

PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG (BREAKWATER) DI DAERAH PANTAI DESA SAONEK KABUPATEN RAJA AMPAT PROVINSI PAPUA BARAT

Nurul Fajri T Rizal

Tommy Jansen, Arthur H. Thambas

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: *Fajri2901@gmail.com*

ABSTRAK

Erosi garis pantai (abrasi) merupakan merupakan salah satu masalah yang terjadi di daerah pantai. Salah satu daerah pantai yang mengalami ialah daerah pantai desa Saonek yang berada di Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat. Untuk mengatasi erosi pihak terkait sudah melakukan pembangunan Talud namun sudah rusak, oleh karena itu diperlukan perencanaan bangunan pantai yang baru. Berdasarkan hasil analisis bangunan pemecah gelombang (breakwater) yang terbaik dalam meminimalisir masalah abrasi. Maka perlu adanya perhitungan pemecah gelombang pada daerah tersebut. Dalam perencanaan pemecah gelombang diperlukan data-data seperti data gelombang angin, pasang surut, transport sedimen serta peta bathimetri, data-data ini kemudian di analisis. Setelah di analisis dapat direncanakan pemecah gelombang dengan tipe sisi miring yang dipilih serta material dari batu pecah dan tetrapod dengan tiga alternatif kemungkinan. Dari tiga alternatif tersebut dapat ditentukan dimensi serta parameter lain di bangunan pemecah gelombang di daerah Pantai Desa Saonek.

Kata Kunci: *Pemecah Gelombang, Abrasi, Saonek*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Abrasi merupakan dampak negatif dari fenomena kenaikan muka air laut yang dapat dirasakan secara langsung. Peningkatan muka air laut yang dipicu pemanasan global yang menyebabkan perubahan iklim menjadi berkurangnya luas kawasan pesisir.

Salah satu daerah pantai yang mengalami erosi ialah daerah pantai di desa Saonek yang berada di gugusan kepulauan Raja Ampat Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat. Untuk mengatasi erosi pihak terkait sudah melakukan pembangunan talud di sepanjang pesisir pulau pada tahun 2014, namun kondisi talud sudah hancur akibat perancangan yang kurang baik dan efisien.

Untuk menghindari kerusakan lebih lanjut, kiranya perlu diadakan bangunan pelindung pantai baru yang berfungsi untuk mencegah kerusakan pantai yang sudah terjadi sebelumnya. Oleh karena itu diperlukan perencanaan bangunan pengaman pantai yang tidak merusak ekosistem di bawah laut dan mengganggu mata pencaharian warga setempat, maka perencanaan bangunan pengaman pantai ditindaklanjuti dari hasil

penelitian sebelumnya yang sudah dihitung dan diteliti

Rumusan Masalah

Berdasarkan fenomena yang terjadi, kerusakan pantai di desa saonek merugikan banyak pihak oleh karena itu perlu di buat perencanaan bangunan pengaman pantai yang baru di pantai desa Saonek kepulauan Raja Ampat.

Batasan Masalah

- Daerah tinjauan di daerah pantai desa Saonek kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat.
- Data pasang surut, karakteristik gelombang, serta data transpor sedimen di ambil sesuai penelitian sebelumnya.
- Perencanaan Breakwater meliputi lay out, tipe dan bentuk, serta dimensi breakwater yang diusulkan.
- Investigasi Geoteknik tidak ditinjau.
- Analisis finansial tidak diperhitungkan.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan merencanakan dan merancang pemecah gelombang sebagai alternatif untuk melindungi daerah pantai desa

saonek dari pengaruh arus, gelombang, dan pasang surut. Dari hasil analisis dapat ditentukan layout, tipe, bentuk dan dimensi dari pemecah gelombang yang akan digunakan.

Manfaat Penelitian

- Menjadi bahan pertimbangan bagi pihak terkait sebagai alternatif dalam penanggulangan masalah yang terjadi di pantai desa Saonek.
- Memberikan khasanah pengetahuan bagi penulis dan pembaca tentang perencanaan pemecah gelombang.

LANDASAN TEORI

Gambaran Umum Pantai

Istilah pantai sering rancu dalam pemakaiannya yaitu antara *coast* (pesisir) dan *shore* (pantai). Definisi *coast* (pesisir) adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan *shore* (pantai) adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh pasang tertinggi dan surut terendah.

Gelombang

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung dari gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena gempa di laut atau letusan gunung berapi di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan sebagainya.

Deformasi Gelombang

Suatu gelombang yang menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk atau deformasi gelombang. Perubahan bentuk gelombang ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti refraksi gelombang, refleksi gelombang, difraksi gelombang, serta gelombang pecah.

Fluktuasi Muka Air Laut

Elevasi muka air laut rencana termasuk parameter penting dalam perencanaan

bangunan pantai. Fluktuasi dari elevasi muka air tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter seperti pasang surut, *wave set up*, *wind set up*, serta parameter lain berupa kenaikan muka air akibat pemanasan global maupun tsunami.

Pasang Surut

Pasang surut merupakan fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Ada empat model pasang surut yang bisa dibedakan yaitu pasang surut harian tunggal, pasang surut campuran condong harian tunggal, pasang surut harian ganda, dan pasang surut campuran condong ke harian ganda.

Kenaikan Muka Air Karena Gelombang

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap muka air diam di sekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian titik dimana gelombang pecah permukaan air miring ke atas ke arah pantai. Turunnya muka air tersebut dikenal dengan *wave set-down*, sedangkan naiknya muka air disebut *wave set-up*.

Wave set-up di pantai dihitung dengan menggunakan teori Longuet-Higgins dan Stewart (1963, dalam CERC 1984) diberikan dalam rumus:

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b$$

dengan:

- Sw = *set-up* di daerah gelombang pecah
- Hb = tinggi gelombang pecah (m)
- T = periode gelombang (detik)
- g = gaya gravitasi (m/s²)

Kenaikan Muka Air Karena Angin

Angin dengan kecepatan besar (badai) yang terjadi di atas permukaan laut bisa membangkitkan fluktuasi muka air yang besar di sepanjang pantai jika badai tersebut cukup kuat dan daerah pantai dangkal dan luas. Penentuan elevasi muka air rencana selama terjadinya badai adalah sangat kompleks di mana melibatkan interaksi antara angin dan air, perbedaan tekanan atmosfer, dan beberapa parameter lainnya. Kenaikan muka air laut

karena badai dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$I_w = C_w \left(\frac{P_u}{P_a} \right) \left(\frac{U^2}{gd} \right)$$

$$W_s = I_w \frac{F}{2}$$

dengan:

- u = kecepatan angin (m/s²)
- F = panjang *fetch* (m)
- Cw = koefisien gesek antara udara dengan air = 0,8 . 10⁻³ – 3,0 . 10⁻³
- Pu = rapat massa udara = 1,21 kg/m³
- Pa = rapat massa air laut = 1,026 ton/m³
- Iw = gradien muka air laut rerata (m)
- d = kedalaman air laut (m)
- Ws = tinggi *wind set-up* (m)

Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah pantai terhadap gelombang. Hal-hal yang perlu diketahui dalam perencanaan pemecah gelombang antara lain tata letak, penentuan kondisi perencanaan, dan seleksi tipe struktur yang akan digunakan Pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu pemecah gelombang sisi miring, pemecah gelombang sisi tegak, pemecah gelombang campuran.

Tipe	Keuntungan	Kerugian
Breakwater Sisi Miring	1. Elevasi puncak bangunan rendah	1. Jumlah material besar
	2. Gelombang refleksi kecil/meredam energi gelombang	2. Pelaksanaan pekerjaan lama
	3. Kerusakan berangsur-angsur	3. Kemungkinan kerusakan saat pelaksanaan besar
	4. Perbaikan mudah	4. Lebar dasar besar
	5. Murah	
Breakwater Sisi Tegak	1. Pelaksanaan pekerjaan cepat	1. Mahal
	2. Kemungkinan kerusakan saat 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. Perlu tempat pembuatan kaisan yang luas
	5. Biaya perawatan kecil	5. Jika rusak sulit diperbaiki
Breakwater Campuran	1. Pelaksanaan pekerjaan cepat	1. Mahal
	2. Kemungkinan kerusakan saat pelaksanaan kecil	2. Diperlukan peralatan berat
	3. Luas perairan pelabuhan besar	3. Perlu tempat pembuatan kaisan yang luas

Gambar 1. Keuntungan & Kerugian Pemecah Gelombang

Sumber: Triatmodjo, 2010

Berat Batu pelindung

Dalam perencanaan pemecah gelombang sisi miring, ditentukan berat butir batu pelindung dengan menggunakan rumus Hudson.

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D(Sr - 1)^3 \cot \theta}$$

$$Sr = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

Dengan:

- W : berat butir batu pelindung
- γ_r : berat jenis batu
- γ_a : berat jenis air laut
- H : tinggi gelombang rencana
- θ : sudut kemiringan sisi pemecah gelombang
- K_D : koefisien stabilitas batu pelindung

Dimensi Pemecah Gelombang Sisi Miring Elevasi Pemecah Gelombang

Elevasi pemecah gelombang diperoleh dengan rumus berikut:

$$El_{pem.gel} = HWL + R_U + \text{Tinggi bebas}$$

Di mana R_U merupakan nilai *run up* gelombang yang diperoleh dari fungsi Iribaren:

$$I_r = \frac{tg \theta}{\left(\frac{H}{L_o} \right)^{0.5}}$$

dimana:

- I_r = bilangan Iribaren
- θ = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang
- H = tinggi gelombang di lokasi bangunan
- L_o = panjang gelombang di laut dalam

Lebar Puncak Pemecah Gelombang

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$B = nK_A \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

dengan:

- B = lebar puncak (m)
- n = Jumlah Butir Batu
- K_A = koefisien Lapis
- W = berat butir batu pelindung
- γ_r = berat jenis batu

Tebal lapis pelindung

Tebal lapis pelindung diberikan dalam rumus berikut :

$$t = nK_{\Delta} \left(\frac{W}{Y_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Dimana:

- t= tebal lapis pelindung
- n= jumlah lapis batu dalam lapis pelindung
- K_Δ= koefisien yang diberikan dalam Tabel

METODOLOGI PENELITIAN

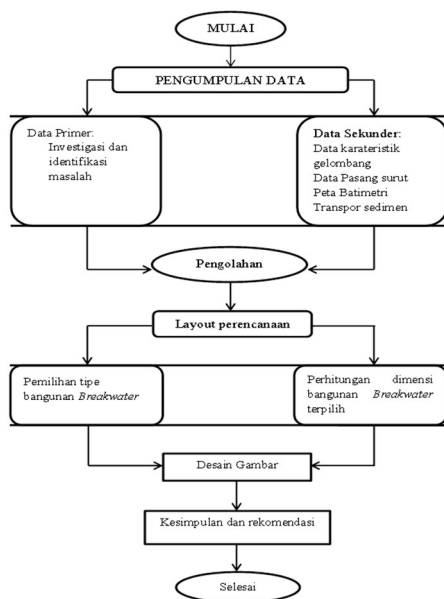
Pengumpulan Informasi

Pengumpulan informasi dilakukan guna mengetahui permasalahan apa yg ada di daerah pantai Desa Saonek. Pengumpulan informasi ini berupa investigasi dan identifikasi permasalahan pantai.

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data sekunder. Data sekunder adalah data yang bersumber dari tulisan seperti buku laporan, peraturan- peraturan, dokumen, dan sebagainya (Marzuki, 1977). Data-data yang dimaksud meliputi data Angin, data pasang surut, data karakteristik gelombang, data transport sedimen, Peta batimetri, Peta lokasi.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada perencanaan pemecah gelombang ini, dilakukan perhitungan dengan menggunakan tiga alternatif yang dibedakan yakni untuk cot θ = 1,5 cot θ = 2, dan cot θ = 3. Pengaruh dari kemiringan ini adalah terhadap absorpsi gelombang dan juga material yang digunakan.

Hitungan berat lapis lindung didasarkan pada dua jenis batu, yaitu batu pecah dan batu buatan (tetrapod).

Berat Batu Pelindung

Perhitungan cot θ = 1,5

BatuPecah

$$W_1 = \frac{2,6^{ton/m^3} \times (1.8 m)^3}{2(2,53-1)^3 \times 1,5} =$$

$$D = 2 \times \sqrt[3]{\left[\frac{3}{4} \times \frac{W/Y_r}{\pi} \right]}$$

$$D = 2 \times \sqrt[3]{\left[\frac{3}{4} \times \frac{3600/2600}{\pi} \right]} = \text{cm}$$

$$W_2 = \frac{W_1}{10} = \frac{3,6}{10} = 0.36 \text{ ton} \approx 360 \text{ kg}$$

$$D = 2 \times \sqrt[3]{\left[\frac{3}{4} \times \frac{3600/2600}{\pi} \right]} = \text{cm}$$

$$W_3 = \frac{W_1}{200} = \frac{3,6}{200} = 0.018 \text{ ton} \approx 18 \text{ kg}$$

$$D = 2 \times \sqrt[3]{\left[\frac{3}{4} \times \frac{3600/2600}{\pi} \right]} = \text{cm}$$

Tetrapod

$$W_1 = \frac{2,4^{ton/m^3} \times (1.8 m)^3}{2(2,33-1)^3 \times 1,5}$$

$$W_1 = 0.495 \text{ ton}$$

Tabel 1. Berat dan Ukuran Batu Pelindung

cot	Berat Batu Pelindung			Tetrapod	Ukuran Butiran		
	Batu Pecah				Batu Pecah		
	W1(Kg)	W2(Kg)	W3(Kg)		W1(cm)	W2(cm)	W3(cm)
1.5	322	241.55	161	113.15	61.8	57	50
2	32.2	24.15	16.1	85	28.7	26	22
3	1.61	1.2	1	57	10	9.5	9

Lebar Puncak

Perhitungan cot θ = 1,5

Untuk lebar puncak tetrapod :

$$T_l = 2 \times 2 \left(\frac{113.15 \text{ kg}}{2400 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} = 1.45 \text{ m}$$

Untuk lebar puncak batu pecah 1 :

$$B_1 = 2 \times 1,15 \left(\frac{322 \text{ kg}}{2600 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} = 1.17 \text{ m}$$

Untuk lebar puncak batu pecah 2 :

$$B_2 = 2 \times 1,15 \left(\frac{32.2 \text{ kg}}{2600 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} = 0.55 \text{ m}$$

Untuk lebar puncak batu pecah 3 :

$$B_3 = 2 \times 1,15 \left(\frac{1.61 \text{ kg}}{2600 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} = 0.2 \text{ m}$$

Tabel 2. Lebar Puncak

Cot	Lebar Puncak			
	Tetrapod (m)	Batu Pecah B1 (m)	Batu Pecah B2 (m)	Batu Pecah B3 (m)
1.5	1.45	1.17	0.55	0.2
2	1.3	1.07	0.5	0.18
3	1.15	0.93	0.43	0.17

Tebal Lapisan

Perhitungan cot $\theta = 1,5$

Tebal lapisan 1 untuk tetrapod

$$T_1 = 2 \times 1,04 \left(\frac{322 \text{ kg}}{2400 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} = 0.75 \text{ m}$$

Tebal lapisan 1 untuk batu pecah

$$B = 2 \times 1,15 \left(\frac{3600 \text{ kg}}{2600 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} = 1.14 \text{ m}$$

Tebal lapisan 2 hanya untuk batu pecah

$$B_2 = 2 \times 1,15 \left(\frac{32.2 \text{ kg}}{2600 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/3} = 0.54 \text{ m}$$

Tabel 3. Tebal Lapisan

Cot	Tebal Lapisan		
	Tetrapod	Batu Pecah W1 (m)	Batu Pecah W2 (m)
1.5	0.75	0.7	0.6
2	1.14	1	0.9
3	0.54	0.5	0.4

Elevasi Puncak

Perhitungan cot $\theta = 1,5$

$$I_r = \frac{\frac{1}{1.5}}{(1.1 \text{ m}/35.345 \text{ m})^{0.5}} = 3.7$$

Dari grafik runup gelombang:

$$R_U/H = 1,23$$

$$R_U = 1,23 \times 1,1 \text{ m} = 1.353 \text{ m}$$

Sehingga elevasi bangunan pemecah gelombang dapat dihitung, sebagai berikut:

$$\text{Elevasi puncak} = \text{DWL} + R_U + \text{Tinggi Jagaan} = 2.94 \text{ m} + 1.353 + 0,5 \text{ m} = 4.793 \text{ m}$$

Elevasi bangunan =

$$\text{Elevasi Puncak} - \text{elevasi dasar laut}$$

$$= 4.793 - (-3) = 7.793 \text{ m}$$

Tabel 4. Elevasi Bangunan

Cot	Elevasi			
	I_r	R_U	Elevasi Puncak (m)	Elevasi Bangunan(m)
1.5	1.23	1,353	4,793	7,793
2	1.12	1,232	4,672	7,672
3	0.9	1	4,44	7,44

Pelindung Kaki

Pelindung kaki dari tumpukan batu berfungsi untuk melindungi tanah fondasi akibat dari gerusan yang disebabkan oleh gelombang.

Perhitungan cot $\theta = 1,5$

Tinggi Pelindung Kaki

Untuk perhitungan tinggi pelindung kaki ukurannya sama dengan tebal lapisan tetrapod, yaitu untuk Cot $\theta = 1,5$ ialah 0.75 m.

Lebar Pelindung Kaki

Untuk perhitungan lebar pelindung kaki di hitung dengan dengan persamaan $B = 3H - 5H$. Untuk perhitungan kali ini di ambil $B = 3H$, dimana:

$$B = 3 \times 1.1 = 3.3 \text{ m}$$

Berat Pelindung Kaki

$$W = \frac{2.6 \text{ t/m}^3 \times 1.1^3}{30 \times (2.53 - 1)^3}$$

$$W = 32.2 \text{ kg}$$

$$D = 2 \times \sqrt[3]{\left[\frac{3}{4} \times \frac{32.2/2600}{\pi} \right]} = 0.29 \text{ m} = 29 \text{ cm}$$

Tabel 5. Dimensi Pelindung Kaki

Cot	Pelindung Kaki			
	Tinggi (m)	Lebar (m)	Berat (kg)	Ukuran (cm)
1.5	0.75	3.3	32.2	29
2	0.7	3.3	37.1	30
3	0.6	3.3	43.9	31.8

**Spesifikasi Tetrapod
Perhitungan cot θ = 1,5**

Berdasarkan hasil perhitungan berat lapis pelindung pada bangunan Pemecah Gelombang, maka dapat dihitung spesifikasi tetrapod yang akan di gunakan.

Diketahui W = 113.15, berdasarkan hubungan antar volume dan berat suatu benda, maka volume tetrapod:

$$\text{Volume} = \frac{113.15}{2400} = 0.05 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = 0.280 \times H^3$$

$$H^3 = \frac{0.05}{0.28}$$

$$H^2 = \frac{0.18}{1,1}$$

$$H = \sqrt{0.162} = 0.4 \text{ m}$$

Berdasarkan nilai H yang telah diperoleh, maka dapat dihitung spesifikasi tetrapod yang akan digunakan.

Tabel 6. Dimensi Tetrapod

NO	Dimensi Tetrapod	Cot 1.5	Cot 2	Cot 3
		W = 113,5 kg	W = 85 kg	W = 57 kg
1	A	0.1208 m	0.0906 m	0.0604 m
2	B	0.0604 m	0.0453 m	0.0302 m
3	C	0.1908 m	0.1431 m	0.0954 m
4	D	0.188 m	0.141 m	0.094 m
5	E	0.094 m	0.0705 m	0.047 m
6	F	0.2576 m	0.1932 m	0.1288 m
7	G	0.086 m	0.0645 m	0.043 m
8	H	0.4 m	0.3 m	0.2 m
9	I	0.2424 m	0.1818 m	0.1212 m
10	J	0.1212 m	0.0909 m	0.0606 m
11	K	0.4364 m	0.3273 m	0.2182 m
12	L	0.4804 m	0.3603 m	0.2402 m

Analisis

Dari hasil perhitungan dari beberapa alternatif dapat digambarkan potongan melintang dari masing-masing alternatif. Dengan adanya gambar maka penulis dapat mencari luasan sehingga dapat mengetahui

volume per 1 meter panjang dari masing-masing alternatif.

Tabel 7. Volume Pemecah Gelombang

Volume BW (m3) per 1 meter panjang						
Detail	Alternatif cot 1.5		Alternatif cot 2		Alternatif cot 3	
	Batu Pecah	Tetrapod	Batu Pecah	Tetrapod	Batu Pecah	Tetrapod
W1	28,5217		32		42,5353	
W2	10,6126	15,3656	12,498	17,5481	15,067	21,7909
W3	45,1693		61,5225		97,2926	
Total	84,3036	15,3656	106,0205	17,5481	154,8949	21,7909

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan pemecah gelombang di daerah pantai desa Saonek adalah :

1. Tipe pemecah gelombang yang dipilih ialah pemecah gelombang sisi miring.
2. untuk perhitungan pemecah gelombang dibuat dengan tiga alternatif yang dibedakan dari kemiringannya yaitu untuk cotθ 1.5, cotθ 2, dan cotθ 3.
3. Dari hasil perhitungan dimensi breakwater berat, tebal, lebar, elevasi bangunan serta ukiran butiran batu di dapatkan dan diperoleh untuk digunakan dalam desain di lokasi studi.

Saran

1. Perencanaan ini tidak mempertimbangkan aspek finansial, sehingga perlu adanya kajian lebih lanjut sehingga dapat menentukan alternatif mana yang lebih efisien dari segi aspek finansial.
2. Perencanaan ini juga tidak melakukan analisis terhadap tanah, oleh karena itu perlu adanya penelitian lebih lanjut sehingga mampu merencanakan seberapa stabil bangunan pemecah gelombang yang akan direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

CERC, 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering, Research Center, Washington.

- Dauhan, S. K., H. Tawas, H. Tangkudung, J. D. Mamoto, 2013. *Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai Di Atep Oki*, Jurnal Teknik Sipil Statik Vol.1 No.12, November 2013 (784-796) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Thambas, A. H., Nur Yuwono., 2003, *Model Distribusi Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya Dalam Peramalan Gelombang di Wilayah Tengah Indonesia: Pulau Jawa, Sulawesi Selatan*, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang., 1996, *Pelabuhan, Beta Offset*,. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang., 1999, *Teknik Pantai, Beta Offset*, Yogyakarta.
- Yong, Ayub Giovano., A. H. Thambas, Tommy Jansen, 2019. *Alternatif Bangunan Pengaman Pantai Di Desa Saonek, Kabupaten Raja Ampat*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Halaman ini sengaja dikosongkan