....	6
2.1.1 Karakteristik Material Sedimen Daerah Penelitian.....	7
2.2 Pasang Surut.....	8
2.2.1 Teori Pasang Surut .....	9
2.2.2 Model Matematika Pasut dan Konstanta Harmonik .....	11
2.2.3 Tipe Pasang Surut .....	13



2.2.4 Arus Pasang Surut .....	14
2.2.5 Datum Vertikal.....	15
2.2.6 Pengamatan Pasang Surut .....	16
2.2.7 Prediksi Pasang Surut.....	18
2.2.8 Analisis Harmonik .....	19
2.3 Batimetri .....	20
2.3.1 Pengertian Batimetri.....	20
2.3.2 Pemeruman.....	20
2.3.2.1 Pengukuran Kedalaman .....	21
2.3.2.2 Desain Lajur Perum .....	21
2.3.2.3 Prinsip Penarikan Garis Kontur .....	22
2.3.2.4 Metode Akustik Pengukuran Kedalaman.....	23
2.3.2.5 Alat Perum Gema.....	24
2.4 Morfologi Dasar Laut .....	26
2.4.1 Bentuk-Bentuk Morfologi Dasar Laut .....	27
2.4.2 Relief Batas-Batas Pantai ( <i>Coastal Margin</i> ).....	31
2.5 Tatanan Geologi Kelautan Indonesia .....	33
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>35</b>
3.1 Persiapan Pendahuluan.....	35
3.2 Survei dan Pengumpulan Data .....	35
3.2.1 Data Primer .....	36
3.2.1.1 Data Pasang Surut .....	36
3.2.1.2 Data Batimetri .....	37
3.2.2 Data Sekunder .....	38
3.3 Metode Pengolahan dan Analisis Data .....	39
3.3.1 Pasang Surut.....	39
3.3.2 Batimetri.....	40
3.3.3 Kemiringan Lereng .....	41
3.4 Penyusunan Laporan .....	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Hasil .....	43
4.1.1 Pasang Surut.....	43
4.1.2 Batimetri .....	45
4.1.3 Kelerengan ( <i>Slope</i> ) Dasar Laut .....	47
4.2 Pembahasan.....	50
4.2.1 Morfologi Dasar Laut Daerah Penelitian .....	50
4.4.1 Morfologi Dasar Laut Lokasi Penambangan .....	54
 BAB V PENUTUP .....	 58
5.1 Kesimpulan .....	58
5.2 Rekomendasi .....	59
 DAFTAR PUSTAKA .....	 60
 LAMPIRAN .....	 62
1. Peta Tunjuk Lokasi	
2. Peta Geologi Regional	
3. Peta Jalur <i>Tracking</i> Batimetri	
4. Peta Topografi Batimetri	
5. Peta Batimetri	
6. Peta Kelerengan	
7. Peta Batimetri 3D	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta lokasi penelitian .....	4
Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai .....	7
Gambar 2.2 Spiral arah gaya sentrifugal dan gaya gravitasi bulan yang bekerja di permukaan bumi .....	10
Gambar 2.3 Posisi bulan, bumi dan matahari saat <i>spring tide</i> dan <i>neap tide</i> ...	11
Gambar 2.4 Alat perum gema .....	26
Gambar 2.5 <i>Ridge</i> .....	27
Gambar 2.6 <i>abyssal plain</i> .....	28
Gambar 2.7 <i>Continental island</i> .....	29
Gambar 2.8 <i>Mid Oceanic Volcanic Island</i> .....	30
Gambar 2.9 <i>Atol</i> .....	30
Gambar 2.10 <i>Seamount</i> dan <i>Guyot</i> .....	31
Gambar 2.11 Paparan benua ( <i>continental shelf</i> ) .....	32
Gambar 2.12 Lereng benua ( <i>continental slope</i> ).....	32
Gambar 2.13 <i>Continental margin</i> .....	33
Gambar 3.1 Pengukuran pasang surut.....	37
Gambar 3.2 Kegiatan pemeruman.....	38
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian .....	42
Gambar 4.1. Grafik pasang surut saat dilakukan pemeruman .....	43
Gambar 4.2 Grafik pasang surut pantai Galesong pada Juli 2019 .....	44
Gambar 4.3 Peta jalur pemeruman batimetri di Pantai Galesong .....	46
Gambar 4.4 Peta topografi batimetri Pantai Galesong.....	47
Gambar 4.5 Peta kelerengan dasar laut pantai Galesong .....	48
Gambar 4.6 Model morfologi dasar laut 3D Pantai Galesong .....	50
Gambar 4.7 Peta Lokasi Penambangan.....	54
Gambar 4.8 Peta kontur wilayah IUP sebelum penambangan, IK = 0,5 m .....	55
Gambar 4.9 Peta kontur wilayah IUP setelah penambangan, IK = 2,5 m.....	55
Gambar 4.10 Penampang sayatan pada wilayah IUP .....	56

Gambar 4.11 Penampang sayatan wilayah IUP dan di luar IUP..... 57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen-komponen harmonik pasut utama .....	12
Tabel 2.2 Pengelompokan tipe pasut .....	13
Tabel 3.1 Klasifikasi kemiringan lereng (Van Zuidam, 1985) .....	42
Tabel 4.1 Hasil perhitungan konstanta harmonik pasang surut pantai Galesong pada Juli 2019 .....	44
Tabel 4.2 Koreksi data pengukuran kedalaman .....	45
Tabel 4.3 Hasil perhitungan kemiringan ( <i>slope</i> ) dasar laut .....	49

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kabupaten Takalar merupakan salah satu wilayah Provinsi Sulawesi Selatan yang berada di wilayah pesisir pantai dan berbatasan dengan Laut Flores dan Selat Makassar. Kabupaten Takalar berada antara  $5^{\circ}031'00''$  -  $5^{\circ}0381'00''$  Lintang Selatan dan antara  $119^{\circ}0221'00''$  -  $119^{\circ}0391'00''$  Bujur Timur.

Akhir-akhir ini, pemanfaatan sumber daya di wilayah pantai pada umumnya termasuk Pantai Galesong, mulai intensif untuk memenuhi kebutuhan manusia, sehingga tidak terlepas dari aktivitas manusia, seperti pemanfaatan lahan pesisir sebagai pemukiman, penangkapan ikan, pariwisata, pengerukan pasir dan lain-lain. Berbagai permasalahan yang kerap dialami pada daerah pesisir pada umumnya tidak terlepas dari aktivitas manusia. Salah satu persoalan yang belakangan ini menjadi perbincangan adalah aktivitas penambangan pasir yang semakin intensif dilakukan oleh beberapa perusahaan baik yang telah melakukan penambangan ataupun yang baru merencanakan penambangan yang tentunya menuai pro dan kontra oleh berbagai pihak. Hal ini tentunya membuat keresahan di kalangan masyarakat setempat apalagi diperparah dengan abrasi yang terjadi di beberapa titik di sepanjang pesisir pantai dimana aktivitas penambangan tersebut disinyalir menjadi salah satu penyebab terjadinya abrasi tersebut.

Berangkat dari permasalahan tersebut maka perlunya dilakukan survei dan penelitian mengenai kondisi batimetri untuk menyajikan data kedalaman dalam

bentuk peta batimetri dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D) yang dapat digunakan sebagai referensi untuk berbagai keperluan yang terkait dengan data tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi morfologi dasar laut pada daerah penelitian ?
2. Bagaimana pengaruh penambangan pasir terhadap morfologi dasar laut pada daerah penelitian ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi morfologi dasar laut pada daerah penelitian.
2. Mengetahui pengaruh penambangan pasir terhadap morfologi dasar laut daerah penelitian.

## **1.4 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini dapat dilakukan lebih fokus, sempurna, dan mendalam maka penulis memandang permasalahan penelitian yang diangkat perlu dibatasi variabelnya. Oleh sebab itu, penulis membatasi fokus penelitian ini hanya pada aspek pasang surut air laut untuk mengoreksi hasil pengukuran kedalaman laut untuk pembuatan peta batimetri yang digunakan dalam menganalisis kondisi dasar

laut pada lokasi penelitian yang mencakup kedalaman, relief, serta morfologi dasar laut, serta kaitannya dengan pengaruh aktivitas penambangan pasir.

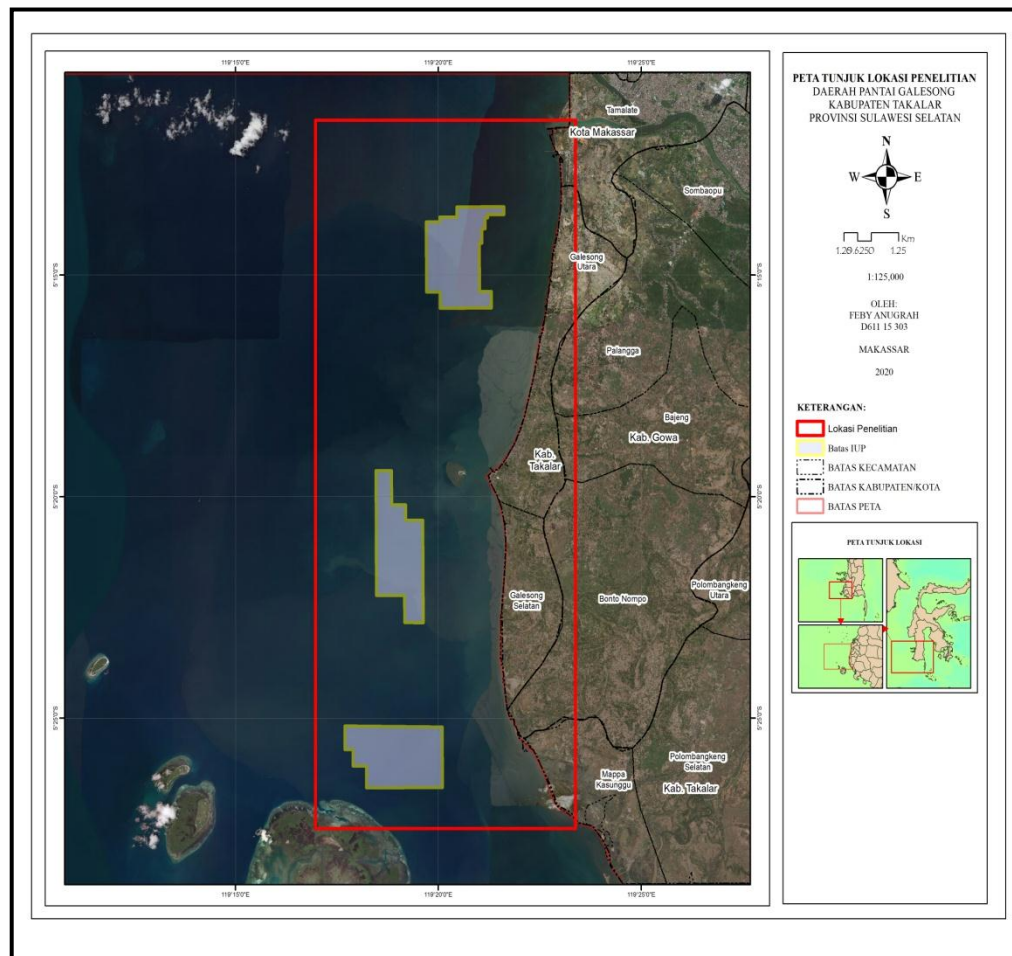
### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi batimetri dan morfologi dasar laut pada daerah penelitian yang dapat digunakan untuk keperluan ilmu pengetahuan maupun sebagai referensi bagi pemerintah setempat dalam pembangunan dan pengembangan wilayah pesisir.

### **1.6 Letak, Luas dan Kesampaian Daerah**

Secara administratif, lokasi penelitian berada di Kabupaten Takalar, dimana lokasi penelitian ini berada di sepanjang pesisir pantai Kabupaten Takalar, yang mencakup 3 kecamatan yaitu Kecamatan Galesong, Kecamatan Galesong selatan, dan Kecamatan Galesong Utara. Lokasi penelitian berada pada koordinat  $119^{\circ}15'00''$  -  $119^{\circ}25'00''$  BT dan  $5^{\circ}13'00''$  -  $5^{\circ}28'00''$  LS. Lokasi terjauh pada penelitian ini berada sekitar kurang lebih 45 kilometer ke arah selatan dari Kota Makassar melewati Kabupaten Gowa. Lokasi penelitian ini ditempuh selama kurang lebih 1 jam dalam kondisi normal. Lokasi penelitian dapat diakses menggunakan kendaraan roda empat maupun kendaraan roda dua. Adapun peta lokasi penelitian adalah sebagai berikut:





**Gambar 1.1** Peta Lokasi Penelitian

## 1.7 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut :

1. Peta Topografi berskala 1 : 125.000
2. Kompas Geologi
3. *Global Positioning System* (GPS)
4. Palm ukur
5. *Roll* meter

6. Satu unit perangkat alat pemeruman (*EchoSounder singlebeam* tipe Garmin 585) (Gambar 2.4)
7. Perangkat komputer beserta *software* pengolahan data
8. Kapal motor nelayan
9. Pita Meter
10. Alat tulis menulis
11. Kamera digital

### **1.8 Peneliti Terdahulu**

1. **Purnomo Raharjo dkk (2018)**, Ketebalan Endapan Sedimen Pasir Laut Berdasarkan Data Seismik Dangkal Saluran Tunggal Di Perairan Takalar, Selat Makassar.
2. **Sukanto dan Supriatna (1982)**, Peta geologi Lembar Ujungpandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi.
3. **Arifin T., dkk (2012)**, Kondisi Arus Pasang Surut di Perairan Pesisir Kota Makassar, Sulawesi Selatan.
4. **Ilahude (2018)**, Eksplorasi Pasir di Blok I dan II Perairan Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan.

## **BAB II**

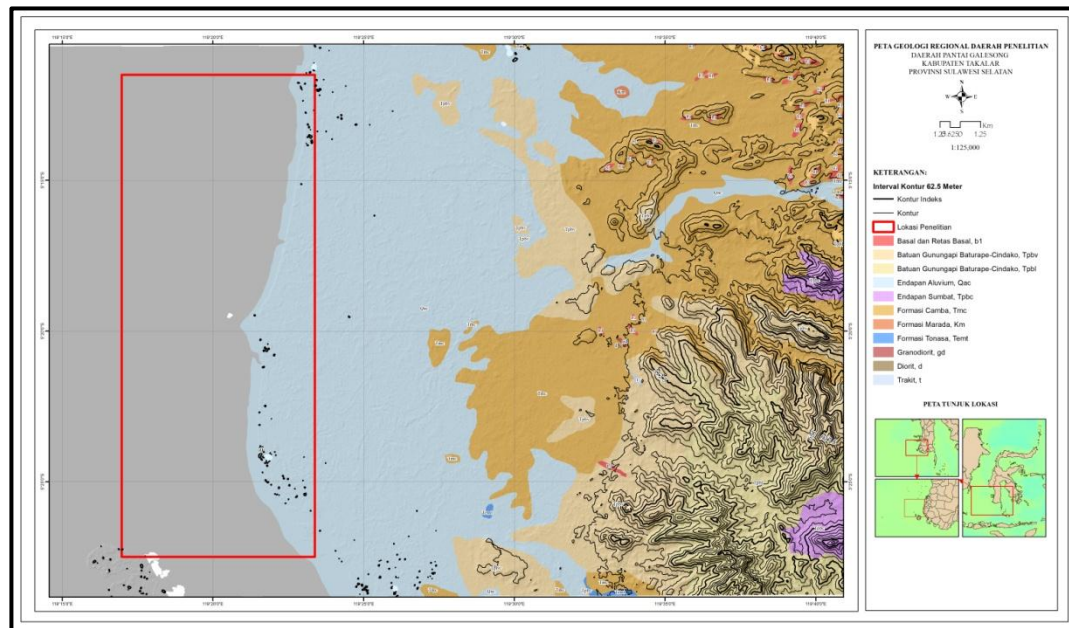
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Geologi Regional Daerah Penelitian**

Daerah penelitian termasuk kedalam daerah peta geologi lembar Ujung Pandang, benteng, dan sinjai. pada peta geologi regional, daerah penelitian terletak pada bagian barat peta, yaitu daerah pesisir barat yang merupakan daratan rendah yang sebagian besar terdiri dari daerah rawa dan daerah pasang surut. Beberapa sungai besar membentuk daerah banjir di dataran ini. Bagian timurnya terdapat bukit terisolir yang tersusun oleh batuan klastika gunungapi berumur Miosen dan Pliosen. Pesisir barat daya ditempati oleh morfologi berbukit memanjang rendah dengan arah umum kirar-kira barat laut-tenggara. Pantainya berliku-liku membentuk beberapa teluk, yang mudah dibedakan dari pantai di daerah lain pada lembar ini. Daerah ini disusun oleh batuan karbonat dari Formasi Tonasa (Sukamto dan Supriatna, 1982).

Tatanan stratigrafi regional daerah penelitian menurut Rab. Sukamto dan Supriatna S. Tahun 1982, merupakan satuan Endapan Permukaan Qac yaitu endapan aluvium, rawa dan pantai: kerikil, pasir, lempung, lumpur dan batugamping koral, terbentuk dalam lingkungan sungai, rawa, pantai dan delta, dan merupakan endapan rawa yang sangat luas.

Tatanan tektonik daerah penelitian yang termasuk pesisir barat ujung lengan Sulawesi Selatan ini sejak kala Pliosen merupakan dataran stabil, yang pada Kala Holosen hanya terjadi endapan aluvium dari rawa-rawa (Sukamto dan Supriatna, 1982).



**Gambar 2.1** Peta Geologi Regional Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai (Sukamto dan Supriatna, 1982)

### 2.1.1. Karakteristik Material Sedimen Daerah Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Astika (2020), pada lokasi penelitian yang sama dengan lokasi penelitian ini, maka dapat diketahui bahwa secara umum sedimen dasar laut yang ada di lokasi penelitian didominasi oleh material berukuran butir lempung hingga pasir kasar. Sedangkan berdasarkan persentase ukuran butir dengan menggunakan diagram *Shepard* 1945 dapat diketahui bahwa pada daerah penelitian terbagi atas 4 jenis material sedimen yaitu lempung, lempung pasiran, pasir dan pasir lempungan. Dominasi jenis sedimen lempung hingga pasir lempungan tersebar pada bagian Utara daerah penelitian yang merupakan bagian perairan laut yang memiliki kondisi dengan arus tenang, kedalaman dasar laut sekitar 10-45 m dan dekat dari muara Sungai Jeneberang.. Dominasi jenis sedimen pasir hingga pasir lempungan tersebar pada bagian Tengah daerah penelitian yang memiliki kedalaman laut sekitar 16.7 m yang

merupakan bagian perairan laut yang berada di antara pulau Sanrobengi dan Pantai Galesong yang menjadikan arus saling bertabrakan, sehingga material yang terbawa yaitu material pasir kasar. Dominasi jenis sedimen pasir tersebar pada bagian Selatan daerah penelitian yang memiliki kedalaman 19.47 m. Hal ini dapat mempengaruhi kecepatan dan kuat arus sehingga material yang terangkut yaitu pasir halus.

Adapun berdasarkan rata-rata ukuran butir sedimen, maka pada lokasi penelitian terbagi atas 6 jenis sedimen yaitu pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus, lanau dan lempung. Di bagian utara daerah penelitian didominasi oleh pasir sangat halus hingga lempung, sebaran ukuran butir ini menghalus ke arah laut atau ke arah barat. Di bagian tengah daerah penelitian didominasi oleh pasir halus hingga pasir kasar, sebaran ukuran butir ini mengkasar ke arah laut atau ke arah barat. Sedangkan pada bagian selatan didominasi oleh pasir halus, sehingga pada bagian selatan material yang mendominasi yaitu pasir halus.

## **2.2. Pasang Surut**

Pasang surut air laut atau Pasut laut (*ocean tide*) adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari. Pengaruh gravitasi benda-benda langit terhadap bumi tidak hanya menyebabkan pasut laut, tetapi juga mengakibatkan perubahan bentuk bumi (*bodily tides*) dan atmosfer (*atmospheric tides*). Istilah pasut laut pada pembahasan ini akan dinyatakan dengan pasut yang merupakan gerak naik dan turun muka laut dengan periode

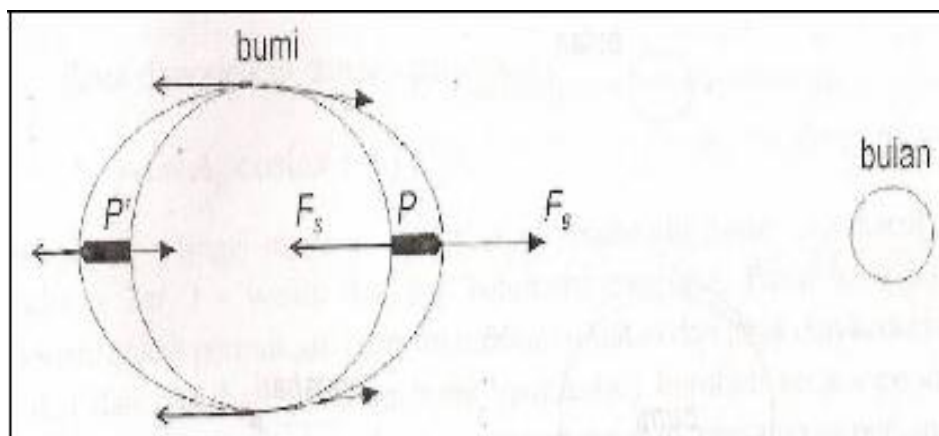
rata-rata sekitar 12,4 jam atau 24,8 jam. Fenomena lain yang berhubungan dengan pasut adalah arus pasut, yaitu gerak badan air menuju dan meninggalkan pantai saat air pasang dan surut (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

### 2.2.1. Teori Pasang Surut

Fenomena pasut dijelaskan dengan teori pasut setimbang yang dikemukakan oleh bapak fisika klasik, Sir Isaac Newton pada abad ke-17. Teori ini menganggap bahwa bumi berbentuk bola sempurna dan dilingkupi air dengan distribusi massa yang seragam. Pembangkitan pasut dijelaskan dengan teori gravitasi universal, yang menyatakan bahwa pada sistem dua benda dengan massa  $m_1$  dan  $m_2$  akan terjadi gaya tarik menarik sebesar  $F$  di antara keduanya yang besarnya sebanding dengan perkalian massanya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Pada sistem bumi-bulan, gaya-gaya pembangkit pasut (*tide generating forces*) adalah resultan gayagaya yang menyebabkan terjadinya pasut, yaitu gaya sentrifugal sistem bumi-bulan ( $F_s$ ) dan gaya gravitasi bulan ( $F/J$ ).  $F_s$  bekerja dalam persekutuan pusat gravitasi bumi-bulan yang titik massanya terletak di sekitar 14 jari-jari bumi dari titik pusat bumi.  $F_s$  bekerja dengan kekuatan yang seragam di seluruh titik di permukaan bumi dengan arah yang selalu menjauhi bulan pada garis yang sejajar dengan garis yang menghubungkan pusat bumi dan bulan. Besar  $F/J$  tergantung pada jarak pusat massa suatu titik partikel air di permukaan bumi terhadap pusat massa bulan. Resultan  $F_s$  dan  $F_B$  menghasilkan gaya pembangkit pasut di seujur permukaan bumi (Gambar 2.2).

Pada titik P yang lokasinya terdekat dengan bulan dan segaris dengan sumbu bumi-bulan, gaya gravitasi bulan yang bekerja pada titik pengamat tersebut lebih besar dibanding dengan gaya sentrifugalnya ( $F_g > F_s$ ) di titik P badan air tertarik menjauhi bumi ke arah bulan. Seiring dengan menjauhnya lokasi titik pengamat terhadap bulan, gaya gravitasi yang bekerja pada titik-titik di permukaan bumi pun akan semakin kecil. Di titik P', gaya sentrifugal lebih dominan dibanding gaya gravitasi bulan ( $F_s > F_g$ ), sehingga badan air tertarik menjauhi bumi pada arah menjauhi bulan (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

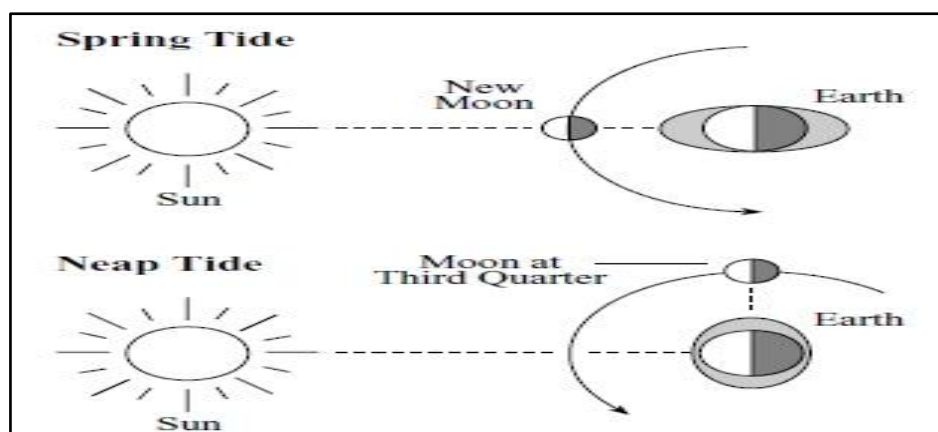


**Gambar 2.2** Arah gaya sentrifugal dan gaya gravitasi bulan yang bekerja di permukaan bumi. (Sumber : Poerbandono, Survei Hidrografi, 2005, hal. 53)

Fenomena pembangkitan pasut menyebabkan perbedaan tinggi permukaan air laut pada kondisi kedudukan-kedudukan tertentu dari bumi, bulan dan matahari. Saat *spring*, yaitu saat kedudukan matahari segaris dengan sumbu bumi-bulan, maka terjadi pasang maksimum pada titik di permukaan bumi yang berada di sumbu kedudukan relatif bumi, bulan dan matahari (Gambar 2.3). Saat tersebut terjadi ketika bulan baru dan bulan purnama. Fenomena pasut pada kedudukan

demikian disebut dengan *spring tide* atau pasut perbani (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Saat *neap*, yaitu saat kedudukan matahari tegak lurus dengan sumbu bumi-bulan, terjadi pasut minimum pada titik di permukaan bumi yang tegak lurus sumbu bumi bulan (Gambar 2.3). Saat tersebut terjadi di perempat bulan awal dan perempat bulan akhir. Fenomena pasut pada kedudukan demikian disebut dengan *neap tide* atau pasut mati. Tunggang pasut (jarak vertikal kedudukan permukaan air tertinggi dan terendah) saat *spring* lebih besar dibanding saat *neap* (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).



**Gambar 2.3** Posisi bulan, bumi dan matahari saat *spring tide* dan *neap tides*. (Sumber : Kenneth R. Lang, *The Cambridge Guide to the Solar System*, 2nd edition, (Cambridge University Press), 2011, h. 193.)

## 2.2.2. Model Matematika Pasut dan Konstanta Harmonik

Pasut yang terjadi di suatu titik di permukaan bumi merupakan resultan dari jarak dan kedudukan bulan dan matahari terhadap bumi yang selalu berubah secara periodik. Fenomena ini dinyatakan dengan superposisi dari persamaan-persamaan gelombang pasut karena bulan, matahari dan kedudukan-kedudukan



relatifnya (Poerbandono dan Djunasjah, 2005). Pasut dimodelkan dengan persamaan:

$$Y_b = A_B \cos(\omega t + \phi) \quad (2.1)$$

Keterangan :

$Y_b$  = tinggi muka air saat  $t$

$A_B$  = amplitudo pasut,

$\omega$  = kecepatan sudut

$t$  = waktu

$\phi$  = keterlambatan fase.

Perbandingan amplitudo dan fase akibat atraksi benda-benda langit tertentu pada pola pasut dinyatakan dengan konstanta-konstanta perbandingan dengan simbol dan nilai tertentu untuk menjelaskan akibat atraksi gravitasi bulan atau matahari dengan kedudukan tertentu terhadap tinggi muka air. Konstanta-konstanta tersebut disebut sebagai komponen harmonik (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Tabel 2.1 Komponen-komponen harmonik pasut utama.

Spesies	Komponen	Perioda (Jam)	Fenomena
Semi Diurnal	$M_2$	12.42	Gravitasi bulan dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
	$S_2$	1 2.00	Gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
	$N_2$	12.66	Perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips
	$K_2$	11 .97	Perubahan jarak matahari ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips
Diurnal	$K_1$	23.9	Deklinasi sistem bulan dan matahari
	$O_1$	25.8	Deklinasi bulan
	$P_1$	24.0	Deklinasi matahari
Perioda Panjang	$M_f$	327.86	Variasi setengah bulanan
	$M_m$	661.3	Variasi bulanan
	$S_{sa}$	2191.43	Variasi semi tahunan
	$2SM_2$	11 .61	Interaksi bulan dan matahari
Perairan Dangkal	$MNS_2$	1 3.1 3	Interaksi bulan dan matahari dengan perubahan jarak matahari akibat lintasan berbentuk elips
	$MK_3$	8.18	Interaksi bulan dan matahari dengan perubahan jarak bulan akibat lintasan berbentuk elips
	$M_4$	6.21	2x kecepatan sudut M
	$MS_4$	2.20	interaksi M dan S

### 2.2.3. Tipe Pasang Surut

Pasut di satu lokasi pengamatan dipisahkan menurut tipe *diurnal*, *semidiurnal* dan *mixed*. Pasut *diurnal* (harian tunggal) terjadi dari satu kali kedudukan permukaan air tertinggi dan satu kali kedudukan permukaan air terendah dalam satu hari pengamatan. Pasut di pantai utara Jawa termasuk jenis ini. Pasut *semidiurnal* (harian ganda) terjadi dari dua kali kedudukan permukaan air tinggi dan dua kali kedudukan permukaan air rendah dalam satu hari pengamatan. Pasut *mixed* (campuran) terjadi dari gabungan *diurnal* dan *semidiurnal*. Defant (1958) mengelompokkan pasut menurut perbandingan jumlah amplitudo komponen *diurnal* terhadap jumlah amplitudo komponen *semidiurnal* (Poerbandono dan Djunasjah, 2005), yang dinyatakan dengan:

$$N_f = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \quad (2.2)$$

Berdasarkan  $N_f$  (bilangan *Formzahl*) pasut dikelompokkan menurut tipe-tipe yang ditampilkan pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Pengelompokan tipe pasut.

Nilai bentuk	Jenis pasut	Fenomena
$0 < N_f < 0.25$	Harian ganda murni	2x pasang sehari dengan tinggi yang relatif sama
$0.25 < N_f < 1.5$	Campuran berganda	2x pasang sehari dengan perbedaan tinggi dan interval yang berbeda
$1.5 < N_f < 3$	Campuran tunggal	1 x atau 2x pasang sehari dengan interval yang berbeda
$N_f > 3$	Tunggal murni	1 x pasang sehari, saat spring dapat terjadi 2x pasang sehari

#### 2.2.4. Arus Pasang Surut

Gerak vertikal (naik dan turunnya) permukaan air laut karena pasut pada wilayah perairan dan interaksinya dengan batas-batas perairan tempat pasut tersebut terjadi menimbulkan gerak badan air ke arah horisontal. Batas-batas perairan tersebut dapat berupa dinding (pantai dan kedangkalan) dan lantai (dasar) perairan. Fenomena ini sangat terasa pada wilayah perairan tertutup (teluk), perairan dangkal, kanal kanal pasut dan muara sungai (delta dan estuari). Istilah *tidal stream* atau *tidal current* atau arus pasut kemudian diberikan pada fenomena ini yang merupakan gerak horizontal badan air menuju dan menjauhi pantai seiring dengan naik dan turunnya muka laut yang disebabkan oleh gaya-gaya pembangkit pasut (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Arus pasut mempunyai sifat bergerak dengan arah yang saling bertolak belakang atau *bidirectional*. Arah arus saat air meninggi biasanya bertolak belakang dengan arah arus saat air merendah. Kecepatan arus pasut minimum atau efektif nol terjadi saat air tinggi atau air rendah (*slack waters*). Pada saat-saat tersebut terjadi perubahan arah arus pasut. Kecepatan arus pasut maksimum terjadi pada saat-saat antara air tinggi dan air rendah. Dengan demikian, perioda kecepatan arus pasut akan mengikuti perioda pasut yang membangkitkannya (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Pengamatan arus pada suatu kawasan pesisir merupakan informasi penting untuk mengetahui pola pergerakan arus dari waktu ke waktu. Kecepatan arus dapat dipakai untuk memperkirakan besarnya energi yang bekerja di dasar perairan yang mampu memindahkan sedimen dari suatu tempat ke tempat lain.

Akibat perpindahan sedimen ini akan terjadi erosi atau deposisi (sedimentasi) (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

#### **2.2.5. Datum Vertikal**

Tinggi titik di pantai atau kedalaman titik di laut hanya dapat ditentukan secara relatif terhadap bidang yang disepakati sebagai referensi tinggi atau datum vertikal. Datum vertikal ditentukan dengan merata-ratakan data pasut sepanjang rentang waktu pengamatan. Permukaan laut rata-rata atau *Mean Sea Level* (MSL) diperoleh dari satu atau beberapa stasiun pengamat pasut dan dipakai sebagai datum vertikal (de Jong, et al. (2002), dalam Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Untuk keperluan navigasi digunakan muka air terendah sebagai datum vertikal untuk angka-angka kedalaman laut yang dinyatakan sebagai angka-angka dan garis-garis kontur kedalaman pada peta navigasi laut. Muka air laut terendah dipilih sedemikian rupa sehingga hampir tidak pernah terjadi keadaan ketika angka kedalaman yang tercantum di peta lebih kecil dari kedalaman aktual. Datum vertikal ini disebut sebagai *chart datum* atau muka surutan. Penentuan muka surutan ditujukan untuk menjamin keselamatan pelayaran. Muka surutan yang ditetapkan dari pengamatan pasut umumnya lebih rendah dari tinggi rata-rata permukaan air laut terendah saat bulan perbani (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Melalui analisis harmonik terhadap data pengamatan pasut akan diperoleh amplitudo komponen-komponen pasut. Berdasarkan amplitudo komponen harmonik tersebut ditetapkan muka surutan yang berada pada jarak sebesar  $Z_0$

terhadap MSL. Zo diperoleh dengan penjumlahan amplitudo komponen-komponen pasut tertentu. Banyaknya komponen pasut yang digunakan tergantung dari banyaknya komponen harmonik pasut yang diperoleh dari analisis harmonik. Selisih jarak MSL ke muka surutan berdasarkan standar internasional (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

#### **2.2.6. Pengamatan Pasang Surut**

Pengamatan pasut dilakukan untuk memperoleh data tinggi muka air laut di suatu lokasi. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut dapat ditetapkan datum vertikal tertentu yang sesuai untuk keperluan tertentu pula. pengamatan pasut dilakukan dengan mencatat atau merekam data tinggi muka air laut pada setiap interval waktu tertentu. Rentang pengamatan pasut sebaiknya dilakukan selama selang waktu keseluruhan periodisasi benda-benda langit yang mempengaruhi terjadinya pasut telah kembali pada posisinya semula. Rentang waktu pengamatan pasut yang lazim dilakukan untuk keperluan praktis adalah 15 atau 29 piantan (1 piantan = 25 jam). interval waktu pengamatan atau perekaman tinggi muka laut biasanya adalah 15, 30 atau 60 menit (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Cara yang paling sederhana untuk mengamati pasut dilakukan dengan palem atau rambu pengamat pasut. Tinggi muka air setiap jam diamati secara manual oleh operator atau pencatat dan dicatat pada suatu formulir pengamatan pasut. Pada palem dilukis tanda-tanda skala bacaan dalam satuan desimeter. Pencatat akan menuliskan kedudukan tinggi muka air laut relatif terhadap palem pada jam-jam tertentu sesuai dengan skala bacaan yang tertulis pada palem.

Muka air laut yang relatif tidak tenang membatasi kemampuan pencatatan dalam menaksir bacaan skala. Walaupun demikian, cara ini cukup efektif untuk memperoleh data pasut dengan ketelitian hingga sekitar 2,5 cm. Tinggi palem disesuaikan dengan karakter tunggang air pada wilayah perairan yang diamati pola pasutnya, yang biasanya sekitar 4 hingga 6 meter (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Pengikatan stasiun pengamat pasut adalah prosedur standar yang dilakukan untuk mengetahui kedudukan nol palem relatif terhadap suatu titik di pantai yang ditetapkan untuk keperluan rekonstruksi. Titik pengikatan nol palem tersebut perlu didokumentasikan atau dibuat permanen sebagai *bench mark* dengan baik agar mudah ditentukan kembali. Pengikatan stasiun pengamat pasut dilakukan dengan pengukuran sipat datar untuk menentukan beda tinggi nol palem relatif terhadap titik pengikat. Jika selisih tinggi palem terhadap titik ikat diketahui, maka selisih tinggi tersebut nantinya akan digunakan untuk mendefinisikan tinggi titik ikat itu sendiri setelah datum vertikal ditentukan dari pengamatan pasut. Tinggi muka air yang diamati, diukur relatif terhadap nol palem berdasarkan beda tinggi yang diukur dengan sipat datar (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Beberapa persyaratan untuk penempatan lokasi stasiun pasut yang harus dipenuhi menurut Poerbandono dan Djunasjah (2005), antara lain adalah:

1. Lokasi stasiun pasut harus menggambarkan karakteristik pasang surut di daerah sekitarnya.
2. Tanah di daerah lokasi stasiun pasut harus keras atau tidak berlumpur.

3. Lokasi stasiun pasut sebaiknya jauh dari muara sungai, untuk menghindari pengaruh aliran serta endapan dan sampah yang terbawa menuju ke laut.
4. Perairan di lokasi stasiun pasut diupayakan bersih dan jernih serta tidak terganggu oleh tumbuhan laut yang ada disekitarnya.
5. Lokasi dicari sedemikian rupa agar memudahkan pengawasan dan pemeliharaan stasiun pasut.
6. Terlindung dari pengaruh ombak dan gelombang serta pengaruh lainnya secara langsung.

#### **2.2.7. Prediksi Pasang Surut**

Prediksi pasut ditujukan untuk memperoleh informasi tinggi muka laut di masa mendatang pada saat dan lokasi tertentu. Hasil prediksi ditampilkan dalam tabel yang berisi jam dan tinggi muka air. Tabel-tabel prediksi pasut di beberapa lokasi dipublikasikan dalam sebuah buku pasut. Cara lain untuk menyajikan informasi prediksi tinggi muka air adalah dengan *cotidal chart*. *Cotidal chart* dibangun dengan interpolasi (tunggang atau keterlambatan fase pasut) dari beberapa stasiun pengamat pasut. Dari interpolasi terhadap tunggang atau keterlambatan fase pasut tersebut akan didapatkan masing-masing *corange* dan *cophase chart*. Penyajian dengan cara ini memberi informasi tinggi muka air pada lokasi-lokasi yang tidak tersedia stasiun pengamat pasut (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Prediksi pasut dilakukan dengan menurunkan atau mencari komponen-komponen pasut dari data pasut dengan rentang pengamatan tertentu. Pendekatan yang dipakai untuk mendapatkan komponen-komponen pasut adalah analisis

harmonik. Cara yang lazim dipakai adalah metode *Admiralty* (Hydrografisch Bureau, 1949) atau kuadrat terkecil (misalnya: Grant, 1988). Penggunaan metode *Admiralty* biasanya diterapkan pada panjang data 15 atau 29 piantan dengan interval waktu pengamatan 1 jam (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Untuk data dengan interval waktu pengamatan yang lebih kecil dengan rentang waktu pengamatan yang lebih panjang, metode kuadrat terkecil cukup efektif dipakai untuk mendapatkan komponen-komponen harmonik dari data pengamatan pasut (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

#### **2.2.8. Analisis Harmonik**

Gerakan vertikal muka air laut yang periodik merupakan resultan atraksi gravitasi bulan dan matahari pada waktu dan kedudukan tertentu. Maka gelombang pasut yang diamati di suatu lokasi merupakan superposisi dari beberapa gelombang yang masing-masing pada setiap saat tertentu dibangkitkan oleh kedudukan benda langit tertentu (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Metode *Admiralty* dikembangkan oleh A. T. Doodson, Direktur *Tidal Institute* di Liverpool dan digunakan untuk keperluan kantor hidrografi Inggris, yaitu *British Admiralty*. Doodson mengembangkan sistematika pengolahan data pengamatan pasut dengan bantuan skema dan table-tabel pengali. Dengan metode ini, ada Sembilan komponen pasut yang dapat diturunkan. Metode kuadrat terkecil didasarkan pada penentuan tinggi muka air model yang memberikan kuadrat kesalahan terhadap tinggi muka air pengamatan yang minimum (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).



## **2.3. Batimetri**

### **2.3.1. Pengertian Batimetri**

Batimetri terdiri dari dua suku kata yaitu *Bathy* yang berarti kedalaman serta kata *Metry* yang berarti ilmu pengukuran. Oleh karena itu secara harfiah, kata batimetri dapat diartikan sebagai ukuran kedalaman laut, baik mengenai ukuran tentang elevasi maupun mengenai depresi dasar laut yang merupakan sumber informasi dan gambaran dari dasar laut, serta memberikan banyak petunjuk tentang struktur laut (Nurjaya (1991), dalam Muhajir, 2012).

Batimetri (*bathos*: kedalaman, *metry*: pengukuran) adalah pengukuran kedalaman laut dan memetakannya berdasarkan kondisi dan topografi dasar laut. Sedangkan peta batimetri adalah peta yang menyajikan kedalaman air dan konfigurasi topografi bawah laut, umumnya mempunyai sistem koordinat yang bereferensi pada sistem koordinat peta topografi (Thurman (2004) dalam Muhajir, 2012).

### **2.3.2. Pemeruman**

Pemeruman adalah proses dan aktivitas yang ditunjukkan untuk memperoleh gambaran atau model bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (*seabed surface*). Proses penggambaran dasar perairan tersebut (sejak pengukuran, pengolahan hingga visualisasinya) disebut sebagai survei batimetri. Gambaran dasar perairan dapat disajikan dalam garis-garis kontur atau model permukaan digital (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Garis-garis kontur kedalaman atau model batimetri diperoleh dengan menginterpolasikan titik-titik pengukuran kedalaman bergantung pada yang dikaji. Kerapatan titik-titik pengukuran kedalaman bergantung pada skala model yang hendak dibuat. Titik-titik pengukuran kedalaman berada pada lajur-lajur pengukuran kedalaman yang disebut sebagai lajur perum atau *sounding line* (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Jarak antar titik-titik fiks perum pada suatu lajur pemeruman setidaknya sama dengan atau lebih rapat dari interval laju perum. Saat ini, teknik perekaman data kedalaman sudah dapat dilakukan secara digital. Laju perekaman data telah mencapai kecepatan yang lebih baik dari satu titik per detik (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

#### **2.3.2.1. Pengukuran Kedalaman**

Pengukuran kedalaman dilakukan pada titik-titik yang dipilih untuk mewakili keseluruhan daerah yang akan dipetakan. Pada titik-titik tersebut juga dilakukan pengukuran untuk penentuan posisi. Titik-titik tempat dilakukannya pengukuran untuk penentuan posisi dan kedalaman disebut sebagai titik fiks perum. Pada saat titik harus juga dilakukan pencatatan waktu (saat) pengukuran untuk reduksi hasil pengukuran karena pasut (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

#### **2.3.2.2. Desain Lajur Perum**

Pemeruman dilakukan dengan membuat profil (potongan) pengukuran kedalaman. Lajur perum dapat berbentuk garis lurus lingkaran lingkaran konsentrik atau lainnya sesuai metode yang digunakan untuk penentuan posisi

titik-titik fiks perumnya. Lajur-lajur perum didesain sedemikian rupa sehingga memungkinkan pendeteksian perubahan kedalaman yang lebih ekstrim. Untuk itu, desain lajur-lajur perum harus memperhatikan kecenderungan bentuk dan topografi pantai sekitar perairan yang akan disurvei. Agar mampu mendeteksi perubahan kedalaman yang lebih ekstrim, lajur perum dipilih dengan arah yang tegak lurus terhadap kecenderungan arah garis pantai (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Dari pengukuran kedalaman di titik-titik fiks perum pada lajur-lajur perum yang telah didesain, akan didapatkan sebaran titik-titik fiks perum pada daerah survei yang nilai-nilai pengukurannya dapat dipakai untuk menggambarkan batimetri yang diinginkan. Berdasarkan sebaran angka-angka kedalaman pada titik-titik fiks perum itu, batimetri perairan yang disurvei dapat diperoleh dengan menarik garis-garis kontur kedalaman. Penarikan garis kontur kedalaman dilakukan dengan membangun grid dari sebaran data kedalaman. Dari *grid* yang dibangun, dapat ditarik garis-garis yang menunjukkan angka-angka kedalaman yang sama (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

### **2.3.2.3. Prinsip Penarikan Garis Kontur**

Teknik yang paling sederhana untuk menarik garis kontur adalah dengan teknik triangulasi menggunakan interpolasi linier. *Grid* dengan interval yang seragam dibangun di atas sebaran titik-titik tersebut. Nilai kedalaman di setiap titik-titik *grid* dihitung berdasarkan tiga titik kedalaman terdekat dengan pembobotan menurut jarak. Dari angka-angka kedalaman di setiap titik-titik *grid*,

dapat dihubungkan dari titik-titik yang mempunyai nilai kedalaman yang sama (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

#### **2.3.2.4. Metode Akustik Pengukuran Kedalaman**

Penggunaan gelombang akustik untuk pengukuran-pengukuran bawah air (termasuk: pengukuran kedalaman, arus dan sedimen) merupakan teknik yang paling populer dalam hidrografi hingga saat ini. Gelombang akustik dengan frekuensi 5 kHz atau 100 Hz akan mempertahankan kehilangan intensitasnya hingga kurang dari 10% pada kedalaman 10 km, sedangkan gelombang akustik dengan frekuensi 500 kHz akan kehilangan intensitasnya pada kedalaman kurang dari 100 meter. Secara khusus, teknik ini dipelajari dalam hidroakustik. Untuk pengukuran kedalaman, digunakan *echosounder* atau perum gema yang pertama kali dikembangkan di Jerman tahun 1920. Alat ini dapat dipakai untuk menghasilkan profil kedalaman yang kontinyu sepanjang lajur perum dengan ketelitian yang cukup baik (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Alat perum gema menggunakan prinsip pengukuran jarak dengan memanfaatkan gelombang akustik yang dipancarkan dari transduser. Transduser adalah bagian dari alat perum gema yang mengubah energi listrik menjadi mekanik (untuk membangkitkan gelombang suara) dan sebaliknya. Gelombang akustik tersebut merambat pada medium air dengan cepat rambat yang relatif diketahui atau dapat diprediksi hingga menyentuh dasar perairan dan dipantulkan kembali ke transduser (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Hasil pengukuran kedalaman akan direkam sekaligus ditampilkan pada suatu gulungan kertas yang disebut sebagai *echogram* (kertas perum) atau

direkam dan ditampilkan secara digital. Pada kertas perum akan terlukis profil kedalaman perairan sepanjang jalur survei kapal (jalur perum) jika pada titik-titik tertentu ditandai saat (waktu) pengukurannya dan pengukuran untuk penentuan posisi dilakukan secara kontinyu dengan waktu yang tercatat, maka hasil pencatatan waktu tersebut dapat digunakan untuk merekonstruksi posisi kapal saat melakukan pengukuran kedalaman. Garis-garis vertikal menunjukkan saat-saat penentuan posisi dilakukan yang disebut sebagai garis-garis fiks (*Fix mark*), dimana pada garis-garis fiks tersebut waktu perekaman data juga harus dicatat untuk sinkronisasi dengan koreksi pasut (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

#### **2.3.2.5. Alat Perum Gema**

Alat perum gema bekerja pada kisaran frekuensi antara 12 hingga 700 kHz dan gelombang sekitar  $10^{-4}$  hingga  $10^3$ s. Gelombang akustik dibangkitkan dengan sudut pancaran antara 5 hingga  $15^\circ$ . Tingkat pembangkitan gelombang berada pada rentang intensitas antara 200 hingga 230 dB. Transduser merupakan bagian terpenting dari sebuah alat perum gema yang dibuat dari bahan yang bersifat *piezo electric*. Bahan yang bersifat demikian akan bergetar jika dikenai listrik dan sebaliknya membangkitkan listrik ketika digetarkan (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Pada alat perum gema, listrik dibangkitkan dengan sebuah catu daya melalui sebuah *switching unit* dan dialirkan ke transduser, kemudian dikonversi menjadi pulsa gelombang suara. Pulsa gelombang suara yang dipantulkan oleh dasar laut diterima kembali oleh transduser penerima dan dikonversi kembali

menjadi energi listrik yang diperkuat oleh sebuah *amplifying unit*. Energi listrik hasil penguatan tersebut direkam pada sebuah elektroanalog (pada pita magnetik) atau secara digital (pada unit penyimpanan eksternal; untuk keperluan ini, biasanya alat perum gema dihubungkan dengan sebuah komputer) (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Bentuk gelombang yang dibangkitkan melalui transduser sebuah perum gema akan berbentuk seperti pancaran yang menghasilkan jejak (*foot print*) berbentuk lingkaran pada dasar perairan. Jari-jari lingkaran yang dibentuk sebanding dengan kedalaman yang diukur. Sudut pancaran gelombang dan transduser membentuk lebar pancaran  $\beta$  sehingga pada profil dasar perairan dengan kemiringan  $\gamma$  akan terjadi kesalahan pengukuran  $\delta d$  akibat dari pantulan gelombang yang berasal dari pancaran pada sisi luar. Akibat pengaruh lebar pancaran gelombang tersebut rekaman kedalaman yang diukur oleh perum gema pada puncak-puncak dari perbedaan kedalaman yang ekstrem akan membentuk kurva-kurva setengah lingkaran (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Ketelitian pendeteksian perubahan kedalaman pada alat perum gema juga dipengaruhi oleh panjang pulsa yaitu jarak antara pembangkitan gelombang. Jika perubahan kedalaman lebih kecil dari setengah panjang pulsa, maka perubahan tersebut tidak akan terdeteksi oleh perum gema. Perum gema hanya dapat mendeteksi perubahan kedalaman yang lebih besar dari setengah panjang pulsanya. Lebar pancaran gelombang dan panjang pulsanya merupakan keterbatasan alat perum gema yang berasal dari desain dan kemampuan teknologi pemeruman hingga saat ini, sehingga pada umumnya ketelitian pengukuran

kedalaman dengan teknik akustik ini berkisar pada angka 1 desimeter. Jika profil kedalaman yang rinci diperlukan, maka harus dilakukan interpretasi terhadap hasil perekaman data pada kertas perum (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).



**Gambar 2.4** Alat perum gema (*echosounder*) tipe *GPSmap 585* yang digunakan dalam pengukuran batimetri pada lokasi penelitian.

## 2.4. Morfologi Dasar Laut

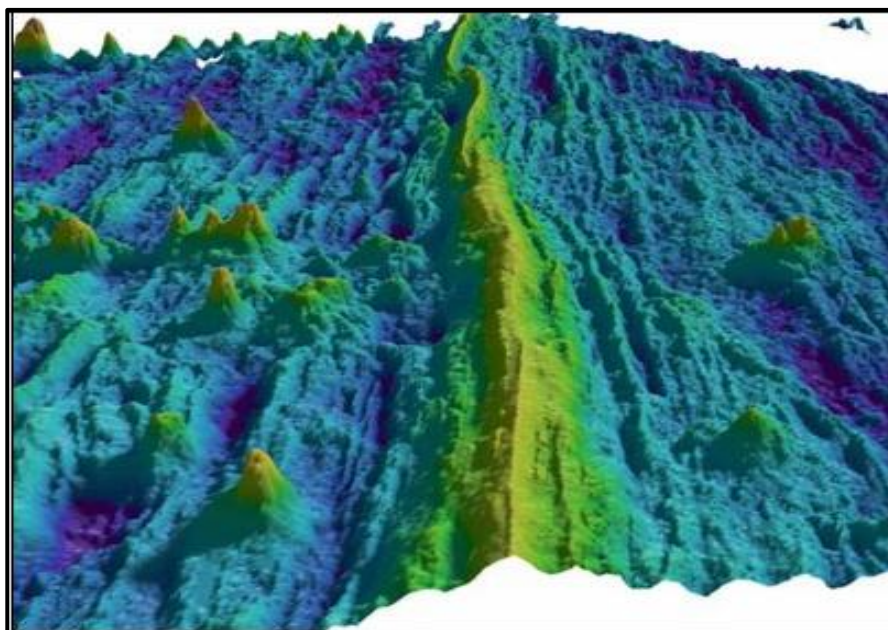
Panorama permukaan dasar laut atau morfologi merupakan gambaran dasar laut sebagaimana yang ada di daratan, seperti kenampakan dari pegunungan, gunung api, lereng, dataran, lembah, parit dan *channel*. Bentuk morfologi tersebut, umumnya berkaitan dengan proses-proses geologi dari pembentukan dan perkembangannya baik secara sendiri-sendiri maupun secara kelompok (Hutabarat dan Evans (1985) dalam Lanuru dan Suwarni, 2011).

### 2.4.1. Bentuk-Bentuk Morfologi Dasar Laut

Pada mulanya dipercaya bahwa permukaan dasar lautan itu adalah datar dan tidak mempunyai bentuk, tetapi ilmu-ilmu modern telah membuktikan bahwa topografi dasar lautan adalah kompleks seperti daratan. Bentuk bentuk itu adalah *Ridge* dan *Rise*, *Trench*, *Abyssal plain*, *Continental Island*, *Island Arc*, *Mid Oceanic Volcanic Islands*, *Atol*, *Seamount* dan *Guyot* (Hutabarat dan Evans (1985) dalam Lanuru dan Suwarni, 2011).

#### 1. *Ridge* dan *Rise*

Ini adalah bentuk proses peninggian yang terdapat diatas lautan yang hampir serupa dengan adanya gunung-gunung di daratan. Perbedaannya hanya pada letak kemiringannya. *Ridge* lerengnya lebih terjal dibanding *rise*. *Ridge* dan *rise* utama yang membentang di dunia bergabung menjadi satu dan membentuk satu rantai yang amat panjang yang dikenal sebagai *mid oceanic ridge system*.



**Gambar 2.5** *Ridge* (Sumber : Lanuru dan Suwarni, Pengantar Oseanografi, 2011, hal. 24

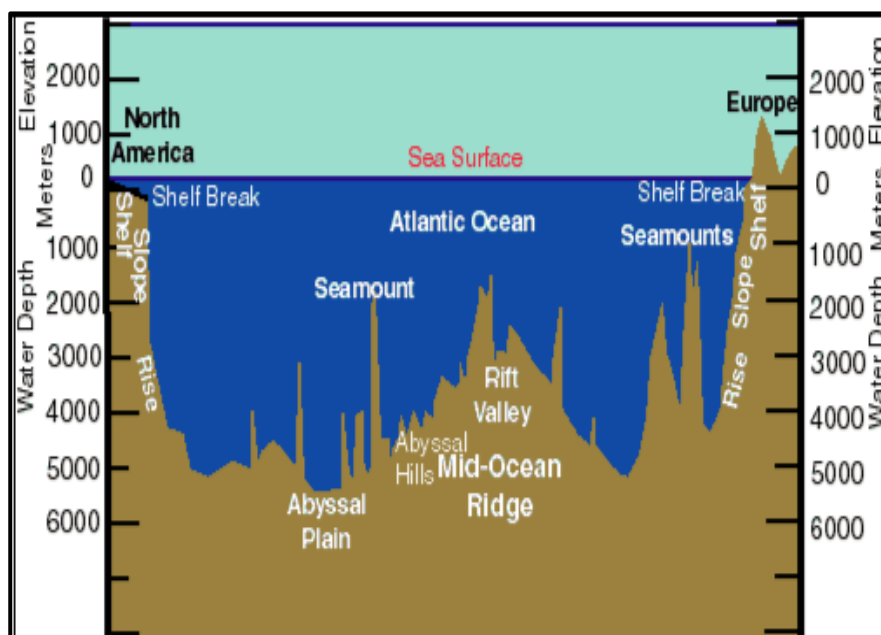


## 2. Trench

Bagian laut yang terdalam yang bentuknya seperti saluran yang seolah-olah terpisah sangat dalam yang terdapat diperbatasan antara benua dan kepulauan. *Trench* biasanya mempunyai kedalaman yang sangat besar. Contohnya *Java Trench* kedalamannya sebesar 7.700 m

## 3. Abyssal Plain (daratan abyssal)

Daerah ini relatif terbagi rata dari permukaan bumi yang terdapat dibagian sisi yang mengarah kedaratan dari sistem *mid oceanic ridge*.



**Gambar 2.6** *abyssal plain* (Sumber : Lanuru dan Suwarni, Pengantar Oseanografi, 2011, hal. 25.)

## 4. Continental Island (pulau-pulau benua)

Beberapa pulau seperti Greenland dan Madagaskar menurut sifat geologinya merupakan bagian dari massa tanah daratan benua besar yang kemudian menjadi terpisah. Daerah-daerah ini pada lapisan kerak buminya terdiri dari batuan bersifat granitik yang jenisnya sama dengan yang terdapat di daratan benua.



**Gambar 2.7** *Continental island* (Sumber : Lanuru dan Suwarni, Pengantar Oseanografi, 2011, hal. 26.)

5. *Island Arc* (Kumpulan Pulau-pulau).

Kumpulan pulau-pulau seperti kepulauan Indonesian juga mempunyai perbatasan dengan benua, tetapi mempunyai asal yang berbeda. Kepulauan ini terdiri dari batuan-batuan vulkanik dan sisa-sisa sedimen pada bagian permukaan kulit lautan.

6. *Mid Oceanic Volcanic Island* (Pulau-pulau vulkanik yang terdapat di tengah lautan).

Daerah ini terdiri dari banyak pulau-pulau kecil, khususnya terdapat di Lautan Pasifik, dimana letak pulau ini sangat jauh dari massa daratan, contohnya Kepulauan Hawaii.



**Gambar 2.8** *Mid Oceanic Volcanic Island* (Sumber : Lanuru dan Suwarni, Pengantar Oseanografi, 2011, hal. 26.)

#### 7. Atol

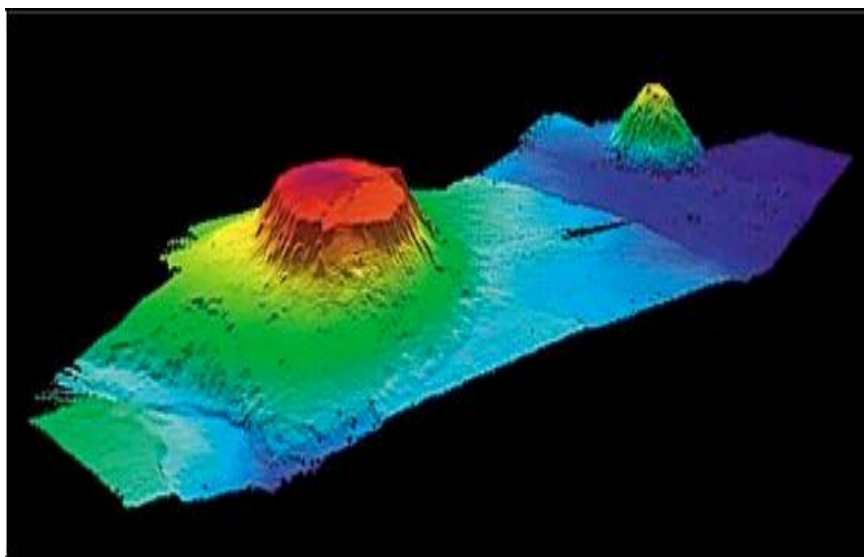
Daerah ini terdiri dari kumpulan pulau yang sebagian tenggelam dibawah permukaan air. Batuan-batuan disini ditandai dengan adanya terumbu karang yang terbentuk seperti cincin yang mengelilingi sebuah *lagoon* yang dangkal.



**Gambar 2.9** *Atol Atafu (Pacific Ocean)* (Sumber : Lanuru dan Suwarni, Pengantar Oseanografi, 2011, hal. 27.)

## 8. *Seamount* dan *Guyot*

*Seamount* merupakan gunung berapi yang muncul dari dasar lautan, tetapi tidak muncul sampai ke permukaan laut. *Seamount* mempunyai lereng yang lebih curam dan puncaknya runcing dengan tinggi sekitar 1 km atau lebih. *Guyot* mempunyai bentuk yang sama dengan *seamount* tetapi pada bagian puncaknya datar.



**Gambar 2.10** *Seamount* dan *Guyot* (Sumber : Lanuru dan Suwarni, Pengantar Oseanografi, 2011, hal. 27.)

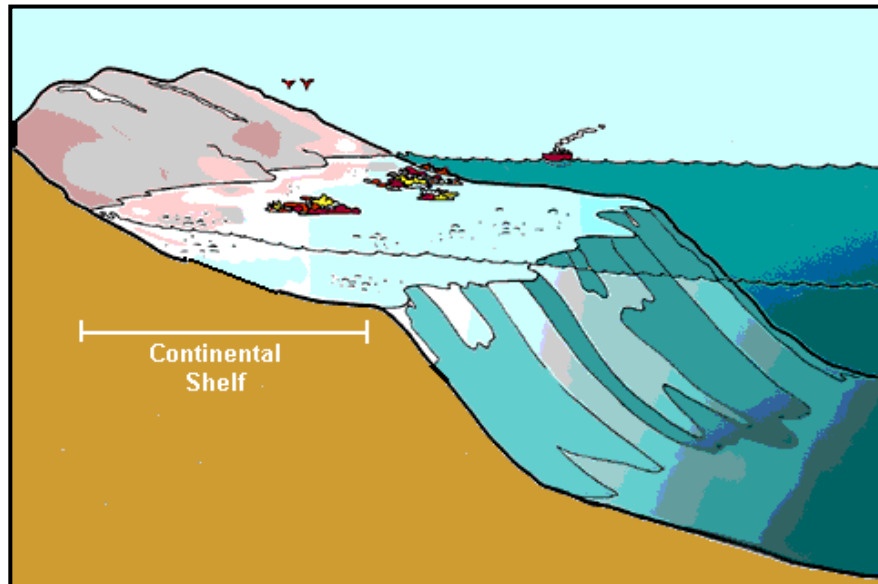
### 2.4.2. Relief Batas-Batas Pantai (*Coastal Margins*)

Daerah peralihan antara daratan dan lautan sering ditandai dengan adanya perubahan kedalaman yang berangsur-angsur. Disini dapat dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu *Continental Shelf*, *Continental Slope*, dan *Continental Rise* (Lanuru dan Suwarni, 2011).

#### 1. *Continental Shelf* (Paparasi Benua).

*Continental Shelf* adalah suatu relief dasar lautan yang mempunyai lereng yang landai dan berbatasan langsung dengan daerah daratan. Kemiringannya sekitar

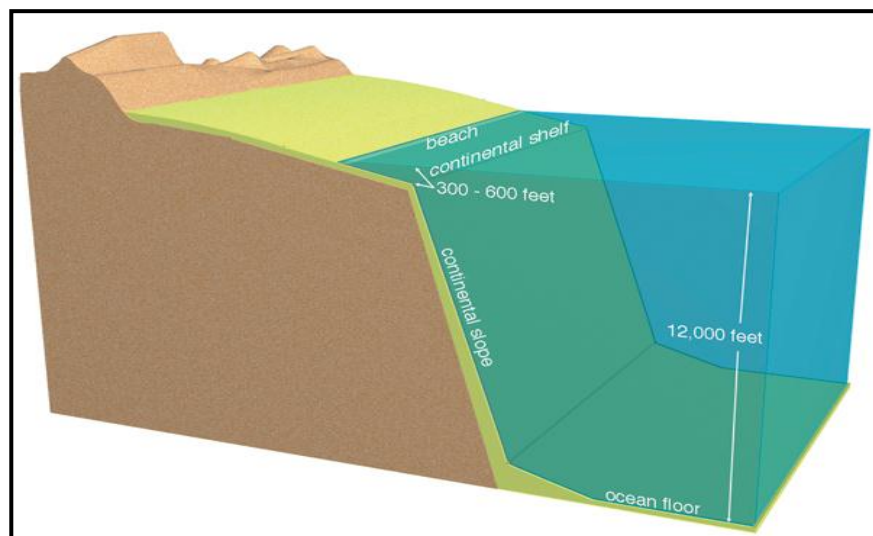
0,4% dan mempunyai lebar 50 hingga 70 km dan kedalaman maksimum tidak lebih besar antara 100 sampai 200 meter.



**Gambar 2.11** Paparan benua (*continental shelf*) (Sumber: Geoenviron.wordpress.com)

## 2. *Continental slope* (Lereng benua)

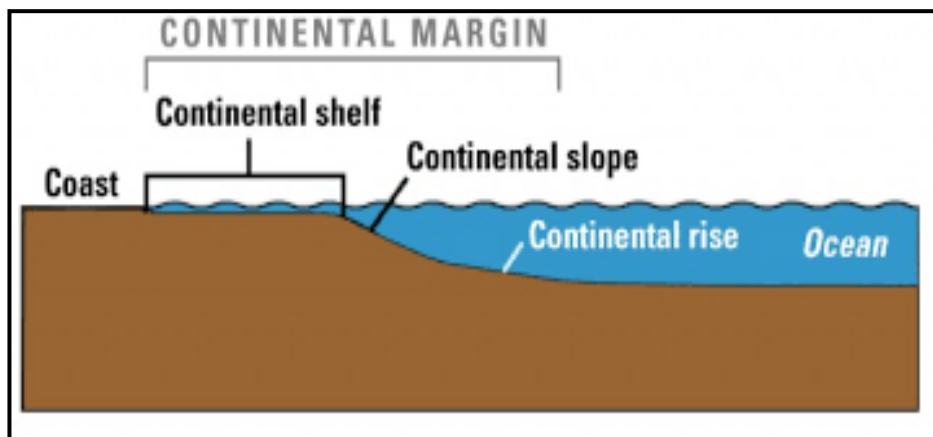
*Continental slope* mempunyai lereng yang lebih terjal dari *continental shelf* dimana kemiringannya berkisar antara 3% sampai 6%.



**Gambar 2.12** Lereng benua (*continental slope*) (Sumber: Geoenviron.wordpress.com)

### 3. *Continental Rise*

*Continental Rise* merupakan daerah yang mempunyai lereng yang kemudian perlahan lahan menjadi datar pada dasar lautan.



**Gambar 2.13** *Continental margin* (Sumber : Wikipedia)

### 2.5. Tatanan Geologi Kelautan Indonesia

Berdasarkan peta batimetri Indonesia, pola batimetri yang berkembang memperlihatkan morfologi dasar lautnya mengikuti garis pantai dan pola hasil tektonik. Di sekitar paparan sunda (Selat Malaka, Laut Cina Selatan dan Laut Jawa) berkembang morfologi paparan yang mengikuti garis pantai. Sedangkan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) memperlihatkan kedalaman yang besar, mulai 2000 meter (*Timor Trough*) hingga lebih 7000 meter (Cekungan Weber). Pada umumnya cekungan di KTI yang terbentuk sangat bervariasi dan terisi oleh sedimen laut dalam yang sangat tipis. Daerah tinggian memperlihatkan bentuk tojolan-tojolan dan lembah sempit yang tajam sebagai penciri utama batuan dasar (*Basement Rock*). Bentuk-bentuk tersebut tidak terlepas dari pengaruh tumbukan intra mikrokontinen Australia dengan busur Kepulauan Banda. Proses tersebut masih berlangsung hingga saat ini sehingga sedimen-sedimen yang ada selain

terdorong ikut penyusupan juga terakresi bahkan membentuk gunung api bawah laut (*Submarine volcano*) (Mulyana dan Salahuddin, 2009).

Posisi kawasan Indonesia yang terletak pada jalur tektonik tersebut telah memberi pengaruh yang besar terhadap bentukan roman dan morfologi dasar laut Indonesia. Pengaruh langsung tersebut adalah terbentuknya wilayah paparan, tepi margin dan busur kepulauan. Kondisi morfologi dasar laut Indonesia mempunyai perbedaan mencolok antara kawasan barat dan kawasan timur. Laut Jawa yang merupakan sistem Paparan Sunda (*Sunda Shelf*) mempunyai kedalaman dasar laut rata-rata 130 meter, sedangkan Laut Flores dan Laut Banda yang merupakan laut tepi mempunyai kedalaman lebih 5000 meter. Karakteristik laut dan samudra secara umum didasarkan pada kedalaman dasar laut yang dengan mudah dapat diamati dari nilai garis kontur peta batimetri. Untuk sistem samudra terdapat hubungan empiris yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman dan umur pembentukannya. Makin tua umur samudra serta proses-proses geologi yang berjalan, akan makin dalam dasar laut tersebut (Mulyana dan Salahuddin, 2009).