

# SKRIPSI

## PENGARUH PEMBANGUNAN TERMINAL PETIKEMAS *NEW* MAKASSAR 2 TERHADAP POLA SEDIMENTASI DI MUARA SUNGAI TALLO MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK

Disusun dan diajukan oleh:

**NATASHA DEWANTI TUHAREA**  
**D081 19 1046**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KELAUTAN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2023**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****PENGARUH PEMBANGUNAN TERMINAL PETIKEMAS NEW  
MAKASSAR 2 TERHADAP POLA SEDIMENTASI DI MUARA  
SUNGAI TALLO MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK**

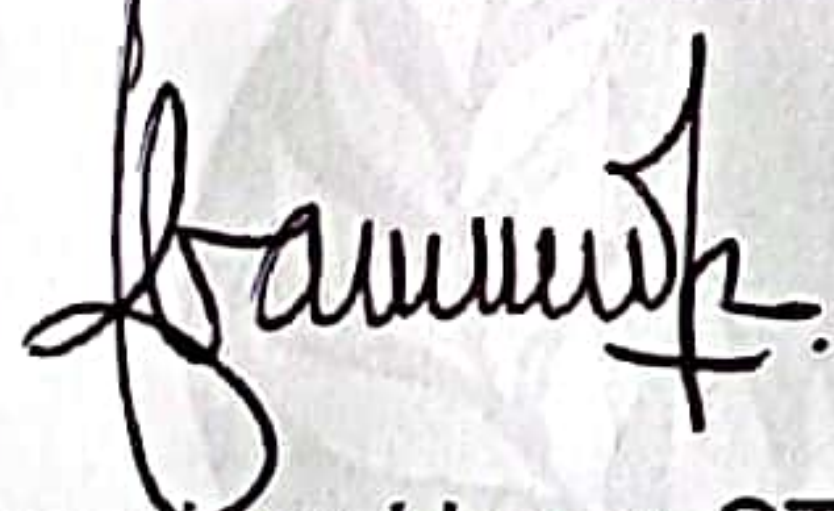
Disusun dan diajukan oleh

**Natasha Dewanti Tuharea**  
**D081 19 1046**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana pada Program Studi Teknik Kelautan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 7 AGUSTUS 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

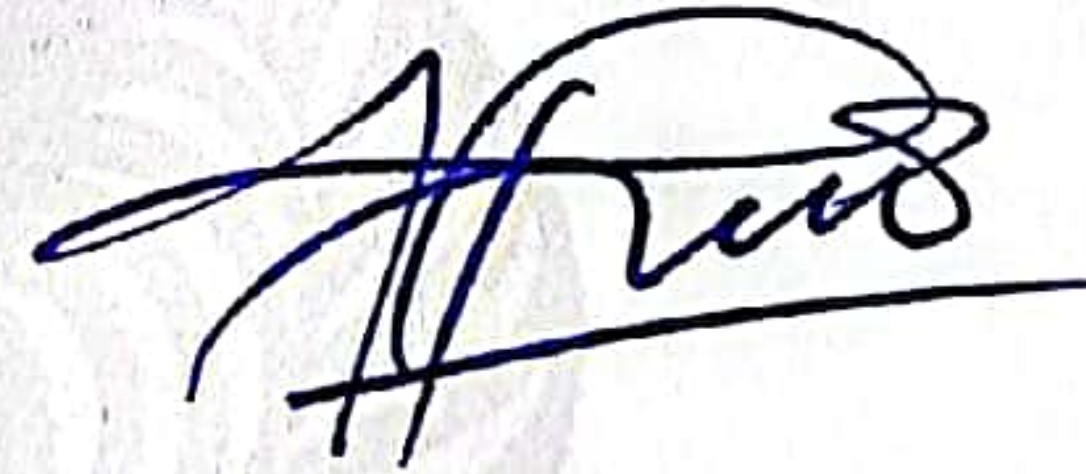
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Hasdinar Umar, ST., MT.  
NIP. 19780428 200312 2002

Pembimbing Pendamping,



Sabaruddin Rahman, ST., MT., Ph.D.  
NIP. 19760719 200112 1001

Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.  
NIP. 19750605 200212 1003



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;  
Nama : Natasha Dewanti Tuharea  
NIM : D081 19 1046  
Program Studi : Teknik Kelautan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

(Pengaruh Pembangunan Terminal Petikemas New Makassar 2 Terhadap Pola Sedimentasi Di Muara Sungai Tallo Menggunakan Simulasi Numerik)

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

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

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

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

Gowa, 16 Juni 2023



nyatakan,  
Natasha Dewanti Tuharea  
D081 19 1046



## ABSTRAK

**NATASHA DEWANTI TUHAREA.** *Pengaruh Pembangunan Terminal Petikemas New Makassar 2 Terhadap Pola Sedimentasi Di Muara Sungai Tallo Menggunakan Simulasi numerik .* (dibimbing oleh Dr. Hasdinar Umar, ST.,MT. dan Sabaruddin Rahman, ST., MT.Ph.D).

Bertambah banyaknya aktivitas masyarakat di wilayah perairan Makassar membuat pemerintah merencanakan pembangunan berjangka panjang dengan memanfaatkan potensi laut melalui reklamasi pantai yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan akan lahan yang semakin terbatas salah satunya dengan membangun Terminal Petikemas New Makassar 2. Dampak dari rencana tersebut adalah menimbulkan perubahan pola sedimentasi pantai serta perubahan pola arus. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola arus dan pola sedimen yang terjadi di muara sungai Tallo akibat dari adanya pembangunan Terminal Petikemas New Makassar 2, disimulasikan dengan model hidrodinamika numerik untuk mensimulasikan pola arus dan pola sebaran sedimentasi. Simulasi dilakukan dengan skenario hasil pengukuran pasang surut dan angin sebagai pembangkit.

Pola arus yang terjadi di daerah sekitar Muara Sungai Tallo sebelum dan sesudah adanya pembangunan Terminal Petikemas New Makassar 2 mengalami penurunan rata-rata sebesar 51,288 % dari 0,105 m/s - 0,051 m/s. Arah arus menunjukkan pada kondisi menuju pasang tertinggi, arus bergerak dari laut lepas menuju muara. Sedangkan pada saat kondisi surut terendah arus bergerak dari muara menuju ke laut lepas.

Sebaran sedimen di Perairan Muara Sungai Tallo mengalami perubahan dari kondisi sebelum dan sesudah pembangunan Terminal Petikemas New Makassar 2 yang menyebabkan terjadinya perubahan morfologi dasar perairan Muara Sungai Tallo cenderung tinggi. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya perubahan morfologi pada garis tinjau yang ditentukan. Pada garis tinjau satu sampai lima terjadi sedimentasi yang ditandai dengan perubahan berturut-turut sebesar 0,055 m, 0,096 m, 0,048 m, 0,158 m dan 0,059 m. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pembangunan Terminal Petikemas New Makassar 2 mempengaruhi kondisi perairan di Muara Sungai Tallo.

**Kata Kunci:** Arus, Reklamasi, Sedimentasi, Simulasi numerik, Terminal Petikemas New Makassar 2.



## ABSTRACT

**NATASHA DEWANTI TUHAREA.** *The Effect of Terminal Petikemas New Makassar 2 Development on Sedimentation Patterns at the Tallo Estuary Using Numerical Simulation.* (supervised by Dr. Hasdinar Umar, ST.,MT. dan Sabaruddin Rahman, ST., MT.Ph.D).

*As the number of community activities in the waters of Makassar consistently increases, the government prompted to plan future development by utilizing the sea's potential through coastal reclamation which aims to meet the need for increasingly limited land, one of which is by initiate Terminal Petikemas New Makassar 2 establishment. The footprint of the plan is to cause changes in coastal sedimentation patterns and changes in current patterns. The study's objective was to determine the current pattern and sediment pattern that occurred at the mouth of the Tallo River as a outcome of the Terminal Petikemas New Makassar 2 development, simulated with a numerical hydrodynamic model to simulate the current pattern and distribution pattern of sedimentation. The simulation is carried out using the scenario of the results of tidal and wind measurements as a generator.*

*The current pattern that occurred in the area around the Tallo River Estuary prior-to the construction of the Terminal Petikemas New Makassar 2 experienced an average decrease of 51,288 from 0,105 m/s - 0,051 m/s . The direction of the streams shows that in conditions towards the highest tide, the current moves from the open sea towards the estuary. Whereas during the lowest subsided the current moves from the estuary to the open sea.*

*The distribution of sediment in the waters of the Tallo Estuary has changed from the conditions before and after the construction of the Terminal Petikemas New Makassar 2 which caused changes in the bottom morphology of the Tallo Estuary waters which tended to be high. This is evidenced by the presence of morphological changes in the specified review line. On observation lines one to five sedimentation occurs which is characterized by changes of 0,055 m, 0,096 m, 0,048 m, 0,158 m and 0,059 m respectively. Based on these results it can be concluded that the development of the Terminal Petikemas New Makassar 2 has affected the condition of the waters in the Tallo Estuary.*

**Keywords:** *Current, Reclamation, Sedimentation, Numerical simulation, Terminal Petikemas New Makassar 2.*



## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>                          | <b>ii</b>   |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>                                | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK.....</b>   | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>  | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                      | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                       | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....</b>                    | <b>xi</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                     | <b>xi</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                                  | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....   | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah.....  | 2           |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                     | 2           |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                    | 2           |
| 1.5 Batasan Masalah .....                                       | 2           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                            | <b>3</b>    |
| 2.1 Penelitian Yang Relevan .....                               | 3           |
| 2.2 Muara Sungai.....   | 4           |
| 2.3 Debit Sungai.....   | 5           |
| 2.4 Sifat-sifat Fisik Muara dan Aliran Sungai .....             | 7           |
| 2.5 Tipe Morfologi Muara Sungai .....                           | 8           |
| 2.6 Sedimen dan Material Sedimen .....                          | 10          |
| 2.7 Sifat-sifat Sedimen.....                                    | 11          |
| 2.8 Mekanisme Transport Sedimen Oleh Gelombang.....             | 13          |
| 2.9 Awal Gerak Sedimen .....                                    | 16          |
| 2.10 Arus di Dekat Pantai.....                                  | 18          |
| 2.11 Pola Arus .....  | 19          |
| 2.12 Pasang Surut.....  | 20          |
| 2.13 Pemodelan Hidrodinamika dan Transpor Sedimen .....         | 22          |
| 2.14 Metode Validasi <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) ..... | 23          |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                          | <b>25</b>   |
| 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....                           | 25          |
| 3.2 Prosedur Penelitian.....                                    | 25          |
| 3.3 Diagram Alir .....  | 27          |
| 3.4 Input Data dan Pemodelan .....                              | 28          |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                        | <b>29</b>   |
| 4.1 Peta Batimetri .....  | 29          |
| 4.2 Data Arus .....   | 29          |
| 4.3 Pasang Surut .....  | 30          |
| 4.4 Data Angin .....  | 31          |
| 4.6 Data Sedimen Dasar .....                                    | 32          |
| 4.7 Pemodelan software Simulasi numerik .....                   | 33          |
| 4.7.1 Digitasi <i>Land Boundary</i> .....                       | 34          |
| 4.7.2 Meshing Grid .....  | 34          |



|   |           |
|---|-----------|
| 4.7.3 Kondisi Batas Lingkungan.....   | 36        |
| 4.7.4 Simulasi Pemodelan Hidrodinamika ( <i>Hydrodynamic Module</i> ) .....       | 37        |
| 4.7.5 Validasi Hasil Simulasi .....   | 38        |
| 4.7.6 Pola Arus Sebelum Reklamasi.....  | 40        |
| 4.7.7 Pola Arus Sesudah Reklamasi.....  | 43        |
| 4.8 Perbandingan Pola Arus Sebelum dan Sesudah Reklamasi.....                     | 45        |
| 4.9 Pemodelan Pola Sedimentasi .....  | 47        |
| 4.9.1 Pola Sedimentasi Sebelum Reklamasi.....                                     | 47        |
| 4.9.2 Pola Sedimentasi Sesudah Reklamasi.....                                     | 49        |
| 4.9.3 Perbandingan Pola Penyebaran Sedimen Sebelum dan Sesudah<br>Reklamasi ..... | 50        |
| 4.9.4 Perubahan Morfologi Dasar Perairan Muara Sungai Tallo.....                  | 51        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>   | <b>56</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 56        |
| 5.2 Saran.....  | 56        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>  | <b>57</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>   | <b>59</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Muara Sungai yang didominasi debit sungai .....                                 | 9  |
| Gambar 2.2 Muara sungai yang didominasi gelombang .....                                    | 9  |
| Gambar 2.3 Muara sungai yang didominasi pasang surut .....                                 | 10 |
| Gambar 2.4 Kecepatan endap butir kwarsa berbentuk bola .....                               | 13 |
| Gambar 2.5 Tiga cara sedimen diangkut .....  | 14 |
| Gambar 2.6 Pengaruh diameter partikel terhadap faktor flokulasi .....                      | 15 |
| Gambar 2.7 Pengaruh tegangan geser terhadap gerak sedimen dasar .....                      | 16 |
| Gambar 2.8 Awal gerak sedimen karena pengaruh gelombang .....                              | 17 |
| Gambar 2.9 Tegangan kritik erosi fungsi rapat masa endapan.....                            | 18 |
| Gambar 2.10 Tipe Pasang Surut.....   | 20 |
| Gambar 2.11 Pola Gerak Pasang Surut Harian Tunggal.....                                    | 21 |
| Gambar 2.12 Pola Gerak Pasang Surut Condong ke Harian Ganda.....                           | 21 |
| Gambar 2.13 Pola Gerak Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda                       | 22 |
| Gambar 2.14 Pola Gerak Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal<br>.....            | 22 |
| Gambar 3.1 Lokasi Penelitian .....   | 25 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....   | 27 |
| Gambar 3.3 Menu Software Simulasi numerik.....   | 28 |
| Gambar 4.1 Peta Batimetri daerah Muara Sungai Tallo .....                                  | 29 |
| Gambar 4.2 Lokasi Pengambilan data kecepatan arus, pasang surut dan<br>sedimen dasar. .... | 30 |
| Gambar 4.3 Grafik pasang surut pada koordinat 771395.85 m E dan 9435364.15<br>m S.....     | 31 |
| Gambar 4.4 Mawar angin perairan Muara Sungai Tallo .....                                   | 32 |
| Gambar 4.5 Grafik distribusi sedimen sampel 1 .....  | 32 |
| Gambar 4.6 Grafik distribusi sedimen sampel 2 .....  | 33 |
| Gambar 4.7 Grafik distribusi sedimen sampel 3 .....  | 33 |
| Gambar 4.8 <i>Land Boundary</i> pemodelan .....  | 34 |
| Gambar 4.9 <i>Meshing</i> pada daerah pemodelan.....                                       | 35 |
| Gambar 4.10 Kontur Kedalaman daerah pemodelan .....  | 36 |
| Gambar 4.11 Kondisi Batas Pemodelan <i>Hydrodynamic Module</i> .....                       | 37 |
| Gambar 4.12 Hasil simulasi pola dalam bentuk vektor .....                                  | 38 |
| Gambar 4.13 Perbandingan Pasang surut pengamatan langsung dan simulasi                     | 39 |



|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.14 Perbandingan kecepatan arus pengamatan langsung dan simulasi .....                   | 39 |
| Gambar 4.15 Time Step pengamatan hasil simulasi .....  | 40 |
| Gambar 4.16 Titik tinjauan kecepatan arus .....  | 41 |
| Gambar 4.17 Pola arus pada saat surut terendah .....   | 42 |
| Gambar 4.18 Pola arus pada saat pasang tertinggi .....   | 42 |
| Gambar 4.19 <i>Time step</i> Pengamatan hasil simulasi sesudah reklamasi .....                   | 43 |
| Gambar 4.20 Titik tinjauan kecepatan arus .....  | 43 |
| Gambar 4.21 Pola arus pada saat surut terendah .....   | 44 |
| Gambar 4.22 Pola arus pada saat pasang tertinggi .....   | 45 |
| Gambar 4.23 Pola Arus Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Pasang Tertinggi .....            | 46 |
| Gambar 4.24 Pola Arus Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Surut Terendah .....              | 46 |
| Gambar 4.25 Pola sebaran sedimen pada saat kondisi pasang tertinggi .....                        | 48 |
| Gambar 4.26 Pola sebaran sedimen pada saat kondisi surut terendah .....                          | 48 |
| Gambar 4.27 Pola sebaran sedimen pada saat kondisi pasang tertinggi .....                        | 49 |
| Gambar 4.28 Pola sebaran sedimen pada saat kondisi surut terendah .....                          | 50 |
| Gambar 4.29 Pola Sebaran Sedimen Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Pasang Tertinggi ..... | 51 |
| Gambar 4.30 Pola Sebaran Sedimen Sebelum (a) dan Sesudah (b) saat Kondisi Surut Terendah .....   | 51 |
| Gambar 4.31 Letak garis tinjauan perubahan morfologi dasar Muara Sungai Tallo .....              | 52 |
| Gambar 4.32 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 1 .....   | 53 |
| Gambar 4.33 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 2 .....   | 53 |
| Gambar 4.34 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 3 .....   | 54 |
| Gambar 4.35 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 4 .....   | 54 |
| Gambar 4.36 Perubahan Morfologi Dasar pada Garis 5 .....   | 55 |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Ukuran besar Butir untuk Sedimen Menurut <i>Wentworth</i> .....             | 12 |
| Tabel 3.1 Sumber data dan penggunaannya   | 26 |
| Tabel 4.1 Kondisi Batas <i>Hydrodynamic Module</i> .....                              | 36 |
| Tabel 4.2 Kondisi Batas <i>Sand Transport Module</i> .....                            | 37 |
| Tabel 4.3 Koordinat Titik Tinjauan Kecepatan Arus Muara Sungai Tallo .....            | 40 |
| Tabel 4.4 Titik Tinjauan Kecepatan Arus .....   | 41 |
| Tabel 4.5 Titik Tinjauan Kecepatan Arus .....   | 44 |
| Tabel 4.6 Perbandingan kecepatan arus .....   | 46 |
| Tabel 4.7 Parameter pemodelan transpor sedimen (HD) modul Simulasi numerik<br>FM..... | 47 |
| Tabel 4.8 Koordinat garis tinjau bed level dalam satuan UTM .....                     | 52 |
| Tabel 4.9 Tinjauan perubahan rata-rata <i>bed level</i> .....                         | 55 |



## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

| Lambang/Singkatan | Arti dan Keterangan                      |
|-------------------|--|
| $q_b$             | Transportasi Bed Load (m/(m.s))          |
| B                 | Lebar Dasar (m)                          |
| $Q_s$             | Debit (m <sup>3</sup> /s).               |
| $R_e$             | Angka Reynolds                           |
| $W$               | Kecepatan endap, berat partikel          |
| $D$               | Diameter butir                           |
| $\nu$             | kekentalan kinematic air                 |
| $\tau_b$          | Tegangan geser dasar                     |
| $\rho$            | Rapat massa air                          |
| $u_*$             | Kecepatan geser                          |
| $f$               | Faktor gesekan                           |
| $u_b$             | Kecepatan partikel air di dekat dasar    |
| G                 | Percepatan gravitasi (m/s <sup>2</sup> ) |
| X                 | Nilai pengamatan                         |
| Y                 | Nilai prediksi                           |
| N                 | Volume gas akhir (m <sup>3</sup> )       |



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT bahwasanya penulis dapat menyelesaikan Skripsi. Salawat serta salam penulis panjatkan kehadiran Nabi Muhammad SAW. Skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan judul:

“PENGARUH PEMBANGUNAN TERMINAL PETIKEMAS *NEW* MAKASSAR 2  
TERHADAP POLA SEDIMENTASI DI MUARA SUNGAI TALLO  
MENGUNAKAN SIMULASI NUMERIK ”

Teristimewa penulis haturkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis Bapak **Dedi Junaedi Tuharea** dan Ibu **Isnawati Maruapey** yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, doa, nasehat, serta kesabaran yang luar biasa dalam setiap langkah penulis sampai tahap skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Keberhasilan skripsi ini, tak luput pula berkat bantuan dari berbagai pihak yang diterima penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan secara tulus dan ikhlas kepada yang terhormat:

1. Ibu **Dr. Hasdinar Umar, ST.,MT.** selaku dosen pembimbing utama dan dosen penasehat akademik yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan skripsi ini.
2. Bapak **Sabaruddin Rahman, ST.,MT.,Ph.D.** selaku dosen pembimbing pendamping sekaligus kepala *Coastal and Ocean Modelling Laboratory* yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.**, selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan yang telah mengesahkan skripsi ini.
4. Bapak **Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.** dan Bapak **Dr. Eng. Firman Husain, ST., MT.**, selaku dosen penguji yang memberikan kritik dan saran yang membangun pada skripsi ini.



5. Seluruh **Dosen Departemen Teknik Kelautan** yang telah memberikan pengalaman dan pengetahuannya kepada penulis selama proses perkuliahan.
6. **Staf Administrasi Departemen Teknik Kelautan** yang telah membantu segala aktivitas administrasi selama perkuliahan.
7. Adik Tercinta **Queen Aliah Tuharea, Queen Rania Tuharea dan Rizky Abdul Bashir Tuharea** yang tak henti-hentinya memberikan kasih sayang, motivasi dan doa kepada penulis.
8. **Teman-teman Mahasiswa khususnya Teknik Kelautan 2019** yang telah menjadi keluarga penulis selama perkuliahan dan selalu memberikan motivasi dan dukungannya membantu penulis hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Kepada rekan-rekan **Labo Pantai, Ratih, Gigi dan Galy** yang sama-sama berjuang dalam menyelesaikan studi.
10. Kepada seluruh pihak yang tak sempat penulis ucapkan satu per satu, terima kasih yang sebesar-besarnya untuk segala sumbangsih selama proses penyelesaian skripsi ini.
11. Terakhir, terima kasih kepada diri saya sendiri karena tidak menyerah dan tetap berjuang dalam keadaan apapun. Terima kasih sudah berusaha keras sekuat tenaga dan tetap sabar dalam menghadapi banyaknya rintangan dan cobaan. Terima kasih sudah tetap kuat bertahan dan hidup hingga saat ini. You made it to the finish line, Caem!!

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai bahan untuk menutupi kekurangan dari penulisan skripsi ini. Penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu Teknik Kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Gowa, 16 Juni 2023

Natasha Dewanti Tuharea



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sungai Tallo adalah sungai yang membelah kota Makassar. Sungai ini mempunyai panjang 10 KM serta sungai ini melewati 3 kabupaten/kota, yaitu Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Maros dan bermuara di Selat Makassar. Sungai dan pantai saling berkaitan satu sama lain, hal ini disebabkan karena hampir semua sungai bermuara di pantai sehingga kegiatan-kegiatan yang dilakukan disepanjang kawasan aliran sungai akan berpengaruh ke pantai dan begitupun sebaliknya.

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.

Bertambah banyaknya aktivitas masyarakat di wilayah perairan Makassar membuat pemerintah merencanakan pembangunan berjangka dengan memanfaatkan potensi laut melalui reklamasi pantai yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan akan lahan yang semakin terbatas salah satunya dengan membangun Terminal Petikemas *New Makassar 2* mengingat Makassar merupakan penghubung untuk wilayah Indonesia Timur. Pengembangan Terminal Petikemas *New Makassar 2* diharapkan dapat memenuhi kebutuhan angkutan bagi masyarakat di wilayah tersebut.

Dengan adanya reklamasi di Terminal Petikemas *New Makassar 2* dapat menjadi salah satu penyebab akan terganggunya aliran sungai maka diperlukan pemahaman kondisi perairan dimana diketahui bahwa dengan adanya reklamasi pantai akan menimbulkan perubahan ekosistem seperti gangguan lingkungan, erosi dan sedimentasi pantai serta perubahan pola arus. Sedimentasi merupakan proses pengendapan atau pembentukan sedimen. Sedimentasi di pantai timbul karena adanya sedimen yang mengendap sehingga dapat juga mengakibatkan terganggunya aliran sungai dan pendangkalan sungai sehingga dapat menimbulkan beberapa masalah dalam proses transportasi sedimen di muara sangat kompleks, dan hal ini dapat membuat sulit untuk memahami pola akumulasi sedimen.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang menjadi kajian dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh pembangunan Terminal Petikemas *New Makassar 2* terhadap pola arus yang terjadi di Muara Sungai Tallo ?
2. Bagaimana pengaruh pembangunan Terminal Petikemas *New Makassar 2* terhadap pola sedimentasi yang terjadi di Muara Sungai Tallo ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk

1. Mengetahui pola arus yang terjadi di muara sungai Tallo akibat dari adanya pembangunan Terminal Petikemas *New Makassar 2*.
2. Mengetahui Pola sedimentasi yang terjadi di muara sungai Tallo akibat dari adanya pembangunan Terminal Petikemas *New Makassar 2*:

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian pengaruh pembangunan Terminal Petikemas *New Makassar 2* terhadap pola sedimentasi di muara sungai Tallo ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk pemodelan pola arus dan pola sedimentasi.
2. Penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan bagi pihak-pihak atau lembaga pemerintahan yang menjadi pengawas atau pemantau muara sungai Tallo.
3. Untuk menambah literatur keteknikan khususnya pada jurusan teknik kelautan mengenai simulasi dan pemodelan hidrodinamika.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian Ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Daerah pemodelan hanya pada daerah sekitar Perairan Muara Sungai Tallo yang sudah ditentukan
2. Pola arus yang dimodelkan adalah arus pasang surut
3. Parameter gelombang diabaikan



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Yang Relevan

Berikut penelitian yang relevan dengan penelitian ini:

Penelitian oleh (Saraswati, 2018) dengan judul Analisis Dampak Reklamasi PT. Petrokimia Terhadap Pola Arus dan Sedimentasi. Penelitian ini membahas perubahan pola arus dan sedimentasi akibat adanya reklamasi di pelabuhan PT. Petrokimia dengan menggunakan *software* Delft3D. Dari hasil pemodelan didapatkan kecepatan arus yang terjadi di kawasan pelabuhan PT. Petrokimia sebelum dan sesudah adanya reklamasi mengalami perubahan. Sedangkan untuk laju sedimentasi pada kondisi eksisting yaitu 24,015 cm/bulan dan laju sedimentasi pada kondisi reklamasi yaitu 55,831 cm/bulan. Selisih volume sedimen antara kondisi eksisting dan sesudah reklamasi yaitu 326.869,3 m<sup>3</sup>

Kemudian, penelitian oleh (Fahmi, 2015) dengan judul Analisa Laju Sedimentasi Akibat Rencana Reklamasi Di teluk Segendis Bontang. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Pola arus yang terjadi di daerah sekitar Teluk Segendis sebelum dan sesudah adanya reklamasi mengalami perubahan. Pada saat kondisi menuju pasang tertinggi dan menuju surut, arus di Teluk Segendis bergerak ke arah laut terbuka. Sedangkan pada saat kondisi surut terendah dan menuju pasang arus bergerak ke arah yang berlawanan. Selain itu, kecepatan arus di titik tinjau sebelum dan sesudah reklamasi mengalami dengan ratio standard deviasi sebesar 1,6. Sebaran sedimen di Perairan Teluk Segendis pada kondisi sebelum dan sesudah reklamasi mengalami perubahan yang signifikan, laju sedimen maksimum pada kondisi eksisting sebesar 2.10<sup>-7</sup> m<sup>3</sup>/s/m dan sesudah reklamasi sebesar 2.10<sup>-8</sup> m<sup>3</sup>/s/m. laju sedimen terendah sebesar pada kondisi eksisting sebesar 1.10<sup>-8</sup> m<sup>3</sup>/s/m dan sesudah reklamasi sebesar 2.10<sup>-8</sup> m<sup>3</sup>/s/m. Hal ini dikarenakan laju sedimen yang terjadi sangat rendah. *Bed level change* terbesar pada garis tinjau dua dengan rata – rata perubahan dasar sebesar 0.088 m.

Terakhir, penelitian dari (Suprpto, 2020) dengan judul Analisa Dampak Pembangunan Jetty Terhadap Laju Sedimentasi dan Pola Arus Di Kawasan *Open Crude Access* PT.Pertamina RU III, Plaju Menggunakan *Software* Simulasi numerik . Dalam penelitian ini membahas tentang pola arus yang terjadi di daerah sekitar tanjung katimabongko sebelum dan sesudah adanya rencana pembangunan jetty tidak mengalami perubahan. Pola arus berubah disekitar rencana pembangunan jetty. Grafik kecepatan arus menunjukkan perbedaan kondisi eksisting dan rencana pembangunan jetty. Pada saat kondisi menuju



pasang tertinggi dan menuju surut, arus bergerak dari arah timur menuju barat, dari laut terbuka menuju muara. Sedangkan pada saat kondisi surut terendah dan menuju pasang arus bergerak ke arah yang berlawanan, dari muara menuju ke laut terbuka. Sebaran sedimen di Perairan tanjung katimabongko tidak mengalami perubahan. Pola sebaran sedimen cenderung terjadi berubah pada area rencana pembangunan jetty. Perubahan morfologi dasar perairan relative rendah. Hal tersebut didukung oleh perubahan morfologi pada garis tinjau yang ditentukan. Pada garis tinjau satu terjadi erosi ditandai dengan perubahan sebesar -0,000945 m, sedimentasi dengan perubahan 0.000205 m pada garis tinjau dua dan pada garis tinjau tiga sebesar 0.00167 m.

## 2.2 Muara Sungai

Sungai adalah aliran air besar yang memanjang dan mengalir secara terus-menerus dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah dan bermuara di laut, danau atau sungai yang lebih besar. Aliran sungai yang berliku-liku karena terjadinya proses pengikisan dan pengendapan di sepanjang sungai. (Syarifuddin, 2000). Sungai terdiri dari beberapa bagian, bermula dari mata air mengalir ke anak sungai, kemudian anak sungai akan bergabung untuk membentuk sungai utama. Penghujung sungai dimana sungai bertemu laut di kenal sebagai muara.

Muara sungai adalah bagian hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Permasalahan di muara sungai ditinjau di bagian mulut sungai (*river mouth*) dan estuari. Mulut sungai adalah bagian paling hilir dari muara sungai yang langsung bertemu laut. Estuari adalah bagian dari sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut. Pengaruh pasang surut terhadap sirkulasi aliran (kecepatan/debit, profil muka air, intrusi air asin) di estuari dapat sampai jauh ke hulu sungai, yang tergantung pada tinggi pasang surut, debit sungai dan karakteristik estuari (tampang aliran, kekasaran dinding, dan sebagainya) (Triatmodjo, 2016). Muara sungai merupakan tempat bertemunya arus sungai dengan arus pasang surut, yang berlawanan menyebabkan adanya pengaruh sedimentasi saat pencampuran air, dan membawa pengaruh pada biota.

Muara sungai berfungsi sebagai pengeluaran/pembuangan debit sungai terutama pada waktu banjir kelaut. Karena letaknya yang berada di ujung hilir, maka debit aliran di muara adalah lebih besar di banding pada tampang sungai di sebelah hulu. Selain muara sungai juga harus melewati debit yang ditimbulkan oleh pasang surut, yang biasa lebih besar dari debit sungai. Muara sungai harus cukup lebar dan dalam.



Estuari merupakan badan air tempat terjadinya pencampuran masa air laut yang dipengaruhi oleh pasang surut dengan air tawar yang berasal dari daratan. Hal ini yang menyebabkan kondisi perairan sangat tergantung pada kondisi air laut dan air tawar yang masuk ke dalamnya. Semakin tinggi kandungan tersuspensi yang dibawa air tersebut semakin tinggi endapan lumpur di estuari. Pembentukan endapan mendapatkan pengaruh air laut, karena air laut juga mengandung cukup banyak materi tersuspensi. Kerusakan hutan yang diakibatkan oleh aktivitas penebangan liar terjadi dibagian hulu DAS (Daerah Aliran Sungai), menyebabkan tingginya laju erosi dibagian hulu yang berdampak pada tingginya sedimentasi di bagian hilir

### 2.3 Debit Sungai

Debit adalah jumlah zat yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satu satuan waktu. Debit aliran diukur dalam volume zat cair tiap satuan waktu, sehingga satuannya meter kubik per sekon ( $m^3/s$ ). Di dalam cairan ideal, di mana tidak terjadi gesekan, kecepatan aliran  $V$  sama di setiap titik pada tampang lintang (Triatmodjo, 2016).

Menurut (Rita Tahir Lopa, 2019) menjelaskan dari hasil penelitiannya yang berjudul "Kajian Potensi Sungai Tallo Sebagai Navigasi Sungai" didapatkan bahwa besarnya debit air sungai dengan menggunakan Metode Mock didapatkan debit maksimum mencapai  $79,685 m^3/s$  terjadi pada musim penghujan dan debit minimum mencapai  $21,141 m^3/s$  terjadi pada musim kemarau.

Saluran terbuka adalah saluran di mana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekan permukaan air adalah sama yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Aliran melalui saluran terbuka harus mempunyai muka air bebas maka aliran ini biasanya berhubungan dengan zat cair dan umumnya adalah air. (Nur Faida Yanti N, 2016)

Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur baik terhadap ruang maupun waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan sebagainya. Ketidakteraturan tersebut mengakibatkan analisis aliran sangat sulit untuk diselesaikan secara analitis. Oleh karena itu analisis aliran terbuka adalah lebih empiris dibandingkan dengan aliran melalui pipa.

#### 1. Klasifikasi Aliran

Pada umumnya tipe aliran melalui saluran terbuka adalah turbulen. Karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding relatif besar. Aliran melalui saluran terbuka akan turbulen apabila angka Reynolds  $Re > 1000$ , dan aminer apanila



$Re < 500$ . Panjang karakteristik yang ada pada angka Reynolds adalah jari-jari hidraulik, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara luas tampang basah dan keliling basah.

Aliran melalui saluran terbuka disebut *uniform* (seragam) apabila berbagai variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada setiap tampang di sepanjang aliran adalah konstan. Pada aliran seragam, garis energi, garis muka air dan dasar saluran adalah sejajar sehingga kemiringan dari ketiga garis tersebut adalah sama. Kedalaman air pada aliran seragam. Untuk debit aliran dan luas penampang lintang saluran tertentu, kedalaman normal adalah konstan di seluruh panjang saluran.

Aliran disebut tidak seragam atau berubah (*non uniform flow* atau *variated flow*) apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan, sepanjang saluran tidak konstan. Jika perubahan aliran terjadi pada jarak yang pendek maka disebut aliran berubah cepat, sedangkan bila disebut terjadi pada jarak yang panjang aliran berubah beraturan.

Aliran melalui saluran terbuka juga dapat dibedakan menjadi aliran sub kritis (mengalir) dan super kritis (meluncur). Aliran sub kritis dipengaruhi oleh kondisi hilir, dengan kata lain keadaan di hilir akan mempengaruhi aliran hulu. Apabila kecepatan aliran hilir cukup besar sehingga gangguan yang akan terjadi tidak menjalar ke hulu maka aliran tersebut super kritis.

## 2. Distribusi Kecepatan

Distribusi kecepatan tergantung pada banyak faktor seperti bentuk saluran, kekasaran dinding dan juga debit aliran. Distribusi kecepatan tidak merata di setiap titik pada tampang lintang. Kecepatan minimum terjadi di dekat dinding batas (dasar dan tebing) dan bertambah besar dengan jarak menuju permukaan. Garis kontur kecepatan maksimum terjadi di sekitar tengah lebar saluran dan sedikit di bawah permukaan. Hal ini terjadi karena adanya gesekan antara zat cair dan tebing saluran dan juga karena adanya gesekan antara zat cair dan tebing saluran, dan gesekan dengan udara pada permukaan. Saluran yang sangat lebar, distribusi kecepatan disekitar bagian tengah lebar saluran adalah sama. Hal ini disebabkan karena sisi-sisi saluran tidak berpengaruh pada daerah tersebut, sehingga saluran di bagian itu dapat dianggap 2 dimensi (vertikal). Keadaan ini dapat terjadi apabila lebar saluran lebih besar dari 5-10 kali kedalaman aliran yang tergantung pada kekasaran dinding.

Distribusi kecepatan pada vertikal dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran pada berbagai kedalaman. Semakin banyak titik pengukuran akan memberikan hasil semakin baik. Biasanya pengukuran kecepatan di lapangan



dilakukan menggunakan current meter. Alat ini berupa baling-baling yang akan berputar karena adanya aliran, yang kemudian akan memberikan hubungan antara kecepatan aliran.

Keperluan praktis dan ekonomis, di mana sering diperlukan kecepatan rerata pada vertikal, pengukuran kecepatan dilakukan hanya pada satu atau dua titik tertentu. Kecepatan rerata dapat diukur pada 0,6 kedalaman dari muka air, atau harga rerata dari kecepatan pada 0,2 dan 0,8 kali kedalaman. Ketentuan ini hanya berdasarkan hasil pengamatan di lapangan. besarnya kecepatan rerata ini bervariasi antara 0,8 dan 0,95 kecepatan permukaan dan biasanya di ambil sekitar 0,85. Menentukan besarnya debit transport sedimen dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_s = q_b \times B \quad (2.1)$$

dimana :

$q_b$  : *Transportasi Bed Load* (m/(m.s))

B : Lebar Dasar (m)

$Q_s$  : Debit (m<sup>3</sup>/s).

## 2.4 Sifat-sifat Fisik Muara dan Aliran Sungai

### 1. Sedimen Dasar

Sebagian besar muara sungai di dominasi oleh sedimen dasar berukuran butir pasir kasar sampai lempung sedimen dasar tersebut berasal dari yang ter transport baik yang berasal dari daratan atau aktivitas mekanik air laut seperti pengadukan karena gelombang ataupun pasang surut. Partikel yang mengendap di daerah muara transport oleh aliran air tawar yang berasal dari daratan oleh sungai. Partikel yang mengendap ini biasanya kaya bahan organik sehingga partikel yang mengendap bersifat organik.

### 2. Bentang Lingkungan

Dominasi yang terjadi akibat jumlah sedimen berukuran butir pasir kasar sampai lempung yang ter deposisi di muara menjadi daerah ini memiliki bentang lingkungan berupa rawa-rawa atau daerah payau. Biasanya daerah payau memiliki vegetasi yang khas seperti tumbuhan bakau dan alang-alang yang merupakan vegetasi khas daerah pantai rawa. Rawa yang terbentuk di daerah muara memiliki arti penting sebagai daerah tempat parker air sementara untuk luapan air laut karena proses pasang surut, dan berfungsi menampung air tawar pada saat terjadi banjir di daratan, sebelum air tawar seluruhnya masuk. Bentang alam di daerah muara sungai merupakan daerah lingkungan pengendapan sedimen.



### 3. Kekeruhan (*Turbidity*)

Partikel yang masuk didalam muara dalam jumlah besar biasanya mengakibatkan kondisi perairan di daerah muara memiliki kekeruhan yang tinggi. Setidaknya pada saat-saat tertentu terjadi kekeruhan tinggi karena adanya luapan air tawar karena banjir di daratan, sehingga air tawar yang dialirkan oleh sungai berada pada kondisi volume maksimum.

Tingkat kekeruhan tertinggi terjadi di daerah mulut sungai karena pada daerah ini terjadi pertemuan lapisan air tawar dengan air laut, yang menimbulkan *front*.

## 2.5 Tipe Morfologi Muara Sungai

Morfologi muara sungai secara umum dapat dibedakan menjadi tiga jenis tergantung dari faktor dominan yang mempengaruhinya. Faktor yang bekerja di lingkungan muara sungai adalah debit sungai, pasang surut, dan gelombang. Walaupun ketiga faktor ini bekerja secara simultan, namun salah satu faktor tetap ada yang dominan sehingga faktor tersebut yang memberikan pengaruh paling besar terhadap morfologi sungai (Triatmodjo, 2016).

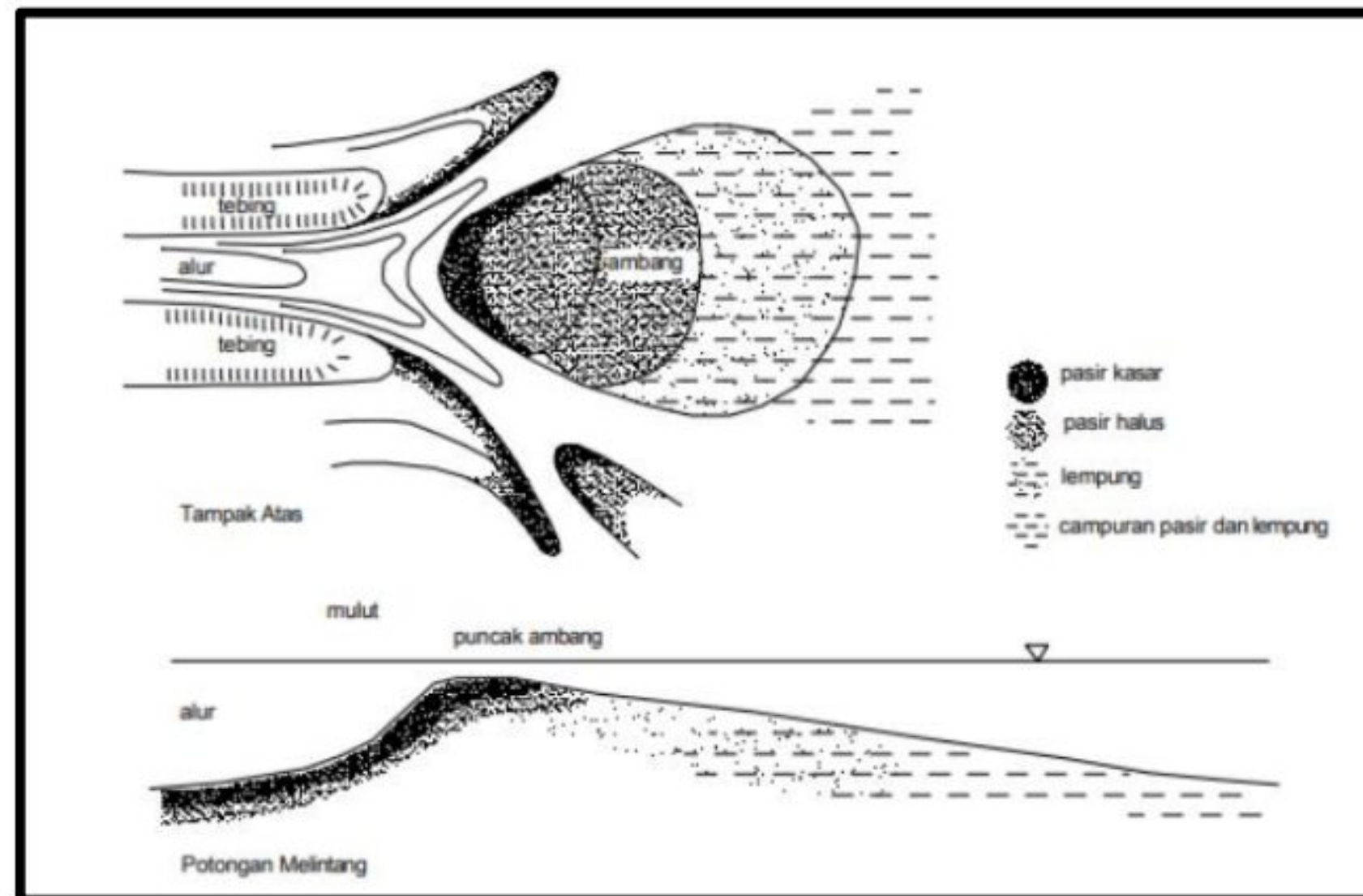
### 1. Muara Sungai yang Didominasi Debit Sungai

Muara dengan morfologi ini memiliki debit sungai yang cukup besar sepanjang tahun, sedangkan aksi gelombang yang terjadi relatif kecil. Biasanya muara jenis ini memiliki panjang aliran yang cukup panjang, sehingga sedimen yang terbawa sampai muara sungai adalah sedimen suspensi dengan ukuran diameter butiran yang sangat kecil (Triatmodjo, 2016) dalam jumlah besar.

Karena ukuran sedimen di muara sangat kecil, sehingga pada waktu terjadi air surut sedimen tersebut terdorong ke muara dan menyebar di laut. Selama periode titik balik surut, sedimen akan mengendap dan saat berikutnya ketika air laut mengalami pasang, akan terjadi pergerakan massa air menuju ke bagian hulu muara sehingga sedimen suspensi yang berasal dari laut bertemu dengan sedimen suspensi yang berasal dari hulu. Selama periode titik balik ke air pasang maupun air surut kecepatan aliran bertambah sampai mencapai maksimum dan kemudian berkurang lagi.

Pada alur sungai saat air surut, kecepatan aliran bertambah sehingga sebagian sedimen suspensi yang telah mulai mengendap akan tererosi kembali, tetapi di depan mulut muara di mana pola aliran telah menyebar, kecepatan aliran berkurang sehingga tidak mampu tererosi semua sedimen yang telah diendapkan. Dengan demikian dalam satu siklus pasang surut jumlah sedimen yang mengendap lebih banyak dari pada tererosi.

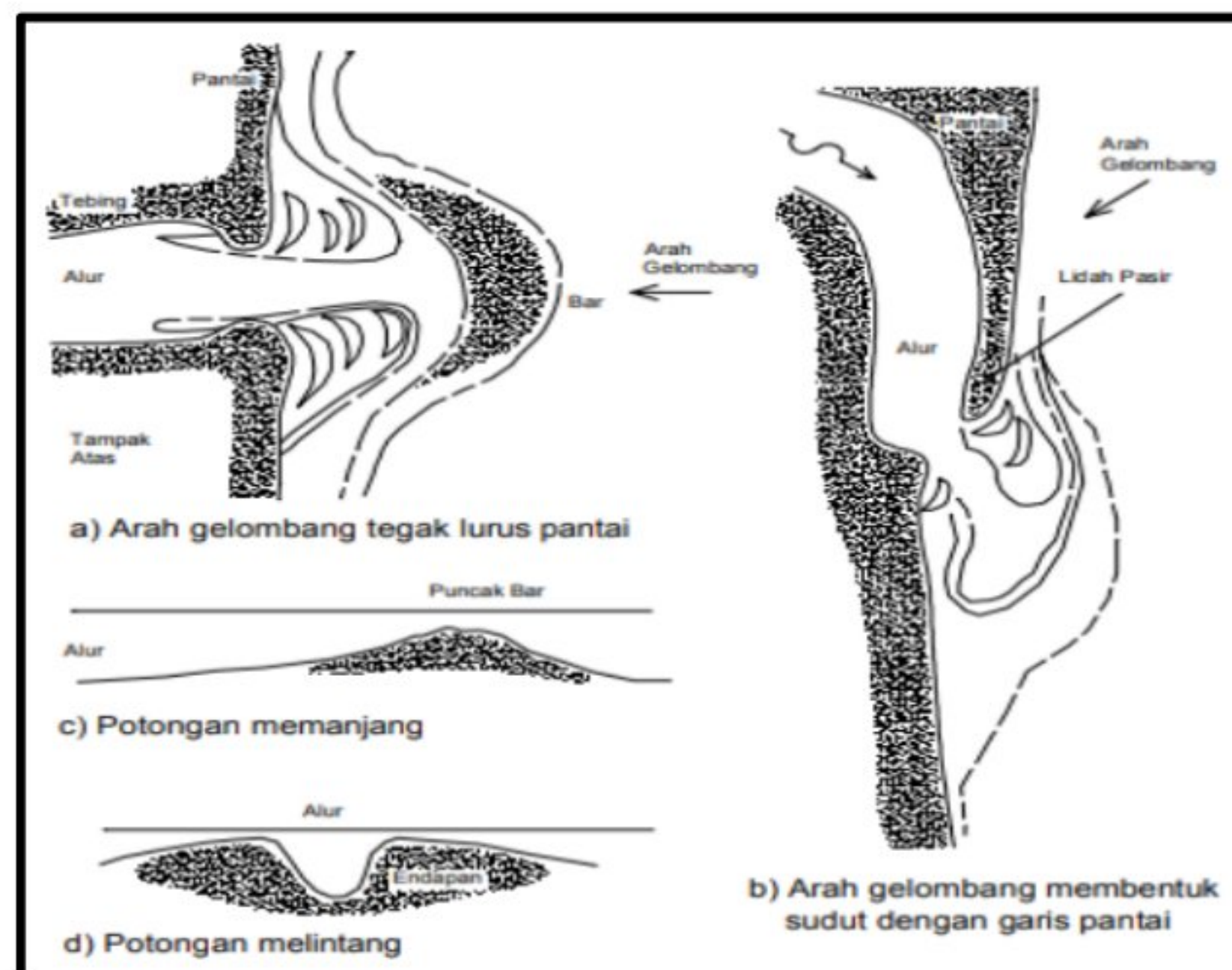




Gambar 2.1 Muara Sungai yang didominasi debit sungai  
Sumber : (Triatmodjo, 2016)

## 2. Muara Sungai yang Didominasi Gelombang

Gelombang yang terjadi di sepanjang pantai sekitar muara sungai dapat menimbulkan transport sedimen dari berbagai arah. Biasanya transport yang terjadi dengan arah tegak lurus atau sejajar pantai. Transport sedimen sepanjang pantai merupakan transport sedimen yang paling dominan terjadi (Triatmodjo, 2016).



Gambar 2.2 Muara sungai yang didominasi gelombang

Sumber : (Triatmodjo, 2016)

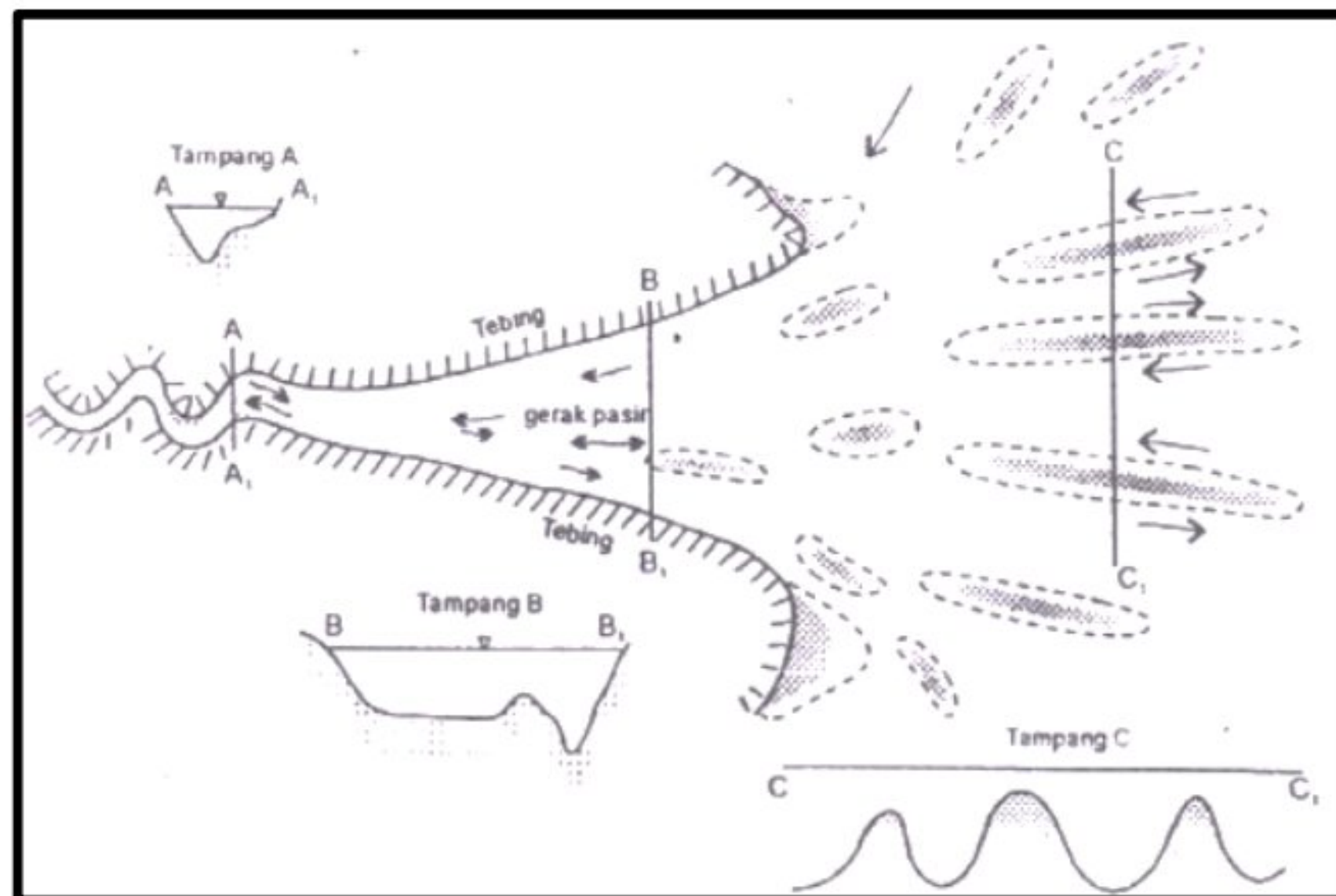
Muara jenis ini biasanya mempunyai perbandingan debit yang relatif kecil dibandingkan dengan aksi gelombang. Apabila aksi gelombang datang tegak lurus terhadap muara sungai, maka akan terjadi akumulasi sedimen yang biasanya di jumpai dalam bentuk sand bar tepat di depan mulut muara.



Sedangkan jika arah aksi gelombang membentuk sudut tertentu maka terjadi penutupan sesuai arah gerakan pasir sepanjang pantai.

### 3. Muara Sungai yang Didominasi Pasang Surut

Muara sungai yang didominasi pasang surut biasanya memiliki bar di depan muara sungai. Volume air laut yang masuk ke sungai akan bertambah seiring dengan peningkatan ketinggian pasang surut, dan pada periode tertentu bergantung pada tipe pasang surut. Air laut yang masuk akan terakumulasi dengan air yang berasal dari hulu sungai, pada saat surut akan terjadi peningkatan kecepatan aliran sampai menyebar ketika bertemu dengan air laut, sehingga cukup potensial mengerosi sedimen yang terakumulasi di mulut muara.



Gambar 2.3 Muara sungai yang didominasi pasang surut  
Sumber : (Triatmodjo, 2016)

## 2.6 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.

## **2.7 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 2.1 klasifikasi ukuran butir dan sedimen.

Tabel 2.1 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 sangat kasar ( <i>Very coarse sand</i> ) | 1-2                    |
|                        | Pasir kasar ( <i>Coarse sand</i> )             | 0.5-1                  |
| Pasir ( <i>Sand</i> )  | 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           |
|                        | Lumpur kasar ( <i>Coarse silt</i> )            | 0.03125-0.125          |
| Lanau ( <i>silt</i> )  | 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 ( $\rho$ )

Rapat massa adalah massa persatuan volume. Rumus  $\gamma = \rho \times g$  menunjukkan hubungan antara berat jenis ( $\gamma$ ) dengan rapat massa ( $\rho$ ). Rapat



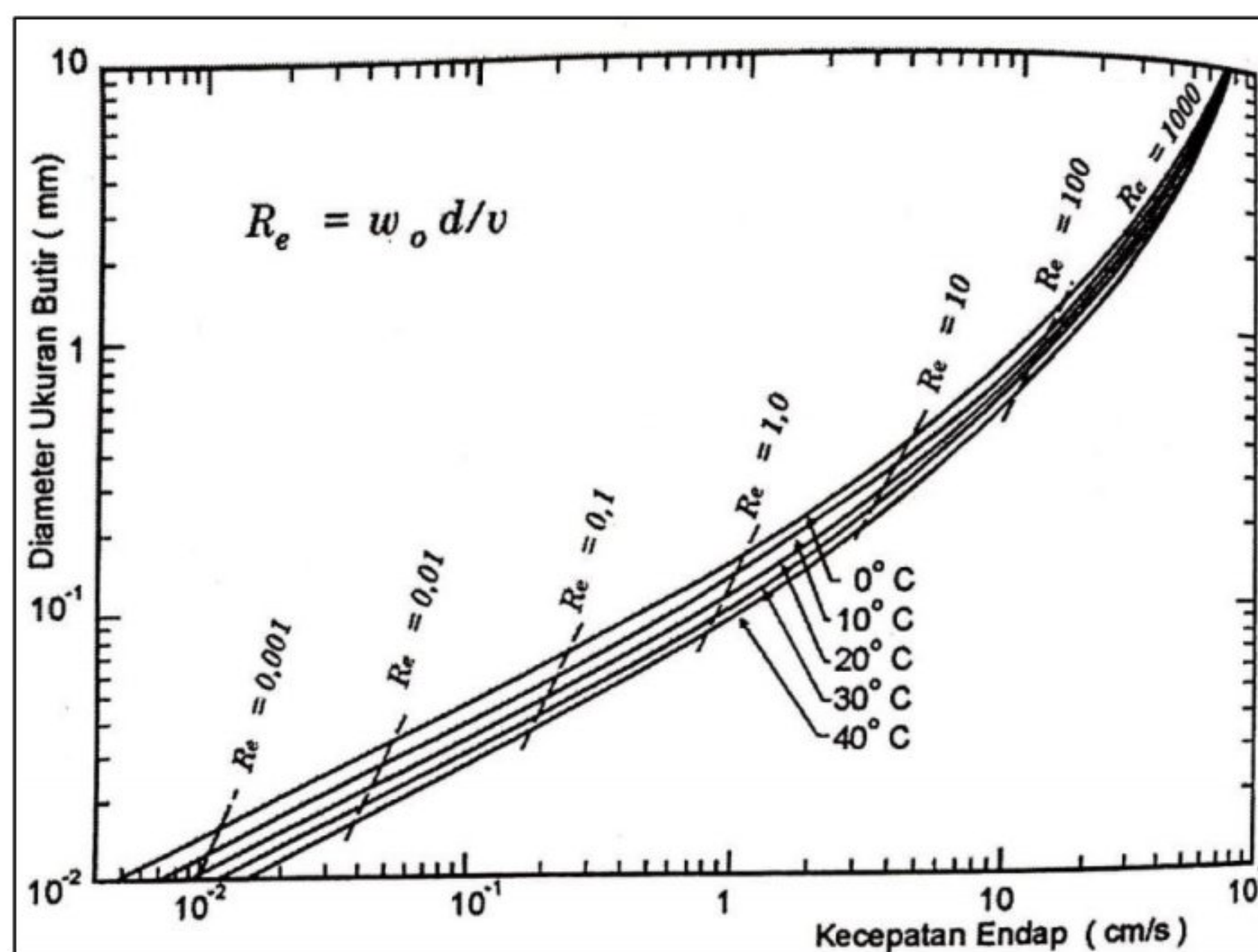
massa atau berat sedimen merupakan fungsi dari komposisi mineral. Untuk sedimen kohesif rapat massa sedimen tergantung pada konsentrasi endapan. Konsentrasi endapan ini dipengaruhi oleh waktu konsolidasi.

### 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 2.4 menunjukkan kecepatan endap butir kwarsa berbentuk bola di air sebagai fungsi ukuran butir dan temperature air. Dalam gambar tersebut  $R_w$  adalah angka Reynolds butiran yang berbentuk :

$$R_w = \frac{W D}{\nu} \quad (2.2)$$

Dengan  $D$  adalah diameter butir,  $W$  adalah kecepatan endap dan  $\nu$  adalah kekentalan kinematic air.



Gambar 2.4 Kecepatan endap butir kwarsa berbentuk bola

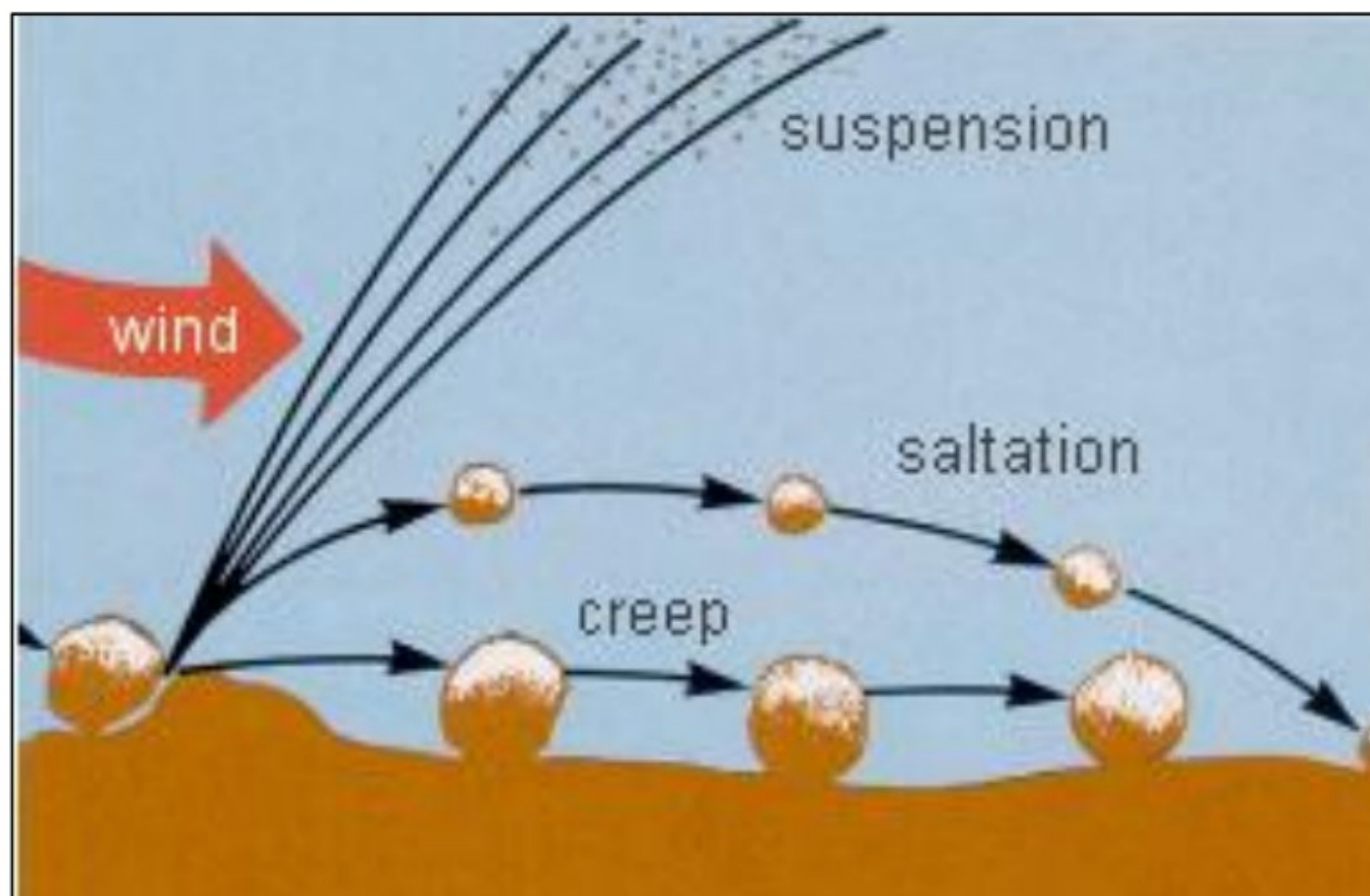
Sumber : (Triatmodjo, 2016)

## 2.8 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 diangkut dengan tiga cara yaitu: Sedimen di diangkut 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 partikel-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 mengangkat 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 :



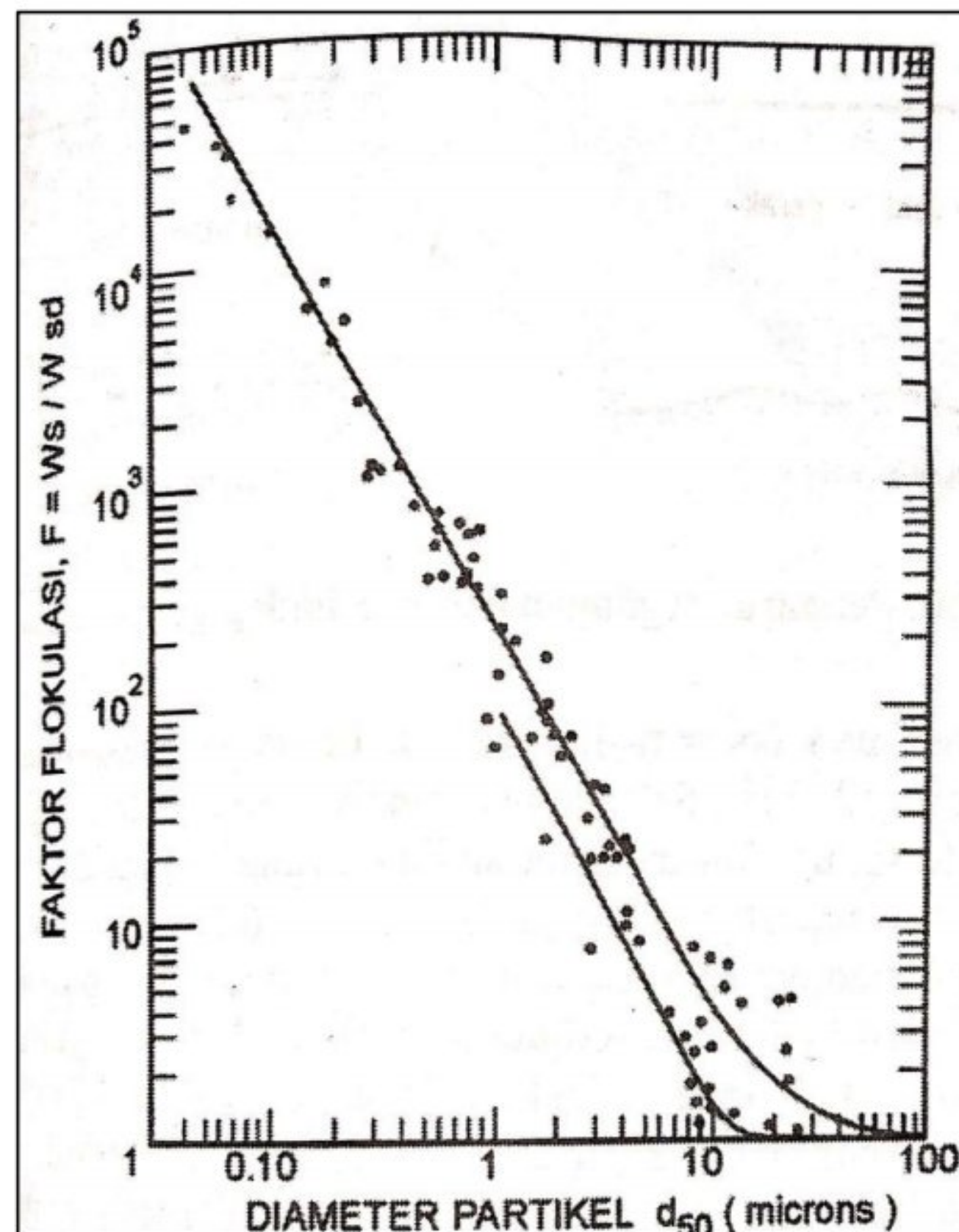
Gambar 2.5 Tiga cara sedimen diangkut

Sumber : (Himpunan Mahasiswa Geologi Universitas Padjajaran, 2010)

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

$$\tau_b = \rho u_*^2 \quad (2.3)$$





Gambar 2.6 Pengaruh diameter partikel terhadap faktor flokulasi

Sumber : (Triatmodjo, 2016)

dengan :

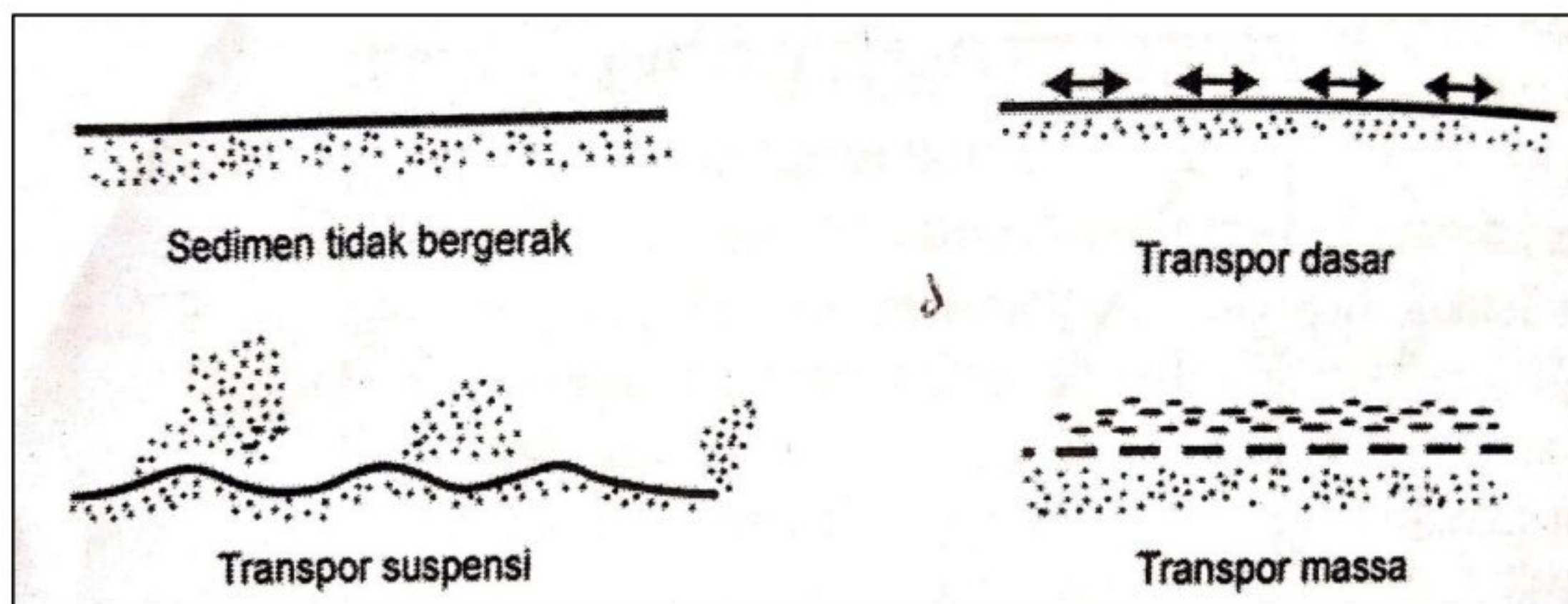
$$u_* = \sqrt{f/2} u_b \quad (2.4)$$

dimana  $\rho$  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  $\tau_{ce}$ . Kedua parameter tersebut ( $u_{bc}$  dan  $\tau_{ce}$ ) 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 2.7.a. Selanjutnya apabila kecepatan bertambah (juga tegangan geser dasar  $\tau_b$ ,) 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 2.7.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 2.7.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 2.7.d di mana suatu lapis dengan tebal tertentu terangkat dalam bentuk transpor sedimen dasar dan suspensi.



Gambar 2.7 Pengaruh tegangan geser terhadap gerak sedimen dasar

Sumber : (Triatmodjo, 2016)

## 2.9 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  $\rho_s$ . Berat partikel  $W$  di dalam air adalah :

$$W = \frac{\pi}{6} D^3 (\rho_s - \rho) g \quad (2.5)$$

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

$$F_h = fW = f \frac{\pi}{6} D^3 (\rho_s - \rho) g \quad (2.6)$$

Gaya yang ditimbulkan oleh aliran pada butir dengan luas tampang

$$F_t = \frac{\pi D^2}{4} \tau_b = \frac{\pi D^2}{4} \rho u_*^2 \quad (2.7)$$

Didefinisikan angka Reynolds bintang dari butiran yang berbentuk

$$R_{e*} = \frac{u_* D}{\nu} \quad (2.8)$$



atau

$$D = \frac{v R_{e*}}{u_*} \quad (2.9)$$

Substitusi nilai  $D$  di atas ke dalam persamaan (2.7) maka :

$$F_t = \frac{\pi v^2 R_{e*}^2}{4 u_*^2} \rho u_*^2$$

$$F_t = \frac{\pi}{4} \rho v^2 R_{e*}^2 \quad (2.10)$$

Dengan menyamakan persamaan (2.6) dan (2.10) maka :

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

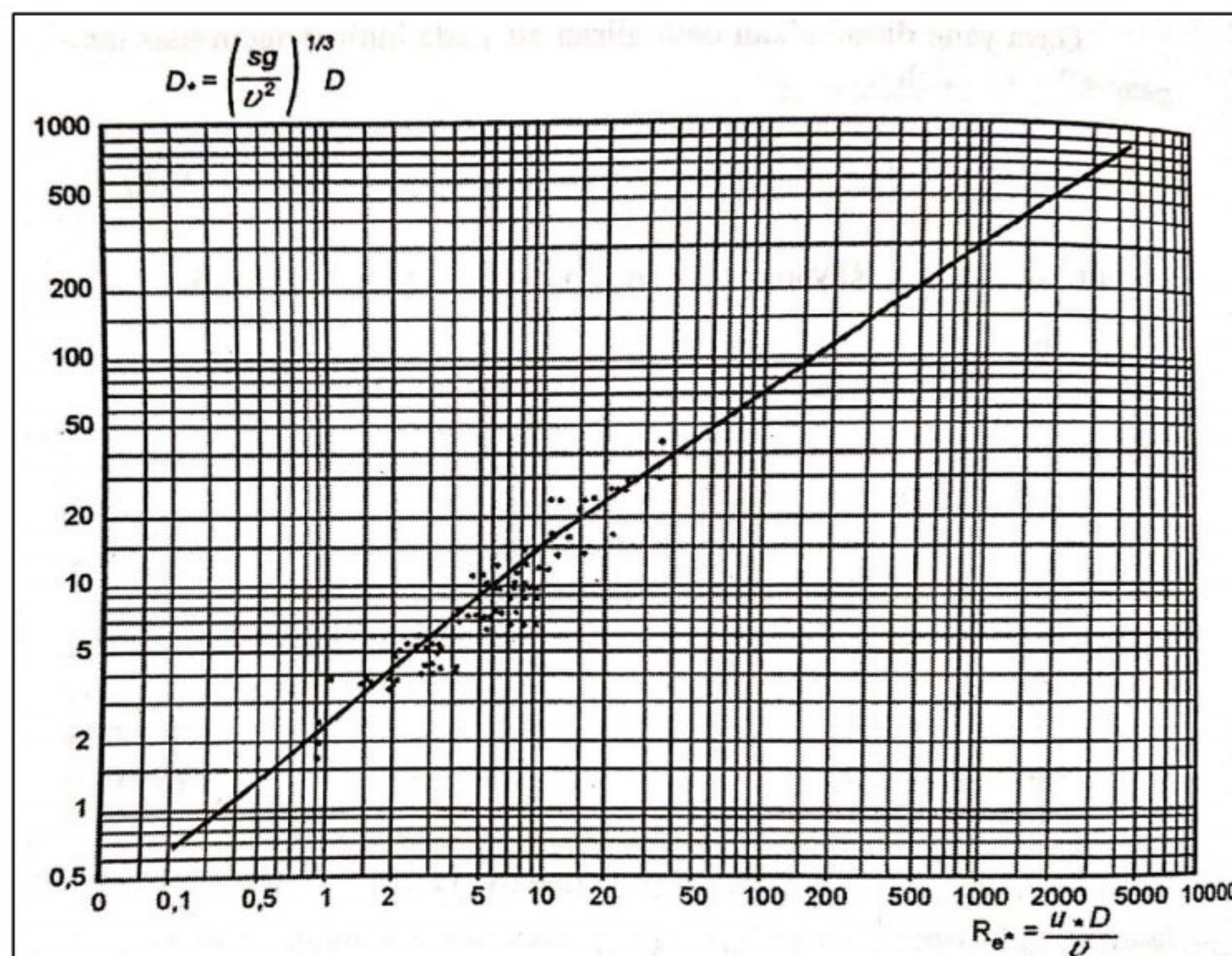
$$R_{e*}^2 = \frac{2 (\rho_s - \rho) f g}{3 \rho v^2} D^3 = \frac{2 s f g}{3 v^2} D^3$$

$$R_{e*}^2 = \frac{2}{3} f D_*^3 \quad (2.11)$$

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

Koefisien gesekan  $f$  tergantung pada sifat sedimen dasar 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 2.8

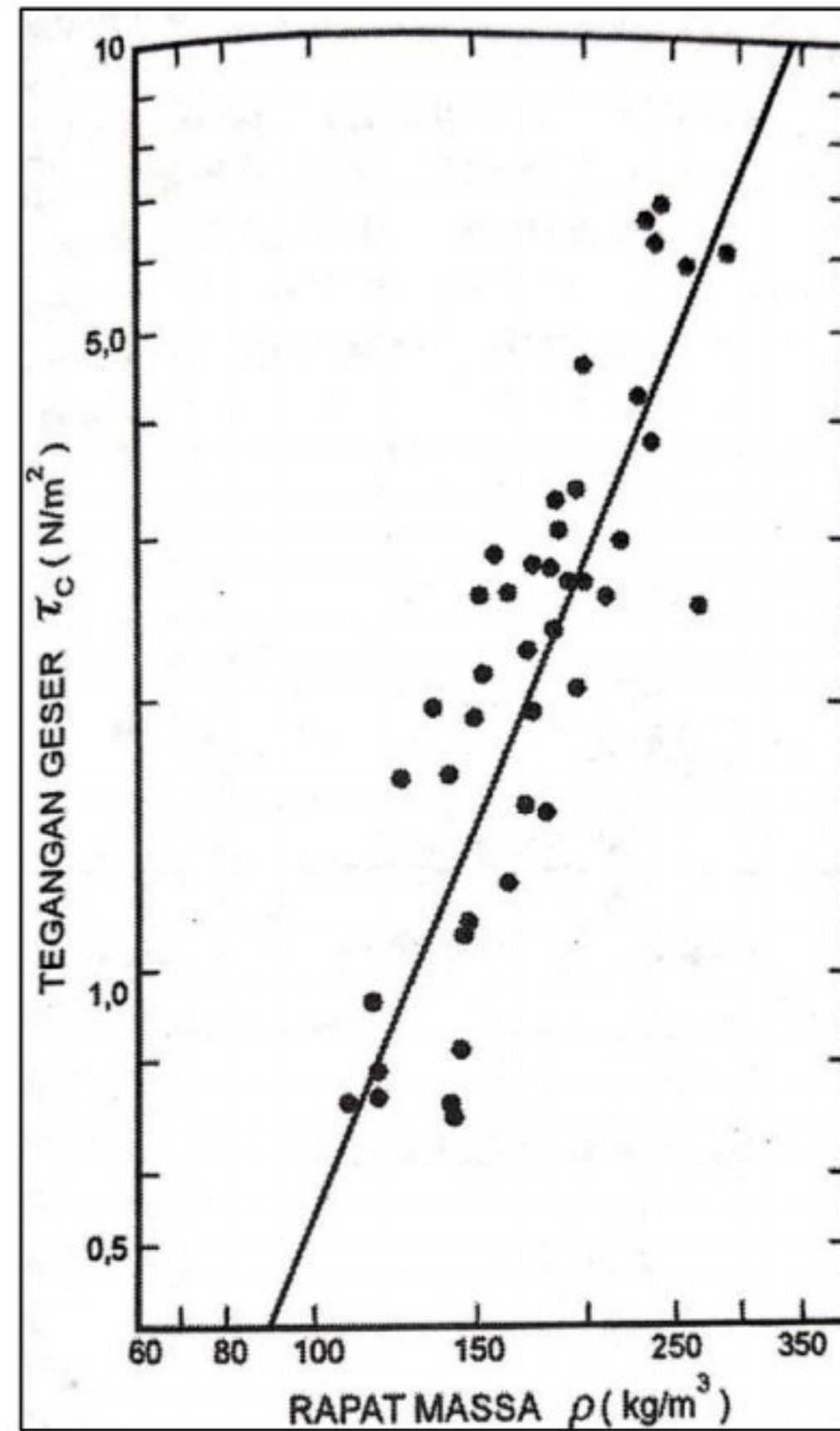
Untuk sedimen kohesif, parameter penting di dalam menentukan awal gerak sedimen adalah konsentrasi/rapat massa dari endapan dasar. Awal gerak sedimen kohesif dinyatakan dalam bentuk tegangan kritik erosi  $\tau_{ce}$ .



Gambar 2.8 Awal gerak sedimen karena pengaruh gelombang  
Sumber : (Triatmodjo, 2016)



Sedimen dasar mulai bergerak apabila tegangan geser dasar yang ditimbulkan oleh aliran/gelombang sama dengan tegangan kritik erosi. Gambar 2.9 menunjukkan tegangan kritik erosi sebagai fungsi rapat massa endapan.



Gambar 2.9 Tegangan kritik erosi fungsi rapat masa endapan

Sumber : (Triatmodjo, 2016)

## 2.10 Arus di Dekat Pantai

Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Transpor massa dan momentum tersebut menimbulkan arus di daerah dekat pantai. Di beberapa daerah yang dilintasinya, perilaku gelombang dan arus yang ditimbulkannya berbeda. Daerah yang dilintasi gelombang tersebut adalah *offshore zone*, *surf zone* dan *swash zone*. Di daerah lepas pantai (*offshore zone*), yaitu daerah yang terbentang dari lokasi gelombang pecah ke arah laut, gelombang menimbulkan gerak orbit partikel air. Orbit lintasan partikel tidak tertutup sehingga menimbulkan transpor massa air. Transpor massa tersebut dapat disertai dengan terangkutnya sedimen dasar dalam arah menuju pantai (*onshore*) dan meninggalkan pantai (*offshore*). Di *surf zone*, yaitu daerah antara gelombang pecah dan garis pantai, ditandai dengan gelombang pecah dan penjalaran gelombang sesudah pecah ke arah pantai. Gelombang pecah menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar yang dapat menggerakkan sedimen dasar. Sesudah pecah, gelombang



melintasi *surf zone* menuju pantai. Di daerah ini kecepatan partikel air hanya bergerak dalam arah penjalaran gelombang. Di *swash zone*, gelombang yang sampai di garis pantai menyebabkan massa air bergerak ke atas dan kemudian turun kembali pada permukaan pantai. Gerak massa air tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen.

Di antara ketiga daerah tersebut, karakteristik gelombang di *surf zone* dan *swash zone* adalah yang paling penting di dalam analisis proses pantai. Arus yang terjadi di daerah tersebut sangat tergantung pada arah datang gelombang.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Siagian et al., 2013) yang berjudul "Kajian Pola Arus Akibat Perencanaan Reklamasi Pantai di Perairan Makassar" disimpulkan bahwa dominasi arus di Perairan Makassar adalah pola arus yang dipengaruhi oleh pasang surut dengan kecepatan berkisar antara 0,22 cm/det sampai 46,25 cm/det dengan kecepatan rata – rata 8,64 cm/det dan dominasi arah arus mengarah ke selatan sebesar 17,36 % . Adanya reklamasi mengakibatkan kecepatan arus mengalami penurunan kecepatan arus sebesar 7,52 %.

## 2.11 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 temperatur, salinitas dan densitas. Arus laut (*sea current*) adalah gerakan massa air laut dari satu tempat ke tempat lain baik secara vertikal maupun secara 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.

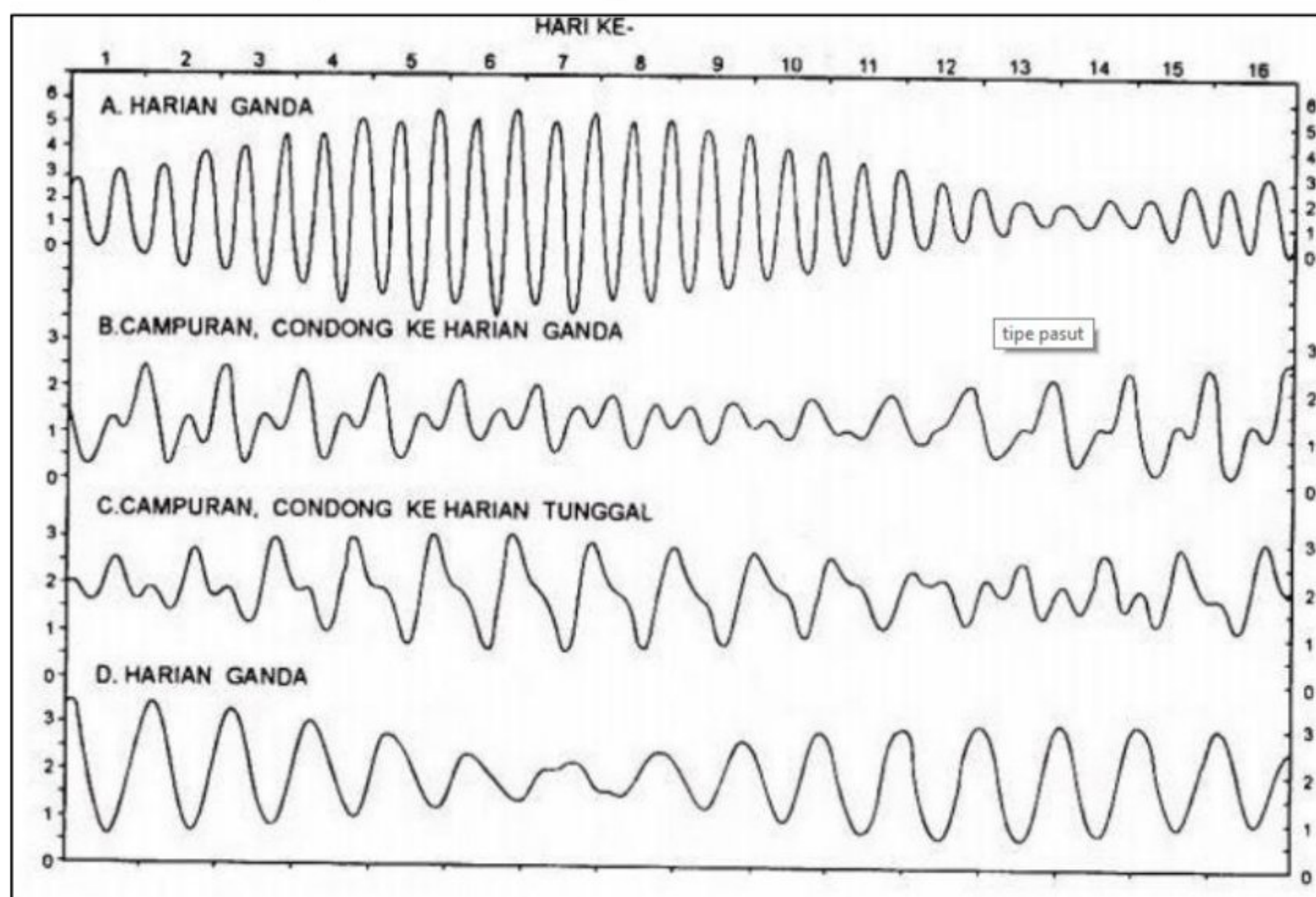
### 3. Turbulensi

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



## 2.12 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)



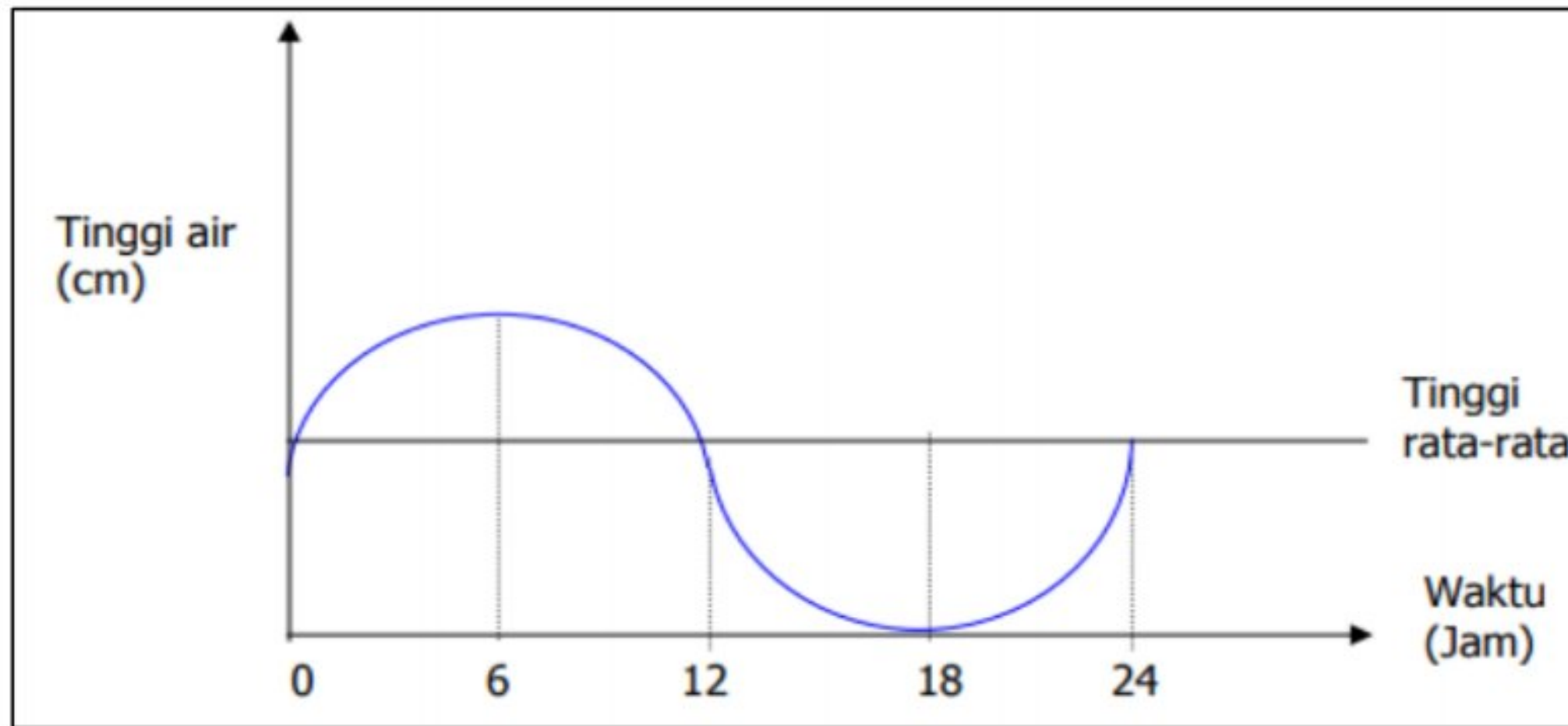
Gambar 2.10 Tipe Pasang Surut

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



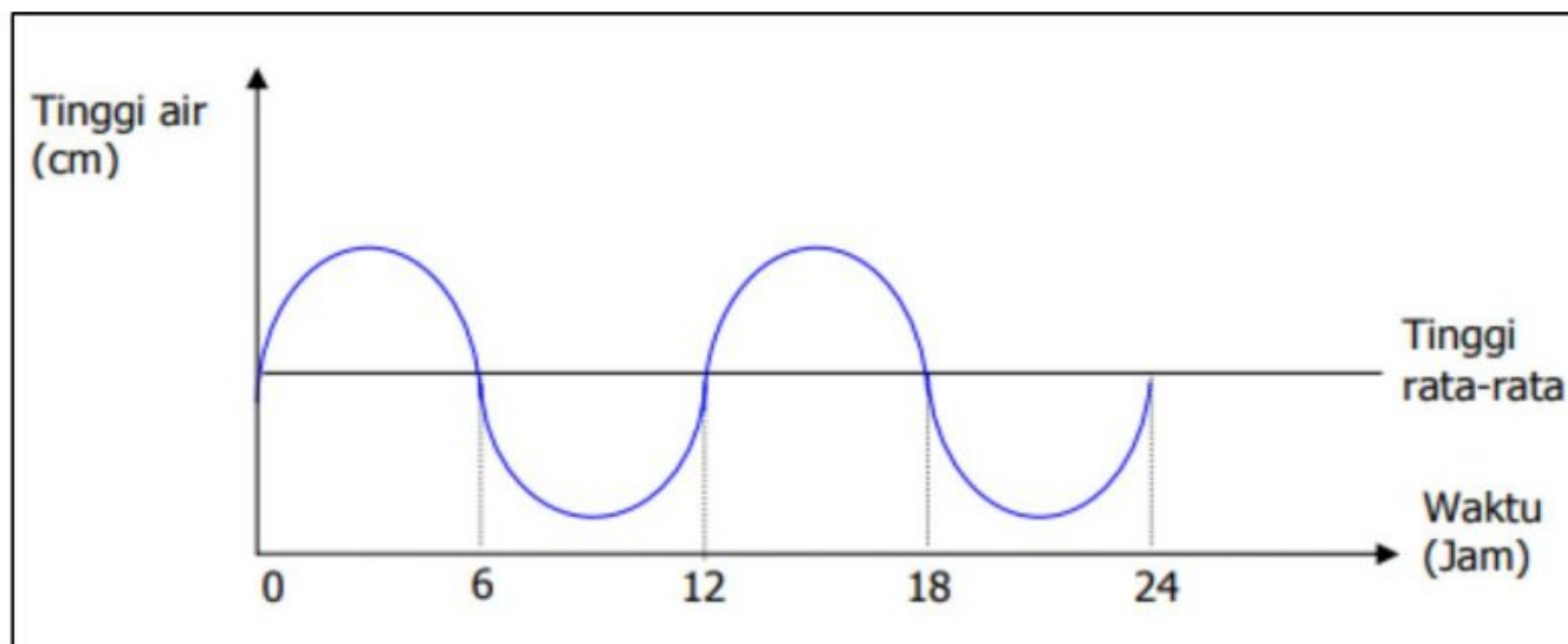


Gambar 2.11 Pola Gerak Pasang Surut Harian Tunggal

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



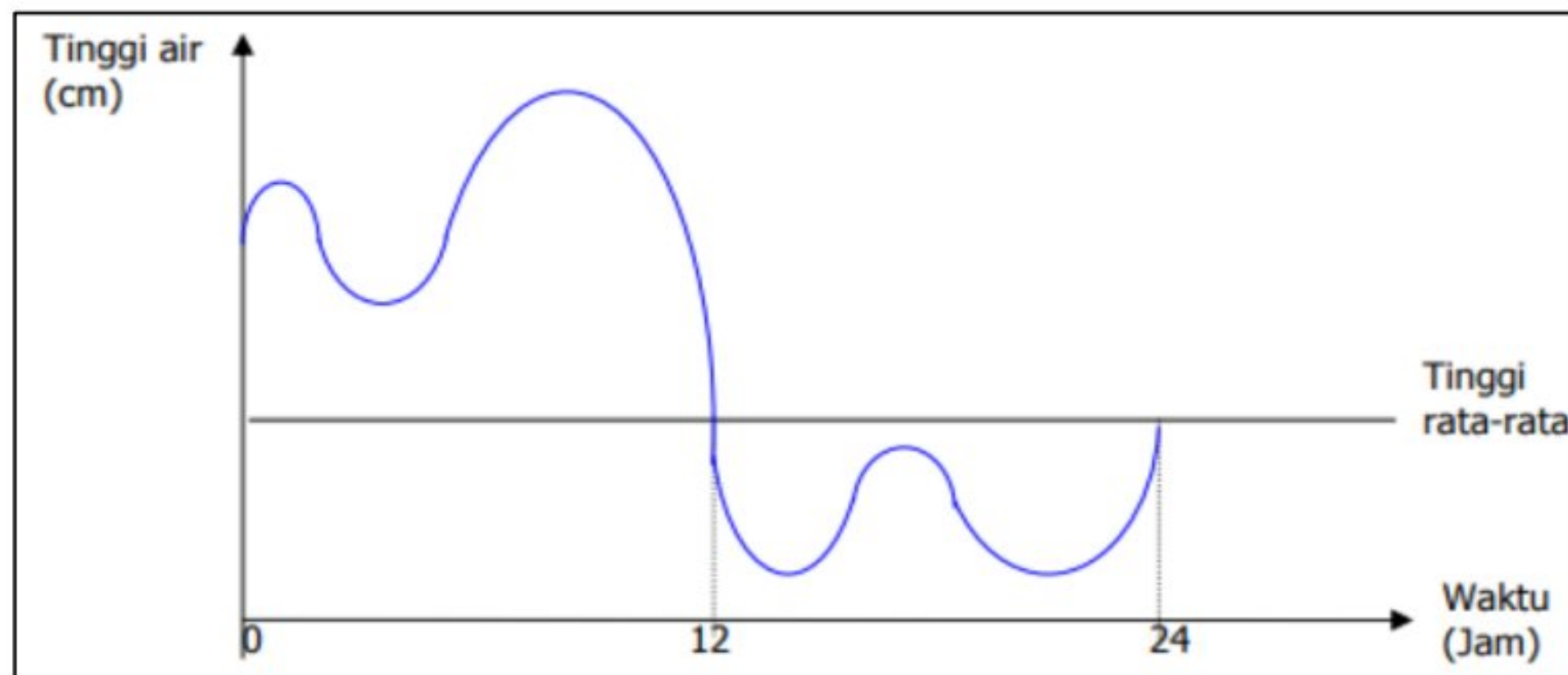
Gambar 2.12 Pola Gerak Pasang Surut Condong ke Harian Ganda

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.



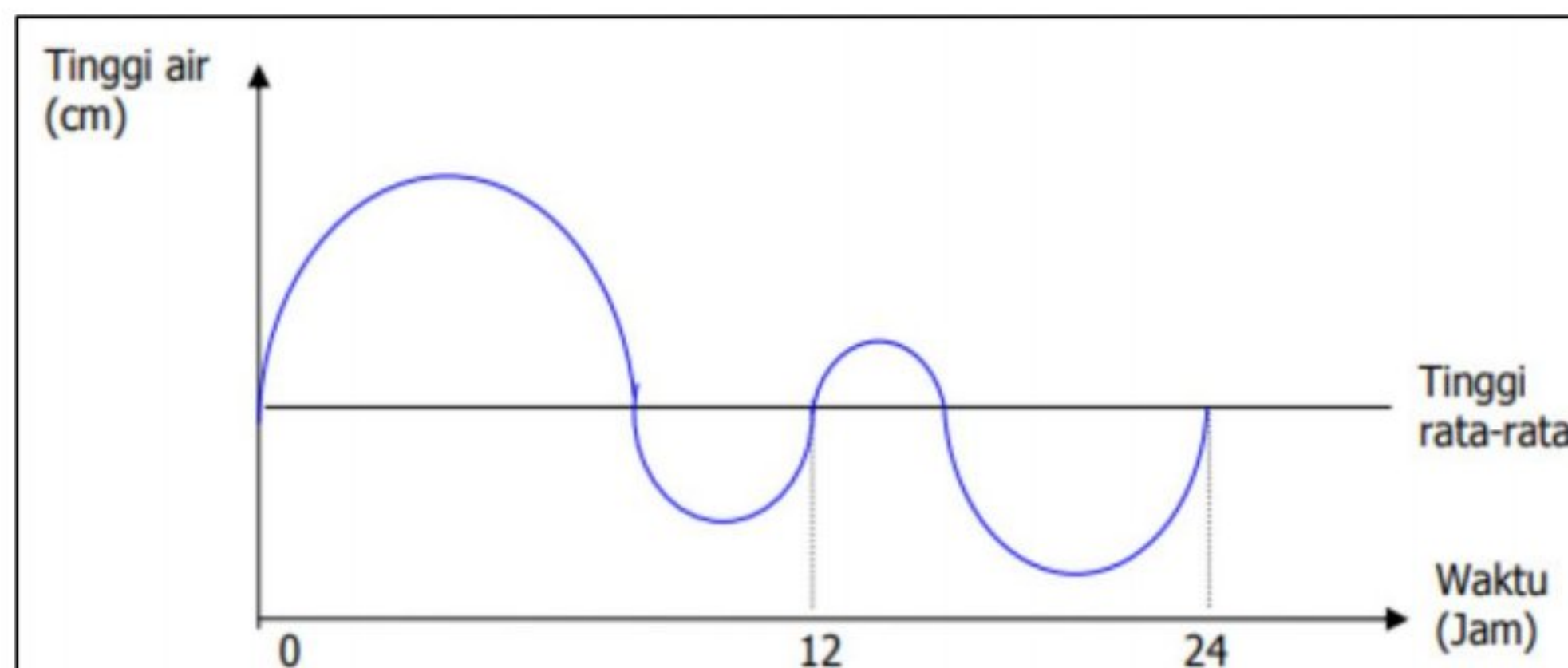


Gambar 2.13 Pola Gerak Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda

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 2.14 Pola Gerak Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal

Sumber : (Ramdhan, 2011)

### 2.13 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)*

*Hydrodynamic (HD) module* adalah model matematik untuk menghitung perilaku hidrodinamika air terhadap berbagai macam fungsi gaya, misalnya kondisi angin tertentu dan muka air yang sudah ditentukan di *open model boundaries*. *Hydrodynamic module* mensimulasi perbedaan muka air dan arus dalam menghadapi berbagai fungsi gaya di danau, estuari dan pantai.

### 2. *Sand Transport Module (ST)*

Modul *Sand Transport (ST)* merupakan aplikasi model dari angkutan sedimen non kehesif. 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

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*

## 2.14 Metode Validasi *Root Mean Square Error (RMSE)*

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

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(X-Y)^2}{n}} \quad (2.12)$$

dengan :



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