

Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Revetment Pada Pantai Wisata Kuako Kecamatan Amahai – Kabupaten Maluku Tengah

M. F. Telussa¹, Ch. Joseph², Charyos Frido Dahoklory³

^{1,2}*Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil*

Gmail : mayatelussa@yahoo.com , josephinchristin@gmail.com

³*Mahasiswa Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake - Ambon*

Gmail : chafloxy17@gmail.com

Abstract

Kuako Beach is located in Tanjung Kuako Village, Amahai District, Central Maluku Regency, is one of the beaches that often experiences wave attacks, causing problems on the coastline which have an impact on existing tourist facilities, namely settlements and agricultural land. This study aims to determine the height of the waves on the Kuako beach and plan coastal protection structures, to analyze changes in shoreline at the Kuako coast, to analyze changes in shoreline calculated using the Komar method. Through formulaic approaches that use the EXCEL software program to analyze shoreline changes and also manage wind data. Calculating the dimensions of the coastal protection building, Calculating the required protective building requirements, and rolling and shear stability. From the results of the analysis and calculations in this study, the largest breaking wave height (H_b) is 2.484 m, wavelength (L_b) is 10,819 m, the depth of the breaking wave (d_b) is 2,782 m and the breaking wave celerity (c_b) is 3,111 m in the direction dominant wind (South). Changes in the coastline in a 10 year period for the south direction of 1.67 m on the 28th layer which resulted in erosion and 1.41m on the 29th layer which resulted in accretion. The revetment was built at an elevation of ± 0.02 m where based on data analysis it means that the waves that occurred were broken waves so that the dimensions of the building were 4.6 m high, 1 m wide, and 2 m wide at the bottom. The revetment that was built consists of 3 layers using crushed stone as the main material.

Keywords: Beach, Coastal Protective Building, Revetment.

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai Negara kepulauan mempunyai lebih dari 17.000 pulau dan wilayah pantai sepanjang 80.000 km atau 2dua kali keliling bumi melalui katulistiwa (Sumber: Bamabang Triatmodjo, *Perencanaan Bangunan Pantai*, Hal 1). Kegiatan pelayaran memegang peran penting bagi kehidupan masyarakat Indonesia baik dari segi ekonomi, politik, sosial, pemerintahan, pertahanan, dan keamanan, Bidang kegiatan pelayaran di Indonesia meliputi angkutan penumpang dan barang penjagaan pantai, penangkapan ikan, pariwisata dan masih banyak jenis pelayaran lainnya.

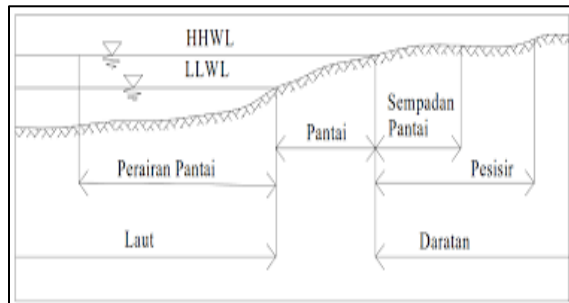
Provinsi Maluku merupakan daerah kepulauan dengan luas wilayah 712.479,69 Km² yang terdiri dari daratan 54.185 Km² dan lautan 658.294,69 Km² diantara beberapa pulau yang ada di Maluku mengalami kerusakan akibat proses gelombang dan arus, penanggulangan kerusakan telah di buat di beberapa lokasi. Pulau Seram merupakan salah satu pulau yang terletak di Kabupaten Maluku Tengah. Luas pulau seram yaitu 17.100 Km². Pulau Seram memiliki berbagai macam pantai yang sangat indah dan memukau sehingga banyak digunakan sebagai objek wisata. Salah satu objek wisata andalan yang ada pada pulau seram yaitu Pantai Kuako. Pantai Kuako merupakan objek wisata bahari yang tepatnya berada pada Kecamatan Amahai. Pantai ini

merupakan tujuan wisata yang banyak di kunjungi setiap akhir pekan. Daya tarik objek wisatanya yaitu pasir putih bercampur kerikil dan perpoohonan rindang sepanjang pantai. Jarak objek wisata dari ibukota kabupaten 5 km atau sekitar 30 menit, sedangkan jarak dari ibukota kecamatan (Amahai) mencapai 1 km atau sekitar 10 menit. Melihat letak geografis dari pantai tersebut yang berada tepat pada ujung tanjung dan berhadapan langsung dengan Laut Bebas, maka sewaktu-waktu pantai ini dihantam gelombang besar dan arus ketika musim angin barat yang terjadi pada pantai wisata kuako ini. Hal ini menimbulkan berbagai masalah kerusakan pantai akibat arus dan gelombang, juga mengganggu keamanan dan keselamatan dari para pengunjung pantai yang pada waktu angin dari selatan gelombang besar dan arus terjadi sehingga para pengunjung harus waspada terutama terhadap anak-anak. Pantai kuako ini mengalami kerusakan dengan panjang 600 m dan kemunduran garis pantainya yang bervariasi. Berdasarkan latar belakang ini maka akan dilakukan Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Pada Pantai Wisata Kuako Kecamatan Amahai – Kabupaten Maluku Tengah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dimensi *revetment buis* beton, menghitung kebutuhan *revetment buis* beton yang di perlukan, serta menghitung stabilitas *revetment buis* beton untuk pantai wisata Kuako.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Defenisi Pantai

Pantai adalah alur yang merupakan batasan antara darat dan laut, diukur pada saat pasang tertinggi dan surut terendah, dipengaruhi oleh fisik laut dan sosial ekonomi bahari, sedangkan ke arah darat dibatasi oleh proses alami dan kegiatan manusia di lingkungan sarat (Triatmodjo, 1999). Pantai merupakan gambaran nyata interaksi dinamis antara air, gelombang dan material (tanah). Angin dan air bergerak membawa material tanah dari suatu tempat ke tempat yang lain, mengikis tanah dan kemudian mengendapkannya lagi di daerah lain secara terus-menerus.



Gambar 1 Definisi Daerah Pantai,
Sumber : Triatmodjo (1999)

2.2. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari (Triatmojo, 1999). Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting di dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan tersebut. Misalnya, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sedangkan kedalaman alur pelayaran atau pelabuhan ditentukan oleh muka air surut.

2.3. Gelombang

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut yang diakibatkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama gaya tarik matahari dan bulan terhadap

bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di dasar laut, gelombang yang diakibatkan oleh kapal yang bergerak dan sebagainya. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, sedangkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan faktor utama dalam penentuan tata letak (*layout*) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya (Triatmodjo, 1999).

Berdasarkan kedalaman relatifnya, yaitu perbandingan antara kedalaman laut (d) dan panjang gelombang (L). maka gelombang diklasifikasikan menjadi tiga (Triatmodjo, 1999) yaitu:

1. Gelombang di laut dangkal (*shallow water*)
 - a. $d/L \leq 1/20$
 - b. $\tanh(2\pi d/L) \approx (2\pi d/L)$
 - c. $C = gd$
 - d. $L = T \sqrt{gd}$
2. Gelombang di laut transisi (*transitional water*)
 - a. $1/20 < d/L < 1/2$
 - b. $2\pi d/L < \tanh(2\pi d/L) < 1$
 - c. $C = [gT/2\pi] \tanh(2\pi d/L)$
 - d. $L = [gT^2/2\pi] \tanh [gT/2\pi]$
3. Gelombang di laut dalam (*deep water*)
 - a. $d/L \leq 1/20$
 - b. $\tanh(2\pi d/L) \approx (2\pi d/L)$
 - c. $C = C_0 = gd$
 - d. $L = L_0 = T \sqrt{gd}$

Keterangan:

- d/L = Kedalaman relatif
- C = Cepat rambat gelombang (m)
- L = Panjang gelombang (m)
- g = Gravitasi 9,81 m/dt²
- T = Periode gelombang (dt)

Dalam suatu perencanaan, pengukuran gelombang secara langsung umumnya jarang dilakukan mengingat kesulitan dan biaya yang sangat besar, selain itu pengukuran yang dilakukan hanya dalam waktu pendek kurang bisa mewakili gelombang yang ada di lapangan. Oleh karena itu, biasanya digunakan data sekunder, yaitu data angin, yang kemudian diolah untuk mendapatkan peramalan data gelombang (Triatmodjo, 1999).

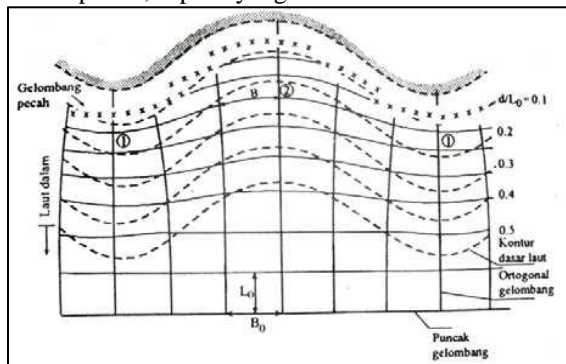
1. Peramalan Gelombang di Laut Dalam

Peramalan data gelombang di laut dalam (tinggi dan periode gelombang), dapat didasarkan pada faktor tegangan angin / *wind stress factor* (UA) dan panjang *fetch* (F), selanjutnya dilakukan peramalan gelombang di laut dalam dengan menggunakan grafik peramalan gelombang. Dari grafik peramalan gelombang, apabila panjang *fetch* (F), faktor tegangan angin (UA), dan durasi diketahui, maka tinggi dan periode gelombang signifikan dapat dihitung (Triatmodjo, 1999).

2. Refraksi Gelombang

Refraksi gelombang adalah perubahan bentuk pada gelombang akibat adanya perubahan kedalaman laut. Di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut, akan tetapi di laut transisi dan laut dangkal, dasar laut mempengaruhi bentuk gelombang (Triatmodjo, 1999).

Refraksi menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai. Perubahan arah gelombang akibat refraksi akan menghasilkan konvergensi (penguncupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai, seperti yang terlihat di bawah ini:



Gambar 2 Refraksi Gelombang, Sumber : Triatmodjo (1999)

3. Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang. Di laut dalam profil gelombang adalah sinusoidal, semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal puncak gelombang semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar. Selain itu kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang bertambah. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Di laut dalam kemiringan gelombang maksimum di mana gelombang mulai tidak stabil diberikan oleh bentuk berikut:

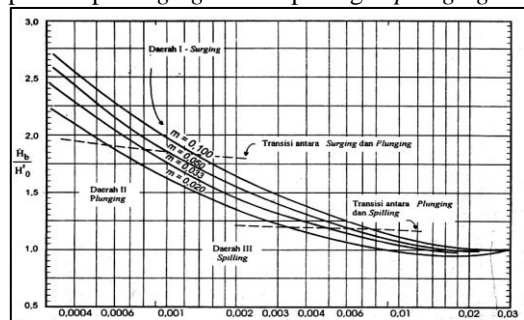
$$\frac{H_b}{H_0} = \frac{1}{3,3(H_0 / L_0)^{1,3}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :
(H_b/H₀) = Indeks tinggi gelombang pecah.

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga tipe berikut ini :

- a. *Spilling*
Spilling biasanya terjadi apabila gelombang dengan kemiringan kecil menuju ke pantai yang datar (kemiringan kecil). Gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya terjadi berangsur-angsur. Buih terjadi pada puncak gelombang selama mengalami pecah dan meninggalkan suatu lapis tipis buih pada jarak yang cukup panjang.
- b. *Plunging*
Apabila kemiringan gelombang dan dasar bertambah, gelombang akan pecah dan puncak gelombang akan memutar dengan massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan. Energi gelombang pecah dihancurkan dalam turbulensi, sebagian kecil di pantulkan pantai ke laut, dan tidak banyak gelombang baru terjadi pada air yang lebih dangkal.

- c. *Surging*
Surging terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang. Daerah gelombang pecah sangat sempit, dan sebagian besar energi dipantulkan kembali ke laut dalam. Gelombang pecah tipe *surging* ini mirip dengan *plunging*.



Gambar 3. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah, Sumber : Triatmodjo (1999)

2.4. Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah. Data angin diperlukan untuk peramalan tinggi, periode dan arah gelombang.

1. Pembangkitan Gelombang Oleh Angin

Gelombang yang terjadi di lautan dapat dibangkitkan atau diakibatkan oleh berbagai gaya. Beberapa jenis gaya pembangkit gelombang antara lain, gaya gravitasi benda-benda langit, letusan gunung berapi, gempa bumi, dsb. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air.

Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil diatas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riaktersebut menjadi semakin besar. Dan apabila angin berhembus terus pada akhirnya akan terbentuk gelomanag. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk (Triadmodjo, 1999). Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin (U), lama hembusan angin (D), fetch (F) dan arah angin.

Pada umumnya pengukuran angin dilakukan di daratan, sedangkan di dalam rumus - rumus pembangkitan gelombang, data angin yang digunakan adalah yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi data angin diatas daratan (yang terdekat dengan lokasi studi) ke data angin di atas permukaan laut (Triadmodjo, 1999).

Hubungan antara angin diatas laut dan angin diatas daratan terdekat diberikan oleh persamaan berikut:

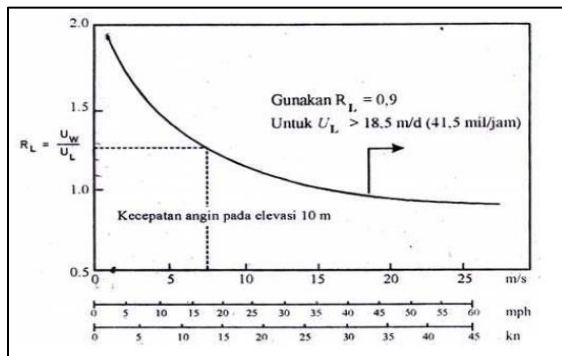
$$RL = \frac{UL}{UW} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

UL = Kecepatan angin yang diukur di darat (m/dt)

UW = Kecepatan angin di laut (m/dt)

RL = Nilai koreksi hubungan kecepatan angin di darat dan di laut.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Kecepatan Angin Di Laut Dan Di Darat, Sumber : Triatmodjo (1999)

Setelah dilakukan konversi kecepatan angin, maka kecepatan angina dikonversikan pada faktor tegangan angin (*wind stress factor*) dengan persamaan :

$$UA = 0,71 U^{1,23} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

UA = faktor tegangan angin

U = kecepatan angin (m/dt)

2.5. Fetch

Fetch adalah panjang keseluruhan suatu daerah pembangkitan gelombang dimana angin berhembus dengan arah dan kecepatan yang konstan. Panjang *fetch* dapat ditentukan dari peta atlas dan peta Dinas Hidro Oceanografi Angkatan Laut (Departement Pekerjaan Umum, 2009). Arah angin masih dianggap konstan apabila perubahannya tidak sampai 150. sedangkan kecepatan angin masih dianggap konstan apabila perubahannya tidak lebih dari 5 knot (2,5 m/dt) (Triatmodjo, 1999).

Di dalam peninjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut. Panjang *fetch* membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk terbentuk karena pengaruh angin, jadi mempengaruhi waktu untuk mentransfer energi angin ke gelombang. *Fetch* ini berpengaruh pada periode dan tinggi gelombang yang dibangkitkan. Semakin panjang jarak *fetch*nya, ketinggian gelombangnya akan semakin besar dan periode gelombangnya akan semakin lama. Di daerah pembangkitan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin (Triatmodjo, 1999).

Untuk memperoleh hasil dari *fetch* rerata efektif digunakanlah rumus di bawah ini:

$$Feff = \frac{\sum Xi \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

Feff = *Fetch* rerata efektif

Xi = Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

A = Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 60 sampai sudut sebesar 420 pada kedua sisi dari arah angin

2.6. Bangunan Pantai Berdasarkan Permen No.07/PRT/M/2015

Pengamanan pantai diselenggarakan berdasarkan zona pengaman pantai dan mempertimbangkan wilayah pantai, pola serta rencana pengelolaan sumber daya air pada wilayah pantai, namun dalam hal rencana pengelolaan sumber daya air pada wilayah pantai dan rencana zonasi wilayah pesisir belum diterapkan, pelaksanaan pengaman pantai dilakukan berdasarkan zona pengaman pantai. Pengaman pantai dilakukan berdasarkan aspek umum dan aspek teknis.

Pembangunan bangunan pantai berdasarkan Permen No.07/PRT/M/2015 memiliki tahapan sebagai berikut:

1. Tahapan Perencanaan : Perencanaan

2. Tahapan Kegiatan : Pelaksanaan kegiatan, Operasi dan pemeliharaan.
3. Tahapan Lanjutan : Pengelolaan bangunan pengaman pantai milik negara atau daerah, pembiayaan bangunan pengaman pantai, peran masyarakat. (Permen No.07/PRT/M/2015).

2.7. Bangunan Pelindung/Pengaman Pantai

Bangunan pantai digunakan untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus. Ada beberapa cara yang dilakukan untuk melindungi pantai, yaitu:

1. Memperkuat atau melindungi pantai agar mampu menahan serangan gelombang.
2. Mengubah laju transpor sedimen sepanjang pantai.
3. Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai.
4. Reklamasi dengan menambah suplai sedimen ke pantai atau dengan cara lain sesuai dengan fungsinya. Seperti disebutkan di atas, bangunan pantai dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok, yaitu:
 - a. Konstruksi yang dibangun sejajar dengan garis pantai.
 - b. Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan sambung ke pantai.
 - c. Konstruksi yang dibangun dilepas pantai kira-kira sejajar dengan pantai.

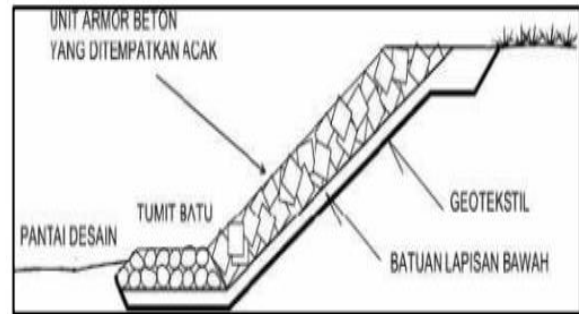
Secara umum bangunan pantai dibagi menjadi beberapa kelompok. Kelompok pertama adalah dinding pantai atau *revetment* yang dibangun pada garis pantai atau di daratan yang digunakan untuk melindungi pantai langsung dari serangan gelombang. Kelompok kedua meliputi *groin* dan *jetty*. Tipe bangunan pantai biasanya ditentukan oleh ketersediaan material di lokasi pekerjaan, kondisi dasar laut, kedalaman air dan ketersediaan peralatan untuk pelaksanaan pekerjaan. Batu pecah adalah satu bahan utama yang digunakan untuk membuat bangunan. Faktor penting lainnya adalah karakteristik dasar laut yang mendukung bangunan tersebut di bawah pengaruh gelombang.

1. Dinding Pantai atau *Revetment*

Revetment atau perkuatan lereng merupakan bangunan yang ditempatkan pada suatu lereng yang berfungsi melindungi suatu tebing alur pantai atau tubuh tanggul yang dilindungi. Secara khusus, dinding pantai atau *revetment* juga dapat didefinisikan sebagai bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang terutama berfungsi sebagai dinding pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang (*over topping*) ke darat.

Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di

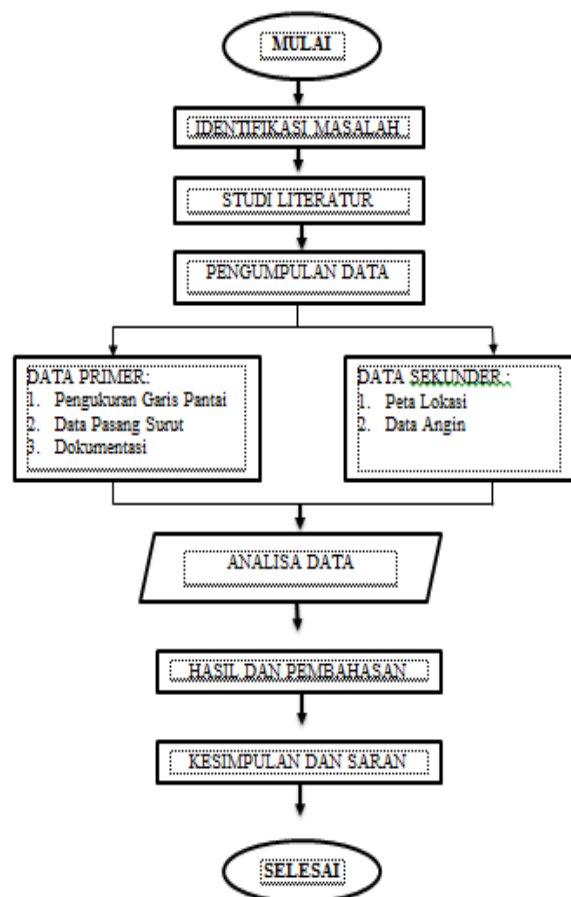
belakang bangunan. Permukaan bangunan yang menghadap arah datangnya gelombang dapat berupa sisi vertikal atau miring.



Gambar 5 Sketsa Profil Melintang contoh Revertment Blok Kubus Beton ,
Sumber : Triatmodjo (1999)

3. METODE PENELITIAN

3.1. Alir Penelitian



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Pengambilan data pasang surut dilakukan di pantai Wisata Kuako, Kecamatan Amahai, Kabupaten Maluku Tengah. Proses pengambilan data

dilakukan dalam kurun waktu 16 hari terhitung sejak tanggal 7 – 22 Desember 2021. Secara geografis lokasi penelitian berada pada kordinat 3° 24'43”S dan 128° 24' 14E..



Gambar 7. Lokasi Penelitian, Sumber : Google Earth, (2021)

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan untuk memperoleh data di lapangan atau metode yang di pakai adalah sebagai berikut :

1. Peninjauan Lapangan (Survey)

Teknik ini bertujuan untuk memperoleh gambaran dan data yang berhubungan dengan kondisi fisik obyek penelitian berupa kondisi garis pantai dan pasang surut.
2. Perhitungan dan Pengamatan

Teknik ini bertujuan untuk memperoleh hasil perhitungan struktur *revetment* (buis beton) run-up gelombang.
3. Studi Pustaka

Teknik ini yakni dengan cara mempelajari literatur-literatur yang berkaitan dengan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini.

3.4 Teknik Analisa Data

Analisa Data yang dilakukan yaitu melakukan perhitungan berdasarkan pengukuran yang dilakukan dilapangan dengan proses analisa sebagai berikut :

1. Perhitungan pasang surut
2. Pengolahan data angin yang diperoleh dari BMKG
3. Perhitungan Gelombang
4. Perencanaan bangunan pantai (*revetment*)

Data-data yang digunakan untuk penelitian ini yaitu :

1. Data Primer

Data primer yang dimaksud adalah hasil survei dan informasi yang diperoleh dari lapangan. Data primer pada penelitian ini meliputi pengukuran garis pantai dan pasang surut dilokasi penelitian.

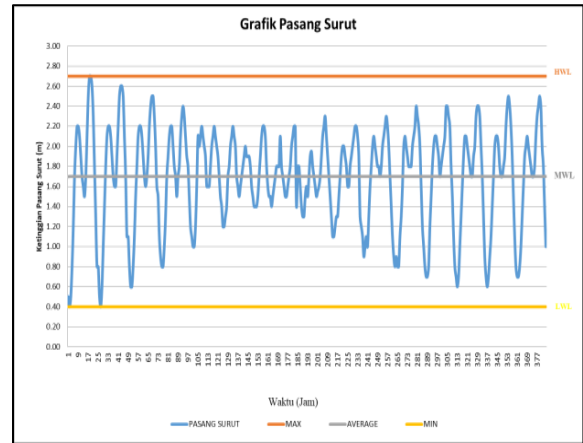
2. Data sekunder

Data sekunder berasal dari penelusuran dokumen dan laporan yang berasal dari suatu instansi terkait, laporan penelitian, literatur dan lainnya. Data Sekunder untuk penelitian ini meliputi data angin yang diperlukan untuk mengetahui arah angin dan arah gelombang, serta data-data lainnya..

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pasang Surut

Hasil pencatatan data pasang surut digambarkan dalam grafik seperti terlihat pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Grafik Pasang Surut, Sumber : Hasil Survey (2021)

Berdasarkan pengukuran pasang surut tersebut diperoleh beberapa elevasi muka air laut sebagai berikut :

1. *Low Water Level* : 0.40 m
2. *Middle Water Level* : 1.70 m
3. *High Water Level* : 2.70 m

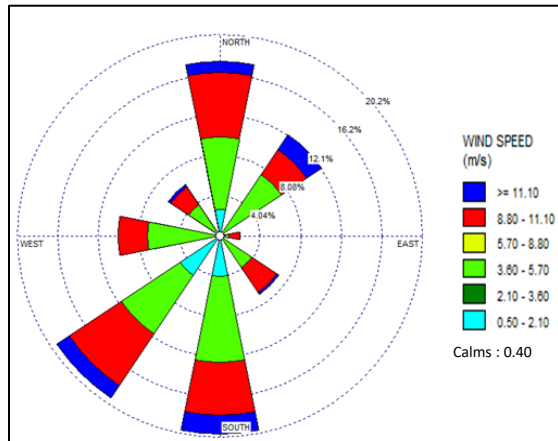
4.2. Analisis Data Angin

Berdasarkan data angin yang diperoleh dari stasiun BMKG Stasiun Klas III Amahai selama kurun waktu 2012-2021 dengan kecepatan rata-rata 0-13 Knot, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Jumlah Kejadian Angin 10 Tahun, Sumber : BMKG Stasiun Klas III Amahai(2021)

Arah Angin	KECEPATAN ANGIN (KNOT)					Jumlah
	0-2	3-5	6-9	10-13	CALM	
Utara	99	264	233	40	15	636
Timur Laut	13	258	107	67		445
Timur	0	89	41	0		130
Tenggara	2	138	111	7		258
Selatan	92	371	191	68		722
BaratDaya	175	255	226	57		713
Barat	15	248	107	0		370
Barat Laut	1	136	79	12		228
Tidak Tercatat						189
ITL						3706

Dari data yang diperoleh pada Tabel 1 di atas terlihat bahwa jumlah hari berangin terbanyak selama 10 tahun (2012-2021) jumlah kejadian angin terbanyak bertiup dari arah selatan dengan jumlah kejadian sebanyak 722 atau 19.48 %. dan jumlah kejadian angin tersedikit bertiup pada arah Timur dengan jumlah kejadian sebanyak 130 kejadian atau sebesar 3.51%.

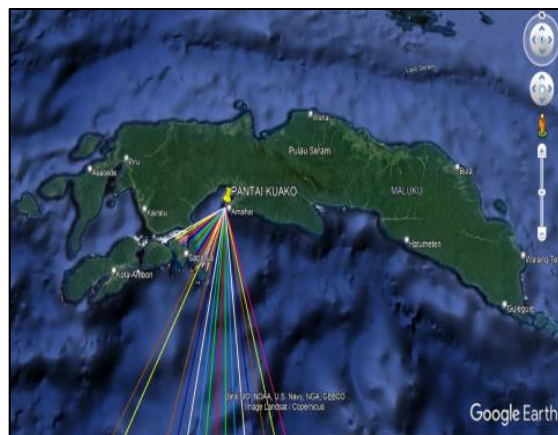


Gambar 9. Mawar Angin (WRPLOT View)

4.3. Analisa Gelombang dan Penentuan Tinggi Gelombang

Cara yang digunakan untuk menentukan panjang *fetch* atau pembentukan gelombang :

1. Garis *fetch* ditarik pada setiap interval 3⁰
2. Panjang garis *fetch* diukur mulai dari lokasi peramalan gelombang sampai ke daratan
3. Panjang *fetch* efektif diperoleh dengan membagi jumlah panjang proyeksi garis tersebut dengan cosinus sudutnya.



Gambar 10. Proyeksi Garis *Fetch*

Perhitungan panjang *fetch* efektif arah Selatan dan Barat Daya dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2 Perhitungan *Fetch* Efektif Arah Barat Daya, Sumber: Hasil Perhitungan (2021)

Arah Utama	Sudut (α)	Cos α	Panjang Fetch (m)	Xi Cos α	Feff (m)
Timut Laut	-21	0.933	37380.44	34875.95	101687.72
	-18	0.951	536030.75	509765.24	
	-15	0.966	549807.06	531113.62	
	-12	0.978	35350.24	34572.53	
	-9	0.988	33251.09	32852.08	
	-6	0.995	31241.3	31085.09	
	-3	0.998	30293.86	30233.27	
	0	1.00	28430.68	28430.68	
	3	0.998	28601.28	28544.08	
	6	0.995	29055.85	28910.57	
	9	0.988	37476.78	37027.059	
	12	0.978	37725.57	36895.61	
15	0.966	38468.03	37160.117		
18	0.951	40399.43	38419.86		
21	0.933	49930.75	46585.39		
Jumlah		14.618	Jumlah	1486471.2	

Tabel 3 Perhitungan *Fetch* Efektif Arah Barat Daya, Sumber: Hasil Perhitungan (2021)

Arah Utama	Sudut (α)	Cos α	Panjang Fetch (m)	Xi Cos α	Feff (m)
Timur	-21	0.933	583839.930	544722.65	646392.05
	-18	0.951	1035248.26	984521.10	
	-15	0.966	914285.88	883200.16	
	-12	0.978	540680.94	528785.96	
	-9	0.988	500556.47	494549.79	
	-6	0.995	1134706.34	1129032.81	
	-3	0.998	1188249.90	1185873.40	
	0	1.00	536851.81	536851.81	
	3	0.998	419199.09	418360.69	
	6	0.995	423038.43	420923.24	
	9	0.988	547938.86	541363.5937	
	12	0.978	541572.38	529657.79	
15	0.966	1222260.74	1180703.875		
18	0.951	37456.84	35621.45		
21	0.933	37288.98	34790.62		
Jumlah		14.618	Jumlah	9448958.939	

4.4. Penentuan Tinggi Gelombang

Untuk menentukan tinggi gelombang signifikan (Hs) dan periode gelombang (Ts), diperoleh dengan cara memasukan nilai *wind stress* faktor (UA), panjang *fetch* efektif (Fef) dimasukan dalam rumus gelombang signifikan kedalam rumus yang ditentukan..

Penentuan gelombang signifikan (Hs) dan periode gelombang (Ts) arah selatan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Perhitungan Penentuan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Arah Barat Daya, Sumber: Hasil Perhitungan (2021)

No	U (knot)	U ₁ (m/det)	U _w	U _A	Feff (m)	H _s (m)	T _s (det)
1	2	1.03	1.80	1.46	101687.72	0.24	3.17
2	4	2.06	3.30	3.08		0.50	4.06
3	6	3.09	4.48	4.49		0.73	4.59
4	8	4.12	5.36	5.59		0.91	4.94
5	10	5.15	6.31	6.84		1.12	5.28
6	12	6.18	7.11	7.92		1.29	5.54
7	14	7.21	7.28	8.16		1.33	5.59
8	16	8.24	7.50	8.46		1.38	5.66

Tabel 5 Perhitungan Penentuan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Arah Selatan, Sumber: Hasil Perhitungan (2021)

No	U	U _L	U _w	U _A	Feff	H _s	T _s
	(knot)	(m/det)					
1	2	1.03	1.80	1.46	646392.05	0.60	5.84
2	4	2.06	3.30	3.08		1.27	7.47
3	6	3.09	4.48	4.49		1.84	8.46
4	8	4.12	5.36	5.59		2.30	9.09
5	10	5.15	6.31	6.84		2.81	9.72
6	12	6.18	7.11	7.92		3.26	10.20
7	14	7.21	7.28	8.16		3.35	10.30
8	16	8.24	7.50	8.46		3.48	10.42

4.5. Analisa Refraksi, Metode Shoaling dan Gelombang Pecah

Berdasarkan tinggi gelombang signifikan (Hs) dan periode gelombang (Ts) pada kedua table diatas maka, dapat dihitung refraksi gelombang dengan mengasumsikan kedalaman dasar laut (d) 2.0 meter yang dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini:

Tabel 6 Analisa Gelombang Pecah dan Refraksi Arah Selatan Metode Shoaling

Hs	T	d	Lo	Co	dLo	dL	L	C	Sin α	Sin α'	α'	Cos α	Cos α'	Kr
0.60	5.84	3.00	53.16	9.11	0.056	-0.10030	29.91	5.12	0.940	0.066	83.804	0.342	0.998	0.585
1.27	7.47	3.00	87.01	11.65	0.054	-0.07630	39.32	5.26	0.940	0.068	3.908	0.342	0.998	0.586
1.84	8.46	3.00	111.52	13.19	0.027	0.06747	44.46	5.26	0.940	0.068	3.904	0.342	0.998	0.586
2.30	9.09	3.00	128.98	14.18	0.025	0.06200	48.39	5.32	0.940	0.069	3.951	0.342	0.998	0.586
2.81	9.72	3.00	147.32	15.16	0.020	0.05763	52.06	5.36	0.940	0.069	3.977	0.342	0.998	0.586
3.26	10.20	3.00	162.28	15.91	0.018	0.05455	55.00	5.39	0.940	0.070	4.003	0.342	0.998	0.586
3.35	10.30	3.00	165.52	16.07	0.018	0.05455	55.00	5.34	0.940	0.069	3.964	0.342	0.998	0.586
3.48	10.42	3.00	169.50	16.26	0.018	0.05455	55.00	5.28	0.940	0.068	3.917	0.342	0.998	0.586

no	k	n	ks	Ho	Hw/L ²	Hb/Ho	Hw/L ²	αb/Hb	H	Hb	αb	Lb	Hw/L ²	
0.50	0.210	0.8886	1.000	0.351	0.001	1.440	0.002	1.120	0.351	0.506	0.567	0.583	0.350	0.00661
0.50	0.160	0.9309	1.090	0.741	0.001	1.440	0.002	1.120	0.808	1.068	1.196	1.231	1.558	0.008521
0.50	0.141	0.9448	1.152	1.080	0.002	1.220	0.002	1.120	1.244	1.317	1.476	1.650	3.043	0.009883
0.50	0.130	0.9528	1.183	1.346	0.002	1.220	0.002	1.120	1.592	1.642	1.839	2.057	4.728	0.010437
0.50	0.121	0.9588	1.215	1.647	0.002	1.220	0.002	1.120	2.000	2.009	2.250	2.515	7.073	0.011177
0.50	0.114	0.9629	1.238	1.906	0.002	1.220	0.002	1.120	2.360	2.326	2.605	2.912	9.482	0.011748
0.50	0.114	0.9629	1.250	1.964	0.002	1.220	0.002	1.120	2.456	2.397	2.684	3.001	10.067	0.011888
0.50	0.114	0.9629	1.265	2.036	0.002	1.220	0.002	1.120	2.576	2.484	2.782	3.111	10.819	0.012014

4.6. Analisa Arus Dekat Pantai

Pada lokasi pantai Wisata Kuako, memiliki arus sejajar pantai pada rumus dibawah yang dapat mengangkut sedimen yang telah dihancurkan (erosi) oleh gelombang, dan terbawa sepanjang pantai. Arus sepanjang pantai yang ditimbulkan oleh gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai, dibangkitkan oleh momentum yang dibawa oleh gelombang. Longuet-Higgin (Komar, 1985) menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai yang dapat dilihat pada persamaan 2.15. Hasil perhitungan arus sepanjang pantai Solopai dapat dilihat pada Tabel 7 berikut :

Tabel 7 Hasil Perhitungan Arus Sepanjang Pantai, Sumber: Hasil Perhitungan (2021)

Arah Angin	α _b	H _b	V
			(cm/d)
Barat Daya	65°	1.087	1.8728
Selatan	70°	2.484	2.8309

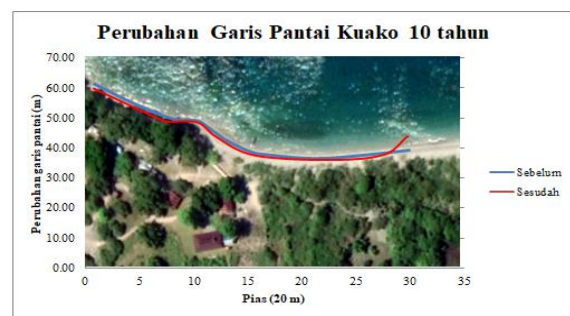
4.7. Analisa Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai dihitung dengan menggunakan metode CERC (1984) dengan memakai program Excel versi 2010. Asumsi dasar yang digunakan dalam perhitungan garis pantai adalah sebagai berikut:

1. Data gelombang (periode, tinggi dan arah gelombang), serta koordinat garis pantai. Pada perhitungan ini arah gelombang yang dipakai adalah arah dominan yaitu arah Barat Daya dan Selatan
2. Kontur kedalaman dianggap paralel membentuk sudut 70⁰ terhadap arah Selatan dan 65⁰ terhadap arah Barat Daya
3. Data gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah yang dipakai berdasarkan hasil analisa Shoaling dan refraksi gelombang.
4. Pantai Kuako adalah merupakan pantai yang landai dengan kemiringan rata-rata 0,02
5. Lokasi pantai Wisata Kuako mempunyai panjang garis pantai sepanjang 600 m yang dibagi menjadi 30 pias (sel), dengan panjang pias (Δx) adalah 20 m

4.8. Analisa Perubahan Garis Pantai jangka waktu 10 tahun

Dari hasil perhitungan perubahan garis pantai yang terjadi akibat pengaruh angin dan gelombang air laut berdasarkan koordinat masing-masing pias untuk jangka waktu 10 tahun pada arah selatan dan barat daya di mana terjadi erosi pantai terbesar 1.67 meter pada pias ke 9 dan terjadi akresi sebesar 1.41 meter pada pias ke 29 menunjukkan bahwa besarnya perubahan garis pantai pada Pantai Kuako cukup besar. Perubahan garis pantai dalam jangka waktu 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Grafik Perubahan Garis Pantai Wisata Kuako, Sumber : Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai 10 Tahun (2021)

4.9. Perhitungan Struktur Revetment (Buis Beton)

1. Run-Up Gelombang
Ketika gelombang datang menghantam suatu struktur, air terbawa oleh momentumnya

terdorong naik ke atas permukaan struktur. Ketinggian vertikal dari SWL yang berhasil dicapai oleh gelombang yang datang tersebut adalah *run-up*, maka :

a. Perhitungan Run-up gelombang

$$\begin{aligned}
 H_b &= 2,484 \\
 L_0 &= 169,50 \\
 \theta &= 1: 2 \text{ (sudut kemiringan sisi pemecah gelombang)} \\
 I_r &= \frac{\tan \theta}{\left(\frac{H_b}{L_0}\right)^{0,5}} \\
 &= \frac{\tan 0,5}{\left(\frac{2,484}{169,50}\right)^{0,5}} \\
 &= 4,513
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan elevasi dan puncak *revetment* buis beton :

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi } \textit{revetment} \text{ buis beton} &= \text{HWL} + R_u + F_b \\
 &= 2,7 + 4,04 + 0,5 \\
 &= 7,24 \text{ m} \\
 \text{SLR} &= \text{Faktor pemanasan global (berdasarkan Bambang Triatmodjo, 2011, hal 99) untuk 10 tahun} = 0,2 \text{ m} \\
 \text{Elevasi } \textit{Revetment} &= 7,24 + 0,2 = 7,44 \text{ m} \\
 \text{Tinggi } \textit{Revetment} &= \text{El. } \textit{revetment} - \text{El. db} \\
 &= 7,44 - 2,782 \\
 &= 4,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Volume dan Berat Jenis Buis Beton

$$\begin{aligned}
 \text{Volume buis beton} &= \{ \pi r_{\text{luar}}^2 - \pi r_{\text{dalam}}^2 \} \times T \\
 &= \{ (3,14 \times 0,575)^2 - (3,14 \times 0,5)^2 \} \times T \\
 &= \{ 3,259 - (3,14 \times 0,5)^2 \} \times T \\
 &= 0,794 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

3. Kebutuhan buis beton :

Jika tinggi RunUp gelombang = 4,04 m, tinggi buis beton = 1 m, dan panjang garis pantai = 600 m, maka jumlah buis beton yang diperlukan yaitu sebagai berikut:

Tinggi Buis Beton = 100 cm = 1 m
 Tinggi RunUp Gelombang = 4,04 m
 Maka susun buis beton berbentuk piramida yaitu 4 buah di dalam tanah dan sisanya 6 sebagai pelindung gelombang. Jumlah satu susunan buis beton berbentuk piramida berjumlah 10 buah buis beton .

Jumlah buis beton sepanjang garis pantai :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Garis pantai} \times 10 \\
 &= 600 \times 3 \\
 &= 1800 \text{ Buah Buis Beton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Volume} &= 0,79 \times 1800 \\
 &= 1429,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Volume} &= 1,75 \times 1800 \\
 &= 3144,24 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan gaya dinamis :

$$\begin{aligned}
 H_c &= 0,78 \times H_b \\
 &= 0,78 \times 2,484
 \end{aligned}$$

$$= 1,937 \text{ m}$$

$$d_s = 2,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 R_m &= 0,5 \times \gamma_a \times d_s \times H_c \\
 &= 0,5 \times 1,025 \times 2,7 \times 1,937 \\
 &= 2,681 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

5. Moment gaya dinamis :

$$\begin{aligned}
 M_m &= R_m \times \left(d_s + \frac{H_c}{2} \right) \\
 &= 2,681 \times \left(2,7 + \frac{1,937}{2} \right) \\
 &= 9,836 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan gaya hidrostatik :

$$\begin{aligned}
 R_s &= 0,5 \times \gamma_a \times (d_s + H_c)^2 \\
 &= 0,5 \times 1,025 \times (2,7 + 1,937)^2 \\
 &= 11,02 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_s &= \frac{1}{6} \times \gamma_a \times (d_s + H_c)^3 \\
 &= \frac{1}{6} \times 1,025 \times (2,7 + 1,937)^3 \\
 &= 17,03 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

7. Perhitungan gaya angkat :

$$\begin{aligned}
 R_u &= \frac{1}{2} \times \gamma_a \times d_s \times B \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,025 \times 2,7 \times 4 \\
 &= 5,535 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

8. Perhitungan gaya angkat :

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{2}{3} \times R_u \times B \\
 &= \frac{2}{3} \times 6,918 \times 4 \\
 &= 14,76 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

Dimana :

d_s = kedalaman air pada bangunan (m)

γ_a = berat jenis air laut (t/m³)

R_u = gaya angkat pada bangunan (tm)

M_u = momen angkat pada bangunan (tm)

B = lebar bangunan (m)

9. Gaya dan momen total yang ditimbulkan oleh gaya hidrostatik dan dinamis adalah :

$$\begin{aligned}
 R_t &= R_m + R_s \\
 &= 2,681 + 11,02 \\
 &= 13,70 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_t &= M_m + M_s \\
 &= 9,836 + 17,03 \\
 &= 26,86 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

10. Kontrol stabilitas

Setelah dimensi dari *revetment* diperoleh maka dilakukan pengecekan terhadap stabilitas guling dan geser dimana kontrol stabilitas pada konstruksi *revetment* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{a. Stabilitas Guling} &= \frac{\sum MV}{\sum MH + M_u} \geq 1,5 \\
 &= \frac{264,14}{26,87 + 14,76} \geq 1,5 \\
 &= 6,34 > 1,5 \text{ OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Stabilitas Geser} &= \frac{(\sum V - R_u) \times f}{\sum H} \geq 1,5 \\
 &= \frac{(74,36 - 5,535) \times 0,6}{13,70} \geq 1,5 \\
 &= 3,01 > 1,5 \text{ OK}
 \end{aligned}$$

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan pada penelitian ini maka kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Dimensi Buis Beton pada pantai Wisata Kuako adalah Tinggi (H) = 4.6, Lebar (B) = 2 m, Lebar puncak revetment (b) = 1 m
2. Jumlah kebutuhan buis beton sepanjang garis pantai adalah 1800 buah.
3. Stabilitas guling dan stabilitas geser telah memenuhi syarat, stabilitas guling = $6,34 \geq 1,5$ OK, stabilitas geser = $3,01 \geq 1,5$ OK.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas maka disarankan bagi. :

1. Pemerintah Kabupaten Maluku Tengah, untuk memperhatikan dan dapat merealisasikan dinding pelindung pantai agar dapat mengatasi gelombang dan memperkuat garis pantai pada lokasi tersebut.
2. Masyarakat Tanjung Kuako agar dapat menjaga, merawat dan melestarikan daerah pesisir pantai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ari S. B, R. I. (2004). *Re-Design Dan Penanganan Breakwater . Karya Teknik Sipil.*
- Bastian, D., Retraubun, N., & Joseph, C. (2018). *Analisis Kemunduran Garis Pantai Wisata Kuako Kecamatan Amahai Kabupaten Maluku Tengah. Manumata: Jurnal Ilmu Teknik, 4(1), 22–31.*
- Mentri PU. (2015). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No.07/PRT/M/2015 tentang Pedoman Operasional Pemeliharaan Bangunan Pantai.*
- Nadia, P., Ali, M., & Besperi, B. (2013). *Pengaruh Angin terhadap Tinggi Gelombang pada Struktur Bangunan Breakwater di Tapak Paderi Kota Bengkulu. Inersia: Jurnal Teknik Sipil, 5(1), 41–56.*
- Opa, E. T. (2011). *Perubahan Garis Pantai Desa Bentenan Kecamatan Pusomaen, Minahasa Tenggara. Jurnal Perikanan Dan Kelautan Tropis, 7(3), 109–114.*
- P, C. M., & P, W. S. (n.d.). *Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Tambakharjo , Semarang.*
- Ramdan, A. (2019). *TA: Kajian Kinerja Dan Aknop Bangunan Pelindung Pantai Di Pantai Tirtamaya. Institut Teknologi Nasional.*
- Samatha P. D, Retno A, D. W. I. (2009). *Perencanaan Bangunan Pantai dengan Memperhatikan Perubahan Garis Pantai Studi Kasus Pantai Muarareja Tegal. Department of Civil Engineering.*
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik pantai. Yogyakarta. Beta Offset.*

Triatmodjo, B. (2014). *Perencanaan Bangunan Pantai. Yogyakarta. Beta Offset.*