

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH GELOMBANG TERHADAP KERUSAKAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI ARUNGKEKE KABUPATEN JENEPONTO



OLEH :

SALDI SUPU
105 81 11207 18

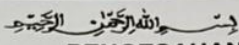
PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2025


MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK



PENGESAHAN

Skripsi atas nama Saldi Supu dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11207 18, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0011/SK-Y/22202/091004/2025, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 23 Agustus 2025.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum
 Makassar, 29 Shafar 1447 H
23 Agustus 2025 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
 Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST., MT, IPU

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
 Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN, Eng

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antana, M.Si.

b. Sekretaris : Farida Gaffar, ST., MM., IPM

3. Anggota :

1. Fauzan Hamdi, ST., MT

2. Ir. Muhammad Syafa'at S Kuba, ST., MT.

3. Kasmawati, ST., MT

Mengetahui

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM
Dr. Ir. Israil, ST., MT

Dekan

Ir. Muhammad Syafa'at S Kuba, ST., MT.
 NBM : 975 288



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR



FAKULTAS TEKNIK

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Gelombang Terhadap Kerusakan Bangunan Pelindung Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto

Nama : Saldi Supu
Stambuk : 105 81 11150 18

Makassar, 23 Agustus 2025

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

Pembimbing II

Dr. Ir. Israil, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan



M. Aguslim, ST., MT.

NBM : 947 993

Gedung Menara Iqra Lantai 3
Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221
Web: <https://teknik.unismuh.ac.id/>, e-mail: teknik@unismuh.ac.id



ABSTRAK : Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh gelombang laut terhadap kerusakan bangunan pelindung pantai di pesisir Arungkeke, Kabupaten Jeneponto. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data primer berupa pengukuran dimensi bangunan pelindung pantai, serta data sekunder berupa data angin, arus, pasang surut, dan gelombang dari BMKG Maritim Paotere Makassar. Data angin dianalisis untuk memperoleh kecepatan dominan, arah, serta kecepatan maksimum tiap bulan. Selanjutnya dilakukan perhitungan parameter gelombang dengan metode hindcasting untuk menentukan tinggi, periode, dan arah gelombang dominan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi gelombang maksimum terjadi pada tahun 2022 dengan nilai 1,864 m dan periode 5,832 detik. Arah gelombang dominan berasal dari Timur dengan persentase kejadian 46%, diikuti oleh Barat Daya (27%), Tenggara (17%), dan Selatan (10%). Perhitungan gelombang pecah menunjukkan tinggi gelombang mencapai 1,62 m dengan kedalaman pecah 1,98 m. Kondisi ini berkontribusi terhadap kerusakan bangunan pelindung pantai tipe talud yang terdapat di lokasi penelitian.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa bangunan pelindung pantai di Arungkeke telah mengalami kerusakan signifikan akibat hantaman gelombang laut, terutama dari arah dominan Timur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan dalam perencanaan ulang serta perbaikan bangunan pelindung pantai di wilayah tersebut.

KATA KUNCI: Gelombang laut, kerusakan bangunan pantai, hindcasting, Pantai Arungkeke.

ABSTRACT: *This study aims to analyze the influence of ocean waves on the damage of coastal protection structures at Arungkeke Beach, Jeneponto Regency. The research method involved collecting primary data through field measurements of coastal defense dimensions and secondary data such as wind, current, tide, and wave records obtained from the Maritime Meteorological Station Paotere Makassar (BMKG). Wind data were analyzed to determine the dominant speed, direction, and monthly maximum values. Wave parameters were then calculated using the hindcasting method to obtain wave height, period, and dominant direction.*

The results showed that the maximum wave height occurred in 2022, reaching 1.864 m with a period of 5.832 seconds. The dominant wave direction was from the East with a frequency of 46%, followed by Southwest (27%), Southeast (17%), and South (10%). Wave breaking analysis indicated that wave height reached 1.62 m with a breaking depth of 1.98 m. These conditions contributed significantly to the damage of the revetment-type coastal protection structures at the study site.

In conclusion, the coastal protection structures at Arungkeke Beach have experienced significant damage due to wave action, particularly from the dominant eastern direction. The findings are expected to provide useful references for redesign and reinforcement of coastal protection structures in the area.

KEYWORDS: Ocean waves, coastal structure damage, hindcasting, Arungkeke Beach.

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga dapat menyusun tugas akhir yang berjudul “ANALISIS PENGARUH GELOMBANG TERHADAP KERUSAKAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI ARUNGKEKE KABUPATEN JENEPONTO.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini di sebabkan karna penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karna itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dengan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga tugas akhirini dapat selesai.

Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Abd Rakhim Nanda, ST., MT., IPU. Sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Ir Muhammad Syafaat S kuba ST., MT. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak M. Agussalim, ST., MT. Sebagai Ketua Jurusan TeknikPengairan, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri ST., MT., IPM. sebagai pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Israil, ST., MT. sebagai pembimbing II yang sabar memberikan bimbingan dalam menyelesaikan proposal penelitian.

5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Suadara/Saudari kami di FAKULTAS TEKNIK, MEKANIKA 2018 yang telah berjuang bersama dan selalu memberikan doa serta dukungan kepada kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Kedua Orang Tua kami yang selalu memberi dukungan moral maupun material dan do'a kepada kami

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan proposal penelitian yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta Bangsa dan Negara Aamiin. ***“Billahi Fii Sabill Haq Fastabikul Khaerat”***.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Penelitian	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
A. Gambaran Umum Pantai	6
B. Deformasi Gelombang	9
C. Pemecah Gelombang	16
D. Gelombang	20
E. Abrasi	23
F. Fetch.....	24
G. Fluktuasi Muka Air	25
H. Kerusakan Lapisan Lindung	29
I. Studi Literatur	30
BAB III METODE PENELITIAN	32
A. Lokasi dan waktu Penelitian	33
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	33
C. Metode Pengumpulan Data	33
D. Flowchart.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Fluktuasi Muka Air Laut	36
B. Kondisi Parameter Hidrosonografi	45
C. Kondisi Angin	49
D. Penentuan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah	58
E. Perhitungan Fluks Energi Gelombang Pecah	61
F. Detail Kerusakan Pada Bangunan	63
BAB V PENUTUP	67
A. Kesimpulan	67
B. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71

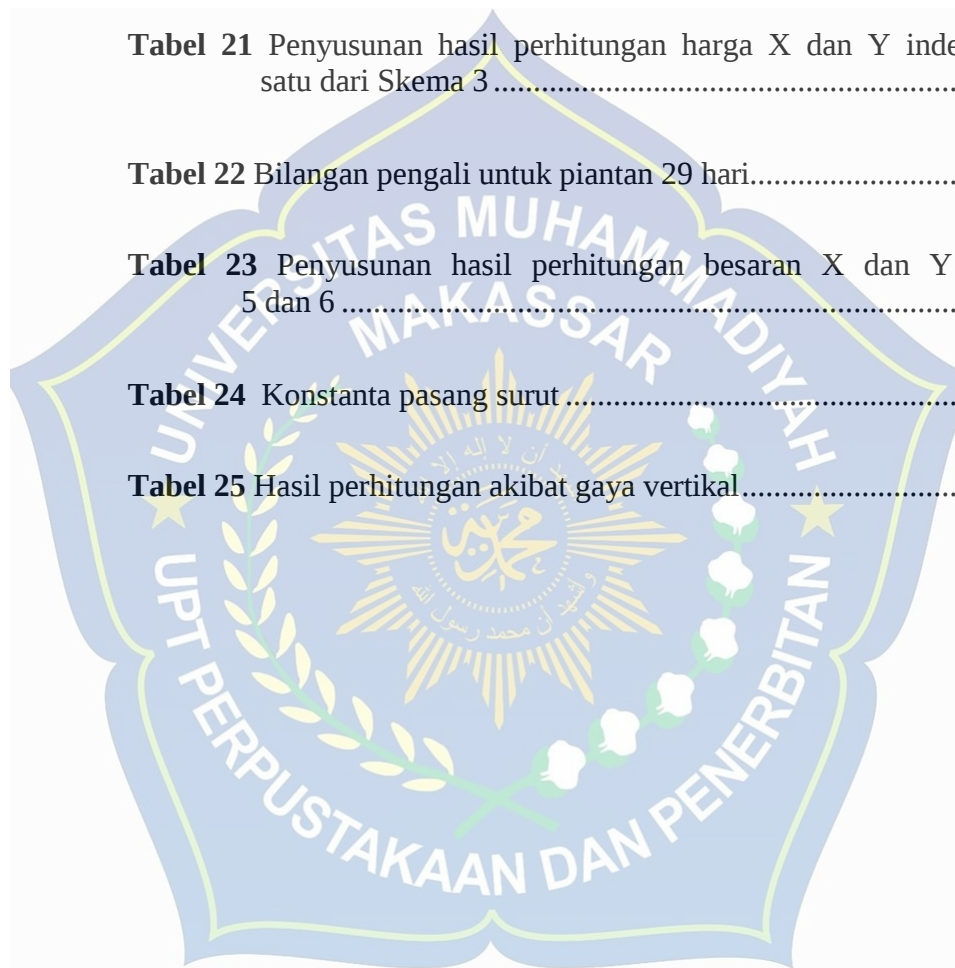
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Morfologi wilayah pesisir	6
Gambar 2 Parameter gelombang laut.....	7
Gambar 3 Proses abrasi dan sedimentasi akibat longshore current	8
Gambar 4 Divergensi dan konvergensi garis <i>orthonal</i>	10
Gambar 5 Difraksi gelombang akibat rintangan breakwater	10
Gambar 6 Difraksi gelombang akibat rintangan breakwater	11
Gambar 7 Tipe gelombang pecah	14
Gambar 8 Geometri gelombang pecah	15
Gambar 9 Grafik penentuan gelombang pecah.....	15
Gambar 10 Grafik penentuan kedalaman gelombang pecah	15
Gambar 11 Pemecah gelombang dan garis pantai yang terbentuk	18
Gambar 12 Kondisi pola arus yang terjadi disekitar lokasi pemecah gelombang tenggelam.....	18
Gambar 13 Karakteristik gelombang	18
Gambar 14 Gerak partikel air laut dangkal, transisi dan dalam.....	22
Gambar 15 Proses terjadinya abrasi oleh gempuran.....	24
Gambar 16 Fetch.....	25
Gambar 17 Tipe pasang surut	26
Gambar 18 <i>wave set up</i> dan <i>wave set down</i>	28
Gambar 19 <i>wave set up</i> dan <i>wave set down</i>	29

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam	12
Tabel 2 Klasifikasi bentuk bangunan breakwater	19
Tabel 3 Klasifikasi gelombang berdasarkan periode	30
Tabel 4 Batas kelayakan model lapis lindung	30
Tabel 5 Perhitungan Fetch efektif arah Timur	58
Tabel 6 Perhitungan Fetch efektif arah Tenggara	59
Tabel 7 Perhitungan Fetch efektif arah Selatan	60
Tabel 8 Perhitungan Fetch efektif arah Barat Daya	61
Tabel 9 Data Fetch Lokasi Studi	61
Tabel 10 Presentasi kejadian angin berdasarkan arah datangnya	62
Tabel 11 Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2018	66
Tabel 12 Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2019	67
Tabel 13 Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2020	68
Tabel 14 Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2021	69
Tabel 15 Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2022	70
Tabel 16 Rekapitulasi Parameter Gelombang	71
Tabel 17 Presentasi kejadian Tinggi gelombang dan periode gelombang Berdasarkan arah datangnya	71

Tabel 18 Tinggi dan kedalaman gelombang pecah.....	83
Tabel 19 Data pasang surut 29 hari interval 1 jam.....	87
Tabel 20 Hasil perhitungan harga X_1 , Y_1 , X_2 , Y_2 , X_4 , dan Y_4 skema 2	89
Tabel 21 Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y indeks ke satu dari Skema 3	91
Tabel 22 Bilangan pengali untuk piantan 29 hari.....	92
Tabel 23 Penyusunan hasil perhitungan besaran X dan Y skema 5 dan 6	93
Tabel 24 Konstanta pasang surut	93
Tabel 25 Hasil perhitungan akibat gaya vertikal.....	102



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki letak geografis yang sangat strategis. Indonesia adalah negara yang memiliki daerah pantai yang panjang, sekitar 81.000 km dan berada pada urutan kedua di dunia setelah Kanada (Triatmodjo, 1999). Kawasan pantai yang paling produktif dan memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, selain itu daerah pantai menyediakan ruang dengan aksesibilitas lebih tinggi bagi kegiatan transportasi dan kepelabuhanan serta ruang yang relatif mudah dan murah bagi kegiatan industri, pariwisata dan pemukiman.

Permasalahan yang terjadi pada daerah pantai dalam pemanfaatannya sering mengalami kerusakan/perubahan kualitas lingkungan fisik dan biofisik. Permasalahan yang dihadapi terkait dengan daerah pantai adalah mundurnya garis pantai dan hilangnya fasilitas infrastruktur serta pemukiman yang diakibatkan oleh aktifitas gelombang laut yang ekstrim. (Daniel Bara Padang Allo dan Chairul Paotonan : 2012).

Pantai selalu menyesuaikan bentuk sehingga mampu meredam energi gelombang yang datang. Penyesuaian bentuk tersebut merupakan tanggapan dinamis alami pantai terhadap laut. Sering pertahanan alami pantai tidak mampu menahan aktifitas laut (gelombang, arus, pasang surut) sehingga pantai dapat tererosi, namun pantai akan kembali ke bentuk semula oleh pengaruh gelombang normal. Tetapi adakalanya pantai yang tererosi tersebut tidak kembali ke bentuk semula karena material pembentuk pantai terbawa arus ke tempat lain dan tidak kembali ke tempat semula (pantai tererosi).

Dalam keadaan tersebut dibutuhkan upaya-upaya perlindungan pantai buatan (bangunan-bangunan pelindung pantai). Pertimbangan utama yang harus diperhatikan dalam mengatasi permasalahan daerah pantai adalah usaha tersebut harus layak dari segi teknis, ekonomis dari segi biaya, ramah lingkungan dan bersifat estetika (untuk obyek wisata). Salah satu alternatifnya adalah struktur lapis pelindung pantai pasir buatan. Keuntungan penggunaan struktur ini adalah biaya murah karena material yang digunakan mudah diperoleh.

Rusaknya salah satu lapis pelindung pantai akan menyebabkan rusaknya keseluruhan bagian pantai. Durasi gelombang, bentuk spectrum gelombang, tinggi dan periode gelombang berat material lapis lindung, bentuk dan kekasaran material, perletakan material lapis lindung, kemiringan sisi bangunan, porositas material, berat material lapis lindung, bentuk dan kekasaran material, perletakan material lapis lindung, kemiringan sisi bangunan dan porositas material adalah parameter yang terkait secara langsung dengan tingkat kerusakan lapis lindung.

Efektifitas atau kinerja dari suatu lapis pelindung pantai pasir buatan tersebut dalam melindungi garis pantai, Permasalahannya adalah belum diketahuinya untuk kerja struktur ini dalam melindungi daerah pantai pasir buatan. Dengan alasan ini, maka akan dilakukan penelitian terkait permasalahan tersebut.

Pantai arungkeke merupakan sebuah lokasi yang berada di Kecamatan Arungkeke Kabupaten Jeneponto. Pantai Arungkeke tidak hanya berfungsi sebagai tempat rekreasi, tetapi juga sebagai habitat bagi flora dan fauna. Pengembangan Kawasan Pantai Arungkeke dimaksudkan untuk menciptakan destinasi wisata baru dengan beragam fasilitas, antara lain tempat parkir, area makan dan hiburan, tempat bermain anak, lapangan olahraga, dan area jalan kaki.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka saya akan melakukan suatu penelitian dengan menggunakan data-data yang dibutuhkan diatas untuk menguji

stabilitas suatu bangunan pesisir dari hantaman gelombang. Dan selanjutnya saya tuangkan dalam sebuah karya tulis ilmiah sebagai tugas akhir dengan judul ***“ANALISIS PENGARUH GELOMBANG TERHADAP KERUSAKAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI ARUNGKEKE KABUPATEN JENEPONTO”*** dengan studi kasus pesisir Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah maka dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh gelombang laut terhadap kerusakan bangunan pelindung Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto?
2. Bagaimana tingkat kerusakan bangunan pantai akibat hantaman gelombang laut yang terjadi di Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas tujuan dapat di ambil dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh gelombang laut terhadap kerusakan bangunan pelindung pantai yang terjadi di Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto.
2. Untuk mengetahui tingkat kerusakan bangunan pantai yang terjadi akibat hantaman gelombang laut di Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman tentang bagaimana pengaruh gelombang dan kondisi kerusakan bangunan pantai yang terjadi di Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto.
2. Memberikan pemahaman tentang bagaimana kondisi kerusakan bangunan pantai akibat hantaman gelombang yang terjadi di Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto.

E. Batasan Penelitian

Dalam memberikan penjelasan dari permasalahan guna memudahkan dalam menganalisa, maka terdapat batasan masalah yang diberikan pada penulisan tugas akhir ini mengenai Analisis Pengaruh Gelombang Terhadap Kerusakan Bangunan Peindung Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto, terdiri dari:

1. Lokasi penelitian hanya dilakukan di pesisir Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto.
2. Penelitian ini berfokus pada keamanan dan kerusakan yang terjadi pada bangunan pesisir di pantai arungkeke dengan menggunakan data pengukuran dimensi bangunan yang diambil secara langsung (Data Primer) maupun data yang dikumpulkan dari BMKG yaitu gelombang, kecepatan angin, pasang surut dan data arus pada Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto (Data sekunder).

F. Sistematika Penulisan

Susunan dari beberapa sistematika dalam proposal ini dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN : Dalam bab ini, membahas tentang latar belakang, masalah penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA : Dalam bab ini, memberikan teori dan gambaran atau menguraikan literature yang berhubungan dengan permasalahan atau pembahasan. Dan menguraikan tentang teori yang berkaitan dengan penelitian agar dapat memberikan gambaran dan menganalisis masalah.

BAB III METODE PENELITIAN : Bab ini menjelaskan ruang lingkup penelitian. Metode penelitian terdiri dari waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, langkah-langkah atau metode penelitian, dan bagan alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN : Bab ini memaparkan hasil dan pembahasan dari proses penelitian analisis keamanan dan stabilitas bangunan pesisir terhadap hantaman gelombang di pantai arungkeke, Kecamatan Arungkeke, Kabupaten Jeneponto.

BAB V PENUTUP : Bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan - saran tentang hasil penelitian.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Gambaran Umum Pantai

Pantai merupakan batas antara wilayah daratan dengan wilayah lautan. Istilah pantai rancu dalam pemakaiannya yaitu antara coast (pesisir) dan shore (pantai). Pesisir adalah daerah daratan di tepi laut yang dipengaruhi oleh pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan pantai adalah daerah tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang dan air surut rendah (Pokaton, Tawas & Mamoto, 2013)



Gambar 1. Morfologi Wilayah Pesisir

Beberapa istilah kepantaian yang perlu diketahui dan dipahami diantaranya (Yuwono, 2005):

1. Daerah pantai atau pesisir adalah suatu daratan beserta perairannya dimana pada daerah tersebut masih dipengaruhi baik oleh aktivitas darat maupun oleh aktivitas laut.
2. Pantai adalah daerah di tepi perairan sebatas antara surut terendah dan pasang tertinggi.
3. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan lautan.
4. Daratan pantai adalah daerah di tepi laut yang masih dipengaruhi oleh aktivitas laut.
5. Perairan pantai adalah perairan yang masih dipengaruhi oleh aktivitas daratan.
6. Sempadan pantai adalah daerah sepanjang pantai yang diperuntukkan bagi pengamanan dan pelestarian pantai.

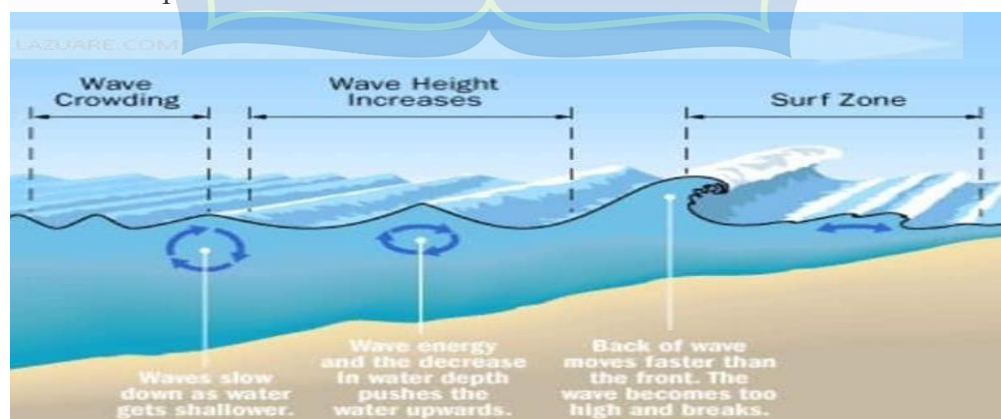
Perubahan lingkungan pantai dapat terjadi secara lambat maupun cepat, tergantung pada daya imbang antara topografi, batuan dan sifat-sifatnya dengan gelombang, pasut dan angin. Secara garis besar proses geomorfologi yang bekerja pada pantai dapat dibedakan menjadi proses destruksional dan konstruksional. Proses destruksional adalah proses yang cenderung merubah/merusak bentuk lahan yang ada sebelumnya, sedangkan proses konstruksional adalah proses yang menghasilkan bentuk lahan baru.

Perubahan garis pantai berlangsung manakala proses geomorfologi yang terjadi pada setiap bagian pantai melebihi proses yang biasanya terjadi. Proses geomorfologi yang dimaksud antara lain adalah.

1. Gelombang

Gelombang terjadi melalui proses pergerakan massa air yang dibentuk secara umum oleh hembusan angin secara tegak lurus terhadap garis pantai. Makin kuat hembusan angin dan makin lama hembusannya maka makin besar gelombang yang dapat ditimbulkan. Selain angin, gelombang juga dapat disebabkan oleh gempa yang terjadi di dasar laut, letusan gunung api di laut longsor besar ke dalam laut.

Setiap gelombang memiliki tiga komponen penting: tinggi, periode, dan panjang. Jarak horizontal (L) antara dua puncak berikutnya disebut panjang gelombang. Periode rambat gelombang (T) adalah lamanya waktu yang dibutuhkan puncak-puncak yang berurutan untuk melewati suatu tempat, sedangkan tinggi gelombang (H) adalah jarak vertikal antara dua puncak dan lembah.



Gambar 2. Parameter Gelombang Laut (Vinyimalasari 2015)

2. Arus

Arus adalah pergerakan massa air secara vertikal dan horizontal sehingga menuju keseimbangannya, atau gerakan air yang sangat luas yang terjadi di seluruh lautan di dunia. Arus juga merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dikarenakan tipuan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang.

Abrasi dan akresi juga dapat disebabkan oleh arus. Proses pengikisan garis pantai oleh gelombang laut dan arus laut yang berbahaya dikenal sebagai abrasi pantai. Pendangkalan atau perluasan daratan pantai yang disebabkan oleh pengendapan lumpur yang terbawa air laut disebut akresi atau sedimentasi. Karena akresi dapat menyebabkan muara sungai, tempat perahu nelayan berlayar ke laut, menjadi dangkal, juga dapat merusak stabilitas garis pantai, sehingga dapat merugikan penduduk pesisir.

Di beberapa bagian badan pantai, area-area yang mengalami arus susur pantai cenderung mengalami abrasi pantai karena sedimen disana bergerak akibat terbawa oleh arus susur pantai. Material yang terangkut oleh arus akan dibawa ke suatu lokasi dimana pengaruh arus susur pantai akan berkurang dan akhirnya hilang. Sedimen yang terbawa akan terendapkan dan akan mengalami sedimentasi. Pada lokasi tertentu proses sedimentasi yang terjadi terus menerus akan menghasilkan sebuah daratan baru yang mampu menggabungkan dua pulau yang berdekatan. Daratan yang terbentuk tersebut biasa disebut Tombolo.



Gambar 3. Proses abrasi dan sedimentasi akibat longshore current (sumber tradmojo, 1999)

3. Pasang Surut (Pasut)

Pasang surut adalah naik turunnya permukaan air laut secara teratur yang disebabkan oleh tarikan gravitasi bulan dan matahari. Air surut akan menyebabkan sedimen menjauh dari pantai dan air pasang akan mendorong sedimen mendekati pantai. Arus pasang surut disebabkan oleh naik turunnya permukaan air laut pada perairan pesisir, terutama pada teluk dan selat kecil. Arahnya biasanya kurang lebih bolak-balik; Misalnya, jika tinggi air naik maka arus mengalir masuk, dan jika tinggi air turun maka arus mengalir keluar. Arus pasang surut bisa jadi cukup kuat di beberapa daerah. Pasang surut air laut di Indonesia sangat mirip dengan pasang surut air laut di Samudera Pasifik dan Hindia. menurut perhitungan sifat pasut, perairan Indonesia dikelompokkan ke dalam:

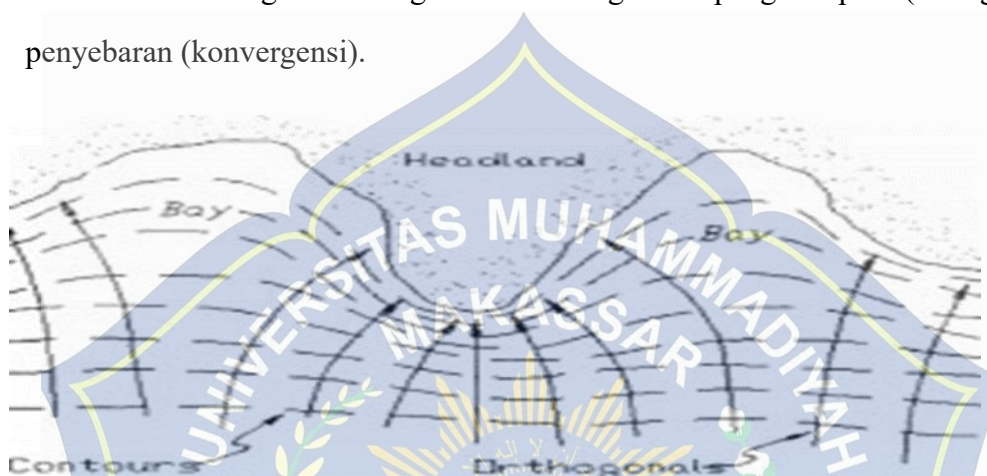
- a. Pasut tunggal atau satu kali pasang dan satu kali surut dalam sehari. Kondisi ini mendominasi perairan Indonesia bagian barat.
- b. Pasut ganda atau dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari. Kondisi ini mendominasi perairan Indonesia bagian timur

B. Deformasi Gelombang

Menurut Triadmodjo (1999), apabila suatu deret gelombang bergerak menuju pantai, maka gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi dan gelombang pecah. Refraksi dan pengaruh pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi dan gelombang pecahkan menentukan tinggi gelombang dan bentuk gelombang disuatu tempat daerah pantai.

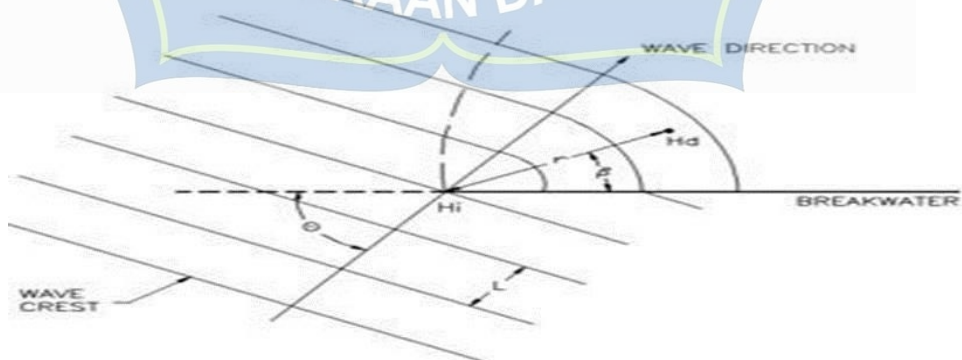
1. Refraksi dan pendangkalan gelombang (Wave Shoaling) adalah gelombang yang mengenai atau membentur suatu bangunan kemudian gelombang tersebut dipantulkan sebagian atau seluruhnya dibawah ke arah laut (Triatmodjo, 1999). Refleksi gelombang besar dapat menyebabkan ketidak- tenangan perairan. Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut, dan dapat menentukan tinggi gelombang disuatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di

sepanjang pantai. (Triadmodjo, 1999). Pada daerah laut transisi, cepat rambat dan panjang gelombang berkurang seiring dengan berkurangnya kedalaman. Perbedaan cepat rambat gelombang di laut dalam dan daerah yang lebih dangkal menyebabkan gelombang membentuk sudut dan membelok berusaha tegak lurus garis pantai. Sudut belok gelombang ini membentuk garis orthogonal, pada beberapa kasus garis pantai tidak terstruktur garis orthogonal ini mengalami penguncupan (divergensi) dan penyebaran (konvergensi).



Gambar 4. Divergensi dan Konvergensi garis orthogonal (Usace 2015)

2. Ketika Pengaman gelombang menghalangi gelombang yang datang, difraksi gelombang terjadi ketika gelombang membelok di sekitar ujung penghalang dan masuk ke ruang aman di belakangnya. Koefisien bias didefinisikan sebagai selisih antara tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang pada suatu lokasi di dalam daerah terlindung.



Gambar 5. Difraksi Gelombang Akibat Rintangan Breakwater (Usace 2015)

Perhitungan difraksi dibagi menjadi dua, yaitu perhitungan pada rintangan tunggal dan ganda. Pada rintangan pemecah gelombang tunggal, tinggi gelombang di suatu titik

terlindung tergantung pada jarak titik tersebut terhadap ujung rintangan (r), sudut antara rintangan dan garis penghubung titik dengan ujung rintangan (θ). Koefisien difraksi (K') merupakan perbandingan tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang di titik terlindung. Titik A adalah titik yang ditinjau di belakang rintangan dan P adalah ujung rintangan.

$$H_{(A)} = K_{D(A)} H_P \dots\dots\dots$$

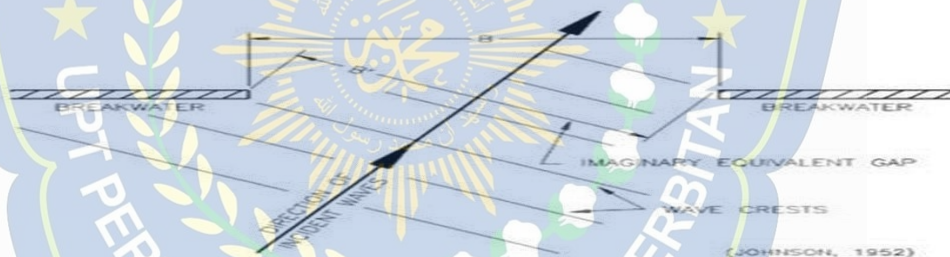
Dimana:

$H_{(A)}$ = Tinggi gelombang di A

$H_{(P)}$ = Tinggi gelombang di P

$K_{D(A)}$ = Koefisien difraksi di titik A

Perhitungan difraksi untuk rintangan pemecah gelombang ganda menggunakan grafik yang dikembangkan oleh Johnson dengan menggunakan proyeksi celah imajiner. Rumus hambatan tunggal digunakan jika lebar celah lebih besar dari lima kali panjang gelombang dan kedua ujungnya tidak dipengaruhi satu sama lain.



Gambar 6. Difraksi Gelombang Akibat Rintangan Breakwater
(Usace 2015)

3. Karena gelombang yang masuk dipantulkan sebagian atau seluruhnya ketika menabrak atau membentur suatu penghalang (bangunan pantai), maka terjadilah pemantulan gelombang. Untuk mengurangi pantulan, penghalang menyerap gelombang pantulan ini. Energi gelombang yang diserap oleh struktur dengan sisi miring dan tumpukan batu lebih banyak dibandingkan dengan struktur tegak. Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang didefinisikan oleh koefisien refleksi (X), yaitu perbandingan tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang (H_i), Sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$H_i = a_{\max} + a_{\min}$$

$$H_r = a_{\max} + a_{\min}$$

$$H_i - H_r = 2a_{\max} \text{ dan } H_i + H_r = 2a_{\min}$$

Tinggi gelombang datang adalah :

$$H_i = \frac{2a_{\max} + 2a_{\min}}{2} = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2} \dots\dots\dots$$

Tinggi gelombang refleksi adalah :

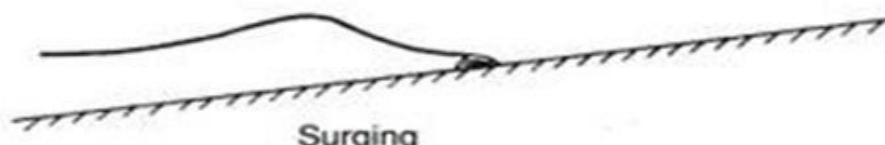
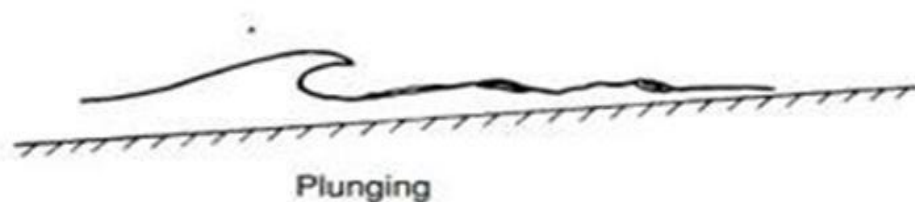
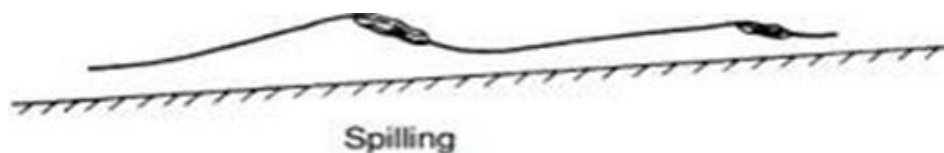
$$H_r = \frac{2a_{\max} + 2a_{\min}}{2} = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2} \dots\dots\dots$$

Tabel 1. Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas air dinding	0,7 – 1,0
Vertikal dengan puncak terendam tumpukan batu	0,5 – 0,7
Sisi miring	0,3 – 0,6
Tumpukan blok beton	0,3 – 0,5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lobang)	0,05 – 0,2

4. Gelombang pecah adalah bentuk deformasi gelombang yang ekstrim yang terjadi karena dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Kemiringan yang lebih tajam dari batas maksimum menyebabkan kencepatan partikel di puncak gelombang lebih besar daripada kecepatan rambat gelombang. Oleh karena itu gelombang menjadi tidak stabil dan terjadi gelombang pecah. Gelombang menjalar. Pada ketinggian tertentu pecah dan melepaskan energi gelombang, apabila terhalang maka energi tersebut masih dapat menimbulkan arus yang kemudian diterima oleh penghalang di depannya. Pecahnya gelombang ini biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati pantai, dimana puncak gelombang menjadi tajam dan kedalamannya mencapai seperempat dari tinggi gelombang. Profil gelombang di laut dalam adalah sinusoidal, menuju laut dangkal puncak gelombang

menjadi lebih tajam dan lembah melandai, tinggi gelombang meningkat, sedangkan kecepatan dan panjang gelombang berangsur berkurang, pada kemiringan gelombang tertentu kecepatan partikel air di puncak gelombang lebih besar dari cepat rambat gelombang dan akhirnya pecah. Kedalaman air atau kecuraman gelombang masing-masing akan membatasi tinggi gelombang maksimum yang terjadi (Febri dkk, 2015). Gelombang maksimum mulai menjadi tidak stabil di perairan dalam. Gelombang melepaskan seluruh energinya ketika pecah, memberi energi pada segala sesuatu di sekitarnya. Meskipun energi gelombang dapat terus mengalir dalam bentuk gerakan translasi air (arus) di pantai atau diserap oleh gelombang kecil di dekatnya setelah pecah, hal ini tidak jarang terjadi. Perairan dalam dan dangkal mungkin mengalami kondisi yang menyebabkan pecahnya gelombang. Gelombang pecah dibagi menjadi tipe *Spiling*, *plunging*, dan *surgina*. *Spiling* terjadi ketika gelombang dengan kemiringan kecil menuju pantai yang datar, gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan menimbulkan buih yang cukup panjang. *Plunging* terjadi ketika kemiringan gelombang dan dasar laut bertambah, puncak gelombang akan memutar akibat massa air di puncak terjun ke depan gelombang, energi gelombang pecah dihancurkan dalam turbulensi dan sebagian kecil dipantulkan pantai. *Surgina* mirip dengan *Plunging*, namun gelombang sudah pecah sebelum puncak gelombang terjun biasanya terjadi di pantai dengan kemiringan yang sangat besar yang menghasilkan daerah gelombang pecah sangat sempit dan dipantulkan kembali.



Gambar 7. Tipe Gelombang Pecah (Triadmojo)

Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringan pantai dan kemiringan gelombang datang (Iversen dkk, dalam CERC, 1984). Beberapa parameter geometri gelombang pecah digunakan untuk perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah, H_b adalah tinggi gelombang pecah dari muka air di depan gelombang, d_b kedalaman gelombang pecah yang diukur dari kedalaman puncak gelombang ke elevasi muka air tenang dan H'_0 adalah tinggi gelombang laut dalam ekuivalen yang diperoleh dengan rumus:

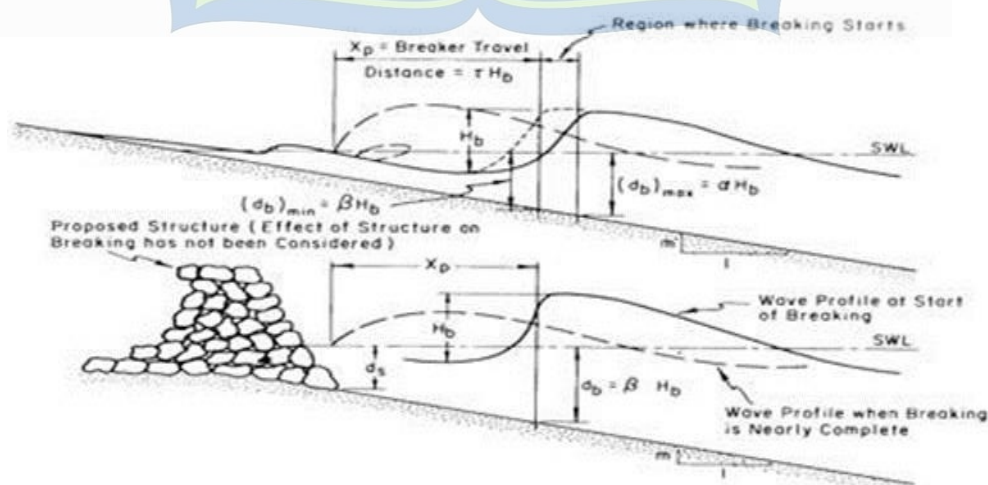
$$H'_0 = K_r \cdot H_1 \dots\dots\dots$$

Dimana:

H'_0 = Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen

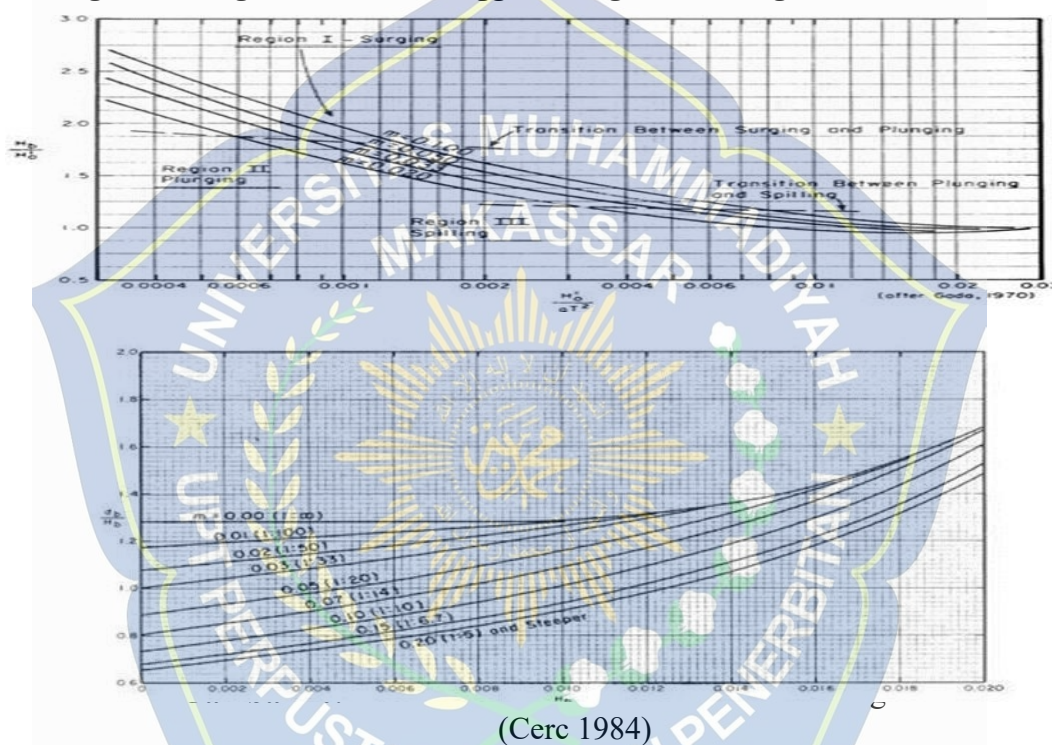
K_r = Koefisien refraksi

H_1 = Tinggi gelombang dilokasi bangunan



Gambar 8. Geometri Gelombang Pecah (Cerc 1984)

Dalam penelitian Iversen dkk. Menghasilkan grafik hubungan indeks $H_b/H'0$ dan $H'0/gT^2$ untuk menentukan tinggi gelombang pecah pada berbagai kemiringan dasar laut, sedangkan penentuan kedalaman dimana gelombang pecah pada berbagai kemiringan dasar laut menggunakan grafik hubungan.



C. Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang merupakan sturktur yang dapat melindungi kawasan pesisir dari terjangan gelombang air laut contohnya untuk melindungi fasilitas pelabuhan dan kawasan pemukiman nelayan. Bangunan pemecah gelombang menjadikan pemisah antara perairan dangkal dengan perairan dalam.

Lokasi penempatan pemecah gelombang, jenis material yang digunakan, permeabilitas struktur, dan keadaan bagian atas struktur pemecah gelombang hanyalah beberapa dari sekian banyak faktor yang mempengaruhi bagaimana skema pembangunan

pemecah gelombang akan mempengaruhi garis pantai (Yudha, Saya, 2011). Pemecah gelombang merupakan salah satu bangunan pantai yang konstruksinya dibangun di lepas pantai dan sejajar dengan garis pantai, seperti yang dijelaskan oleh (Triatmojo, 2010) dalam klasifikasi bangunan pantainya.

Breakwater sendiri adalah pemecah gelombang yang dibangun untuk melindungi daerah perairan dari gangguan gelombang. Breakwater dibedakan menjadi 2 bagian yaitu breakwater sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama yaitu sambungan pantai untuk melindungi perairan pelabuhan, sedangkan untuk tipe kedua yaitu lepas pantai untuk melindungi pantai terhadap erosi (Triatmodjo, 2008).

Untuk material dalam pembuatan breakwater ada beberapa jenis yang digunakan sebagai lapisan-lapisan, diantaranya menurut (Refi, 2013) sebagai berikut:

1. Batu alam

Bahan ini merupakan bahan yang paling sering digunakan karena tidak memerlukan pencetakan seperti pada batu lapisan buatan.

2. Pelindung Bantuan

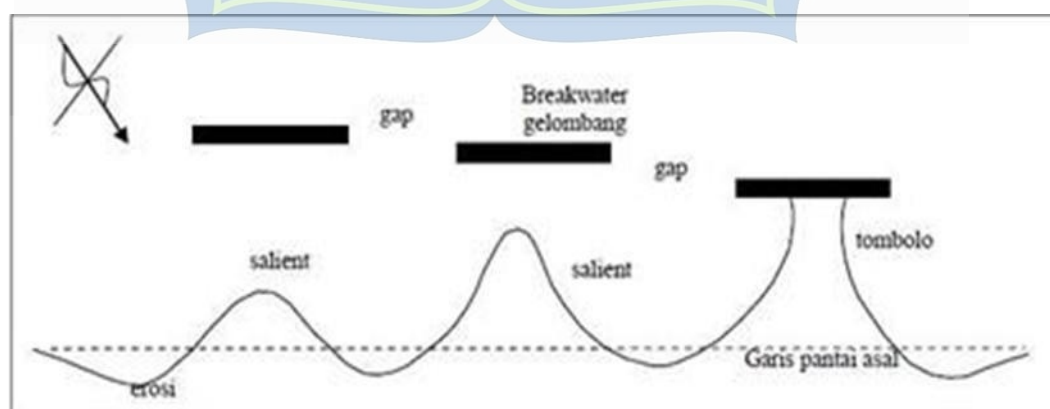
Beton digunakan untuk perlindungan buatan dan tersedia dalam berbagai bentuk, antara lain tetrapod, tribar, hexapod, dolos, a-jack, dan lain-lain. Batu alam sulit didapat karena beratnya jika digunakan dalam jumlah banyak, sehingga batu palsu lebih sering digunakan.

Bentuk dan karakteristik breakwater berbeda-beda begitu juga dengan kemampuannya dalam meredam energi gelombang yang dihasilkan. Menurut bentuknya bangunan breakwater dibedakan menjadi bangunan sisi miring, bangunan sisi tegak dan campuran dengan tipe tenggelam dan tidak tenggelam. Adaptasi teknologi khususnya terhadap struktur pemecah gelombang lepas pantai telah menghasilkan struktur pemecah gelombang lepas pantai tenggelam yang sekarang dikenal dengan LCB atau Low-Crested Breakwater. Beberapa literatur menyimak merebaknya penggunaan LCB di berbagai negara seperti USA, IK, Jepang dan Itali (Durgappa, 2008), Bahkan di Jepang penggunaan LCB menjadi sangat populer dan lebih banyak digunakan dari pada breakwater konvensional (Pilarczyk, 2003).

Keunggulan LCB antara lain mampu mengurangi dampak estetika, lebih murah, sirkulasi air yang lebih baik yang memungkinkan meningkatnya kualitas air dan produktivitas biologi dan mengurangi efek hambatan terhadap angkutan sediment (Kularatne et al, 2008). Pengurangan energi gelombang yang mengenai pantai dapat dilakukan dengan pembuatan bangunan pemecah gelombang sejajar pantai (Offshore Breakwater). Gagasan perlindungan alami yang diberikan oleh terumbu karang ditiru oleh pemecah gelombang ini. Gelombang besar menghantam garis pantai sehingga menyebabkan energi gelombang berkurang saat mendekati pantai. Transportasi sedimen dan akresi akan dipengaruhi oleh berkurangnya energi gelombang di daerah bayangan pemecah gelombang.

Pemecah gelombang tenggelam dapat diklarifikasikan ke dalam 3 (tiga) kategori yaitu, dynamically stable reef breakwater, statically stable low-crested breakwater dan statically stable submerged breakwater (van der meer, 1991). Pemakaian pemecah gelombang tenggelam, termasuk submerged breakwater belakang ini sudah banyak dipakai (Pina, 1990)

Submerged breakwater adalah pemecah gelombang tenggelam dengan elevasi awal ambang terletak di bawah elevasi muka air diam (SWL). Pemecah gelombang ini mungkin tidak efektif pada saat pasang. Untuk mendapatkan hasil yang efektif, pemecah gelombang ini sebaiknya dipasang pada lokasi dengan pasang surut rendah. Fungsi utama pemecah gelombang tenggelam adalah meredam energi gelombang yang datang ke pantai melalui mekanisme gelombang pecah, disipasi, gesekan, dan refleksi gelombang.



Gambar 11. Pemecah gelombang dan garis Pantai yang Terbentuk (Durgappa 2008)

Gelombang limpasan dan gelombang run-up yang bergerak melalui suatu struktur dapat menghasilkan gelombang transmisi. Banyak variabel, seperti lebar puncak struktur, kedalaman air di dasar struktur, kemiringan sisi bangunan, prioritas, dan diameter nominal unit pelapis, mungkin mempengaruhi masalah ini. Jika struktur pemecah gelombang berpori, penetrasi gelombang melalui pori-pori struktur juga berkontribusi terhadap transmisi gelombang. Gambar tersebut menggambarkan proses teoretis dalam memodifikasi garis pantai.



Gambar 12. Kondisi pola arus yang terjadi disekitar lokasi pemecah gelombang tenggelam (Casares dkk, 2005)

Refleksi gelombang adalah proses transfer energi dari satu arah ke arah lain ketika gelombang datang diintersepsi oleh suatu penghalang. Sebagian atau seluruh energi gelombang datang kemungkinan akan direfleksikan kembali ke arah laut oleh penghalang tersebut. Besarnya gelombang yang direfleksikan sangat tergantung dari kedalaman air dikaki struktur (Ahrens 1987, Van der meer 1991), sedangkan kemiringan sisi struktur tidak begitu besar pengaruhnya (Datattri et al, 1987).

Jelas dari temuan berbagai penelitian sebelumnya bahwa elevasi permukaan air dan desain tinggi gelombang memainkan peran penting dalam desain pemecah gelombang. Stabilitas bangunan terhadap gaya gelombang biasanya berkorelasi dengan seberapa baik kinerja pemecah gelombang.

Perencanaan suatu pemecah gelombang adalah menentukan berat unit lapis lindung yang tahan terhadap gelombang rencana. Stabilitas pemecah gelombang dipengaruhi oleh dua faktor yaitu kondisi lingkungan pantai dan karakteristik fisik struktur. Faktor lingkungan

pantai antara lain tinggi gelombang (H_s), periode gelombang (T_s), durasi (jumlah) gelombang, arah gelombang datang dan kelompok gelombang. Diameter nominal unit lapisan pelindung, bentuk dan kekasaran lapisan pelindung, kemiringan, lebar puncak struktur, tinggi struktur, dan permeabilitas inti merupakan beberapa ciri fisik dari unit lapisan pelindung. struktur. Teknik yang digunakan untuk memasang lapisan penutup merupakan elemen lain yang mempengaruhi seberapa stabil konstruksi tumpukan batu. Pemecah gelombang hadir dalam berbagai bentuk dan gaya, dan dapat melemahkan gelombang dengan cara yang berbeda. Struktur pemecah gelombang dapat diklasifikasikan menjadi bentuk sisi miring, sisi tegak, dan bentuk campuran tipe terendam dan tidak terendam tergantung pada bentuknya.

Tabel 2. Klasifikasi bentuk bangunan breakwater (Triatmodjo, 2003)

Tipe	Keuntungan	Kerugian
Breakwater Sisi Miring	1) Elevasi puncak bangunan rendah	1) Dibutuhkan jumlah material yang besar
	2) Gelombang refleksi kecil/meredam	2) Pelaksanaan pekerjaan lama
	3) Kerusakan berangsur-ansur	3) Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil
	4) Perbaikan mudah	4) lebar dasar besar
	5) Murah	
Breakwater Sisi Tegak	1) Pelaksanaan pekerjaan cepat	1) Mahal
	2) Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil	2) Elevasi puncak bangunan tinggi
	3) Luas perairan pelabuhan lebih besar	3) Tekanan gelombang besar
	4) Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga atau tempat tambatan	4) Diperlukan tempat kaison yang luas
	5) Biaya perawatan kecil	5) Kalau rusak sulit diperbaiki
		6) Diperlukan peralatan berat
		7) Erosi kaki fondasi

Breakwater Campuran	1) Pelaksanaan pekerjaan cepat	1) Mahal
	2) Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil	2) Diperlukan peralatan berat
	3) Luas perairan pelabuhan besar	3) Diperlukan tempat pembuatan kaison yang luas
	4) Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga akan tempat tambatan	
	5) Biaya perawatan kecil	

D. Gelombang

Respon garis pantai terhadap keberadaan pemecah gelombang dikendalikan oleh sedikitnya 14 variabel (Hanson and Kraus, 1991) delapan diantaranya adalah variabel yang sangat berperan yaitu (1) jarak dari pantai; (2) Panjang struktur; (3) Karakteristik transmisi dan struktur; (4) Kemiringan dasar pantai; (5) tinggi gelombang; (6) periode gelombang; (7) orientasi sudut dari struktur; dan (8) arah gelombang dominan.

Analisis transformasi gelombang pada pemecah gelombang dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai variabel non dimensional dalam bentuk grafik. Proses transmisi gelombang didefinisikan sebagai K_t , yaitu rasio antara tinggi gelombang transmisi sebagai K_r , yaitu rasio antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang datang (H_i).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien transmisi tergantung dari tinggi relatifitas pemecah gelombang (h_c/H_i) dan kecuraman gelombang (wave steepness, sp). Efek tinggi gelombang datang, kemiringan sisi struktur dan lebar puncak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya transmisi gelombang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan sisi lebih curam (sudut lebih besar). Melewatkan gelombang lebih besar dibandingkan dengan sisi yang lebih landai, baik untuk kondisi puncak tenggelam maupun tidak. Secara fisik perbedaan ini dapat dijelaskan dengan efek gesekan dasar. Energi gelombang yang berjalan sepanjang slope akan terdisipasi melalui gesekan permukaan. Sisi

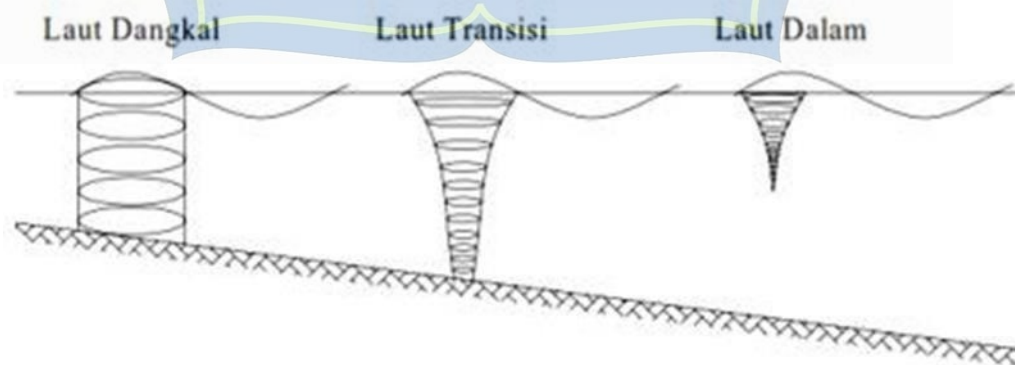
yang landai mempunyai panjang yang lebih besar dibandingkan dengan sisi tegak, sehingga energi gelombang akan tersisipsi lebih besar yang menyebabkan transmisi gelombang menjadi lebih kecil. Refleksi gelombang juga sangat dipengaruhi oleh relatif pemecah gelombang (h_c/H_i) dan periode gelombang. Tingkat kerusakan pemecah gelombang yang dikenai oleh berbagai jenis gelombang sangat bergantung pada tinggi gelombang datang. Kombinasi antara tekanan, gaya angkat berpotensi untuk mengangkat unit lapis lindung dari tempatnya semula dan memindahkan ke tempat lain. Parameter lain yang mempengaruhi stabilitas struktur antara lain kedalam air dan bentuk geometri bangunan.

1. Klasifikasi Gelombang

Berdasarkan perbandingan antara kedalaman air (d) panjang gelombang (L), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi:

- Gelombang perairan dangkal (Shallow water waves)
- Gelombang perairan transisi (Transitional waves)
- Gelombang perairan dalam (Deep water waves)

Orbit partikel akan berubah menjadi bentuk lingkaran di semua kedalaman laut dalam, laut peralihan, dan laut dangkal sepanjang proses perambatan gelombang yang terjadi dari laut dalam ke laut dangkal. Lintasan partikel juga akan berbentuk lingkaran (elips). Ombaknya lebih datar dan dasar laut mengembangkan partikel horizontal seiring bertambahnya kedalaman lingkaran.



Gambar 14. Gerak Partikel Air Laut dangkal, Transisi dan Dalam (Triadmojo 1999)

Gelombang juga dapat dikelompokkan berdasarkan rasio antara tinggi gelombang dan panjang gelombang dan dikenal dengan gelombang amplitudo kecil dan gelombang amplitudo berhingga (*Stick, Cnoidal, Solitair*). Teori gelombang amplitudo dikembangkan oleh Airy, menurut (Airy) teori gelombang diturunkan berdasarkan anggapan bahwa perbandingan antara tinggi gelombang dengan panjangnya sangat kecil, sedangkan teori gelombang amplitudo berhingga memperhitungkan besarnya rasio antara tinggi gelombang terhadap panjang dan kedalaman airnya.

Menentukan panjang gelombang (L) menggunakan persamaan berikut:

$$L = gT^2 / \pi \tanh(2\pi d) / L0$$

Dengan menggunakan persamaan untuk menentukan panjang gelombang (L) Pada persamaan diperlukan panjang gelombang awal (L0) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$L0 = 1,56T^2$$

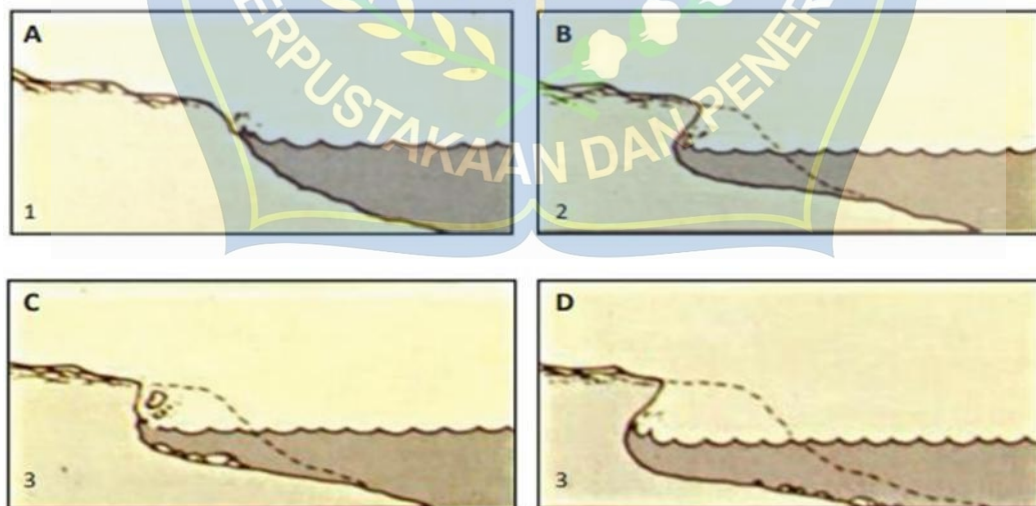
Dalam teori gelombang amplitudo kecil partikel air bergerak dalam suatu lintasan (orbit) tertutup yang berbentuk lingkaran atau elips, dalam teori Stokes orbit partikel air tidak tertutup, sehingga menyebabkan terjadinya aliran massa air dalam arah penjalaran gelombang.

E. Abrasi

Abrasi adalah suatu proses alam berupa pengikisan tanah pada daerah pesisir pantai yang diakibatkan oleh ombak dan arus laut yang sifatnya merusak terkadang disebut erosi pantai. Erosi pantai bisa terjadi secara alami oleh serangan gelombang atau karena adanya kegiatan manusia seperti penebangan hutan mangrove, pembangunan pelabuhan atau bangunan pantai dan kerusakan karang pantai Triadmodjo 1999. Daerah pesisir yang paling dekat dengan laut menjadi sasaran erosi akibat erosi tersebut. Oleh karena itu, abrasi dapat membahayakan dan merusak bangunan yang berada dekat dengan badan air. Akibatnya, jika abrasi terus berlanjut, pantai akan terus terkikis di beberapa tempat dan wilayah sekitar pantai

bisa saja terendam banjir. Perpindahan sedimen di sepanjang pantai menyebabkan perpindahan sedimen ke dataran, yang menyebabkan erosi pantai.

Abrasi terjadi secara alami akibat pergerakan angin di laut yang mengirimkan gelombang dan arus ke arah pantai. Garis pantai pada akhirnya bisa runtuh akibat arus dan angin tersebut. Batuan di dekat pantai bergetar, akhirnya memisahkannya dari tanah akibat erosi. Gelombang kecil akan muncul di permukaan air saat angin bertiup melintasinya sehingga mengganggu kondisi yang sebelumnya tenang. Gelombang akan terbentuk jika angin bertiup kencang. Besar kecilnya gelombang yang terbentuk bergantung pada seberapa panjang dan seberapa kuat angin bertiup. Kecepatan angin mempengaruhi tinggi dan periode gelombang. Penyebab utama timbulnya gelombang adalah angin yang mengalir di atas permukaan laut.



Gambar 15. Proses terjadinya abrasi oleh gempuran (Dahuri dkk 2001)

F. Fetch

Fetch adalah panjang daerah di mana angin dapat berhembus dengan kecepatan dan arah konstan (Triatmodjo, 1999). Fetch adalah produksi gelombang ketika angin dan kecepatan diyakini konstan. Semakin jauh jaraknya, maka tinggi gelombang yang terjadi akan semakin besar. Fetch berdampak pada terciptanya tinggi gelombang dan periode gelombang. Angin Daratan yang mengelilingi batas laut berpengaruh terhadap penciptaan gelombang di laut. Dalam produksi gelombang, gelombang dihasilkan pada berbagai sudut terhadap angin dan juga searah dengan angin. Panjang laut yang kedua sisinya dibatasi oleh daratan disebut panjang pengambilan. sampai mencapai sebidang tanah terdekat, tali penarik ditarik. Perhitungan panjang *fetch* efektif ini dilakukan dengan memperhatikan pembentukan gelombang di suatu lokasi. Panjang *fetch*. Fetch rerata aktif diberikan oleh persamaan berikut:

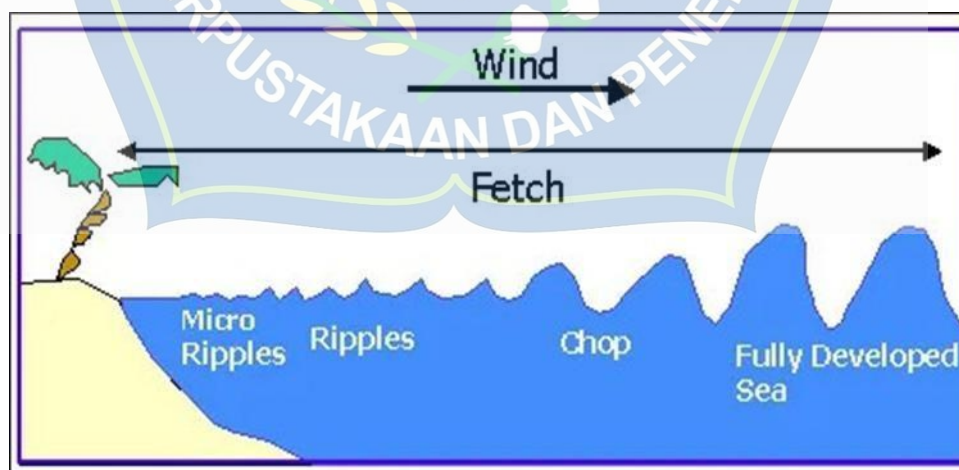
Dengan:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (\text{Triatmodjo, hal. 155, 1999})$$

F_{eff} : Fetch rerata efektif

α : Deviasi di kedua sisi dari arah hembusan angin, dengan cara menambahkan 6° sampai sudut 42° pada kedua sisi dari arah angin.

X_i : Panjang segmen *fetch* yang diukur mulai pada titik observasi gelombang panjang sampai ujung akhir *fetch*.



Gambar 16. Fetch (Google)

G. Fluktuasi Muka Air

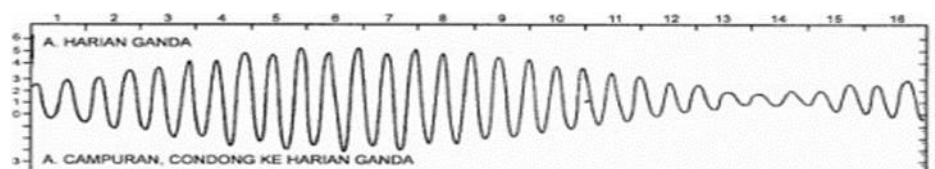
Periode fluktuasi muka air laut lebih besar daripada periode gelombang, sehingga elevasi muka air laut merupakan parameter yang sangat penting untuk diperhitungkan. Fluktuasi terjadi karena proses kenaikan muka air karena gelombang (wave set-up), perubahan suhu pemanasan global, gelombang badai (wind set-up) dan pasang surut, namun kemungkinan terjadi semua proses alam tersebut sangat kecil terjadi.

1. Pasang surut

Merupakan fluktuasi muka air laut yang disebabkan oleh gaya tarik benda langit terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Ketika saat pasang muka air laut akan maju ke pantai sedangkan ketika surut muka air laut mundur ke laut lepas. Pasang surut dihasilkan dari efek sentrifugal. Efek sentrifugal atau gaya tarik gravitasi adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa, tetapi berbanding terbalik dengan jarak (Priyana Zulkifli, 2017). Terdapat empat tipe pasang surut sebagai berikut:

- Pasang surut harian tunggal (diurnal tide) Pasang terjadi satu kali dan surut juga terjadi satu kali dalam sehari, periode pasang surut diurnal rata-rata 24 jam 50 menit.
- Pasang surut harian ganda (semi diurnal tide) Pasang surut terjadi dua kali dalam satu hari, berurutan dan memiliki tinggi gelombang hampir sama, periode pasang surut *semi diurnal tide* rata-rata 12 jam 24 menit.
- Pasang surut campuran cenderung ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*) Pasang terjadi dua kali dan surut terjadi dua kali dalam satu hari dengan tinggi dan periode gelombang yang berbeda.
- Pasang surut campuran cenderung tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) Pasang surut terjadi satu kali dalam sehari, terkadang terjadi dua kali dalam sehari dengan tinggi gelombang dan periode yang berbeda.

Pasang surut campuran cenderung tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) Pasang surut terjadi satu kali dalam sehari, terkadang terjadi dua kali dalam sehari dengan tinggi gelombang dan periode yang berbeda



Gambar 17. Tipe Pasang Surut (Triadmojo)

2. Kenaikan muka air laut karena gelombang

Gelombang yang datang dari laut dalam dengan ketinggian gelombang ($H'0$) pada kedalaman db gelombang pecah, elevasi muka air rerata turun terhadap muka air diam setinggi S_b , kemudian muka air naik dan memotong garis pantai. Selisih elevasi *wave set up* dan muka air rerata dnotasikan S_w , sedangkan selisih elevasi *wave set up* dan *wave set down* dinotasikan ΔS .

Rumus *wave set up* & *wave set down* sebagai berikut:

$$S_b = - \frac{0,536 H_b^{2/3}}{g T^2}$$

$$S_w = 0,19 \left(1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{g T}} \right) H_b$$

Keterangan:

- S_b = *Set down* di daerah gelombang pecah (m)
- S_w = *Set up* di daerah gelombang pecah (m)
- H_b = Tinggi gelombang
- T = Periode gelombang
- G = Percepatan gravitasi (m/s^2)

3. Kenaikan muka air laut karena badai (*wind set up*)

Perbedaan tekanan atmosfer berkaitan dengan perubahan arah dan kecepatan angin, angin dengan kecepatan besar akan menyebabkan fluktuasi permukaan air. Kenaikan muka air laut akan lebih besar pada daerah pantai berbentuk corong dibanding

pantai lurus karena massa air yang terdorong oleh angin akan terpusat pada ujung corong.

Dalam perhitungan *wave set up* arah angin tegak lurus garis pantai dan membentuk sudut.

Rumus menghitung kenaikan muka air sebagai berikut:

$$\Delta h = \frac{f_i}{2} \quad \text{—}$$

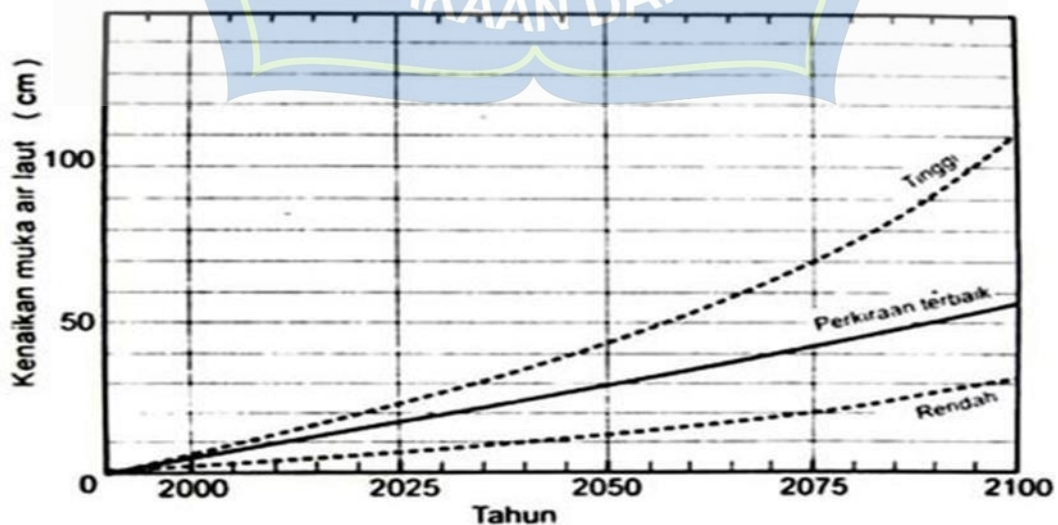
$$\Delta h = Fc \frac{V^2}{2gd} \quad \text{—}$$

Keterangan:

- Δh = Kenaikan elevasi muka air karena badai (m)
- F = Panjang fetch (m)
- I = Kemiringan muka air
- c = Konstanta: $3,5 \times 10^{-6}$
- V = Kecepatan angin
- d = Kedalaman air
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)

4. Kenaikan muka air laut akibat pemanasan global

Pemanasan global menyebabkan suhu di permukaan bumi meningkat dan suhu tinggi tetap bertahan di permukaan bumi dalam jangka waktu yang cukup lama. Suhu di permukaan bumi lebih tinggi dibandingkan di luar atmosfer. Di permukaan bumi, efek pemanasan global dihasilkan oleh gas-gas tertentu, peningkatan suhu ini menyebabkan lapisan es di kutub mencair dan mempengaruhi kenaikan permukaan air laut.



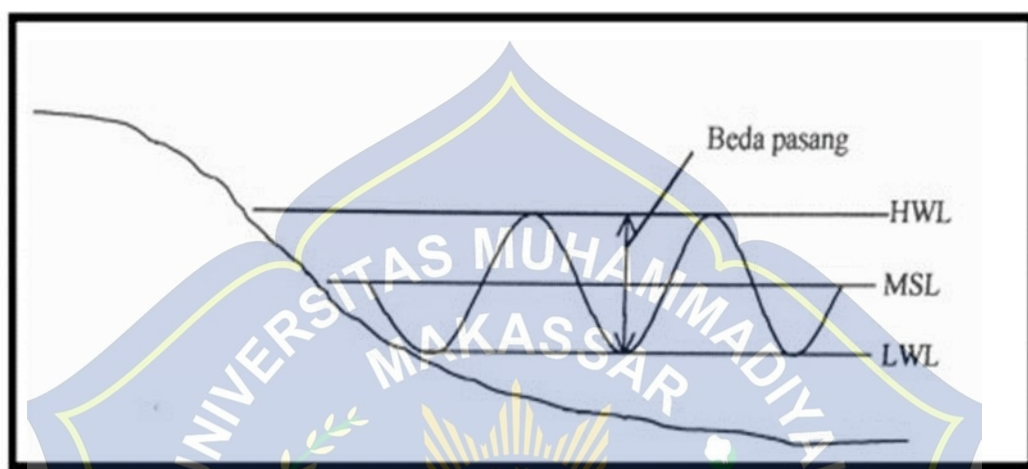
Gambar 19. *Wave set up dan set down* (usace 2015)

Posisi elevasi pasang surut dibagi menjadi 3 jenis ketinggian air, sebagai berikut:

Highest high water level = Muka air tertinggi

Lowest low water level = Muka air terendah

Mean sea level = Muka air rata-rata



Gambar 20. *Beda pasang surut tidal range*
(shore protection manual volume III)

H. Kerusakan Lapis Lindung

Tergantung pada tata letak dan konfigurasi struktur, karakteristik gelombang yang menyerang, dan ketinggian relatif permukaan laut pada saat gelombang menyerang, pemecah gelombang dapat mengalami berbagai jenis kerusakan. Kerusakan pada lapisan pelindung merupakan salah satu jenis kerusakan yang dipaparkan Jensen. Lapisan pelindung rusak ketika serangan gelombang menyebabkan material lapisan pelindung berpindah dari posisi semula. Akibat gaya gelombang yang kuat, terutama pada saat run-down dan run-up gelombang, material lapisan pelindung mengalami pergeseran. (Jensen, 1984)

Sementara (Bruun, 1985) menyatakan bahwa penyebab kerusakan pada pemecah gelombang karena longsohnya lapis lindung. Kerusakan lapis lindung dapat pula disebabkan oleh serangan gelombang pecah (plunging wave), gelombang berantai (wave trains) yang terkonsentrasi, durasi gelombang yang cukup panjang, erosi pada bagian kaki pemecah

gelombang, serta ketidaksesuaian material yang digunakan. Model break water dinyatakan layak akan dapat diterima bila melampaui batasan yang telah diterapkan oleh perencanaan atau standar yang biasa dipakai, jika hasil penelitian ternyata kurang dari batas kelayakan, maka perlu diadakan perencanaan ulang terhadap desain.

Tabel 4. Batas Kelayakan Model Lapis Lindung
Sumber: PT. Semen Gresik (1997) dan CERC (2006)

Pengujian	Batas Kelayakan	Keterangan
Stabilitas Lapis Lindung	Kerusakan $\leq 0,5\%$ pada H_s rencana	Standar PT. Semen Gresik (1991)
	Kerusakan $\leq 5\%$ pada H_s rencana	Standar CERC (1984)
	Kerusakan $\pm 2,5 \%$ pada H_s rencana	Standar Van Der Meer (1987)

I. Studi Literatur

1. Acuan penelitian ini berdasarkan Jurnal Rekayasa Vol. 13 No. 1 yang berjudul Gugusan karang di Pantai Kecamatan Panjang sebagai Brakwater Alami oleh (Dwi Jokowinarno, 2009). Penelitian tersebut mendapatkan hasil pengaman pantai berupa breakwater alami dengan gugusan karang yang dimanfaatkan demi memperhatikan aspek konservasi lingkungan berupa dimensi breakwater, yaitu puncak breakwater memiliki lebar 345 cm dengan lapis lindung keras berupa beton bertulang mutu K225 cukup untuk satu lajur kendaraan bermotor roda empat, Khususnya untuk operasi pemeliharaan.
- Penelitian yang menjadi referensi pada penelitian ini adalah Jurnal Oseanografi Volume 2 Nomor 1 (J-OCE UNDIP) yang berjudul Studi Model Fisik Stabilitas Desain Breakwater Terhadap Hempasan Gelombang di Pantai Glagah Yogyakarta oleh (Sakina Rusma Wardhani, Baskoro Rochaddi Purwanto, 2013). Penelitian tersebut mengkaji dan mempelajari kegagalan unit lapis lindung pada breakwater menggunakan model fisik dilaksanakan di Laboratorium Model Fisik BPDP – BPPT Yogyakarta menggunakan

metode eksperimental. Hasil dalam penelitian tersebut breakwater Pelabuhan Tanjung Adikarta Glagah jika dibangun sesuai desainnya yaitu tetrapod dengan berat 7-ton digunakan pada breakwater dengan kemiringan 1:2 dengan tinggi gelombang rencana 5-meter dan periode gelombang di lapangan 10 detik dan 12 detik, kerapatan tetrapod terpasang 4.257 buah/Ha, memiliki stabilitas hidraulik cukup baik dan akan memiliki performa baik dimana tingkat kerusakan hanya 0,71%. Sedangkan batas kelayakan sebagaimana standar (CERC, 1984) adalah 5%, dengan nilai Kd sebesar 12,57 maka tetrapod tersebut akan bekerja dengan baik untuk melindungi breakwater.



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian yang akan kami kerjakan berada di Pesisir pantai Arungkeke lebih tepatnya di Pesisir Pantai Kecamatan Arungkeke, Kab. Jeneponto pada titik koordinat 5°'67"S 119°12'83"E.



Gambar 21. Peta Lokasi Penelitian, (Google earth)



Gambar 22. Pengaman Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Pada penelitian ini jenis penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif, yaitu dengan cara pengukuran objektif dengan mengumpulkan data dan analisis terhadap objek atau data yang telah terkumpul. Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data yaitu :

Data primer yaitu data yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian dengan melakukan observasi dan dokumentasi terhadap kondisi Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto

Data sekunder yaitu data yang didapatkan dari berbagai instansi dan studi literatur yang terkait sebagai data pendukung dan pelengkap dari data primer. Data sekunder yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Data kecepatan angin Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto
2. Data pasang surut air laut Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto
3. Data tinggi gelombang laut Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto
4. Data arah angin Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto

C. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi lapangan dan penelitian ini dibagi menjadi 2 (dua) tahapan yaitu dengan uraian tahapan adalah:

1. Persiapan

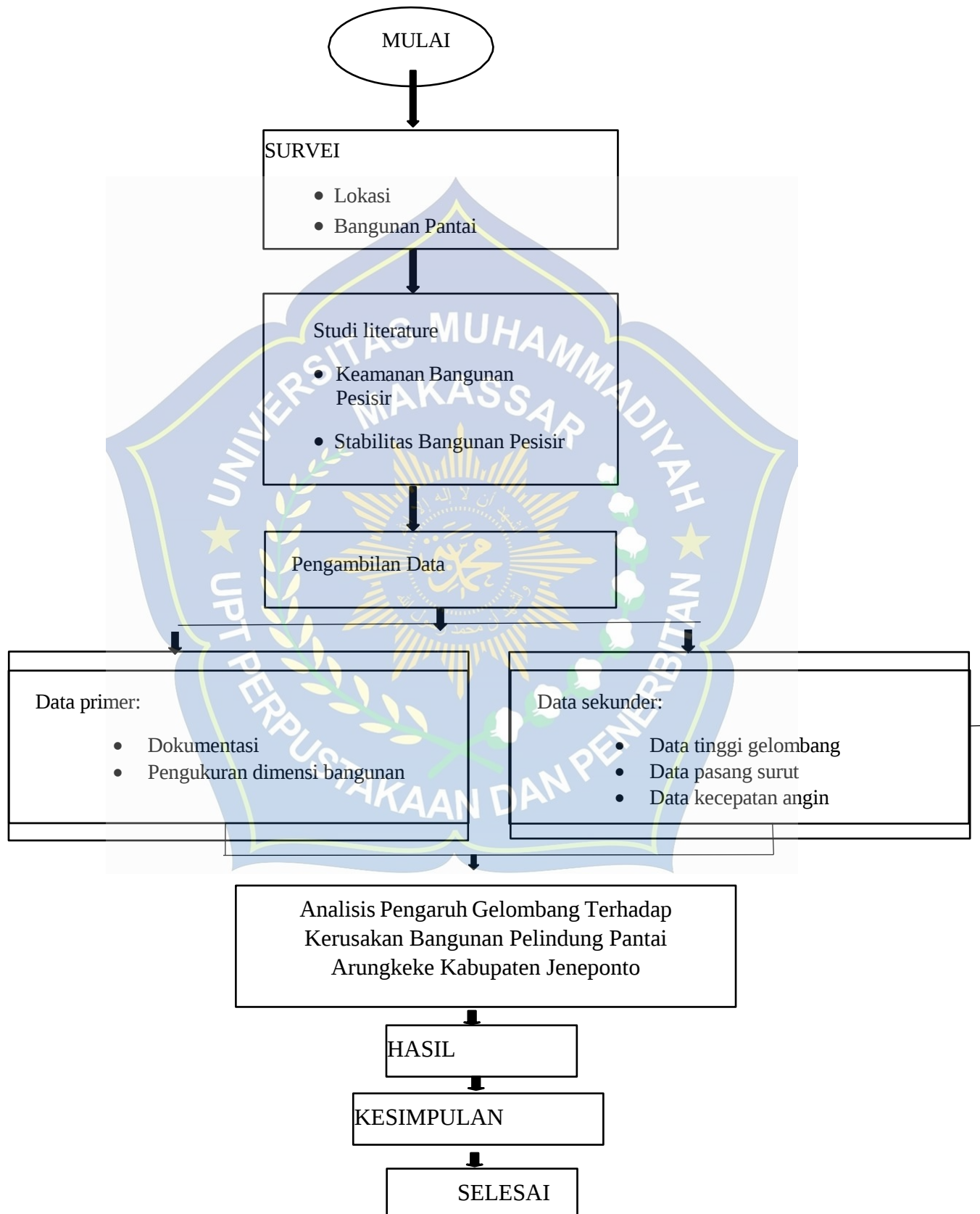
Persiapan dimaksudkan bagaimana untuk menyiapkan segala sesuatu untuk penelitian, diantaranya mengumpulkan data-data pendahuluan seperti kondisi langsung. Kemudian mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan

2. Pengambilan data

Adapun data yang dikumpulkan terdiri dari:

- a) Data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan secara langsung dari sumber datanya. Adapun data primer dalam penelitian ini adalah dimensi dari pengaman pantai (Breakwater)
- b) Data sekunder adalah data yang didapatkan oleh peneliti dari berbagai sumber yang telah ada. Data sekunder dapat didapatkan dari berbagai sumber seperti Instansi pemerintahan, buku, laporan, jurnal, dan lain- lain. Dalam hal ini data ketinggian gelombang, data pasang surut, data kecepatan angin, data arus.



D. Flowchart

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Fluktasi Muka Air Laut*

1. Pasang surut

Pengambilan data pasang surut diambil dari , dengan interval pengambilan data 1 jam. Kemudian data pasang surut tersebut diolah untuk memperoleh konstanta harmonis pasang surut. Perhitungan konstanta harmonis pasang surut dilakukan dengan menggunakan metode Admiralty.

Berikut perhitungan pasang surut metode Admiralty tahun 2022 :

Skema 1

Data yang akan diolah dikonversikan dahulu satuannya darimeter (m) ke centimeter (cm), dimana untuk tabel kearah kanan menunjukkan waktu pengamatan(jam) yaitu dari pukul 17.00 Wita sampai 16.00 Wita dan tabel ke arah bawah menunjukkan tanggal dilakukannya pengamatan yaitu 26 Mei – 09 Juni 2022. Adapun data yang telah diperoleh pada tabel berikut :

Tabel 19. Data Pasang surut 29 hari Interval 1 jam

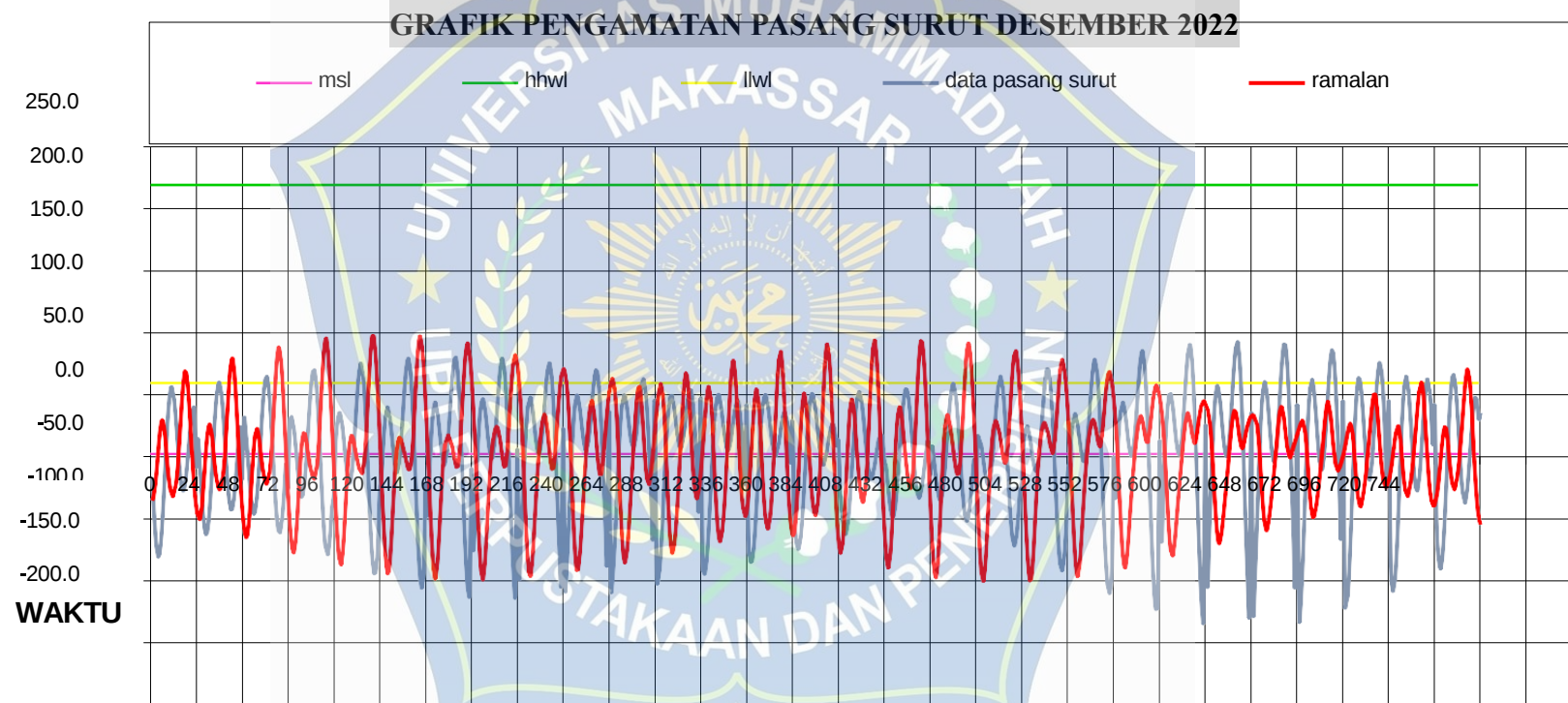
Sumber : Pengolahan Data BMKG Paotere Makassar

Pengambilan data pasang surut di ambil dari BMKG Paotere Makassar, data yang di ambil selama 29 hari pada bulan Desember tahun 2022

Tgl/Bln/Thn	Bacaan Skala Per 1 Jam																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1 Des 2022	-0.2	-0.5	-0.7	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.5	0.4	0.2	0.0	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.3
2 Des 2022	0.1	-0.1	-0.3	-0.5	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.6	0.5	0.4	0.1	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.2	0.3
3 Des 2022	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.4	-0.5	-0.4	0.3	-0.1	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.3	0.1	0.2	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.1	0.2
4 Des 2022	0.3	0.3	0.2	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0.1	0.3	0.6	0.7	0.7	0.6	0.3	0.0	0.3	0.6	0.8	0.8	0.6	0.4	0.1
5 Des 2022	0.1	0.3	0.4	0.3	0.2	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.7	0.5	0.2	-0.1	-0.5	0.8	0.9	0.9	0.8	0.5
6 Des 2022	-0.2	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.5	0.1	-0.3	0.7	0.9	1.1	1.0	0.8
7 Des 2022	-0.5	-0.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.3	0.1	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.8	0.6	0.4	0.0	0.4	0.8	1.0	1.1	1.0
8 Des 2022	-0.8	-0.4	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.5	0.2	0.2	0.6	0.9	1.1	1.1
9 Des 2022	-1.0	-0.7	-0.3	0.1	0.3	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.6	0.4	0.0	-0.4	0.7	1.0	1.1
10 Des 2022	-1.1	-0.8	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	0.7	0.5	0.2	-0.1	-0.5	0.8	1.0
11 Des 2022	-1.1	-0.9	-0.7	-0.3	0.0	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.3	0.0	-0.3	0.6	0.9
12 Des 2022	-1.0	-1.0	-0.8	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	0.4	0.7
13 Des 2022	-0.9	-0.9	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.1	0.2	0.5
14 Des 2022	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.4	-0.1	0.1	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.0	-0.3

15 Des 2022	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	-0.1
16 Des 2022	-0.3	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.3	-0.1	0.1	0.4	0.5	0.5	0.5	0.3	0.2	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1
17 Des 2022	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.0	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.1
18 Des 2022	0.1	0.0	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.0	0.1
19 Des 2022	0.2	0.2	0.1	0.0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.1	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.4	0.1	-0.2	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1
20 Des 2022	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7	0.7	0.6	0.3	0.0	-0.4	-0.7	-0.9	-0.9	-0.8	-0.6	-0.3
21 Des 2022	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.6	0.2	-0.1	-0.5	-0.9	-1.1	-1.1	-0.9	-0.7
22 Des 2022	-0.3	0.0	0.3	0.4	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.8	0.5	0.2	-0.3	-0.7	-1.0	-1.2	-1.2	-1.0
23 Des 2022	-0.7	-0.3	0.1	0.4	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9	0.9	0.8	0.5	0.1	-0.4	-0.9	-1.2	-1.3	-1.3
24 Des 2022	-1.0	-0.6	-0.2	0.2	0.4	0.6	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.9	0.9	0.8	0.4	0.0	-0.5	-1.0	-1.3	-1.4
25 Des 2022	-1.2	-0.9	-0.5	-0.1	0.3	0.5	0.6	0.5	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.8	0.9	0.9	0.7	0.3	-0.1	-0.6	-1.0	-1.3
26 Des 2022	-1.3	-1.2	-0.8	-0.4	0.1	0.4	0.6	0.6	0.5	0.3	0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.2	0.5	0.7	0.9	0.8	0.6	0.3	-0.2	-0.6	-1.0
27 Des 2022	-1.2	-1.2	-1.0	-0.6	-0.2	0.2	0.5	0.6	0.6	0.4	0.2	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	0.7	0.5	0.2	-0.2	-0.6

28 Des 2022	-0.9	-1.1	-1.0	-0.8	-0.4	0.0	0.3	0.6	0.6	0.6	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2	0.1	0.3	0.5	0.6	0.6	0.4	0.1	-0.3
29 Des 2022	-0.6	-0.8	-0.9	-0.8	-0.6	-0.2	0.1	0.4	0.6	0.7	0.5	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.5	0.3	0.1



Gambar 34. Grafik Pasang Surut Pantai Arungkeke Jeneponto

Tabel 20. Hasil perhitungan harga X1,Y1,X2,Y2,X4, dan Y4 dari skema 2

X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
131	-258	70	-197	147	-273	-364	237.8	-60.7	-35.7	-66	-60.7
116	-270	-50.6	-104	239	-393	-181	26.76	-74	-43.4	-60.1	-94
144	-281	-135	-2	271	-408	41.66	-179	-62.1	-41.3	-40.6	-96.5
205	-289	-166	82.5	238	-321	250.1	-334	-29.1	-30.5	-13	-70.6
281	-291	-143	134	153	-162	399.3	-408	15.2	-14.2	14.9	-24
355	-286	-79	147	40.8	27.45	463.7	-395	61.2	3.31	36	32.3
411	-277	9	125	-71.6	205.1	440.8	-307	101	17.74	46.3	87.3
443	-265	99.1	78.7	-161	338.8	348.5	-171	130	26.45	45.7	132
451	-253	176	22.3	-214	413	215.4	-16.8	147	28.93	37.2	161
440	-241	232	-33.2	-229	427.6	70.84	127.7	152	26.54	24.8	174
414	-232	262	-80.6	-211	392.7	-62.7	244.3	144	21.16	12.1	170
378	-226	268	-117	-170	321.3	-172	323.7	125	14.41	0.49	151
333	-224	249	-139	-115	224.4	-253	362.4	96.1	7.04	-9.87	119
283	-225	204	-146	-51.5	109.5	-302	359.6	59	-0.88	-19.8	77.8
232	-231	135	-134	17.6	-16.5	-314	314.8	18.1	-9.5	-29.8	30.9
189	-242	45.7	-99.1	89.3	-143	-282	228.9	-19.3	-18.6	-38.8	-14.7
165	-260	-53.1	-41.4	157	-252	-201	106.9	-44.6	-27	-44.1	-50.4
171	-281	-143	33.1	211	-321	-71.6	-38.3	-49.8	-32.7	-42.1	-67.8
211	-302	-203	112	235	-326	93.75	-185	-31	-33	-29.9	-61
283	-319	-213	177	217	-253	266.9	-303	9.94	-25.9	-7.73	-28.3
373	-326	-165	212	152	-106	409.8	-364	64.8	-11.1	20.1	26.1
458	-320	-64.2	203	44	94.66	483.7	-345	122	8.81	46.2	92.5
517	-298	69.4	150	-86.9	305.9	461.4	-242	167	28.49	62.5	157
532	-265	204	63.4	-212	478.8	337.6	-70.7	192	41.96	63.6	203
497	-227	304	-34.6	-299	569	134.1	135.8	189	44.91	48.9	221
419	-192	346	-119	-324	551.1	-105	331.7	162	36.41	22.2	205
320	-169	317	-166	-276	426.8	-322	472.8	116	19.24	-9.15	160
224	-164	225	-165	-165	225.5	-467	527.1	63.4	-1.52	-37.5	97.7
156	-177	94.7	-116	-17.5	-4.27	-506	484.1	16.4	-20.5	-56.4	34.7
Skema II											

Penyusunan hasil perhitungan harga X1,Y2,X2,Y2,X3,Y3,X4, dan Y4,
Pengisian data tabel 19 dilakukan dengan bantuan tabel 18 yang mengalikan

nilai pengamatan dengan harga pengali pada daftar 1 untuk setiap hari pengamatan. Karena pengali dalam daftar hanya berisi bilangan 1 dan -1 kecuali untuk X4 dan bilangan 0 (nol) yang tidak dimasukkan dalam perkalian, maka lakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang harus dikalikan dengan 1 pada kolom bertanda (+) dibawah kolom X1,Y2,X2,Y2,X3,Y3,X4, dan Y4. Hal yang sama untuk pengali -1 pada kolom dibawah bertanda (-).

Tabel 21. Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y indeks ke satu dari skema 3

Xo	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
+	2000	2000	2000	2000	2000	2000
-127	2389	2268	2420	1398	1975	1995
-154	2386	2053	2633	1792	1969	2034
-137	2425	1868	2679	2220	1979	2056
-84	2494	1751	2559	2584	2001	2058
-9	2572	1722	2315	2808	2029	2039
68	2641	1774	2013	2859	2058	2004
134	2688	1884	1723	2748	2083	1959
178	2708	2020	1500	2519	2104	1914
199	2704	2154	1373	2232	2118	1876
199	2681	2265	1343	1943	2125	1851
182	2646	2343	1396	1693	2123	1842
151	2604	2385	1509	1504	2111	1850
109	2557	2388	1661	1385	2089	1871
58	2508	2351	1839	1339	2060	1902
1	2463	2269	2034	1372	2028	1939
-53	2431	2145	2232	1489	1999	1976
-94	2425	1988	2409	1692	1982	2006
-110	2451	1824	2531	1967	1983	2026
-91	2514	1685	2561	2278	2002	2031
-36	2602	1609	2471	2570	2036	2021
46	2699	1623	2257	2773	2076	1994
139	2778	1733	1949	2829	2113	1954

219	2815	1920	1607	2704	2139	1906
267	2797	2140	1309	2408	2150	1860
270	2724	2339	1132	1998	2144	1828
227	2612	2464	1125	1564	2125	1817
151	2489	2483	1297	1205	2097	1831
60	2388	2390	1609	1006	2065	1865
-22	2333	2211	1987	1010	2037	1909
Skema III						

Berdasarkan tabel diatas untuk mendapatkan hasil perhitungan pada setiap kolom nilai X1 akan ditambahkan pada kolom 5 baris 2 yaitu 800, untuk nilai Y1 akan ditambahkan pada kolom 5 baris 2 yaitu 700 dan begitu seterusnya dengan nilai X2, Y2, X4, dan Y4.

Tabel 22. Bilangan pengali untuk piatan 29 (29 hari)

V (29) : Daftar 3a (15) : Daftar 3b	Skema V	X 00	=	1739
		X 10	=	16524
		X 12 - Y 1b	=	-8310
		X 13 - Y 1c	=	2230
		X 20	=	-2525
		X 22 - Y 2b	=	10372
		X 23 - Y 2c	=	-5100
		X 42 - Y 4b	=	1103
		X 44 - Y 4d	=	281
VI	Skema VI	Y 10	=	2051
		Y 12 + X 1b	=	4821
		Y 13 + X 1c	=	1405
		Y 20	=	-111
		Y 22 + X 2b	=	-24023
		Y 23 + X 2c	=	4628
		Y 42 + X 4b	=	1203
		Y 44 + X 4d	=	78

Tabel 23. Penyusunan hitungan besaran X dan Y skema 5 dan 6

	So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
V : PR cos r	1739.3	10204.7	-2369.7	-4681.8	16711.3	-10233.6	281.2	596.3
V I : PR sin r		-23924.0	-471.7	3862.3	1954.4	6050.0	89.7	2195.0
PR	1739.3	26009.5	2416.2	6069.3	16825.2	11888.2	295.1	2274.5
Daftar 3a : P	696.0	559.0	448.0	566.0	439.0	565.0	507.0	535.0
Hasil hitung : f		1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	0.9	1.0
Hasil Hitung : 1+W		1.0	1.0	0.8	1.1	1.0	1.0	1.0
Hasil Hitung V		-599.6	0.0	-637.7	142.5	-382.1	-1559.2	-599.6
Hasil Hitung u		-1.2	0.0	-1.2	-4.3	4.5	-2.3	-1.2
Hasil Hitung w		0.0	17.2	-3.8	15.5	0.0	0.0	17.2
Daftar 3a (3b) : p		333.0	345.0	327.0	173.0	160.0	307.0	318.0
Hasil Hitung : r		293.1	191.3	140.5	6.7	149.4	17.7	74.8
Jumlah : s		25.3	553.5	-175.2	333.4	-67.8	-1236.9	-190.8
g		25.3	193.5	184.8	333.4	292.2	203.1	169.2
PR / [P X f X (1 + W)] = A	2.5	48.0	5.7	13.5	31.9	18.1	0.6	4.6

Tabel 24. Konstanta pasang surut Pantai Arungkeke Kabupaten Jeneponto

HASIL TERAKHIR										
	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A cm	2.5	48.0	5.7	13.5	1.3	31.9	18.1	10.5	0.6	4.6
g		25.3	193.5	184.8	193.5	333.4	292.2	333.4	203.1	169.2

Dengan menggunakan data konstanta pasang surut, maka tipe pasang surut yang berbeda dilokasi penelitian dapat diprediksi dengan menggunakan rumus formzhal Number (fs) sebagai berikut:

$$F = \frac{A (K1)+A (O1)}{A (M2)+A (S2)}$$

$$= \frac{31.9+18.1}{48+5.7}$$

$$= 0.93 \text{ cm}$$

Berdasarkan nilai Formzhal, maka kriteria pasang surut adalah: Pasut campuran, condong harian ganda (Mixed Tide Prevalling Semidiurnal). Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

Menurut Triatmodjo (1999) tipe pasang surut yang ditunjukkan ada 4 tipe yaitu sebagai berikut:

- a. Pasang surut harian ganda (semi Diurnal Tide) $F < 0,25$: Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tingginya hampir sama dan pasang surut terjadi secara teratur. Periode pasang rata – rata adalah 12 jam 24 menit.
- b. Pasang surut harian tunggal (Diurnal Tide) $F > 3,0$: Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.
- c. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (Mixed Tide Prevalling Semidiurnal) $0,26 < F < 1,5$: Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
- d. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (Mixed Prevalling Diurnal) $1,5 < F < 3,0$:

- Elevasi Muka air laut

Dari beberapa nilai evaluasi muka air laut antara lain :

Pasang surut campuran condong ke harian ganda (Mixed Tide Prevalling Semidiurnal)

$$MSL = -0.1$$

$$\begin{aligned} HHWL &= Z_0 + (M_2 + S_2) + (K_1 + O_1) \\ &= 115.51 + (48 + 5.7) + (31.9 + 18.1) \\ &= 219,21 \text{ CM} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LLWL &= Z_0 - (M_2 + S_2) - (K_1 + O_1) \\ &= 115.51 - (48 - 5.7) - (31.9 - 18.1) \\ &= 59,41 \text{ CM MHWL} \\ &= Z_0 + (M_2 + S_2) \\ &= 115.51 + (48 + 5.7) \\ &= 169.21 \text{ CM MLWL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= Z_0 - (M_2 + S_2) \\
 &= 115.51 - (48 - 5.7) \\
 &= 73.21 \text{ CM}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

MSL = Mean Seal Level, Muka Air rerata antara muka air tinggi dan rerata muka air rendah.

HHWL = Higher High-Water Level, Air tertinggi dalam satu hari.

LLWL = Lowest Low Water Level, Air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

MHWL = Mean High Water Level, Rerata dari muka air laut tinggi

MLWL = Mean Low Water Level, Rerata dari muka air terendah

B. *Kondisi Parameter Hidroseonografi*

Kondisi parameter hidroseonografi di pantai arungkeke , Kecamatan arungkeke, Kab. Jeneponto meliputi Gelombang pecah dan pasang surut.

Berikut merupakan hasil dan pengolahan data di lokasi tersebut.

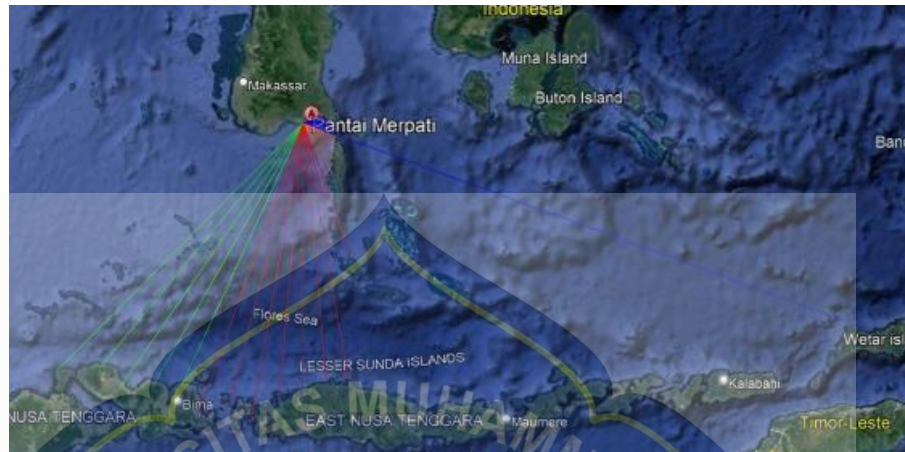
1. **Kondisi gelombang**

gelombang pecah yang terjadi di lokasi penelitian harus terlebih dahulu mengetahui parameter-parameter tersebut

a. **Perhitungan *Fetch* Efektif**

Berdasarkan kondisi geografis lokasi penelitian, arah angin yang berpotensi membangkitkan gelombang di lokasi penelitian adalah angin yang bertiup dari arah Timur, Tenggara, Selatan dan Barat Daya, sedangkan arah Barat dan Barat Laut

tidak diperhitungkan arah *fetch* aktifnya karena angin yang berhembus melewati daratan.



Panjang Fetch Dari Timur, Tenggara, Selatan dan Barat Daya

Tabel perhitungan fetch untuk masing-masing arah peramalan gelombang laut dalam adalah sebagai berikut :

- Perhitungan Fetch efektif arah Timur:

α	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
20	0.939693	617.04	579827.93
15	0.965926	35.63	34415.94
10	0.984808	31.43	30952.51
5	0.996195	29.98	29865.92
0	1	25.58	25580
-5	0.996195	23.59	23500.23
-10	0.984808	23.74	23379.34
-15	0.965926	23.00	22216.29
Total	7.833549		769738.16

Berdasarkan tabel diatas untuk perhitungan fetch efektif arah Timur dengan rumus berikut ini:

$$\text{Fetch} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{769738,16}{7,833549} = 98,262 \text{ Km} \Rightarrow 98262 \text{ m}$$

Keterangan:

X_i = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung titik fetch

α = Deviasi kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan sudut pertambahan 6° sampai 42° pada kedua sisi dari arah angin.

- Efektif Arah Tenggara

	α	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
Tenggara	20	0.939693	63,08	59275.81
	15	0.965926	63,50	61336.29
	10	0.984808	54,92	54085.64
	5	0.996195	48,50	48315.44
	0	1	44,78	44780
	-5	0.996195	41,55	41391.89
	-10	0.984808	39,68	39077.17
	-15	0.965926	38,80	37477.92
	-20	0.939693	37,63	35360.63
	Total	8.773242		421100.80

Berdasarkan tabel diatas untuk perhitungan fetch efektif arah Tenggara dengan rumus berikut ini:

$$\text{Fetch} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{421100,80}{8,773242} = 47,998 \text{ Km} \Rightarrow 47998 \text{ m}$$

Keterangan :

X_i = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke α = Deviasi kedua sisi dari arah angin , dengan menggunakan sudut pertambahan 6° sampai 42° pada kedua sisi dari arah angin.

- Efektif Arah Barat Daya

	α	$\cos \alpha$	Xi (km)	Xi $\cos \alpha$
Barat Daya	0	1	362.22	362220.00
	-5	0.996195	328.15	326901.29
	-10	0.984808	332.57	327517.51
	-15	0.965926	310.03	299465.98
	-20	0.939693	298.24	280253.9272
	Total	4.886621		1596358.72

Berdasarkan tabel diatas untuk perhitungan fetch efektif arah Barat Daya dengan rumus berikut ini:

$$\text{Fetch} = \frac{\sum Xi \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{1596358,72}{4,886621} = 326,697 \text{ Km} \Rightarrow 326697 \text{ m}$$

Keterangan :

Xi = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke α = Deviasi kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan sudut pertambahan 6° sampai 42° pada kedua sisi dari arah angin.

- Data Fetch Lokasi Studi

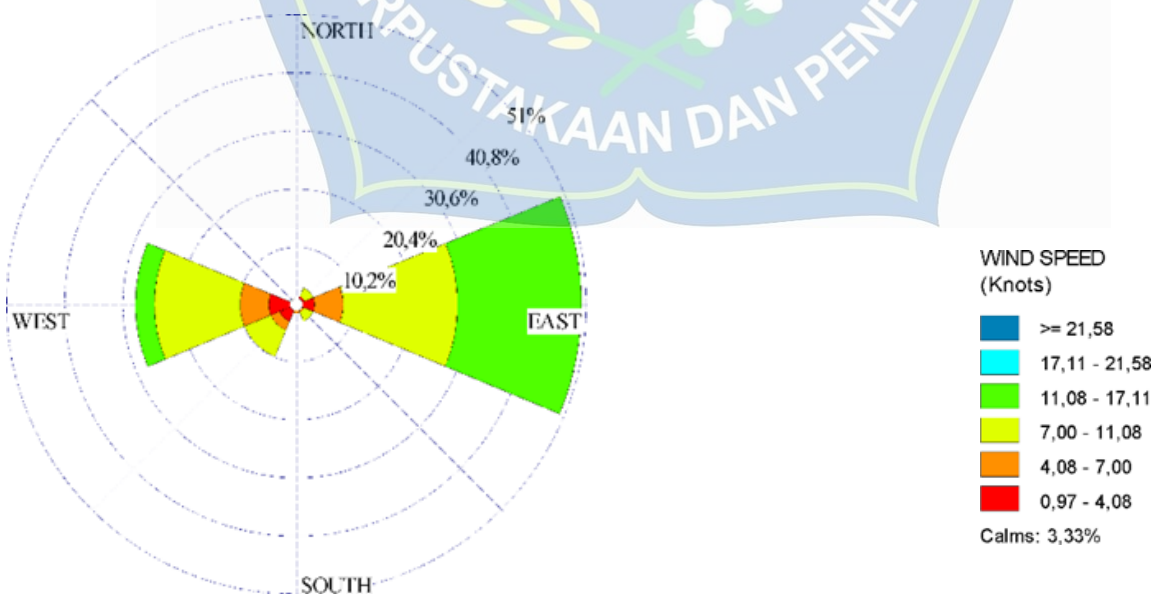
Arah	Fef (Km)	Fef (m)
T	98,262	98262
TG	47,998	47998
S	161,041	161041
BD	326,697	326697

C. Kondisi Angin

Data angin yang akan kami gunakan pada penelitian ini diperoleh dari stasiun Badan Meteorologi Maritim Paotere Makassar atau biasa disebut BMKG. Data yang diperoleh adalah data angin lima tahun terakhir yaitu 2020 sampai 2025. Dari data hasil pengukuran, selanjutnya dilakukan analisis untuk mendapatkan beberapa parameter penting, yakni kecepatan rata – rata (Knot) dan arah terbanyak ($^{\circ}$), kecepatan maksimum (knot) dan arah saat kecepatan maksimum ($^{\circ}$), yang disusun dalam bentuk tabel setiap bulan dalam setahun data pengelompokan data angin pada tahun 2021 – 2025 terdapat pada lampiran.

Presentasi kejadian angin berdasarkan arah datangnya di lokasi studi:

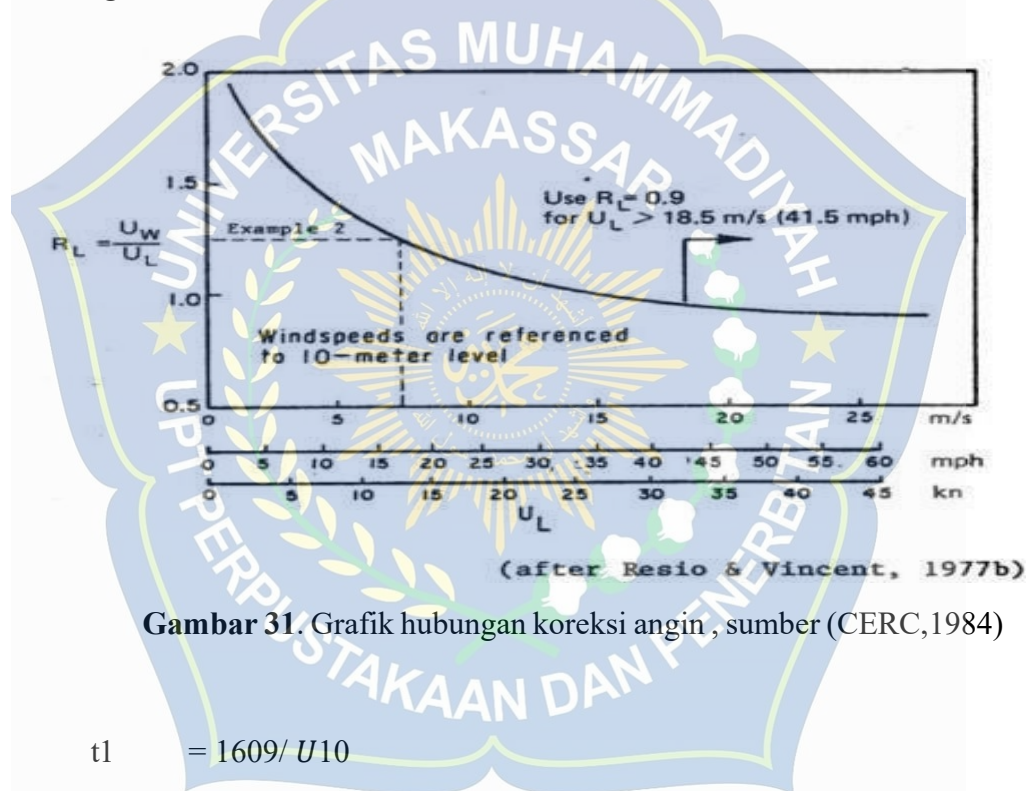
Arah		Jumlah data	Persentase kejadian %
Notasi	Derajat		
Utara	0	0	0%
Timur Laut	45	32	48,5%
Timur	90	5	7,5%
Tenggara	135	3	4,5%
Selatan	180	2	3,5%
Barat Daya	225	20	30%
Barat	270	4	6%
Barat Laut	315	0	0%
Total		66	100%



Mawar angin di perairan Pantai Arungkeke dari Tahun 2020 sampai 2024

Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian tersebut maka kecepatan angin perlu dikoreksi terhadap ketinggian dengan formulasi sebagai berikut (Pratikto. dkk, 2000):

Berdasarkan kecepatan maksimum yang terjadi tiap bulan dicari nilai R_L dengan menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di hitung U_W dengan rumus :



Gambar 31. Grafik hubungan koreksi angin , sumber (CERC,1984)

$$\begin{aligned}
 t_1 &= 1609 / U_{10} \\
 &= 1609 / 11.70 \\
 U_{3600} &= U_{10} / R_L \\
 &= 11.70 / 0.997 \\
 &= 13.00 \times 1.3715 \\
 &= 17.83 \text{ m / detik}
 \end{aligned}$$

Hitung U_w dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 U_w &= U_s \times R_L \\
 &= 17.83 \times 0.997 \\
 &= 16.05 \text{ m/ detik}
 \end{aligned}$$

Hitung UA dengan rumus:

$$\begin{aligned} UA &= 0,98 \times UW^{1,23} \\ &= 0,98 \times 16.05^{1,23} \\ &= 21.57 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Keterangan:

U3600 : kecepatan rata-rata durasi 3600 detik

Us : koreksi stabilitas

RL : faktor reduksi

RT : koefisien stabilitas

UA : wind stress factor

Uw : kecepatan angin dilaut

Berdasarkan hasil analisis paramater sebelumnya, tinggi dan periode gelombang dibulan Juli 2020 kecepatan angin maksimum yang berhembus berasal dari arah Timur yang memiliki tinggi gelombang sebesar 1,864 meter dan periode gelombang sebesar 5.832 detik.

UL = Kecepatan angin didarat

RL = Faktor Edukasi

RT = Koefisien Stabilitas

UW = Koereksi Lokasi

UA = Wind stress factor (Factor tegangan angin)

Berdasarkan nilai UA dan besarnya fetch, tinggi dan periode gelombang dapat dicari dengan menggunakan grafik peramalan gelombang.

Tabel . Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2020

No.	bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd (m/s)	U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)	t (dtk)	Cek	t min	Limited	Fetch Min (m)	H (m)	T (dtk)	H	T
1	1	2020	180	S	1.4	1.40	1149.29	0.9	1.56	1.37	2.13	1.92	1.58	161041	3600	fully	81609	-	161041	0.039	1.3	1.167	5.522
2	2	2020	230	SW	4.5	4.50	357.56	0.9	5.00	1.37	6.86	6.17	6.66	326679	3600	fully	81026	-	326679	0.165	5.5		
3	3	2020	230	SW	3.2	3.20	502.81	0.9	3.56	1.37	4.88	4.39	4.38	326679	7200	fully	93182	-	326679	0.109	3.6		
4	4	2020	120	SE	3.6	3.60	446.94	0.9	4.00	1.37	5.49	4.94	5.06	47998	3600	Nonfully	24723	Durasi Ltd	2667	0.134	1.5		
5	5	2020	110	E	8.5	8.50	189.29	0.9	9.44	1.37	12.95	11.66	14.56	98262	3600	Nonfully	28026	Durasi Ltd	4524	0.500	2.5		
6	6	2020	110	E	8.1	8.10	198.64	0.9	9.00	1.37	12.34	11.11	13.72	98262	7200	Nonfully	28585	Durasi Ltd	12421	0.781	3.5		
7	7	2020	110	E	8	8.00	201.13	0.9	8.89	1.37	12.19	10.97	13.51	98262	10800	Nonfully	28731	Durasi Ltd	22646	1.039	4.2		
8	8	2020	110	E	7.5	7.50	214.53	0.9	8.33	1.37	11.43	10.29	12.48	98262	14400	Nonfully	29501	Durasi Ltd	33509	1.167	4.7		
9	9	2020	105	E	6.7	6.70	240.15	0.9	7.44	1.37	10.21	9.19	10.87	98262	18000	Nonfully	30898	Durasi Ltd	43692	1.160	4.9		
10	10	2020	140	SE	4.9	4.90	328.37	0.9	5.44	1.37	7.47	6.72	7.40	47998	3600	Nonfully	21787	Durasi Ltd	3224	0.214	1.8		
11	11	2020	185	S	3.3	3.30	487.58	0.9	3.67	1.37	5.03	4.53	4.55	161041	3600	fully	57420	-	161041	0.113	3.8		
12	12	2020	220	SW	3.8	3.80	423.42	0.9	4.22	1.37	5.79	5.21	5.41	326679	3600	fully	86843	-	326679	0.134	4.5		

Tabel . Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2021

bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch	t	Cek	t min	Limited	Fetch Min	H	T	H	T
				(m/s)	(m/dtk)	(dtk)		(m/dtk)		(m/dtk)	(m/dtk)	(cm/dtk)	(m/dtk)	(dtk)				(m)	(m)	(dtk)		
1	2021	220	SW	2.1	2.10	766.19	0.9	2.33	1.37	3.20	2.88	2.61	326679	7200	fully	110747	-	326679	0.065	2.2	1.817	5.630
2	2021	190	S	1.8	1.80	893.89	0.9	2.00	1.37	2.74	2.47	2.16	161041	3600	fully	73619	-	161041	0.054	1.8		
3	2021	210	SW	2	2.00	804.50	0.9	2.22	1.37	3.05	2.74	2.46	326679	3600	fully	112985	-	326679	0.061	2.0		
4	2021	125	SE	3.1	3.10	519.03	0.9	3.44	1.37	4.72	4.25	4.21	47998	3600	Nonfully	26286	Durasi Ltd	2433	0.106	1.4		
5	2021	125	SE	5.7	5.70	282.28	0.9	6.33	1.37	8.69	7.82	8.91	47998	7200	Nonfully	20477	Durasi Ltd	10007	0.455	2.8		
6	2021	110	E	9.9	9.90	162.53	0.9	11.00	1.37	15.09	13.58	17.56	98262	3600	Nonfully	26327	Durasi Ltd	4969	0.632	2.8		
7	2021	100	E	10.5	10.50	153.24	0.9	11.67	1.37	16.00	14.40	18.88	98262	7200	Nonfully	25700	Durasi Ltd	14571	1.164	4.1		
8	2021	100	E	10.6	10.60	151.79	0.9	11.78	1.37	16.15	14.54	19.10	98262	10800	Nonfully	25600	Durasi Ltd	26925	1.601	5.0		
9	2021	100	E	10	10.00	160.90	0.9	11.11	1.37	15.24	13.72	17.78	98262	14400	Nonfully	26219	Durasi Ltd	39994	1.817	5.6		
10	2021	110	E	8.5	8.50	189.29	0.9	9.44	1.37	12.95	11.66	14.56	98262	18000	Nonfully	28026	Durasi Ltd	50578	1.673	5.6		
11	2021	120	SE	5.6	5.60	287.32	0.9	6.22	1.37	8.53	7.68	8.72	47998	3600	Nonfully	20626	Durasi Ltd	3500	0.263	1.9		
12	2021	210	SW	2.6	2.60	618.85	0.9	2.89	1.37	3.96	3.57	3.39	326679	3600	fully	101462	-	326679	0.084	2.8		

Tabel . Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2022

bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd (m/s)	U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)	t (dtk)	Cek	t min	Limited	Fetch Min (m)	H (m)	T (dtk)	H	T
1	2022	245	SW	2.6	2.60	618.85	0.9	2.89	1.37	3.96	3.57	3.39	326679	7200	fully	101462	-	326679	0.084	2.8	1.864	5.832
2	2022	245	SW	1	1.00	1609.00	0.9	1.11	1.37	1.52	1.37	1.05	326679	10800	fully	150122	-	326679	0.026	0.9		
3	2022	220	SW	1.1	1.10	1462.73	0.9	1.22	1.37	1.68	1.51	1.18	326679	14400	fully	144369	-	326679	0.029	1.0		
4	2022	130	SE	2.6	2.60	618.85	0.9	2.89	1.37	3.96	3.57	3.39	47998	3600	fully	28251	-	47998	0.084	2.8		
5	2022	100	E	7.1	7.10	226.62	0.9	7.89	1.37	10.82	9.74	11.67	98262	3600	Nonfully	30172	DurasiLtd	4050	0.379	2.3		
6	2022	110	E	9.6	9.60	167.60	0.9	10.67	1.37	14.63	13.17	16.91	98262	7200	Nonfully	26662	DurasiLtd	13790	1.015	3.8		
7	2022	110	E	11.7	11.70	137.52	0.9	13.00	1.37	17.83	16.05	21.57	98262	10800	Nonfully	24585	DurasiLtd	28611	1.864	5.3		
8	2022	100	E	10	10.00	160.90	0.9	11.11	1.37	15.24	13.72	17.78	98262	14400	Nonfully	26219	DurasiLtd	39994	1.817	5.6		
9	2022	110	E	9	9.00	178.78	0.9	10.00	1.37	13.72	12.34	15.62	98262	18000	Nonfully	27377	DurasiLtd	52387	1.827	5.8		
10	2022	110	E	6.5	6.50	247.54	0.9	7.22	1.37	9.91	8.91	10.47	98262	21600	Nonfully	31284	DurasiLtd	56374	1.270	5.2		
11	2022	120	SE	3.3	3.30	487.58	0.9	3.67	1.37	5.03	4.53	4.55	47998	3600	Nonfully	25621	DurasiLtd	2528	0.117	1.4		
12	2022	270	W	2.4	2.40	670.42	0.9	2.67	1.37	3.66	3.29	3.07	0	3600	Nonfully	0	Fetch Ltd	0	-	-		

Tabel 14. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2023

bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd (m/s)	U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)	t (dtk)	Cek	t min	Limited	Fetch Min (m)	H (m)	T (dtk)	H	T
1	2023	250	W	2.8	2.80	574.64	0.9	3.11	1.37	4.27	3.84	3.72	0	7200	Nonfully	0	Fetch Ltd	0	-	-	1.817	5.565
2	2023	250	W	4.7	4.70	342.34	0.9	5.22	1.37	7.16	6.45	7.03	0	10800	Nonfully	0	Fetch Ltd	0	-	-		
3	2023	265	W	2.2	2.20	731.36	0.9	2.44	1.37	3.35	3.02	2.76	0	14400	Nonfully	0	Fetch Ltd	0	-	-		
4	2023	150	SE	2.7	2.70	595.93	0.9	3.00	1.37	4.11	3.70	3.55	47998	3600	fully	27818	-	47998	0.088	2.9		
5	2023	100	E	7.8	7.80	206.28	0.9	8.67	1.37	11.89	10.70	13.10	98262	3600	Nonfully	29031	DurasiLtd	4291	0.438	2.4		
6	2023	90	E	7.9	7.90	203.67	0.9	8.78	1.37	12.04	10.83	13.31	98262	7200	Nonfully	28880	DurasiLtd	12232	0.752	3.4		
7	2023	100	E	7.5	7.50	214.53	0.9	8.33	1.37	11.43	10.29	12.48	98262	10800	Nonfully	29501	DurasiLtd	21765	0.941	4.0		
8	2023	100	E	10	10.00	160.90	0.9	11.11	1.37	15.24	13.72	17.78	98262	14400	Nonfully	26219	DurasiLtd	39994	1.817	5.6		
9	2023	100	E	7.8	7.80	206.28	0.9	8.67	1.37	11.89	10.70	13.10	98262	18000	Nonfully	29031	DurasiLtd	47974	1.466	5.3		
10	2023	135	SE	4.4	4.40	365.68	0.9	4.89	1.37	6.71	6.03	6.48	47998	3600	Nonfully	22770	DurasiLtd	3017	0.182	1.7		
11	2023	200	S	1.3	1.30	1237.69	0.9	1.44	1.37	1.98	1.78	1.45	161041	3600	fully	84127	-	161041	0.036	1.2		
12	2023	235	SW	1.9	1.90	846.84	0.9	2.11	1.37	2.90	2.61	2.31	326679	3600	fully	115386	-	326679	0.057	1.9		

Tabel . Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2024

bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd	U10	t1	RL	U3600	RT	US	Uw	UA	Fetch	t	Cek	t min	Limited	Fetch Min	H	T	H	T
				(m/s)	(m/dtk)	(dtk)		(m/dtk)		(m/dtk)	(m/dtk)	(cm/dtk)	(m/dtk)	(dtk)				(m)	(m)	(dtk)		
1	2024	95	E	0.1	0.10	16090.00	0.9	0.11	1.37	0.15	0.14	0.06	98262	3600	fully	173228	-	98262	0.002	0.1	1.519	5.180
2	2024	260	W	1.3	1.30	1237.69	0.9	1.44	1.37	1.98	1.78	1.45	0	3600	Nonfully	0	Fetch Ltd	0	-	-		
3	2024	240	SW	1.6	1.60	1005.63	0.9	1.78	1.37	2.44	2.19	1.87	326679	3600	fully	123810	-	326679	0.046	1.5		
4	2024	170	S	2.1	2.10	766.19	0.9	2.33	1.37	3.20	2.88	2.61	161041	3600	fully	69110	-	161041	0.065	2.2		
5	2024	100	E	5.3	5.30	303.58	0.9	5.89	1.37	8.08	7.27	8.14	98262	3600	Nonfully	34015	Durasi Ltd	3383	0.242	1.9		
6	2024	95	E	6.5	6.50	247.54	0.9	7.22	1.37	9.91	8.91	10.47	98262	7200	Nonfully	31284	Durasi Ltd	10849	0.557	3.0		
7	2024	100	E	10	10.00	160.90	0.9	11.11	1.37	15.24	13.72	17.78	98262	10800	Nonfully	26219	Durasi Ltd	25977	1.464	4.8		
8	2024	100	E	8.9	8.90	180.79	0.9	9.89	1.37	13.56	12.21	15.41	98262	14400	Nonfully	27502	Durasi Ltd	37228	1.519	5.2		
9	2024	110	E	6.8	6.80	236.62	0.9	7.56	1.37	10.36	9.33	11.07	98262	18000	Nonfully	30711	Durasi Ltd	44092	1.187	4.9		
10	2024	150	SE	2.9	2.90	554.83	0.9	3.22	1.37	4.42	3.98	3.88	47998	3600	Nonfully	27014	Durasi Ltd	2335	0.096	1.3		
11	2024	225	SW	0.5	0.50	3218.00	0.9	0.56	1.37	0.76	0.69	0.45	326679	3600	fully	199465	-	326679	0.011	0.4		
12	2024	240	SW	3.7	3.70	434.86	0.9	4.11	1.37	5.64	5.07	5.23	326679	7200	fully	87797	-	326679	0.130	4.3		

Tabel . Rekapitulasi Parameter Gelombang

No	Tahun	H (Tinggi Gelombang)	T (Periode Gelombang)
1	2021	1,167	5,522
2	2022	1,817	5,630
3	2023	1,864	5,832
4	2024	1,817	5,565
5	2025	1,519	5,180

Tinggi gelombang maksimum terjadi pada tahun 2023 yaitu 1,864 m, dengan periode 5,832 m/dtk

Tabel. Presentasi kejadian Tinggi gelombang dan Periode Gelombang berdasarkan arah datangnya di lokasi studi

Arah	Jumlah Data	Presentasi Kejadian %
T	24	46%
TG	9	17%
S	5	10%
BD	14	27%
Total	52	100%

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa kejadian tinggi gelombang yang paling dominan di lokasi penelitian adalah Timur dengan persentasi kejadian paling banyak (46%), disusul oleh Barat Daya (27%), Tenggara (17%) dan Selatan (10%).

D. Penentuan Tinggi dan kedalaman Gelombang Pecah

Untuk mendapatkan periode gelombang yang maksimum berdasarkan pengaruh dari perubahan kedalaman, maka dari itu dibuatkan hubungan antara grafik hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombangmaksimum (5 tahun dimasukkan) yang telah dihitung dengan metode hindcasting yang didapatkan persamaan seperti grafik dibawah ini:

Berdasarkan grafik di hubungkan H dan T didapatkan persamaan:

$$Y = 0,0071x + 3,3713$$

$$\begin{aligned}
 H_0 &= 1.864 \text{ m} \\
 T &= 0,0071 \times (H_0)^2 + 3,3713 \times H_0 \\
 &= 0,0071 \times (1.864)^2 + 3,3713 \times 1.864 \\
 &= 6.309 \text{ detik} \\
 &= 62,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

L_0 = Panjang gelombang laut dalam

T = Periode gelombang laut dalam

1. Hitung nilai α

Untuk memperoleh periode gelombang maksimum berdasarkan perubahan kedalaman, maka dibuat hubungan di gunakan kedalaman 25,15,5,1 meter.

Tentukan nilai $d = 25\text{m}$ untuk mengetahui perubahan gelombang akibat pendangkalan.

$$\begin{aligned}
 \frac{D}{L_0} &= \frac{25}{62,1} \\
 &= 0,402 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk:

$$d / L_0 = 0,402$$

$$d / L = 0,40687$$

$$n = 0,5308$$

Maka

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{L} &= \frac{25}{61.444} \\
 &= 0,40687
 \end{aligned}$$

$$L = 61.444$$

Maka

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{L_0} &= \frac{25}{62,1} \\
 &= 0,31934
 \end{aligned}$$

$$L = 78.28 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T}$$

$$= \frac{78.28}{6.309}$$

$$= 12.40 \text{ m/dtk}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \times \sin \alpha_0 = \frac{12.40}{9.739} \times \sin 20^\circ$$

$$= 0.452$$

$$\alpha = 26.87^\circ$$

a. Perhitungan Koefisien Refraksi

$$K_R = \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}$$

b. Perhitungan Koefisien Shoaling

$$K_S = \sqrt{\frac{H_0 \times L_0}{n \times L}} = \sqrt{\frac{0.5 \times 62.1}{0.5726 \times 78.28}}$$

$$K_S = 0.832 \text{ m}$$

aka akan di dapatkan

$$H_0' = H_0 \times K_R \times K_S$$

$$= 1.864 \times 1.026 \times 0.832$$

$$= 1.59 \text{ m}$$

c. Perhitungan tinggi gelombang pecah

$$\frac{H_b}{1.59} = \frac{1}{3.3 \left(\frac{H_0'}{1.59} \right)^{1/4}} = \frac{1}{3.3 \left(\frac{1.59}{1.59} \right)^{1/4}}$$

i Gelombang Pecah

Gelombang datang ke perairan mengakibatkan terbentuknya sudut datang gelombang pecah α_b yang berasal dari arah dominan angin Timur. Pengukuran dengan menggunakan peta sehingga menghasilkan α_b sudut sebesar 20° . Data yang diperoleh pada perhitungan sebelumnya adalah tinggi gelombang pecah (H_b) = 1.62 m, kedalaman gelombang pecah adalah (db) =

1.98 m, sudut datang gelombang(α_b) = 20° , percepatan gravitasi (g) = $9,81 \text{ m / s}^2$.

Kelompok gelombang pecah yang memberikan fluks energi pada pesisir pantai memiliki cepat rambat gelombang pecah (C_b), yang dihitung dengan persamaaar

$$C_b = \sqrt{g + db}$$

$$C_b = \sqrt{9,81 + 1.98}$$

$$C_b = \sqrt{11.79}$$

$$C_b = 3.433 \text{ m/dtk}$$

Menurut (CERC), persamaan cepat rambat gelombang sangat krusial ketika berurusan dengan gelombang periode Panjang, sering disebut sebagai gelombang Panjang. Namun, ketika gelombang hanya bergantung pada kedalaman laut. Gelombang pecah pada umumnya datang dengan ketinggian yang bervariasi. Umumnya yang terjadi kondisi gelombang karakteristik menurut tingginya yang bervariasi. Akan tetapi, dapat digunakan komponen fluks energi gelombang saat gelombang pecah (P1) dengan persamaan sebagai berikut:

$$P1 = \frac{p \cdot g}{8} \times H b^2 \times \sin ab \times \cos ab$$

$$P1 = \frac{1,03 \times 9,81}{8} \times 1,62^2 \times \sin 20^\circ \times \cos 20^\circ$$

$$P1 = 1,26 \times 2,624 \times 0,453 \times 0,891$$

$$P1 = 1,065 \times 10^{-3} \text{ ton} \cdot \text{m} / \text{hari} / \text{m}$$

fluks energi gelombang sebagai berikut:

$$P1 = 1,065 \times 10^{-3} \times 24 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik}$$

$$P1 = 19233,65 \text{ ton} \cdot \text{m} / \text{hari} / \text{m}$$

F. Detail Kerusakan Pada Bangunan

a. Bangunan Talud

Kecamatan Arungkeke merupakan daerah pesisir dimana banyak terdapat bangunan pengaman pantai. Salah satu bangunan yang kami teliti adalah bangunan pengaman pantai tipe *Talud*. Pada beberapa titik terdapat kerusakan yang diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya usia bangunan dan juga ombak maksimum yang terjadi di sekitaran daerah tersebut.



$$V = \frac{LA+LB}{2} \times t \times p$$

$$V = \frac{0,4+1,5}{2} \times 3,5 \times 200$$

$$V = \frac{1,9}{2} \times 3,5 \times 200$$

$$V = 0,95 \times 3,5 \times 200$$

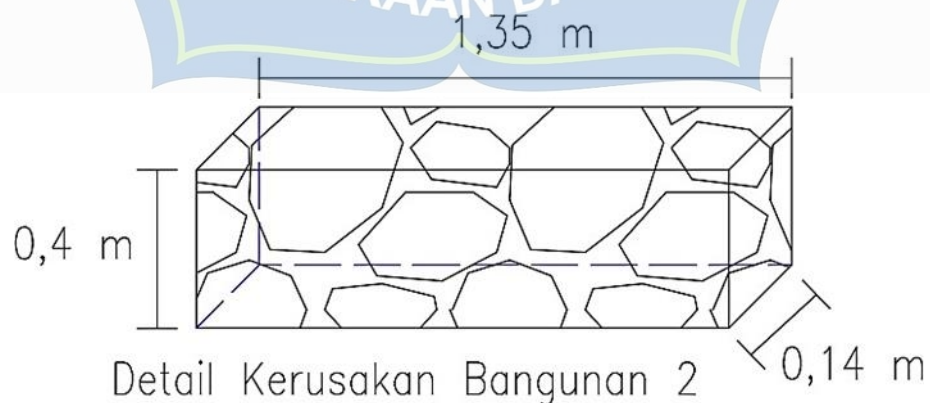
b. detail Kerusakan yang terjadi

Rata-rata kerusakan yang terjadi berada pada bagian bawah bangunan yang diakibatkan oleh hantaman gelombang dan abrasi pada tanah sekitar bangunan sehingga mengakibatkan keruntuhan pada bangunan pengaman pantai.



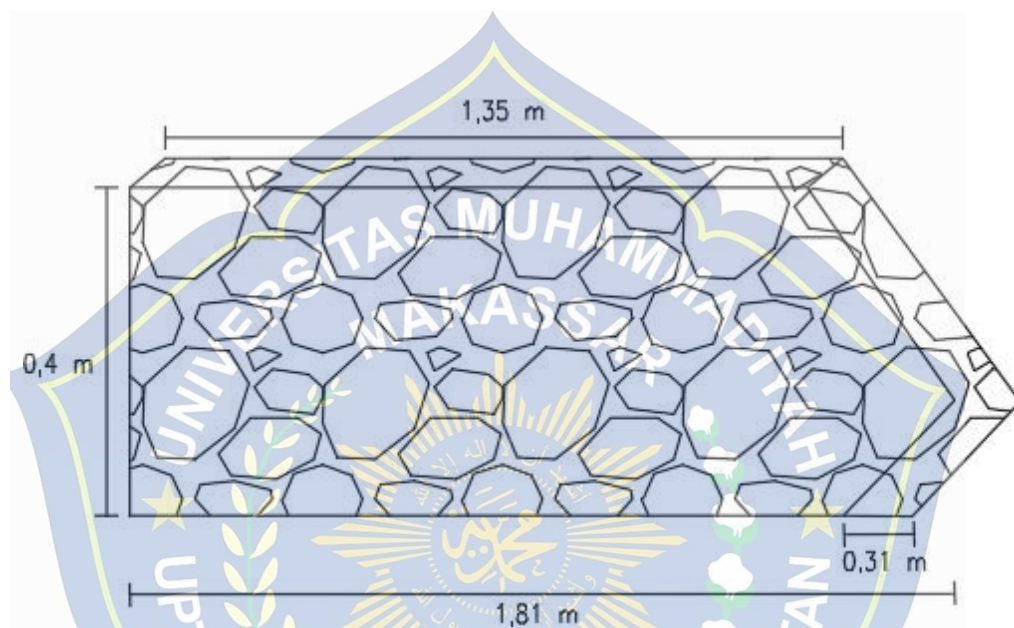
Gambar 25. Detail Kerusakan 1 Pada Bangunan

Pada gambar 25 terlihat luas area kerusakan yang terjadi pada bangunan namun dapat berakibat fatal karena kerusakan yang terjadi pada bagian penampang yang dapat mengakibatkan berkurangnya stabilitas pada gaya guling. Selain itu jika dibiarkan terus menerus kerusakan juga dapat berdampak pada keruntuhan bangunan di area sekitar kerusakan.



Gambar 26. Detail Kerusakan 2 Pada Bangunan

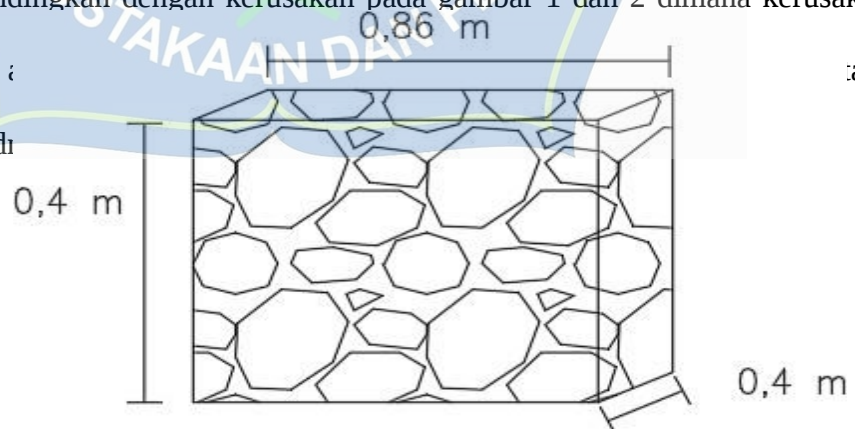
Kerusakan bangunan kedua berjarak kurang lebih 17 meter dari lokasi pertama dengan detail kerusakan seperti pada **gambar 26** diatas yg terjadi akibat abrasi dan hantaman gelombang



Gambar 27. detail kerusakan 3 pada bangunan

Pada bangunan ke 3, kerusakan yang terjadi tergolong yang paling parah dibandingkan dengan kerusakan pada gambar 1 dan 2 dimana kerusakan ini terjadi :

kerusakan di



Gambar 28. Detail Kerusakan 4 Pada Bangunan

Pada Gambar ke 4, kerusakan yang terjadi tergolong ringan dengan total luas kerusakan sebesar $0,137 \text{ m}^3$ dimana kerusakan yang terjadi sama dengan kasus kerusakan pada titik sebelumnya

Dari kerusakan yang terjadi di 4 titik kejadian, selanjutnya dihitung presentasi kerusakan pada bangunan dengan mengakumulasi total volume kerusakan, sebagai berikut :

$$P1 = 0,162 \text{ m}^3$$

$$P2 = 0,0756 \text{ m}^3$$

$$P3 = 0,1674 \text{ m}^3$$

$$P4 = 0,1376 \text{ m}^3$$

Menghitung Volume Kerusakan

$$\begin{aligned} &= P1 + P2 + P3 + P4 \\ &= 0,162 + 0,0756 + 0,1674 + 0,1376 \\ &= 0,5426 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V = \frac{0,5426 \text{ m}^3}{665} \times 100 = 1\%$$

Jadi, total presentasi kerusakan yang terjadi adalah 0,1% dari total bangunan

200m (665^3)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan Analisis pengaruh gelombang dan kerusakan terhadap bangunan pantai, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pengaruh gelombang terhadap kerusakan bangunan pelindung pantai dipengaruhi oleh ketinggian gelombang, dimana semakin tinggi gelombang maka semakin dalam atau besar pula kerusakannya terhadap bangunan pelindung pantai. Dapat dilihat dari tabel rekap ketinggian dan kedalaman gelombang pecah dari arah timur sebesar 1,628 m, dari arah tenggara sebesar 0,253 m dan selatan sebesar 0,409 m, mengakibatkan bangunan pelindung pantai dari arah timur cenderung lebih beresiko mengalami kerusakan dibandingkan dari arah selatan dan tenggara.
2. Rata-rata kerusakan yang terjadi berada pada bagian bawah bangunan yang di akibatkan oleh hantaman gelombang dan abrasi tanah disekitar bangunan pelindung pantai sehingga menyebabkan keruntuhan pada bangunan pelindung pantai terutama di bagian sisi timur.

B. *Saran*

Dari pengamatan penelitian ini penulis memberikan saran-saran untuk perbaikan hasil penelitian ini maka diharapkan

1. Pengambilan data lapangan yang harus menggunakan alat ukur digital dalam penyempurnaan data akurat
2. Perlunya penelitian lebih lanjut terkait stabilitas bangunan terhadap kekuatan gelombang



DAFTAR PUSTAKA

- Andi Makbul Syamsuri, Dadang Suriamihardja, Arsyad Thaha, Taufiqur Rachman. 2019. Pengaruh Periode Dan Kedalaman Air Terhadap Kecuraman Gelombang Pada Flume Dan Kedalaman Air Terhadap Gelombang. Prosiding Seminar Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anugrahadi, D. 2015. Identifikasi Variasi Perubahan Garis Pantai Akibat Abrasi Dan Akresi. Jurnal Segara Vol 10(1), hal 17–29. <https://doi.org/10.15578/segara.v10i1.12>
- Bambang Triadmojo, 1996. Pelabuhan, Beta Offset. Yogyakarta. Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta
- Bambang Triadmojo, 2012. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.
- CERC, 1984, Shore Protection Manual Volume I, fourth edition, U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
- http://heavy-stuff.com/2011/05/Arah-angin-yang-dapat-membangkitkan_gelombang.html, 21 Mei 2015.
- <http://robcroslinggeoblog.blogspot.com/2012/07Tipe-Gelombang-Pecah.html>, 21 Mei 2015.
- <https://www.google.com/maps>.
- Horikawa, 1988, Coastal Engineering, An introduction to Ocean Engineering, University of Tokyo Press.
- Kuswartomo, "Prediksi Tinggi Gelombang Berdasarkan CERC (SPM 1984) Di Pantai Baru, Bantul, Daerah istimewa Yogyakarta," Jurnal UMS, 2021.
- Mustofa, M.A., 2000. Identifikasi daerah Monsun dan Curah Hujan Berdasarkan Sifat Angin Permukaan di Indonesia Bagian Barat, Tesis magister, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Mulyabakti Chandrika dan Jasin Ihsan, 2016. Analisis Karakteristik Gelombang

dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. Dalam Jurnal Teknik Sipil Statik Vol. 4, No. 9, Hal 585-594, ISSN : 2337-6732.

Parauba, Ratna, Muh I. Jasin, and Jeffrey D. Mamoto. "Analisis karakteristik gelombang pecah di pantai niampak utara." Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.10 Oktober 2016 (595-603) ISSN: 2337-6732.

Samulano, I. 2012. Refraksi Dan Difraksi Gelombang Laut Di Daerah Dekat Pantai Pariaman. Program Pascasarjana Universitas Andalas. Padang.

Setiyono, H. 1996. Kamus Oseanografi. Yogyakarta : UGM Press.

Thambas, Arthur Harris, Nur Yuwono., 2003. Model Distribusi Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya Dalam Peramalan Gelombang di Wilayah Tengah Indonesia: Pulau Jawa, Sulawesi dan Kalimantan. Tesis. Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

Yuwono, 1992, Teknik Pantai Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II, Biro Penerbit KMTS Fak. Teknik UGM, Yogyakarta.



LAMPIRAN

Dokumentasi Lapangan







UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN



BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PAOTERE MAKASSAR

Jln. Sabutung 1 No. 30 Makassar 90163

Telp : (0411) 3619242 Fax : (0411) 3628235

Email : stamar.paotere@bmkg.go.id, meteo_marptr@yahoo.co.id

RATA - RATA DATA TINGGI GELOMBANG DAN ARAH - KECEPATAN ANGIN
WILAYAH PANTAI ARUNGKEKE, KAB. JENEPONTO
TAHUN 2020 - AGUSTUS 2024

Tanggal	Tinggi Gelombang (m)	Kecepatan Angin (knot)	Arah Angin
2020-01	0.60	5.03	270
2020-02	0.70	6.30	260
2020-03	0.50	5.03	260
2020-04	0.45	2.68	70
2020-05	1.15	5.67	85
2020-06	1.05	5.51	80
2020-07	1.05	5.40	85
2020-08	0.80	5.19	85
2020-09	0.85	5.50	70
2020-10	0.65	2.48	110
2020-11	0.50	1.23	230
2020-12	0.55	4.86	260
2021-01	1.0	5.47	270
2021-02	0.50	2.65	260
2021-03	0.50	3.61	265
2021-04	0.40	1.12	95
2021-05	No Data	No Data	No Data
2021-06	No Data	No Data	No Data
2021-07	1.0	7.26	80
2021-08	0.70	7.51	80
2021-09	0.90	7.33	80
2021-10	0.80	6.28	85
2021-11	0.45	3.84	90
2021-12	0.40	1.93	240



BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PAOTERE MAKASSAR

Jln. Sabutung 1 No. 30 Makassar 90163

Telp : (0411) 3619242 Fax : (0411) 3628235

Email : stamar.paotere@bmkg.go.id, meteo_marptr@yahoo.co.id

Tanggal	Tinggi Gelombang (m)	Kecepatan Angin (knot)	Arah Angin
2022-01	0.70	4.42	270
2022-02	0.60	3.03	280
2022-03	0.40	1.87	275
2022-04	0.80	1.31	55
2022-05	1.00	4.82	70
2022-06	1.25	5.80	80
2022-07	1.40	7.10	85
2022-08	1.05	6.90	80
2022-09	1.00	6.12	80
2022-10	0.90	4.78	85
2022-11	0.60	2.00	80
2022-12	0.60	4.42	275
2023-01	0.90	5.01	270
2023-02	0.80	7.03	270
2023-03	0.50	3.29	270
2023-04	0.65	1.01	275
2023-05	1.10	5.43	70
2023-06	1.00	6.07	70
2023-07	1.00	5.45	70
2023-08	1.10	6.77	75
2023-09	1.00	5.62	70
2023-10	0.40	2.72	110
2023-11	0.50	0.56	270
2023-12	0.70	4.34	270



**BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PAOTERE MAKASSAR**

Jln. Sabutung 1 No. 30 Makassar 90163

Telp : (0411) 3619242 Fax : (0411) 3628235

Email : stamar.paotere@bmkg.go.id, meteo_marptr@yahoo.co.id

Tanggal	Tinggi Gelombang (m)	Kecepatan Angin (knot)	Arah Angin
2024-01	0.70	3.99	220
2024-02	0.75	4.12	215
2024-03	0.30	2.84	230
2024-04	0.25	3.18	145
2024-05	0.55	4.26	70
2024-06	0.60	4.71	55
2024-07	0.70	5.93	70
2024-08	0.80	6.71	75
2024-09	0.50	4.94	75
2024-10	0.65	3.67	125
2024-11	0.40	3.44	160
2024-12	1.25	4.74	230
2024-01	0.95	4.11	240
2024-02	0.70	4.79	260
2024-03	0.65	3.21	235
2024-04	0.35	3.19	150
2024-05	0.70	5.33	85
2024-06	0.70	5.82	70



**BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PAOTERE MAKASSAR**

Jln. Sabutung 1 No. 30 Makassar 90163

Telp : (0411) 3619242 Fax : (0411) 3628235

Email : stamar.paotere@bmkg.go.id, meteo_marptr@yahoo.co.id

**RATA - RATA DATA ARAH DAN KEC. ARUS LAUT (cm/s)
WILAYAH PANTAI ARUNGKEKE, KAB. JENEPONTO TAHUN
2018 - AGUSTUS 2024**

Tanggal	Kecepatan Arus (cm/s)	Arah Arus
2020-01	No Data	No Data
2020-02	No Data	No Data
2020-03	No Data	No Data
2020-04	No Data	No Data
2020-05	No Data	No Data
2020-06	No Data	No Data
2020-07	No Data	No Data
2020-08	No Data	No Data
2020-09	No Data	No Data
2020-10	No Data	No Data
2020-11	No Data	No Data
2020-12	No Data	No Data
2021-01	No Data	No Data
2021-02	No Data	No Data
2021-03	No Data	No Data
2021-04	No Data	No Data
2021-05	5.09	50
2021-06	11.06	70
2021-07	10.62	70
2021-08	10.13	70
2021-09	7.87	75
2021-10	2.72	85
2021-11	2.31	85
2021-12	4.43	240



**BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PAOTERE MAKASSAR**

Jln. Sabutung 1 No. 30 Makassar 90163

Telp : (0411) 3619242 Fax : (0411) 3628235

Email : stamar.paotere@bmkg.go.id, meteo_marptr@yahoo.co.id

Tanggal	Kecepatan Arus (cm/s)	Arah Arus
2022-01	4.78	240
2022-02	2.33	210
2022-03	0.96	170
2022-04	1.84	120
2022-05	1.50	85
2022-06	3.62	80
2022-07	4.12	80
2022-08	3.90	80
2022-09	1.78	70
2022-10	1.56	75
2022-11	0.95	240
2022-12	5.72	260
2023-01	4.71	250
2023-02	5.55	250
2023-03	2.50	240
2023-04	0.95	220
2023-05	3.30	90
2023-06	3.65	90
2023-07	3.83	80
2023-08	4.07	80
2023-09	2.62	70
2023-10	0.52	200
2023-11	2.54	240
2023-12	4.09	260

Tanggal	Kecepatan Arus (cm/s)	Arah Arus
2024-01	3.95	260
2024-02	1.83	245
2024-03	1.08	200
2024-04	2.09	120
2024-05	1.16	95
2024-06	2.81	95
2024-07	3.91	80
2024-08	3.71	80
2024-09	2.37	70
2024-10	1.97	240
2024-11	0.85	190
2024-12	4.41	250
2024-01	5.49	250
2024-02	3.80	260
2024-03	28.5	240
2024-04	1.17	120
2024-05	5.00	220
2024-06	5.00	220



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Alamat kantor: Jl.Sultan Alauddin NO.259 Makassar 90221 Tlp.(0411) 866972,881593, Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

**UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:**

Nama : Saldi Supu

Nim : 105811120718

Program Studi : Teknik Sipil Pengairan

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	9%	10 %
2	Bab 2	19%	25 %
3	Bab 3	9%	10 %
4	Bab 4	6%	10 %
5	Bab 5	3%	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 21 Agustus 2025

Mengetahui,

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,


Narsinda Mariani, M.I.P.
NBM 964 591