

ANALISIS STABILITAS STRUKTUR *REVTMENT* DI PANTAI JEMPOL LABUHAN SUMBAWA

Adi Mawardin¹, Firman Rizki², Eti Kurniati³

^{1), 2), 3)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sumbawa

¹adi.mawardin@uts.ac.id, ²rizkifirman799@gmail.com, ³eti.kurniawati@uts.ac.id

ABSTRACT

Jempol beach revetment is a coastal protective building whose existence has been long enough on the coast of Jempol Sumbawa regency. This beach building has been 10 years old since its construction in 2010. With the long age of the building, the building can experience weaknesses in its stability due to external factors that affect the strength of the building. Waves are the biggest factor that can cause damage to revetment. Waves can appear due to the presence of wind and based on the length of fetch or wave generator. The greater the wind and the fetch distance, the bigger the waves in the area. Based on the conditions in this location, there is some damage to the revetment for example damage to the topping part of the revetment caused by wave runoff that is too high and not in accordance with the elevation of the building, this can result in other buildings around the revetment threatened to be damaged as well.

Keywords: *Revetment, Wave, Damage, Jempol beach*

ABSTRAK

Revetmen pantai Jempol merupakan bangunan pelindung pantai yang keberadaannya sudah cukup lama di pantai Jempol kabupaten Sumbawa. Bangunan pantai ini telah berusia 10 tahun sejak tahun pembuatannya yaitu tahun 2010. Dengan usia bangunan yang cukup lama ini, bangunan bisa mengalami kelemahan pada stabilitasnya karena adanya faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi kekuatan bangunan tersebut. Gelombang adalah faktor terbesar yang bisa menyebabkan kerusakan pada revetment. Gelombang bisa muncul karena adanya angin dan berdasarkan panjang fetch atau pembangkit gelombang. Semakin besar angin dan jarak fetchnya maka semakin besar pula gelombang yang ada pada daerah tersebut. Berdasarkan kondisi yang ada di lokasi ini, terdapat beberapa kerusakan pada revetmennya misalnya kerusakan pada bagian *topping revetment* diakibatkan limpasan gelombang yang terlalu tinggi dan tidak sesuai dengan elevasi bangunan, hal ini bisa mengakibatkan bangunan lainnya yang ada disekitar *revetment* terancam rusak juga.

Kata Kunci: *Revetment, Gelombang, Pantai jempol*

PENDAHULUAN

Pantai merupakan salah satu wilayah yang tidak luput dari air laut dan ombak. Oleh karena itu, sering terjadi pengikisan (erosi) yang diakibatkan oleh hampasan gelombang pada air laut. Maka untuk mengantisipasi atau meminimalisir hal tersebut perlu direncanakan bangunan pelindung pantai. Ada beberapa jenis bangunan pelindung pantai diantaranya *revetment*, *jetty*, *groyne*, pemecah gelombang (*break water*), tembok laut (*seawall*) dan lain sebagainya. Di Pantai Jempol, Labuhan Sumbawa sendiri, jenis bangunan pelindung pantai yang digunakan adalah *revetment*.

Pada penelitian ini akan dianalisis stabilitas struktur bangunan *revetment* di pantai jempol labuhan sumbawa. Tapi yang menjadi parameter

dilakukannya penelitian ini karena adanya kerusakan daerah pantai baik dari segi fasilitas maupun bangunan pantainya. Oleh karena itu, perlu dianalisis tingkat kerusakan pantai untuk diketahui apakah pantai mengalami kerusakan berat atau ringan. Ada beberapa indikator yang dijadikan parameter kerusakan pantai diantaranya erosi, abrasi dan pendangkalan muara dan sedimentasi. Ketika poin tingkat kerusakannya melebihi batas normal, maka perlu dilakukan perbaikan. Adapun untuk analisis stabilitas struktur *revetment*, faktor-faktor umum yang dijadikan dalam proses evaluasi diantaranya analisis angin, analisis *fetch*, analisis gelombang dan analisis pengaruh pasang surut air laut. Selain itu ada juga faktor tambahan yaitu analisis

stabilitas pelindung kaki *revetment* (*toe protection*).

Revetment di Pantai Jempol, Labuhan Sumbawa merupakan bangunan pantai yang keberadaannya sudah cukup lama, usianya kurang lebih 10 tahun dari mulai awal pembangunannya yaitu dibangun sejak tahun 2010. Hal inilah yang menjadi faktor pendorong perlu adanya analisis stabilitas struktur *revetment* di Pantai Jempol, Labuhan Sumbawa berhubung usia bangunan yang sudah cukup lama.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bangunan Pelindung Pantai

Menurut Bambang Triatmodjo dalam Putra R.E, bangunan pelindung pantai adalah suatu bangunan yang digunakan untuk melindungi pantai dari kerusakan karena serangan gelombang laut, arus, mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai serta merubah laju transport sedimen sepanjang pantai [1].

2.2. *Revetment*

Revetment adalah bangunan yang dibangun pada garis pantai dan digunakan untuk melindungi pantai dari serangan gelombang dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat [6]. *Revetment* dibangun untuk melindungi lereng curam, tanggul, atau pantai untuk menghadapi erosi. *Revetment* dapat digunakan bahan batu atau beton. Komponen utama dari *revetment* adalah lapisan pelindung (*armor layer*), *filter* dan lapisan kaki (*toe*), CERC [7].

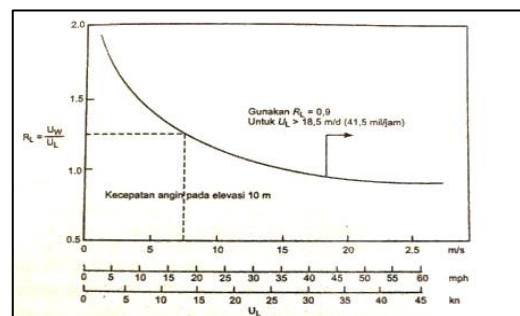


Gambar 1. Bangunan pelindung pantai (*revetment*)

Sumber: Google

2.3. Angin

Hubungan antara angin di atas laut dan angin daratan terdekat diberikan oleh persamaan 2.1 dan 2.2 seperti yang terlihat pada Gambar 2 berikut ini, hasil penelitian di Grat Lake, Amerika Serikat, SPM [6].

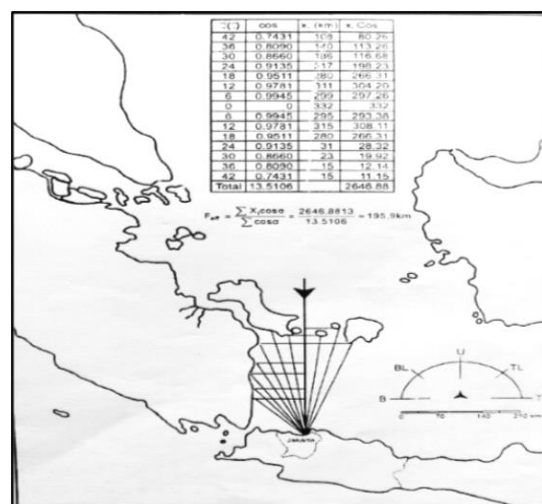


Gambar 2. Hubungan kecepatan angin di laut dan darat (SPM, 1984)

Sumber: Triatmodjo B., 2012: 58

2.4. *Fetch*

Fetch adalah jarak perjalanan tempuh pembentukan gelombang dari awal pembangkitannya yang dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut dan memiliki kecepatan angin yang relatif konstan. Semakin panjang jarak *fetch*-nya, ketinggian gelombangnya akan semakin besar [7].



Gambar 3. *Fetch* (Fakultas Teknik UGM, 1988)

Sumber: Triatmodjo B., 2012: 59

2.5. Gelombang

Menurut Bambang Triatmodjo dalam Putra I.K.S.W., dkk, gelombang adalah salah satu bentuk energi yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai [3].

2.6. Pasang Surut

Pasang surut merupakan salah satu gejala alam yang tampak nyata di laut, yakni suatu gerakan vertikal (naik turunnya air laut secara teratur dan

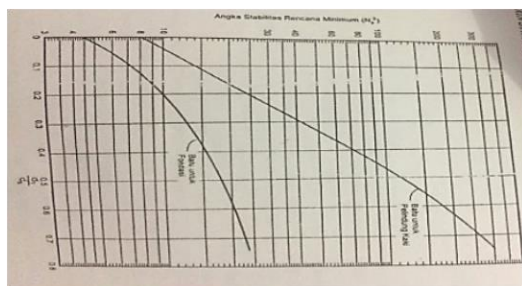
berulang-ulang) dari seluruh partikel massa air laut dari permukaan sampai bagian terdalam dari dasar laut. Gerakan tersebut disebabkan oleh pengaruh gravitasi (gaya tarik-menarik) antara bumi dan bulan, bumi dan matahari, atau bumi dengan bulan dan matahari. Pasang surut laut dapat didefinisikan pula sebagai gelombang yang dibangkitkan oleh adanya interaksi antara bumi, matahari dan bulan [5].

Menurut Wibisono, sebenarnya hanya ada tiga tipe dasar pasang surut yang didasarkan pada periode dan keteraturannya, yaitu sebagai berikut [5]:

1. Pasang surut tipe harian tunggal (*diurnal type*), yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat 1 kali pasang dan 1 kali surut.
2. Pasang surut tipe tengah harian/harian ganda (*semi diurnal type*), yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat 2 kali pasang dan 2 kali surut.
3. Pasang surut tipe campuran (*mixed tides*), yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat bentuk campuran yang condong ke tipe harian tunggal atau condong ke tipe harian ganda.

2.7. Stabilitas Pelindung Kaki (*Toe Protection*)

Angka stabilitas (N_s^3) untuk pondasi dan pelindung kaki (*toe protection*) akan mempengaruhi hasil dari berat butir batu untuk pondasi dan pelindung kaki (*toe protection*) nantinya. Semakin besar nilai $\frac{d_1}{d_s}$ maka akan memberi nilai angka stabilitas (N_s^3) semakin besar [6].



Gambar 4. Angka Stabilitas N_s untuk pondasi dan pelindung kaki

Sumber: Triatmodjo B, 2012

METODE PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

3.1.3. Data Primer

Pada penelitian ini data primer berupa studi inventarisasi. Setelah menentukan lokasi, maka sebelum memulai penelitian terlebih dahulu harus diketahui permasalahan yang ada dilokasi tersebut, salah satunya adalah dengan melakukan studi inventarisasi. Studi inventarisasi adalah semacam survei langsung ke lapangan guna mencari informasi mengenai permasalahan dan

tingkat kerusakan pantai dan juga bangunan pantai.

3.1.4. Data Sekunder

Pada penelitian ini data sekunder berupa data angin, data pasang surut serta gambar kerja revetment, dan berikut penjelasannya:

1. Data Angin

Data angin didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Dari data angin ini kemudian akan diolah untuk dianalisis sehingga diperoleh arah angin dominan dan kecepatan angin maksimum.

2. Data Pasang Surut

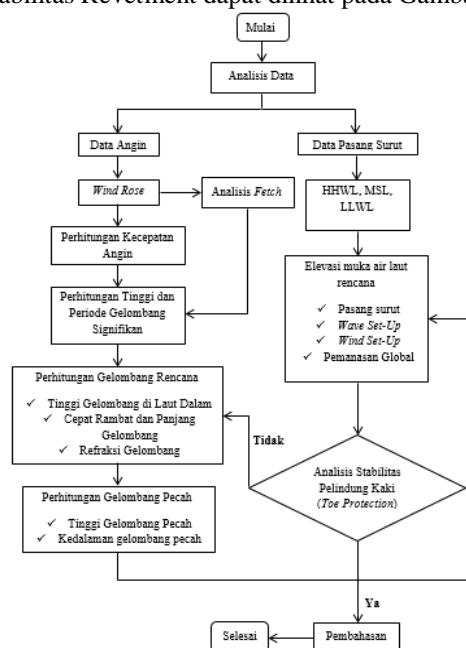
Data pasang surut didapatkan dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Pada data tersebut angka pasang surut ditampilkan dalam bentuk tabel. Dari grafik pasang surut tersebut bisa diklasifikasikan jenis pasang surutnya. Selain itu, dari data ini bisa diketahui elevasi muka air pasang tertinggi untuk menganalisis elevasi puncak bangunan revetment.

3. Gambar Kerja *Revetment*

Gambar revetment Pantai Jempol, Labuhan Sumbawa diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Sumbawa, dan sekaligus yang mengerjakan pembangunannya.

3.2 Kerangka Kerja Penelitian

Adapun kerangka kerja penelitian terkait Analisis Stabilitas Revetment dapat dilihat pada Gambar 5.



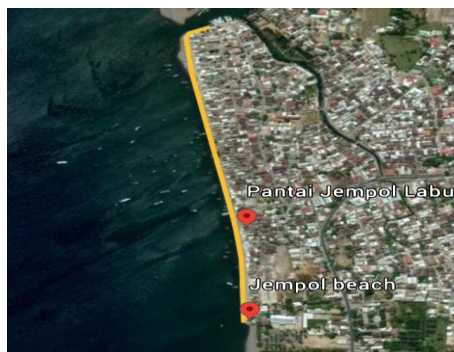
Gambar 5. Kerangka Kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di salah satu pantai yang ada di kabupaten sumbawa yaitu pantai jempol labuhan sumbawa. Pantai ini berjarak kurang lebih 5 km dari kota sumbawa. Pantai ini merupakan tempat wisata yang cukup diminati oleh masyarakat sumbawa. Setiap sore sampai dengan malam hari banyak didatangi oleh masyarakat sumbawa. Lokasi pantai lumayan dekat dengan permukiman warga. Banyak warga yang tinggal disekitar pantai jempol yang bekerja sebagai pedagang dan juga nelayan. Penataan rumah di wilayah tersebut cukup rapi, rumah-rumah warga yang ada dibuat tegak lurus mengikuti jalan yang ada.

Karena banyak didatangi oleh masyarakat, seharusnya pegamanan daerah pantai harus diperhatikan dikarenakan lokasi yang secara langsung menghadap laut dan pasti banyak mengalami hempasan gelombang. Oleh karena itulah perlu adanya bangunan pelindung pantai untuk melindungi daerah pantai dari hantaman gelombang.



Gambar 6. Pantai Jempol Labuhan Sumbawa

4.2 Analisis Tingkat Kerusakan

Sesuai dengan metode analisa yang telah dijelaskan sebelumnya, untuk menentukan tingkat kerusakan pantai berdasarkan beberapa ketentuan dan pada peneitian ini dianalisa berdasarkan erosi dan abrasi. Maka berikut ini adalah hasil analisa erosi dan abrasi di pantai jempol labuhan sumbawa berdasarkan studi inventarisasi.

Tabel 1. Hasil analisa kerusakan pantai

No.	Hal yang ditinjau	Tingkat Kerusakan	Poin	Rata-Rata Point
1	Erosi			
a.	Gerusan di kaki bangunan	Berat	150	

b.	Daerah yang terkena erosi dan pengaruhnya terhadap daerah sekitar	Sedang	100	125
2	Abrasi			
a.	Abrasi di batuan	Berat	150	
b.	Abrasi di tembok laut/pelindung laut	Amat Sangat Berat	250	
c.	Daerah yang terkena abrasi dan pengaruhnya terhadap daerah sekitar	Sedang	100	250
Total Point Rata-Rata			375	

Dari tabel 1 diatas, diperoleh total point rata-rata sebesar **375 point**. Berdasarkan tabel 1. point ini masuk dalam bobot antara 300 sd 399 point, sehingga termasuk dalam kategori C (diutamakan).

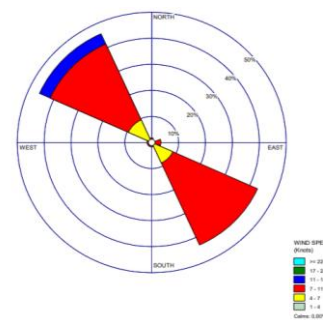
4.3 Analisis Stabilitas Struktur *Revetement*

4.3.1 Analisis Angin

Untuk memperoleh distribusi kecepatan dan arah angin, dilakukan proses pengolahan data angin yang diperoleh dari BMKG. Data angin yang digunakan selama 10 (sepuluh) tahun yaitu dari tahun 2010 s/d tahun 2019.

Tabel 2. Distribusi arah dan kecepatan angin dalam berbagai interval

No	Directions / Wind Classes (Knots)	1-4	4-7	7-11	11-17	Total (%)
1	U	0.000	0.000	1.724	0.00	1.666
2	TL	0.000	0.000	0.862	0.00	0.833
3	T	0.000	0.000	3.448	0.00	3.333
4	TN	0.862	7.758	34.482	0.00	41.666
5	S	0.000	0.862	0.862	0.00	1.666
6	BD	0.000	0.000	1.724	0.00	1.666
7	B	0.000	0.000	1.724	0.00	1.666
8	BL	0.000	9.482	31.896	4.310	44.166
Sub-Total		0.833	17.500	74.166	4.166	96.666
Missing/Incomplete						3.333
Total						100



Gambar 7. Mawar Angin (*Windrose*) Pantai Jempol Labuhan Sumbawa

Tabel 3. Hasil analisa U_L , R_L , U_W dan U_A

No	U_L (m/s)	R_L (m/s)	U_W (m/s)	U_A (m/s)
1	5,654	1,375	7,774	8,846
2	5,140	1,400	7,196	8,044
3	5,654	1,375	7,774	8,846
4	5,654	1,375	7,774	8,846
5	5,654	1,375	7,774	8,846
6	4,626	1,425	6,592	7,222
7	2,570	1,650	4,421	4,197
8	5,654	1,375	7,774	8,846
9	4,626	1,425	6,592	7,222
10	5,140	1,400	7,196	8,044

Berdasarkan tabel 3. diatas, diperoleh nilai tegangan angin terkoreksi (U_A) selama 10 tahun. Tahun 2010, 2012, 2013, 2014 dan 2017 memiliki tegangan angin terkoreksi yang sama yaitu sebesar **8,846 m/s**. Tahun 2011 dan 2019 memiliki tegangan angin terkoreksi yang sama yaitu sebesar **8,044 m/s**. Tahun 2015 dan 2018 memiliki tegangan angin terkoreksi yang sama yaitu sebesar **7,222 m/s**. Dan tahun 2016 memiliki tegangan angin terkoreksi sebesar **4,197 m/s**.

4.3.2 Analisis Fetch

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang laut, *fetch* dibatasi dalam bentuk daratan yang mengelilingi laut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Panjang *Fetch*

No	α (°)	Cos	X_i (m)	$X_i.Cos$
1	42	0,743	102300,56642	76024,136
2	36	0,809	108870,15042	88077,802
3	30	0,866	580466,90247	502699,083
4	24	0,913	447726,23125	409018,265
5	18	0,951	255606,87968	243096,588
6	12	0,978	253548,91933	248008,267
7	6	0,994	224166,55513	222938,547
8	0	1,000	205060,87276	205060,873
9	6	0,994	260091,10007	258666,294
10	12	0,978	284549,15549	278331,074
11	18	0,951	337153,00805	320651,565
12	24	0,913	8049,69756	7353,765
13	30	0,866	3134,37228	2714,446
14	36	0,809	2252,25452	1822,112
15	42	0,743	1985,72534	1475,682
Total		13,5109		2865938,498

Dari Tabel 4 diatas, diperoleh 15 panjang *Fetch* dengan interval sudut yang berbeda-beda. *Fetch* terpanjang diperoleh sebesar 580466,90247 m, sedangkan *fetch* terpendek diperoleh sebesar

1985,72534 m. Total interval sudut (Cos) yang diperoleh sebesar 13,5109, kemudin diperoleh panjang *fetch* yang telah dikalikan dengan nilai interval sudut (cos), sehingga diperoleh total sebesar 2865938,498. Maka bisa dihitung panjang *fetch* rerata efektif dengan Persamaan berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

$$F_{eff} = \frac{2865938,498}{13,5109}$$

$$F_{eff} = 212120,2 \text{ meter}$$

4.3.3 Perhitungan Gelombang Signifikan

Tabel 5. Hasil Analisa Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan

No	Tahun	Hs (m)	Ts (dt)
1	2010	2,081	7,689
2	2011	1,892	7,450
3	2012	2,081	7,689
4	2013	2,081	7,689
5	2014	2,081	7,689
6	2015	1,699	7,186
7	2016	0,988	5,998
8	2017	2,081	7,689
9	2018	1,699	7,186
10	2019	1,892	7,450

Gelombang signifikan dihitung berdasarkan kecepatan angin selama 10 tahun (2010-2019) dan panjang *fetch* rerata efektif, yang menghasilkan tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s).

4.3.4 Analisis Distribusi Gelombang

Untuk menganalisa distribusi gelombang terlebih dahulu dianalisa distribusi tinggi gelombang signifikan (H_s). Berikut adalah hasil analisa distribusi tinggi gelombang signifikan (H_s):

Tabel 6. Hasil analisa distribusi gelombang signifikan

No.	Tahun	Hs (m)	(Hs - H_s)	(Hs - H_s) ²	(Hs - H_s) ³
1	2010	2,081	0,224	0,050	0,011
2	2011	1,892	0,034	0,001	0,000
3	2012	2,081	0,224	0,050	0,011
4	2013	2,081	0,224	0,050	0,011
5	2014	2,081	0,224	0,050	0,011
6	2015	1,699	-0,158	0,025	-0,004
7	2016	0,988	-0,869	0,756	-0,657
8	2017	1,699	0,224	0,094	0,029
9	2018	2,338	-0,158	0,025	-0,004

10	2019	1,892	0,034	0,001	0,000
\sum	10	18,575	0,000	1,058	-0,609
\overline{Hs}		1,858	0,000	0,106	-0,060

1) Nilai Rata-Rata

$$\overline{Hs} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Hs$$

$$\overline{Hs} = \frac{1}{10} 18,575$$

$$\overline{Hs} = \mathbf{1,858}$$

2) Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Hs - \overline{Hs})^2}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{10-1} 1,058}$$

$$S = \mathbf{0,325}$$

3) Koefisien Varian (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\overline{Hs}}$$

$$Cv = \frac{0,325}{1,858}$$

$$Cv = \mathbf{0,174}$$

4) Koefisien Kemencengan (Cs)

$$\alpha = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (Hs - \overline{Hs})^3$$

$$\alpha = \frac{10}{(10-1)(10-2)} (-0,609)$$

$$\alpha = -0,084$$

$$Cs = \frac{\alpha}{S^3}$$

$$Cs = \frac{-0,084}{0,325^3}$$

$$Cs = \mathbf{-2,446}$$

5) Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (Hs - \overline{Hs})^4$$

$$Ck = \frac{10}{(10-1)(10-2)(10-3)0,325^4} 1,058$$

$$Ck = \mathbf{0,882}$$

Tabel 7. Hasil Analisa Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil perhitungan	Y/N
1	NORMAL	CS ≈ 0	CS = 0	Y
		CK ≈ 3	CK = 0	N
2	LOG-NORMAL	CS ≈ 3CV	CS = 0	N
		CK = 5,383	CS = 0	N
3	GUMBEL	CS ≤ 1,1396	CS = 0	Y
		CK ≤ 5,4002	CK = 0,059	Y
4	LOG-PEARSON TIPE III	CS ≠ 0	CS = 0	N

Berdasarkan perhitungan dan tabel 7. diatas, metode yang digunakan dalam analisa distribusi gelombang adalah menggunakan metode gumbel karena sesuai persyaratn cs = **-2,446** < 1,1396 dan ck = **0,882** < 5,4002.

4.3.5 Analisis Distribusi Tinggi dan Periode Gelombang Maskimum di Laut Dalam Menggunakan Metode Gumbel

1. $Y_t = 2,2502$ (berdasarkan tabel 1)

2. $Y_{\bar{n}} = 0,522$ (berdasarkan tabel 2)

3. $\sigma_n = 1,05$ (berdasarkan table 3)

Dengan:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{\sum (Hs - \overline{Hs})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{1,058}{10 - 1}}$$

$$\sigma_H = \mathbf{0,342 \text{ m}}$$

4. Tinggi Gelombang Maksimum (H_{10})

$$H_{10} = \overline{Hs} + \frac{\sigma_H}{\sigma_n} (Y_t - Y_{\bar{n}})$$

$$H_{10} = 1,858 \text{ m} + \frac{0,342}{1,05} (2,2502 - 0,522)$$

$$H_{10} = \mathbf{2,42 \text{ m}}$$

5. Periode Gelombang Maksimum (T_{10})

$$T_{10} = 0,33 \times \sqrt{\frac{H_{10}}{0,0056}}$$

$$T_{10} = 0,33 \times \sqrt{\frac{2,42}{0,0056}}$$

$$T_{10} = 6,86 \text{ dt}$$

Berdasarkan perhitungan tinggi dan periode gelombang maksimum dengan menggunakan metode gumbel diatas, maka diperoleh nilai tinggi gelombang maksimum $H_{10} = 2,42 \text{ m}$ dan periode gelombang maksimum $T_{10} = 6,86 \text{ dt}$.

4.3.6 Perhitungan Panjang dan Cepat Rambat Gelombang di Laut Dalam

Untuk menghitung panjang dan cepat rambat gelombang di lokasi penelitian, terlebih dahulu harus menghitung panjang dan cepat rambat gelombang di laut dalam, karena pada dasarnya gelombang datang dari laut dalam menuju pantai.

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi}$$

$$L_0 = \frac{9,81 \text{ m/dt}^2 \times (6,86)^2}{2 \times 3,14}$$

$$L_0 = 73,512 \text{ m}$$

Sedangkan untuk menghitung cepat rambat gelombang di laut dalam (C_0) dapat menggunakan persamaan berikut sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi}$$

$$C_0 = \frac{9,81 \text{ m/dt}^2 \times 6,86 \text{ dt}}{2 \times 3,14}$$

$$C_0 = 10,716 \text{ m/dt}$$

Berdasarkan perhitungan panjang dan cepat rambat gelombang di laut dalam diatas, maka diperoleh nilai panjang gelombang di laut dalam $L_0 = 73,512 \text{ m}$ dan cepat rambat gelombang di laut dalam $C_0 = 10,716 \text{ m/dt}$.

4.3.7 Panjang dan Cepat Rambat Gelombang di Lokasi Bangunan Revetment

Berdasarkan peta topografi dan bathimetri Pantai Jempol Labuhan Sumbawa, didapatkan nilai kedalaman revetment dan kemiringan dasar pantai menggunakan global mapper. Berikut ini ditampilkan dalam tabel 8.

Tabel 8. Kedalaman revetment dan kemiringan dasar pantai

No	Titik Koordinat		Panjang Kedalaman Interval	Kedalaman Revetment (m)	Kemiringan Pantai (°)
1	8°28'14.15"S	117°23'49.28"E	100,00	-2,096	-0,020
2	8°28'12.50"S	117°23'51.98"E	100,00	-0,452	-0,004
3	8°28'10.94"S	117°23'54.85"E	100,00	-0,228	-0,002
4	8°28'9.13"S	117°23'57.54"E	100,00	0,094	0,001
5	8°28'7.18"S	117°24'0.16"E	100,00	1,059	0,010
6	8°28'5.23"S	117°24'2.78"E	100,00	1,772	0,018
7	8°28'3.29"S	117°24'5.40"E	100,00	0,518	0,05
8	8°28'1.33"S	117°24'8.02"E	100,00	0,416	0,004
9	8°27'59.38"S	117°24'10.64"E	100,00	-0,378	-0,004
10	8°27'58.70"S	117°24'13.22"E	100,00	-1,642	-0,016
11	8°28'0.47"S	117°24'15.27"E	100,00	-1,114	-0,011
Σ				-2,051	-0,021
<i>Hs</i>				-0,186	-0,00186

$$\frac{d}{L_0} = \frac{0,2 \text{ m}}{73,512 \text{ m}}$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,00272$$

Berdasarkan nilai $\frac{d}{L_0} = 0,00272$ diatas, maka diketahui nilai $\frac{d}{L}$ dan $\tanh \tanh \frac{2\pi d}{L}$ dengan menggunakan Tabel A-1 pada Lampiran 5 sebagai berikut:

$$\frac{d}{L} = 0,02079, \quad \tanh \tanh \frac{2\pi d}{L} = 0,1299$$

Perhitungan panjang dan cepat rambat gelombang di lokasi bangunan revetment berdasarkan kedalaman relatifnya. Karena $d/L = 0,01696 < 1/20$, maka termasuk gelombang di laut dangkal sehingga digunakan persamaan 2.5 untuk menghitung cepat rambat gelombang.

$$C = \sqrt{gd}$$

$$C = \sqrt{9,81 \times 0,2}$$

$$C = 1,4 \text{ m/dt}$$

Adapun untuk perhitungan panjang gelombang digunakan persamaan 2.6 sebagai berikut.

$$L = \sqrt{gd} T$$

$$L = \sqrt{9,81 \times 0,2} \times 6,86$$

$$L = 9,608 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan panjang dan cepat rambat gelombang di lokasi bangunan revetment, maka diperoleh nilai panjang gelombang **L = 9,608 m** dan cepat rambat gelombang **C = 1,4 m/dt**.

4.3.8 Perhitungan Transformasi Gelombang di Lokasi Perencanaan

Berdasarkan perhitungan panjang gelombang (L) dan cepat rambat gelombang (C) dapat ditentukan transformasi gelombang di lokasi perencanaan. Dalam perhitungan deformasi gelombang hal yang pertama kali diperhitungkan adalah arah datangnya gelombang di lokasi perencanaan, untuk menghitung arah datangnya gelombang di lokasi perencanaan dapat menggunakan hukum Snell, sebagai berikut;

$$\sin \alpha = \left(\frac{c}{c_0} \right) \sin \alpha_0$$

$$\sin \alpha = \left(\frac{1,4 \text{ dt}}{10,716 \text{ dt}} \right) \sin \alpha_0$$

$$\sin \alpha = 0,0923$$

$$\alpha = 5,3^\circ$$

Kemudian selanjutnya menghitung koefisien pembelokan (K_r) dan koefisien pendangkalan (K_s). Untuk menghitung koefisien pembelokan (K_r), dapat menggunakan persamaan 2.11 sebagai berikut:

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}}$$

$$K_r = \sqrt{\frac{45^\circ}{\cos 5,3^\circ}}$$

$$K_r = 0,842$$

Adapun untuk menghitung koefisien pendangkalan (K_s), dapat menggunakan persamaan 2.12 sebagai berikut:

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}}$$

$$K_s = \sqrt{\frac{0,5,73,512}{0,9944 \cdot 9,608}}$$

$$K_s = 1,961$$

Berdasarkan perhitungan refraksi gelombang diatas, maka diperoleh nilai koefisien refraksi **K_r = 0,842** dan koefisien shoaling **K_s = 1,961**.

4.3.9 Perhitungan Tinggi Gelombang Rencana

$$H = K_s \cdot K_r \cdot H_0$$

$$H = 1,961 \times 0,842 \times 2,42 \text{ m}$$

$$H = 3,996 \text{ m}$$

4.3.10 Perhitungan Tinggi Gelombang Laut Dalam Ekuivalen

Perhitungan tinggi gelombang laut dalam ekuivalen ini bertujuan untuk menetapkan tinggi gelombang yang mengalami refraksi, difraksi, dan transformasi lainnya, sehingga perkiraan transformasi dan deformasi gelombang dapat dilakukan dengan lebih mudah.

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

$$H'_0 = 0,842 \cdot 3,996 \text{ m}$$

$$H'_0 = 3,364 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan tinggi gelombang laut dalam ekuivalen diatas, maka diperoleh nilai **H'₀ = 3,364 m**.

4.3.11 Perhitungan Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya perubahan kedalaman laut. Gelombang dari laut dalam bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada tinggi dan kedalaman tertentu. Berdasarkan peta topografi dan bathimetri diketahui kemiringan rata-rata (m) Pantai Panjang adalah 0,03 (1:33) atau 3%.

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,33 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{\frac{1}{3}}}$$

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,33 \left(\frac{3,364 \text{ m}}{73,512 \text{ m}} \right)^{\frac{1}{3}}}$$

$$\frac{H_b}{H'_0} = 0,84$$

$$H_b = 0,84.H_0$$

$$H_b = 0,84 \cdot 3,364 \text{ m}$$

$$H_b = \mathbf{2,824 \text{ m}}$$

Kemudian untuk perhitungan kedalaman gelombang pecah, terlebih dahulu perlu dihitung nilai a dan b menggunakan persamaan 2.17 dan 2.18 sehingga didapatkan hasil analisa sebagai berikut:

$$a = 43,75 (1 - e^{-19 \text{ m}})$$

$$a = 43,75 (1 - e^{-19 \cdot 0,00186})$$

$$a = \mathbf{1,519}$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5 \text{ m}})}$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5 \cdot 0,00186})}$$

$$b = \mathbf{0,794}$$

Selanjutnya menghitung kedalaman gelombang menggunakan persamaan 2.16 sehingga didapatkan hasil analisa sebagai berikut:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b/gT^2)}$$

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{0,794 - \left(1,519 \cdot \frac{1,519 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{dt}^2} (6,86 \text{ dt})^2} \right)}$$

$$d_b = 1,275.H_b$$

$$d_b = 1,274 \cdot 2,824$$

$$d_b = \mathbf{3,598 \text{ m}}$$

Berdasarkan perhitungan gelombang pecah diatas, maka diperoleh nilai ketinggian gelombang pecah $H_b = \mathbf{2,824 \text{ m}}$ dan kedalaman gelombang pecah $d_b = \mathbf{3,598 \text{ m}}$.

4.3.12 Analisis Data Pasang Surut

$$\text{Muka air tertinggi (HHWL)} = 0.7 \text{ m}$$

$$\text{Muka air rata-rata (MSL)} = \pm 0 \text{ m}$$

$$\text{Muka air terendah (LLWL)} = - 0.8 \text{ m}$$

Berdasarkan perkiraan elevasi muka air laut akibat pemanasan global (*Sea Level Rise*) pada tahun 2020 meningkat menjadi $\mathbf{20 \text{ cm}}$.

$$\text{HHWL} = 0.70 \text{ m} + 0,20 \text{ m} = \mathbf{0,90 \text{ m}}$$

$$\text{MSL} = \pm \mathbf{0,0 \text{ m}}$$

$$\text{LLWL} = - 0.80 \text{ m} + 0,20 = \mathbf{- 0,60 \text{ m}}$$

4.3.13 Analisis Stabilitas Pelindung Kaki (*Toe Protection*)

Untuk mengetahui angka stabilitas pelindung kaki, didapatkan berdasarkan perbandingan antara d_1 dengan d_s ($\frac{d_1}{d_s}$). Adapun nilai d_s sama dengan nilai d_{HHWL} , dan berikut perhitungannya:

$$d_{HHWL} = 0,83 \text{ m} - (-0,20 \text{ m})$$

$$d_{HHWL} = \mathbf{1,03 \text{ m}}$$

$$d_s = \mathbf{1,03 \text{ m}}$$

Untuk perhitungan d_1 yaitu dengan cara d_s dikurangi dengan T_{toe} , dimana nilai T_{toe} atau tebal pelindung kaki sebesar 1,60 m berdasarkan pada gambar revetment. Berikut ini adalah perhitungannya:

$$d_1 = d_s - T_{toe}$$

$$d_1 = 1,03 \text{ m} - 1,60 \text{ m}$$

$$d_1 = \mathbf{0,57 \text{ m}}$$

Berdasarkan hasil $d_1 = \mathbf{0,57 \text{ m}}$, maka dapat dihitung nilai $\frac{d_1}{d_s}$ dan berikut adalah perhitungannya.

$$\frac{d_1}{d_s} = \frac{0,57}{1,03}$$

$$\frac{d_1}{d_s} = \mathbf{0,553}$$

Jadi dari perhitungan stabilitas pelindung kaki di peroleh nilai $\frac{d_1}{d_s} = \mathbf{0,553}$. Dan setelah dimasukkan ke dalam grafik pada Gambar 2.9, pelindung kaki (*toe protection*) masuk dalam kategori aman.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pada analisis kerusakan daerah pantai diperoleh kategori kerusakan dalam kategori C (diutamakan).
2. Pada analisis stabilitas struktur *revetment* diperoleh stabilitas pelindung kaki $\frac{d_1}{d_s} = \mathbf{0,553}$ sehingga angka stabilitasnya pelindung kaki

$(N_s^3) = 180 < 300$ maka termasuk dalam kategori aman.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih dalam pada lokasi ini, dikarenakan adanya permasalahan lain yang penting juga untuk dikaji terutama mengenai sedimentasi.
2. Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk memperluas lagi kajian untuk kerusakan daerah pantai dikarenakan terbatas pada penelitian ini.
3. Berdasarkan analisis elevasi muka air rencana yaitu 3,122 m, elevasi bangunan *revetment* tidak memenuhi syarat yaitu dengan ketinggian bangunan 2,50 m ($2,50 \text{ m} < 3,122 \text{ m}$). Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan elevasi bangunan *revetment* yang lebih tinggi sehingga gelombang yang datang tidak melimpas ke area permukiman.

REFERENSI

- [1] Putra, R.E. "Studi Perencanaan *Revetmen* Pada Pantai Rindu Alam di Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan". *Jurnal Rekayasa Sipil*. 1 (1), 94-104. 2013.
- [2] Pasomba, T., Jasin, M.I., & Jansen, T. "Analisis Pasang Surut Pada Daerah Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara". *Jurnal Sipil Statik*. 7 (11), 1515-1526. 2019.
- [3] Putra, I.K.S.W., Yujana, C.A., & Surayasa, N. 2017. "Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai (*Revetment*) dengan Bahan Geobag di Pantai Masceti Kabupaten Gianyar". *Paduraksa*. 6 (2), 178-189.
- [4] Jawat, I.W. 2017. "Metode Pelaksanaan Konstruksi *Revetmen*". *Paduraksa*. 6 (2).
- [5] Surinati, D. "Pasang Surut dan Energinya". *Oseana*. 32 (1), 15-22. 2007
- [6] Triatmodjo, B. 2012. "Perencanaan Bangunan Pantai". Beta Offset: Yogyakarta.
- [7] Widhianto, S.L., Kharisma, D., Suharyanto, & Hardiati, S. "Kajian Struktur Pengaman Pantai Sigandu Batang". *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 3 (4), 1207-1221, 2014.
- [8] <http://sda.pu.go.id/bwssumatera4/project/pengaman-pantai-kepulauan-karimun-durai-2018/> Diakses pada tanggal 17 Agustus 2020.