

Available online at www.jurnal.abulyatama.ac.id/tekniksipil
ISSN 2407-9200 (Online)

Universitas Abulyatama Jurnal Teknik Sipil Unaya



Model Fisik Bangunan Pelindung Pantai

Yessy Raudrina¹, Ichsan Syahputra¹, Muhammad Ridha¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama, Abdya, Indonesia¹

Email korespondensi : yichsan.waterresources76@gmail.com

Diterima Mei 2025 ; Disetujui Juli 2025 ; Dipublikasi Juli 2025

Abstract: Coastal settlements are areas that are vulnerable to coastal disasters. One of the coastal treatments that is generally carried out is to protect the coastline using beach buildings. It is hoped that the coastal buildings used can break the energy of sea waves and prevent sea water from entering land areas. The use of flume wave instruments is one way to understand the phenomenon of wave generation that allows runoff to occur. This research aims to look at the wave generation process that is generated using wave generator tools contained in the physical flume wave model. Wave generator tools are used to analyze wave height and overtopping that occur before and after protective structures are applied. Waves are generated using a wave generator with 3 speed variations. The speeds used are 0.38 m/s (10 volts), 0.48 m/s (20 volts) and 1.0 m/s (30 volts).

Keywords: Physical Model, Wave Generation, Flume Wave.

Abstrak: Pemukiman pesisir merupakan wilayah yang rentan terhadap bencana pantai. Salah satu penanganan pantai yang umumnya dilakukan adalah dengan melindungi garis pantai menggunakan bangunan pantai. Bangunan pantai yang digunakan diharapkan dapat memecahkan energi gelombang laut dan membuat air laut tidak masuk ke wilayah daratan. Penggunaan instrument flume wave menjadi salah satu cara untuk memahami fenomena pembangkitan gelombang yang memungkinkan terjadinya limpasan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat proses pembangkitan gelombang yang dibangkitkan dengan alat bantu pembangkit gelombang yang terdapat pada model fisik flume wave. Alat bantu pembangkit gelombang digunakan untuk menganalisis tinggi gelombang dan limpasan yang terjadi sebelum dan setelah bangunan pelindung diaplikasikan. Gelombang dibangkitkan dengan alat pembangkit gelombang dengan 3 variasi kecepatan. Kecepatan yang digunakan sebesar 0,38 m/d (10 volt), 0,48 m/d (20 volt) dan 1,0 m/d (30 volt).

Katakunci: Model Fisik. Pembangkitan Gelombang, Flume Wave.

Pesisir pantai merupakan daerah pertemuan antara darat dan laut yang masih dipengaruhi pasang surut air laut. Secara umum wilayah pesisir terdiri dari 4Ldataran pesisir, lajur pesisir, gisik, pantai, garis pantai dan perairan pesisir (Anggraini et al., 2017). Salah satu wilayah yang rentan akan kerusakan yaitu garis pantai. Garis pantai adalah pertemuan antara darat dan laut pada pasang surut tertentu yang dapat berubah dalam waktu yang relatif singkat (Kabir et al., 2020; Niya et al., 2013). Perubahan garis pantai dapat terjadi disebabkan oleh faktor alam maupun aktivitas manusia (Jayakumar & Malarvannan, 2016; Muskananfolo et al., 2020).

Banjir rob adalah salah satu fenomena alam yang signifikan di daerah pesisir, dimana air laut yang tinggi dapat masuk ke daratan. Banjir rob terjadi dikarenakan naiknya air laut yang disebabkan oleh pasang surut, dorongan air, angin atau *swell*, dan badai yang merupakan fenomena umum terjadi di laut (Chandra & Supriharjo, 2013). Banjir rob merupakan salah satu penyebab terjadinya kerusakan lingkungan seperti perubahan garis pantai dan tergenangnya daerah pemukiman yang terletak disekitar pesisir.

Salah satu bencana pantai yang kerap terjadi adalah bencana banjir pasang surut atau banjir rob. Banjir rob yang umumnya terjadi akibat pengaruh pasang surut air laut membuat garis pantai mengalami perubahan dan membuat genangan air di daerah pemukiman. Penanganan pantai dalam menanggulangi

bencana pantai seperti banjir rob kerap dilakukan untuk meminimalisir dampak yang terjadi. Salah satu penanganan pantai yang umumnya dilakukan adalah dengan melindungi garis pantai menggunakan bangunan pantai. Bangunan pantai yang digunakan diharapkan dapat memecahkan energi gelombang laut dan membuat laut tidak masuk ke wilayah daratan. Bangunan pantai yang umum digunakan berupa *breakwater*, *seawall*, *revetment*, dll.

Bangunan pantai ini umumnya terbuat dari susunan batu boulder, beton tetrapod, beton kubus, maupun tembok beton. Penentuan tipe bangunan pantai yang digunakan ditentukan berdasarkan kondisi gelombang laut yang akan di reduksi. Dimana air laut tidak diizinkan melimpah (*overtopping*) maupun mengalir melewati puncak pelindung pantai (*overflow*). Oleh karena itu, diperlukan pemahaman akan fungsi bangunan pantai yang bertujuan untuk melindungi garis pantai maupun daerah daratan di belakang garis pantai

KAJIAN PUSTAKA

Model fisik hidraulik biasanya digunakan selama tahap desain untuk mengoptimalkan struktur dan memastikan operasi yang aman dari struktur. Model hidraulik dapat membantu untuk memvisualisasikan dan menggambarkan bidang aliran, sebelum memilih desain yang cocok. Dalam aplikasi teknik sipil, model fisik hidraulik biasanya merupakan representasi ukuran prototipe yang lebih kecil. Pada model fisik, model harus dibuat sebangun dengan prototipnya. Kesebangunan ini terbagi atas tiga aspek yaitu sebangun geometrik atau sebangun dalam bentuk, sebangun kinematik atau sebangun

dalam gerak dan sebangun dinamik (Triatmodjo, 2003).

1. Sebangun geometric, jika prototipe dan model mempunyai bentuk yang sama tetapi ukuran yang berbeda, maka keadaan seperti ini disebut sebangun geometrik. Dalam hal ini, perbandingan antara semua ukuran panjang yang digunakan antara model dan prototipe adalah sama.
2. Sebangun kinematic, sebangun kinematik terpenuhi apabila sifat sebangun geometrik pada prototipe dan model sudah terpenuhi dan perbandingan antara kecepatan dan percepatan di dua titik yang bersangkutan pada prototipe dan model untuk seluruh pengaliran adalah sama.
3. Sebangun dinamik, sebangun dinamik terpenuhi apabila sifat sebangun geometrik dan kinematik pada prototipe dan model sudah terpenuhi, dan gaya-gaya yang bersangkutan pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran

Perubahan Garis Pantai

Garis pantai adalah pertemuan antara darat dan laut pada elevasi pasang surut tertentu dan dapat berubah dalam waktu singkat (Kabir et al., 2020). (Jayakumar & Malarvannan, 2016; Kabir et al., 2020) mengungkapkan perubahan garis pantai terjadi akibat gelombang, geologi, geomorfologi, abrasi, akresi, pasang surut, banjir, angin dan aktifitas manusia. Perubahan garis pantai mengakibatkan memburuknya lingkungan sekitar dan kerugian dalam aspek lingkungan-sosial ekonomi (Muskananfolo et al., 2020).

Perbedaan Morfologi Pantai Membuat Tingkat Abrasi dan akresi pada setiap pantai berbeda. Perubahan morfologi atau garis pantai disebabkan dua faktor yaitu faktor eksternal (arus, gelombang, angin, dan pasang surut) dan internal (karakteristik, tipe sedimen dan lapisan dasar keberadaan sedimen). Sedimen dasar laut di pesisir Kota Meulaboh didominasi oleh ukuran butir pasir (Nugroho, 2013).

Gelombang

Gelombang laut merupakan salah satu faktor dominan yang mempengaruhi laju perubahan garis pantai. Gelombang laut terjadi karena hembusan angin dipermukaan laut, perbedaan suhu air, perbedaan kadar garam, dan letusan gunung berapi bawah laut (Mulyabakti et al., 2016).

Gelombang yang merambat menuju pantai mengalami deformasi akibat proses pendangkalan (*wave shoaling*) dan refleksi sebelum akhirnya gelombang tersebut pecah (*wave breaking*), (Triatmodjo, 1999). Refleksi adalah perubahan sudut datang gelombang yang cenderung menjadi sejajar dengan garis pantai akibat perubahan dasar laut. *Wave shoaling* adalah perubahan ketinggian gelombang yang diakibatkan pendangkalan dasar laut.

Apabila gelombang menjalar dari tempat yang dalam ke tempat yang lebih dangkal disebut juga dengan gelombang pecah. Keadaan gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringan gelombang, slope dasar laut dan sudut datang gelombang

Banjir Rob

Wilayah pesisir merupakan peralihan atau pertemuan antara darat dan laut sehingga di wilayah ini terjadi interaksi antar tiga unsur alam yaitu daratan, lautan dan atmosfer. Daerah pesisir memiliki kerentanan bencana yang sangat besar salah satunya rob. Banjir rob merupakan salah satu bencana alam yang terjadi pada wilayah pesisir pantai dengan meluapnya sejumlah volume air laut ke daerah pesisir di sekitarnya (Tritama et al., 2023).

a. *Overflowing*

Overflowing merupakan mekanisme yang sangat jarang terjadi. Pada kasus ini, banjir rob diakibatkan oleh peningkatan permukaan air laut yang sangat luar biasa. Tinggi permukaan air laut lebih tinggi dari tanggul sehingga aliran air laut mengalir melewati tanggul. Proses ini memiliki potensi bahaya yang sangat tinggi karena pada saat surut, air tertahan oleh tanggul dan menggenangi daerah pantai yang lebih rendah.

b. *Overtopping*

Overtopping terjadi akibat aktivitas gelombang air laut yang melewati tanggul. Pada kasus ini, permukaan air laut tidak lebih tinggi dari pada tanggul namun gelombang air laut mendorong air melewati tanggul. Hal ini dipengaruhi oleh amplitudo gelombang, arah dan kecepatan angin.

c. *Breach*

Mekanisme ini dapat terjadi akibat dua mekanisme sebelumnya. Hal ini ditandai dengan runtuhnya tanggul penahan

gelombang. Air laut menembus tanggul hingga masuk ke kawasan pesisir. Mekanisme ini menimbulkan dampak kerugian yang paling besar pada kawasan pesisir. *Breach* juga menyebabkan pengendapan air laut yang lebih kasar dibandingkan proses *overtopping* dan *overflowing* dengan ukuran butir sedimen yang lebih besar bahkan mekanisme ini dapat menutupi laguna.

Bangunan Pelindung Pantai

Bangunan pelindung pantai adalah segala jenis infrastruktur yang dibangun di pantai yang dapat berfungsi sebagai pelindung pantai dalam mengurangi besarnya gelombang yang sampai di pantai (Pasaribu et al., 2021). Adapun jenis-jenis bangunan pelindung pantai menurut (Retraubun et al., 2022) sebagai berikut:

1. Revetment,

Umumnya Revetment merupakan bangunan pantai konstruksi teringan dibandingkan dengan jenis-jenis bangunan pantai yang lainnya. *Revetment* mempunyai sisi miring dan biasanya terbuat dari tumpukan batu atau bronjong, sehingga lebih fleksibel dan dapat menyesuaikan diri terhadap gerusan di kaki bangunan. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di belakang bangunan.

2. Tembok laut (*sea wall*),

Sea wall berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap serang gelombang dan untuk menahan terjadinya limpasan gelombang ke daratan di belakangnya. Umumnya tembok laut di gunakan untuk melindungi daerah pemukiman dan/atau fasilitas umum yang sudah sangat dekat dengan garis pantai. Bangunan ini umumnya berbentuk dinding vertikal, miring, lengkung, atau

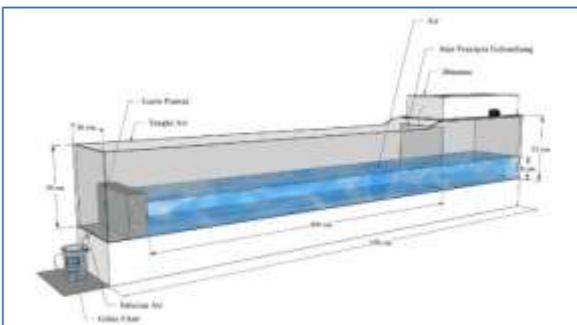
bertangga; dan bias terbuat dari pasangan batu, dinding beton, atau buis beton.

3. Breakwater

Breakwater dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang lepas pantai (*offshore*) dan pemecah gelombang sambung pantai (*inshore*). Pemecah gelombang lepas pantai (*offshore*) adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Bangunan ini direncanakan untuk melindungi pantai yang terletak di belakangnya dari serangan gelombang.

METODE PENELITIAN

Objek penelitian berupa *instrument flume wave* yang terbuat dari material akrilik dengan ukuran panjang 150 cm, lebar 20 cm dan tinggi 20 cm seperti yang diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. *Instrument Flume Wave*
(Sumber: *Objek Penelitian*, 2024)

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. Data primer diperoleh dengan cara melakukan pengamatan langsung.

Sumber data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tinggi Gelombang
2. Panjang Penjalaran Gelombang
3. Volume air sebelum dan setelah peletakan pelindung pantai

Adapun dimensi alat uji model fisik bangunan pelindung pantai yaitu:

- Panjang : 150 cm
- Lebar : 20 cm
- Tinggi : 20 cm
- Jarak alat penggerak ke garis Pantai : 100 cm
- Tinggi air didalam tangki : 6 cm
- Kecepatan alat pencipta gelombang : 10 volt, 20 volt dan 30 volt.

Pengaplikasian Alat Model Fisik Bangunan Pelindung Pantai

Adapun cara pengaplikasian alat uji model fisik bangunan pelindung Pantai adalah sebagai berikut:

1. Mengisi air pada tangki alat uji model fisik bangunan pelindung pantai.
2. Meletakkan model bangunan ke dalam alat uji, sesuai dengan perletakan masing-masing bangunan yang akan diuji.
3. Mengatur kecepatan pada saat pengujian model.
4. Mengaktifkan alat pembuat model gelombang, pada alat tersebut membutuhkan 10 kali dorongan ombak pada setiap pengujian model bangunan.
5. Menghitung waktu yang dibutuhkan selama ombak mulai bergerak hingga 10 kali dorongan.

6. Melihat volume air yang tertampung pada gelas ukur sebelum dan setelah bangunan diaplikasikan apabila terjadi overtopping.

Analisis Pengaruh Kecepatan Alat Pencipta Gelombang

Analisis pengaruh kecepatan alat pencipta gelombang dilakukan untuk melihat tinggi gelombang yang terbangkitkan. Kecepatan yang digunakan merupakan kecepatan yang dapat dihasilkan dari alat tersebut. Pada penelitian ini kecepatan yang dilakukan bervariasi yaitu 0,38 m/dt, 0,48 m/dt dan 1m/dt yang bertujuan untuk melihat perbedaan dari masing-masing kecepatan.

Analisis Pengaruh Bangunan Pantai Terhadap Model Fisik

Analisis pengaruh bangunan pantai terhadap reduksi gelombang dilakukan dengan menggunakan data hasil tinggi gelombang hasil pembangkitan gelombang dari alat pencipta gelombang. Dari data hasil pengaruh bangunan pantai kemudian ditampilkan pada grafik hubungan antara tinggi gelombang dan volume air yang ditampung pada setiap bangunan pantai yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Kecepatan Alat Pencipta Gelombang

Analisis kecepatan alat pencipta gelombang dimulai dengan memasukkan air ke *flume wave*. Air yang di tuangkan ke dalam *flume wave* di atur setinggi 6 cm. setelah air yang di tuangkan memenuhi *flume wave* maka perletakkan salah satu bangunan pada garis

pantai yang di tentukan. Percobaan pun di mulai dengan mengatur kecepatan alat pencipta gelombang.

Setiap bangunan memerlukan 10 hempasan gelombang yang di uji berdasarkan pengujian dari 3 percobaan yang di atur masing-masing adalah 10 Volt, 20 Volt, dan 30 Volt. Gelombang yang tercipta dari ke tiga percobaan tersebut akan dilihat seberapa banyak air yang akan melewati bangunan pantai pada alat uji yang tertampung pada gelas ukur.

Pengujian model alat bangunan pantai dilakukan berdasarkan 3 model yaitu model pertama berupa *sea wall*, model kedua adalah *revetment*, dan model ke tiga yaitu *break water*. Pengujian pertama yang di lakukan adalah melihat air yang *overtopping* jika tidak adanya bangunan pelindung. Keadaan air dengan gelombang maksimum yang *overtopping* pada bangunan pantai dapat di lihat pada gambar 2 dan gambar 3 berikut ini.



Gambar 2. Tinggi Gelombang Maksimum Tanpa Bangunan Pelindung

(Sumber: *Objek Penelitian, 2024*)



Gambar 3. Tinggi Limpasan Tanpa Bangunan Pelindung

(Sumber: *Objek Penelitian*, 2024)

Pada gambar 2 diperlihatkan tinggi gelombang maksimum dengan kecepatan alat pencipta gelombang sebesar 30 volt pada keadaan tanpa menggunakan pelindung pantai yaitu setinggi 3 cm. Pada gambar 3 terlihat adanya air limpasan atau *overtopping* yang melewati garis pantai sebesar 750 ml dengan pengujian yang sama sebesar 30 volt.



Gambar 4. Tinggi Gelombang Maksimum Dengan Model Pelindung Pantai *Seawall*

(Sumber: *Objek Penelitian*, 2024)



Gambar 5. Tinggi Limpasan dengan Model Pelindung Pantai *Seawall*

(Sumber: *Objek Penelitian*, 2024)

Pada gambar 4 terlihat tinggi gelombang maksimum dengan kecepatan alat pencipta gelombang sebesar 30 volt jika menggunakan pelindung pantai model *seawall* yaitu setinggi 3 cm. Pada gambar 3 terlihat adanya air limpasan atau *overtopping* yang melewati garis pantai sebesar 110 ml dengan pengujian yang sama sebesar 30 volt.



Gambar 6. Tinggi Gelombang Maksimum Dengan Model Pelindung Pantai *Revetment*

(Sumber: *Objek Penelitian*, 2024)



Gambar 7. Tinggi Limpasan dengan Model Pelindung Pantai *Revetment*

(Sumber: *Objek Penelitian*, 2024)

Pada gambar 6 terlihat tinggi gelombang maksimum dengan kecepatan alat pencipta gelombang sebesar 30 volt jika menggunakan pelindung pantai model *revetment* yaitu setinggi 3 cm. Pada gambar 3 terlihat adanya air limpasan atau *overtopping* yang melewati garis pantai sebesar 60 ml dengan pengujian yang sama sebesar 30 volt.



Gambar 8. Tinggi Gelombang Maksimum Dengan Model Pelindung Pantai *Breakwater*
(Sumber: *Objek Penelitian, 2024*)



Gambar 9. Tinggi Limpasan dengan Model Pelindung Pantai *Breakwater*
(Sumber: *Objek Penelitian, 2024*)

Pada gambar 6 terlihat tinggi gelombang maksimum dengan kecepatan alat pencipta gelombang sebesar 30 volt jika menggunakan pelindung pantai model *breakwater* yaitu setinggi 3 cm. Pada gambar 3 terlihat adanya air limpasan atau *overtopping* yang melewati garis pantai sebesar 0 ml dengan pengujian yang sama sebesar 30 volt. Ketinggian air sebelum alat pencipta gelombang diaktifkan adalah setinggi 6 cm dari dasar model. Adapun variasi kecepatan alat pencipta gelombang terhadap pengujian ini di tabelaris seperti yang terlihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Tinggi Gelombang Awal

Kecepatan Alat Pencipta Gelombang (m/dt)	Tinggi Muka Air ke Dasar Flume (cm)	Tinggi Gelombang Awal (cm)
0,38 (10 volt)	6	0,2
0,48 (20 volt)	6	0,5
1,00 (30 volt)	6	2,0

(Sumber: *Hasil Analisa, 2024*)

Gelombang yang merambat dari titik pembangkitan gelombang terjadi *backwave* ketika gelombang sampai di garis pantai atau gelombang membentur bangunan pantai. Akibat *backwave* yang terjadi tinggi gelombang menjadi lebih besar dan terjadi tinggi gelombang maksimum pada percobaan disetiap kecepatan yang digunakan. Tinggi gelombang maksimum pada masing-masing percobaan ditampilkan pada tabel 2.

Model Bangunan	Jumlah Hempasan	Kecepatan Alat (m/dt)	Tinggi Gelombang Awal (cm)	Tinggi Maksimum Gelombang (cm)
Tanpa bangunan	10 kali	0,38	0,2	0,2
		0,48	0,5	1,5
		1,00	2,0	3,0
Seawall	10 kali	0,38	0,2	0,2
		0,48	0,5	1,5
		1,00	2,0	4,0
Revetment	10 kali	0,38	0,2	0,2
		0,48	0,5	1,5
		1,00	2,0	3,0
Breakwater	10 kali	0,38	0,2	1,0
		0,48	0,5	1,2
		1,00	2,0	4,0

Berdasarkan tabel 2 menjelaskan

garis pantai pada flume model membuat tinggi gelombang meningkat 1 sampai 2 kali dari tinggi gelombang awal

2) Hubungan Bangunan Pantai dan Volume Limpasan

Gelombang yang menjalar ke garis pantai yang ditunjukkan pada flume model membuat air mengalami limpasan pada gelombang yang dibangkitkan dengan kecepatan 1,0 m/d. Limpasan yang terjadi pada model tanpa bangunan pelindung pantai ini menandakan daerah belakang garis pantai terjadi pergenangan. Peletakan bangunan pantai bertujuan untuk melindungi pantai dari limpasan gelombang, Volume limpasan pada ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini.

pada model tanpa bangunan pelindung pantai ini menandakan daerah belakang garis pantai terjadi pergenangan. Peletakan bangunan pantai bertujuan untuk melindungi pantai dari limpasan gelombang, Volume limpasan pada ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini.

Berdasarkan tabel 3 dibawah ini ditunjukkan bahwa limpasan terjadi saat tinggi gelombang maksimum yang dibangkitkan dengan kecepatan alat 1 m/dt (30 volt). Gelombang maksimal yang tanpa pelindung pantai membuat limpasan sebesar 750 ml. *Seawall* membuat limpasan menjadi lebih baik dikarenakan gelombang maksimum yang membuat limpasan terhadang, namun masih terjadi limpasan sebesar 110 ml.

Tabel 3. Volume Limpasan

Model Bangunan	Jumlah Hempasan	Kecepatan Alat (m/dt)	Tinggi Maksimum Gelombang (cm)	Volume Limpasan (ml)
Tanpa bangunan	10 kali	0,38	0,2	0
		0,48	1,5	0
		1,00	3,0	750
<i>Seawall Seawall</i>	10 kali 10 kali	0,38	0,2	0
		0,48	1,5	0
		1,00	4,0	110
<i>Revetment</i>	10 kali	0,38	0,2	0
		0,48	1,5	0
		1,00	3,0	60
<i>Breakwater</i>	10 kali	0,38	1,0	0
		0,48	1,2	0
		1,00	4,0	0

(Sumber: Hasil Analisa, 2024)

Besar limpasan yang tertampung dengan bangunan pantai berupa *revetment* lebih kecil yaitu sebesar 65 ml. *Breakwater* menunjukkan kondisi yang lebih baik yang dilihat dengan tidak terjadinya limpasan meskipun saat gelombang maksimum. Hubungan antara Limpasan dan Model Bangunan ditunjukkan pada gambar 10 berikut.



Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Limpasan Dan Model Bangunan

(Sumber: Hasil analisa, 2024)

Berdasarkan gambar 10 hubungan antara limpasan dengan model bangunan pantai, keadaan limpasan dengan percobaan 10 Volt dan 20 Volt berada pada angka 0 dan berbanding lurus pada grafik. Sedangkan pada percobaan dengan 30 Volt limpasan

tertinggi yang dapat di capai adalah 750 ml dengan tanpa bangunan, 110 ml pada *seawall*, 60 ml pada *revetment* hingga turrun menjadi 0 pada *breakwater*

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut

1. Instrumen *flume wave* yang digunakan menghasilkan gelombang yang berasal dari kecepatan alat pembangkit gelombang. Tinggi gelombang 0,2 cm dihasilkan dari kecepatan alat 0,38 m/dt (10 volt), tinggi gelombang 0,5 cm dihasilkan dari kecepatan alat 0,48 m/dt (20 volt) dan tinggi gelombang 2 cm dihasilkan dari kecepatan alat 1,00 m/dt (30 volt).
2. Kondisi gelombang mencapai garis pantai dan mengalami limpasan sebesar 750 ml tanpa pelindung pantai pada kecepatan 1,00 m/dt (30 volt). Kondisi limpasan menjadi lebih kecil ketika bangunan pantai diaplikasikan dengan limpasan berkisar antara 110 – 0 ml.
3. Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 bangunan yang lebih baik dalam mereduksi gelombang laut adalah *breakwater* dimana tidak terdapat limpasan.

Adapun saran yang diharapkan dapat bermanfaat setelah proses penelitian ini selesai antara lain adalah:

1. Pemodelan fisik lebih baik didahului dengan perencanaan dan perhitungan secara sistematis.

2. Perhitungan gelombang disarankan merupakan data hasil pembangkitan gelombang dengan memperhitungkan angin, pasang surut, dll.

DAFTAR PUSTAKA

Buku dan Jurnal

- Aco, F. (2019). *Mitigasi Bencana Berbasis Dana Desa Dalam Menghadapi Bahaya Tebing Rawan Sepanjang Di Gunungkidul*. 3(2), 139–155.
- Anggraini, N., Marpaung, S., Hartuti, M., Kalisari, J., No, L., Rebo, P., & Timur, J. (2017). *Analisis Perubahan Garis Pantai Ujung Pangkah Dengan Menggunakan Metode Edge Detection Dan Normalized (UjungPangkah Shoreline Change Analysis Using Edge Detection Method And Normalized Difference Water Index)*. 65–78.
- Arief, M., Winarso, G., & Prayogo, T. (2011). *Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat Di Kabupaten Kendal. Penginderaan Jauh*, 8, 71–80.
- Buana, D. W. W., & Sunarta, I. N. (2015). *Peranan Sektor Informal Dalam Menjaga Kebersihan Lingkungan Di Daya Tarik Wisata Pantai Sanur. Jurnal Destinasi Pariwisata*, 3(1), 35–44.
- Chandra, R. K., & Supriharjo, R. D. (2013). *Mitigasi Bencana Banjir Rob Di Jakarta Utara. Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 25–30.
- Erwiyana, L., Salim, N., & Aliehudin, A. (2022). *Studi Perencanaan Konstruksi Pelindung Pantai Pada Wilayah Industri Di Pesisir Pantai Blekok Situbondo*. 3(5), 492–501.

- Jaya, D. J. (2023). Kajian Bangunan Pelindung Pantai Dari Bahaya Abrasi / Erosi Dengan Menggunakan Breakwater Di Indonesia. *Jips| Jurnal Informasi, Perkebunan Dan Sipil*, 3(1), 32–46.
- Jayakumar, K., & Malarvannan, S. (2016). *Assessment Of Shoreline Changes Over The Northern Tamil Nadu Coast, South India Using Webgis Techniques. Journal Of Coastal Conservation*. <https://doi.org/10.1007/S11852-016-0461-9>
- Kabir, M. A., Salauddin, M., Hossain, K. T., Tanim, I. A., Saddam, M. M. H., & Ahmad, A. U. (2020). *Assessing The Shoreline Dynamics Of Hatiya Island Of Meghna Estuary In Bangladesh Using Multiband Satellite Imageries And Hydro-Meteorological Data*. *Regional Studies In Marine Science*, 35, 101167.1
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2015). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/Prt/M/2015 Tentang Pengaman Pantai*.
- Kusumawardhani, A. D. (2012). *Pemanfaatan Model Hidrodinamika Untuk Estimasi Genangan Rob Di Teluk Jakarta*
- Mahapatra, M., Ratheesh, R., & Rajawat, A. S. (2014). *Shoreline Change Analysis Along The Coast Of South Gujarat, India, Using Digital Shoreline Analysis System*. <https://doi.org/10.1007/S12524-013-0334-8>
- Mulyabakti, C., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2016). Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur. *Jurnal Sipil Statik*, 4(9), 585–594.
- Muskananfolo, M. R., Supriharyono, & Febrianto, S. (2020). Spatio-Temporal Analysis Of Shoreline Change Along The Coast Of Sayung Demak, Indonesia Using Digital Shoreline Analysis System. *Regional Studies In Marine Science*, 34, 101060.
- Niya, A. K., Alesheikh, A. A., & Soltanpour, M. (2013). *Shoreline Change Mapping Using Remote Sensing And Gis. January 2019*.
- Nugroho, S. H. (2013). Analisa Perubahan Garis Pantai Akibat Gempa Dan Tsunami Di Pesisir Meulaboh, Nanggroe Aceh Darussalam. *Oseana*, 38(1), 63–74.
- Nurisman, N., & Tarigan, T. A. B. (2021). *Jurnal Penelitian Sains*. *Jurnal Penelitian Sains*, 21(3), 163–167.
- Pasaribu, R., Irwan, A., & Pattirane, C. (2021). Studi Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Penanggulangan Abrasi Di Pantai Utara Karawang. *Jurnal Kelautan Nasional*, 16(3), 223. <https://doi.org/10.15578/Jkn.V16i3.9831>
- Poornima, K., Sriganesh, J., & Annadurai, R. (2016). *Coastal Structures ' Influence On The North Chennai Shore Using Remote Sensing And Gis Techniques. December 2015*.
- Pouzet, P., & Maanan, M. (2020). Temporal Approaches Of Historical Extreme Storm Events Based On Sedimentological Archives. *Journal Of African Earth Sciences*, 162(September).

<https://doi.org/10.1016/J.Jafrearsci.2019.103710>

- Sulaiman, D. M., & Ernawan, M. (2010). Uji Model Fisik 3d Pemecah Gelombang Ambang Rendah Berbahan Geotube Untuk Pengendalian Erosi Pantai Studi Kasus Pantai Cikidang, Kabupaten Ciamis. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 1(2), 95–192.
- Syahputra, I., & Yuliana, H. (2019). Pemodelan Kecepatan Arus Dan Tinggi Gelombang Pada Rencana Breakwater Kolam Pelabuhan Meulaboh Dengan Menggunakan Program Delf3d. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 5(2), 59–67.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*, Beta Offset. Beta Offset. Triatmodjo B. (2003). *Hidraulika Ii*.