

Studi Penanggulangan Kerusakan Daerah Pesisir Pantai Di Negeri Kamal Kecamatan Kairatu Barat Kabupaten Seram Bagian Barat

Feliks Sopamena¹, Christina Joseph²

¹Mahasiswa Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake - Ambon

²Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake - Ambon

Gmail : josephinchristin@gmail.com

Abstract

The total area of the waters of Mollucas is more than 658,000 km² and is widely used for human activities as infrastructure development land. This activity becomes one of the factors that cause negative impact for coastal area. Based on some observations, in the coastal region of Kamal within the last few years experienced many changes. As a result of this change, the coastline suffered a setback and the residents' land also eroded. This is inversely related to the need for land that continues to rise each year.

The purpose of this study is to determine the magnitude of coastline changes that occurred in Kamal and determine the onshore structure that expected to prevent further damage in the future. Data analysis conducted in this paper are wind data processing obtained from BMKG and the calculations of tides and waves obtained from the results of measurements and calculate the height of the water surface using data from LIPI.

The results of this research show that the greatest coastline change occurs on 12th lane of 11.20 m (erosion). The suitable onshore structure used in the research location is revetment. Thus the major changes to the coastline in the area can be resolved.

Keywords: Erosion, Revetment, Beach, Coastline.

1. PENDAHULUAN

Maluku yang mempunyai luas wilayah perairan lebih dari 658.000 km² tentu banyak dintensifkan untuk berbagai kegiatan manusia. Berbagai kegiatan ini tentunya menimbulkan peningkatan kebutuhan akan lahan pembangunan infrastruktur di kawasan tersebut. Banyak faktor yang menimbulkan dampak negatif bagi daerah pantai salah satunya aktifitas manusia. Faktor alam seperti gelombang pun turut andil di dalamnya. Bangunan pelindung yang dibuat sebagai penahan terhadap erosi, limpasan gelombang, arus pun seringkali rentan terhadap kerusakan.

Negeri Kamal, kabupaten Seram Bagian Barat sebagai wilayah yang ditinjau memiliki panjang wilayah pantai ± 3 km dan memiliki 17.500 jiwa tersebut tidak lepas dari rentannya kerusakan akibat beberapa hal yang dijabarkan diatas. Daerah pantai Negeri kamal yang berbentuk cekung ini lebih rentan karena tidak memiliki bangunan pelindung. Pada musim gelombang angin timur daerah ini relatif tenang karena daerah hadapannya yang menghadap ke arah barat laut namun sebaliknya pada musim angin barat daerah ini memiliki ombak yang besar yang menyebabkan daerah pantai yang semula landai perlahan mulai menjadi curam.

Kerusakan garis pantai ini memang tidak berdampak langsung pada mata pencarian warga

karena memang tidak banyak masyarakat Negeri Kamal yang bergantung pada hasil laut namun wilayah – wilayah yang harusnya bias dimanfaatkan sebagai lahan efektif untuk pembangunan sektor pemerintahan, pariwisata atau lainnya perlahan hilang apalagi kecenderungan pembangunan pemukiman di negeri Kamal ini lebih mengarah ke arah pantai. Dari beberapa hasil pengamatan dilokasi tersebut, daerah pesisir Negeri Kamal sendiri dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir mengalami banyak perubahan. Akibat dari perubahan ini, garis pantai mengalami kemunduran, lahan milik warga juga ikut tergerus. Hal ini berbanding terbalik dengan kebutuhan akan lahan yang terus naik ditia tahunnya.

Oleh karena itu perlu adanya peninjauan dan kajian terhadap berapa besar perubahan garis pantai di Negeri Kamal, bangunan pantai apa yang sesuai dengan kondisi wilayah pantai di Negeri Kamal dan cara untuk menanggulangi permasalahan perubahan garis pantai tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Daerah Pantai

Pantai secara umum diartikan sebagai batas antara wilayah yang bersifat daratan dengan wilayah yang bersifat lautan. Pantai merupakan daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan surut terendah. Daerah pantai

sering juga disebut daerah pesisir atau wilayah pesisir. Daerah pantai atau pesisir adalah suatu daratan beserta perairannya dimana pada daerah tersebut masih dipengaruhi baik oleh aktivitas darat maupun oleh aktifitas kelautan (Yuwono, 2005).

B. Bentuk Pantai

Bentuk profit pantai sangat dipengaruhi oleh serangan gelombang, sifat-sifat sedimen seperti rapat massa dan tahanan terhadap erosi, ukuran dan bentuk partikel, kondisi gelombang dan arus, serta bathimetri pantai. Pantai bisa terbentuk dari material dasar yang berupa lumpur, pasir atau kerikil (gravel). Kemiringan dasar pantai tergantung pada bentuk dan ukuran material dasar. Pantai lumpur mempunyai kemiringan sangat kecil sampai mencapai 1:5000. Kemiringan pantai pasir lebih besar yang berkisar antara 1:20 dan 1:50. Kemiringan pantai berkerikil bisa mencapai 1:4. Pantai berlumpur banyak dijumpai di daerah pantai di mana banyak sungai yang mengangkut sedimen suspensi bermuara di daerah tersebut dan gelombang relative kecil.

C. Sedimen Pantai

Sedimen pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa oleh sungai, dan dari laut dalam yang terbawa arus ke daerah pantai. Sifat-sifat sedimen adalah sangat penting di dalam mempelajari proses erosi dan sedimentasi.

D. Gelombang

Gelombang laut dapat beraneka ragam tergantung dari gaya pembangkitnya :

1. Gelombang angin (gelombang yang dibangkitkan oleh tiupan angin)
2. Gelombang pasang surut (gelombang yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama gaya tarik matahari dan bulan terhadap bumi)
3. Gelombang tsunami (gelombang yang terjadi akibat letusan gunung berapi atau gempa didasar laut)
4. Gelombang kecil (biasanya dibangkitkan oleh kapal yang bergerak) dan sebagainya.

Dalam hal ini bentuk gelombang yang umum dipakai adalah gelombang angin dan gelombang pasang surut. Gelombang biasanya menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen sepanjang pantai. Bentuk gelombang laut ini sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidaklinearanannya, tiga dimensi dan bentuknya random.

E. Pasang Surut

Pasang surut adalah perubahan taraf muka air laut yang berlangsung secara periodik akibat pengaruh gaya tarik antar bumi, dengan benda-benda ruang angkasa, terutama bulan dan matahari. Pasang surut terbagi 4 yaitu :

1. Pasang surut harian ganda
2. Pasang surut harian tunggal
3. Pasang surut campuran condong harian ganda
4. Pasang surut campuran condong harian tunggal

Tabel 1 Delapan Komponen Utama Pasang Surut

Simbol	Periode		Keterangan
Pasang Surut Semi diurnal	M ₂	12.42	Komponen utama semi diurnal bulan
	S ₂	12.00	Komponen utama semi diurnal matahari
	N ₂	12.66	Komponen bulan akibat variasi bulanan jarak bumi-bulan
	K ₂	11.97	Komponen matahari bulan akibat perubahan sudut deklinasi matahari bulan
Pasang Surut Diurnal	K ₁	23.93	Komponen matahari bulan
	O ₁	25.82	Komponen utama diurnal bulan
	P ₁	24.07	Komponen utama diurnal matahari
Pasang Surut periode Panjang	M ₁	327.86	Komponen bulan dwi-mingguan

(Sumber : Sorensen (1978) dan Praktiko (1997))

Dari komponen pasang surut dapat dianalisa elevasi muka air yang diperlukan dalam perencanaan bangunan pantai, elevasi muka air yang dianalisa diantaranya :

- a) Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*), muka air tinggi dari dua air tinggi dalam satu pasang surut.

$$HHWL : So + (M_2 + S_2 + K_1 + O_1).$$

- b) Muka air tinggi rerata (*mean high water level*), muka air rata-rata biasanya ditentukan dari pembacaan perjam.

$$MHWL : So + (M_2 + S_2)$$

- c) Muka air laut merata (*mean sea level*),

$$MSL : So - (M_2 + S_2)$$

- d) Air rendah terendah (*lowest low water level*),

$$LLWL : So - (M_2 + S_2 + K_1 + O_1)$$

F. Data Angin

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat di dekat lokasi peramalan yang kemudian di konversi menjadi data angin di laut. Kecepatan angin di ukur dengan anemometer, dan biasanya dinyatakan

dalam knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui katulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam} = 0,5 \text{ m/d}$. Data angin dicatat tiap jam dan biasanya disajikan dalam tabel. Dengan pencatatan angin jam-jaman tersebut akan dapat diketahui angin dengan kecepatan tertentu dan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin, dan dapat pula dihitung kecepatan angin rerata harian. Jumlah data angin seperti yang ditunjukkan dalam tabel tersebut untuk beberapa tahun pengamatan adalah sangat besar. Untuk itu data tersebut harus diolah dan disajikan dalam bentuk label (ringkasan) atau diagram yang disebut dengan mawar angin. Penyajian tersebut dapat diberikan dalam bentuk bulanan, tahunan atau untuk beberapa tahun pencatatan. Dengan tabel atau mawar angin tersebut maka karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat. Dalam gambar tersebut garis-garis radial adalah arah angin dan tiap lingkaran menunjukkan persentase kejadian angin dalam periode waktu pengukuran.

1. Konversi Kecepatan Angin

Data angin dapat diperoleh dari pencatatan di permukaan laut dengan menggunakan kapal yang sedang berlayar atau pengukuran di darat yang biasanya di bandara (lapangan terbang). Pengukuran data angin di permukaan laut adalah yang paling sesuai untuk peramalan gelombang. Data angin dari pengukuran dengan kapal perlu dikoreksi dengan menggunakan persamaan berikut :

$$U = 2,16 U_s^{719} \quad (2.7)$$

dengan :

U_s : kecepatan angin yang diukur oleh kapal (knot)

U : kecepatan angin terkoreksi (knot)

Biasanya pengukuran angin dilakukan di daratan, padahal di dalam rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi dari data angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut. Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh $RL = U_w/V_L$ untuk daerah lain kecuali apabila karakteristik daerah sangat berlainan.

G. Fetch

Fetch adalah daerah dimana kecepatan dan arah angin adalah konstan. Arah angin masih bisa dianggap konstan apabila perubahannya tidak lebih dari 15° , sedangkan kecepatan angin masih dianggap konstan jika

perubahannya tidak lebih dari 5 knot (2.5 m/det) terhadap kecepatan rerata.

Panjang fetch membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk terbentuk karena pengaruh angin jadi mempengaruhi waktu untuk mentransfer energi angin ke gelombang. Fetch ini terpengaruh pada periode dan tinggi gelombang yang dibangkitkan. Gelombang dengan periode panjang akan terjadi tetapi pada umumnya berkisar antara 10 dan 15 det. Fetch dapat didefinisikan sebagai panjang daerah pembangkit gelombang pada arah datangnya angin.

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum x_i \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \quad (2.8)$$

Dimana :

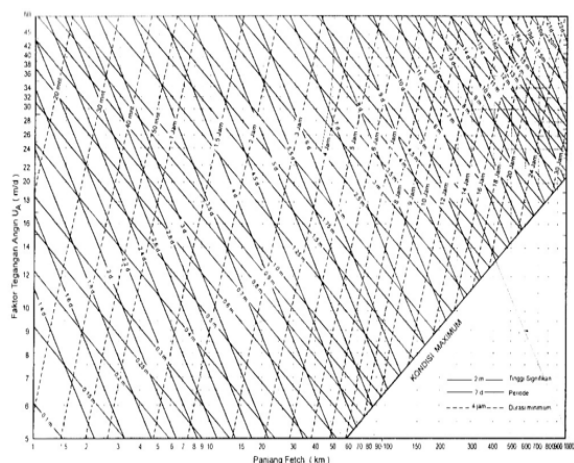
F_{eff} : Fetch efektif

X_i : Proyeksi jarak radial pada arah angin ($R \cdot \cos_i$)

α : Sudut antara jalur fetch yang ditinjau dengan arah angin, dengan menggunakan pertambahan 60° sampai sudut 420° pada kedua sisi arah mata angin.

Pemakaian grafik peramalan tinggi gelombang yang ada di SPM 1984, disarankan menggunakan F_{eff} sama dengan F panjang Fetch dilaut bebas ditentukan berdasarkan batas-batas :

- Coast Line
- Meteorological Fronts
- Curvature of Isobars
- Spreading of Isobars



Gambar 2.4 Grafik Peramalan Gelombang
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

H. Arus Di Dekat Pantai

Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Transpor massa dan momentum tersebut menimbulkan arus di daerah

dekat pantai. Di beberapa daerah yang dilintasinya, perilaku gelombang dan arus yang ditimbulkannya berbeda. Daerah yang dilintasi gelombang tersebut adalah offshore zone, surf zone dan swash zone. Di daerah lepas pantai (offshore zone), yaitu daerah yang terbentang dari lokasi gelombang pecah ke arah laut, gelombang menimbulkan gerak orbit partikel air. Orbit lintasan partikel tidak tertutup sehingga menimbulkan transpor massa air. Transpor massa tersebut dapat disertai dengan terangkatnya sedimen dasar dalam arah menuju pantai (onshore) dan meninggalkan pantai (offshore). Disurfzone, yaitu daerah antara gelombang pecah dan garis pantai, ditandai dengan gelombang pecah dan penjalaran gelombang setelah pecah ke arah pantai. Gelombang pecah menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar yang dapat menggerakkan sedimen dasar. Setelah pecah, gelombang melintasi surf zone menuju pantai. Di daerah ini kecepatan partikel air hanya bergerak dalam arah penjalaran gelombang. Di swash zone, gelombang yang sampai di garis pantai menyebabkan massa air bergerak ke atas dan kemudian turun kembali pada permukaan pantai. Gerak massa air tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen.

Di antara ketiga daerah tersebut, karakteristik gelombang di surf zone dan swash zone adalah yang paling penting di dalam analisis proses pantai. Arus yang terjadi di daerah tersebut sangat tergantung pada arah datang gelombang. Apabila garis puncak gelombang sejajar dengan garis pantai, maka akan terjadi arus dominan di pantai berupa sirkulasi sel dengan *rip current* yang menuju ke laut. Kejadian ekstrim lainnya terjadi apabila gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai, yang akan menimbulkan arus sejajar di sepanjang pantai. Sirkulasi sel dengan *rip current* terjadi karena adanya variasi sepanjang pantai dari tinggi gelombang pecah. Gelombang yang pecah pada pantai yang miring akan menyebabkan terjadinya kenaikan gelombang (wave setup) di pantai, yang menaikkan elevasi muka air di atas elevasi muka air diam. Kenaikan gelombang di sepanjang pantai adalah tidak sama, karena tinggi gelombang pecah di sepanjang pantai berbeda. Hal ini dapat menyebabkan kemiringan muka air di sepanjang pantai, yang dapat menimbulkan aliran air sepanjang pantai menuju ke tempat dengan muka air yang lebih rendah (gelombang pecah kecil). Tempat ini merupakan pertemuan arus sepanjang pantai yang berasal dari sebelah kiri dan kanannya. Sesuai dengan hukum kontinuitas, maka massa air yang menuju ke tempat tersebut dibelokkan kembali ke arah laut yang membentuk arus yang dikenal dengan *rip current*. *Rip current* terjadi pada

tempat di mana tinggi gelombang pecah adalah kecil. Perbedaan tinggi gelombang pecah di sepanjang pantai ini dapat dijelaskan oleh studi refraksi pada daerah yang mempunyai garis kontur tidak teratur. Studi refraksi menunjukkan adanya penguncupan (konvergen) dan penyebaran (divergen) dari garis ortogonal gelombang. Pada tempat di mana garis ortogonal menguncup, tinggi gelombang pecah adalah lebih besar daripada di tempat penyebaran garis ortogonal. Arus sejajar pantai dimulai dari lokasi penguncupan garis ortogonal, sedang *rip current* terjadi pada daerah di mana garis ortogonal menyebar. Pada suatu pantai yang panjang dapat terjadi beberapa sirkulasi sel, yang tergantung pada kondisi topografi di daerah tersebut. Komponen-komponen dari sirkulasi sel adalah transpor massa air ke arah darat yang terjadi pada waktu gelombang pecah, arus sejajar pantai, dan *rip current*. *Rip current* ini mempunyai kecepatan yang sangat besar sehingga dapat menyebabkan terbawanya sedimen pantai. Arus sepanjang pantai (*longshore current*) dapat juga ditimbulkan oleh gelombang yang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus ini terjadi di daerah antara gelombang pecah dan garis pantai. Parameter terpenting di dalam menentukan kecepatan arus sepanjang pantai adalah tinggi dan sudut datang gelombang pecah. Arus sepanjang pantai yang ditimbulkan oleh gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai.

I. Model perubahan garis pantai

Analisis imbalan sedimen pantai dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu pantai mengalami akresi atau erosi. Akresi dan erosi yang terjadi disertai dengan maju dan mundurnya garis pantai. Perubahan garis pantai tersebut dapat diprediksi dengan membuat model matematik yang didasarkan pada imbalan sedimen pantai pada daerah pantai yang ditinjau. Perubahan profil sangat dipengaruhi oleh angkutan sedimen tegak lurus pantai.

Gelombang badai yang terjadi dalam waktu singkat dapat menyebabkan terjadinya erosi pantai. Selanjutnya gelombang biasa yang terjadi sehari-hari akan membentuk kembali pantai yang sebelumnya tererosi. Dengan demikian dalam satu siklus yang tidak terlalu lama profil pantai kembali pada bentuk semula, dengan kata lain dalam satu siklus tersebut pantai dalam kondisi stabil.

J. Jenis – Jenis bangunan pelindung pantai

Salah satu metode penanggulangan erosi pantai adalah penggunaan struktur pelindung pantai, dimana struktur tersebut berfungsi sebagai

peredam energi gelombang. Jenis-jenis bangunan pantai antara lain :

1. Groin
2. Jetty
3. Breakwater
4. Seawall
5. Artificial Headland
6. Beach Nourishment
7. Terumbu buatan
8. Revetment

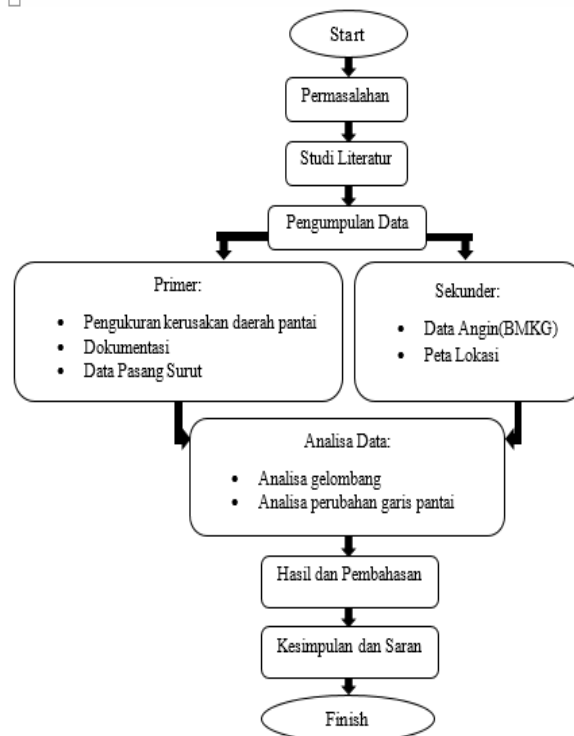
K. Revetment

Revetment adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang terutama berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang ke arah darat. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat dibelakang bangunan. Permukaan bangunan yang menghadap arah datangnya gelombang, dapat berupa sisi vertical atau miring. Bangunan ini ditempatkan sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai, dan bisa terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa beton, turap, kayu atau tumpukan batu.

Dalam perencanaan revetment perlu ditinjau fungsi dan bentuk bangunan, lokasi panjang, tinggi, stabilitas bangunan dan tanaah fondasi, elevasi muka air, baik didepan maupun di belakang bahan bangunan, ketersediaan bahan bangunan dan sebagainya. Fungsi bangunan akan menentukan pemilihan bentuk. Permukaan bangunan dapat berbentuk sisi tegak, miring, lengkung, atau bertangga. Bangunan sisi tegak dapat juga digunakan sebagai dermaga atau tempat penambatan kapal. Tetapi sisi tegak kurang efektif terhadap serangan gelombang, terutama terhadap limpasan dibanding dengan bentuk lengkung.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Penelitian

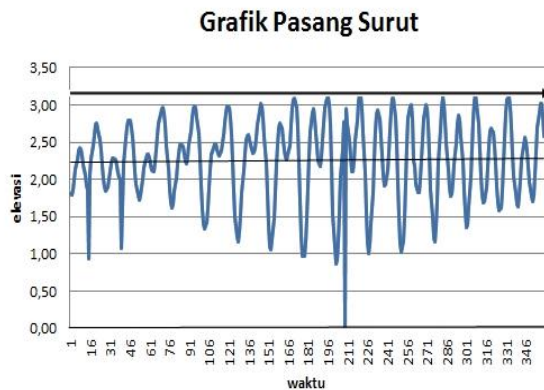


4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Pasang Surut

Pasang surut merupakan suatu fenomena yang terjadi di laut karena adanya pergerakan naik atau turunnya posisi permukaan perairan laut secara berkala yang disebabkan oleh gaya gravitasi dan gaya tarik menarik benda astronomi oleh matahari. Pengetahuan tentang pasang surut penting dalam perencanaan bangunan pantai juga pelabuhan. Pada Pasang surut terdapat beberapa tipe yaitu:

1. Pasang Surut harian Ganda.
2. Pasang Surut harian Tunggal.
3. Pasang Surut campuran condong ke harian ganda.
4. Pasang Surut campuran condong ke harian tunggal.



Gambar 1 Grafik Pasang Surut

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

1. Low Water Level : 0.9 m
2. Midle Water Level : 2.3 m
3. High Water Level : 3.2 m

B. Kondisi Angin

Data angin yang digunakan adalah data angin tahunan yang diperoleh dari stasiun meteorology klimatologi dan goefisika Ambon selama tahun 2008 – 2017 (dapat dilihat pada lampiran A). Data yang diperoleh tersebut ditulis dalam derajat dan pada akhirnya dikonversikan dalam bentuk delapan penjuror mata angin (Utara, Selatan, Timur, Barat, Barat Laut, Barat Daya, Timur Laut dan Tenggara).

Tabel 2 Jumlah hari kejadian rata – rata data angin tahun 2008 - 2018

Kec. (knot)	Arah Angin								Jmlh
	U	TL	T	Tg	S	BD	B	BL	CALM
0-2	0	0	1	0	6	1	2	9	23
3-5	7	0	0	0	33	0	6	4	9
6-8	0	0	0	0	13	0	0	3	1
9-11	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Jmlh	7	0	1	0	53	1	8	16	33

Sumber: data perhitungan

Kec. (knot)	Arah Angin								Jm
	U	TL	T	Tg	S	BD	B	BL	CALM
0-2			0,84		5,04	0,84	1,68	7,56	19,33
3-5	5,88				27,7		5,04	3,36	7,56
6-8					10,9			2,52	0,84
9-11					0,84				0,8
Jmlh	5,88	0	0,84	0	44,5	0,84	6,723	13,4	27,73

Sumber: Data Perhitungan

C. Analisa Gelombang

Untuk menganalisa abrasi yang terjadi di pantai, maka data gelombang sangat diperlukan terutama data pencatatan jangka panjang.

Untuk peramalan jangka panjang maka data gelombang diambil hasil perhitungan gelombang berdasarkan kecepatan angin.

Kecepatan angin, lama hembusan angin, serta arah datangnya angin sangat menentukan tinggi dan periode gelombang yang terbentuk.

a. Panjang fetch

Panjang fetch merupakan jarak pengaruh hembusan angin yang dapat menimbulkan gelombang yang diukur mulai dari lokasi yang akan ditinjau sampai dengan daratan yang mengelilingi daerah pembangkit gelombang berdasarkan arah angin.

b. Penentuan panjang fetch dilakukan sebagai berikut:

1. Garis fetch ditarik pada setiap interval 5°
2. Panjang garis fetch diukur mulai dari lokasi peramalan gelombang sampai dengan daratan diujungnya.
3. Masing-masing garis fetch dalam daerah suatu penjuror angin diproyeksikan kearah penjuror tersebut.

Panjang garis fetch efektif diperoleh dengan membagi jumlah panjang proyeksi garis tersebut dengan cosinus sudutnya.

D. Penentuan Tinggi Gelombang

Beberapa rumus atau grafik untuk memprediksi gelombang didasarkan pada kecepatan angin yang diukur pada $y = 10$ m.

Apabila angin tidak diukur pada elevasi 10 m, maka kecepatan angin tersebut harus dikonversi pada elevasi tersebut berdasarkan persamaan sebagai berikut (Triatmodjo, 1999: Teknik Pantai) :

$$U_{10} = U_z \left[\frac{10}{z} \right]^{1/7}$$

$$H_s = 2.482 \times 10^{-2} U_A$$

$$T_s = 8.30 \times 10^{-1} U_A$$

$$t = 7.296 \times 1$$

Tabel 3 Perhitungan Penentuan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Arah Barat Daya

No	U (Knot)	U (m/dt)	Uw	UA	Feff (m)	H _s (m)	T _s (det)
1	1	0.52	1.03	0.74	40385,002	0.0756	1.865
2	2	1.03	1.97	1.63	40385,002	0.1677	2.425
3	3	1.55	2.86	2.58	40385,002	0.2654	2.822
4	4	2.06	3.61	3.44	40385,002	0.3531	3.101
5	5	2.58	4.31	4.29	40385,002	0.4403	3.335
6	6	3.09	4.97	5.11	40385,002	0.5248	3.534
7	7	3.61	5.73	6.08	40385,002	0.6247	3.743
8	8	4.12	6.18	6.67	40385,002	0.6853	3.859

Sumber: Hasil Perhitungan

E. Analisa Refraksi, Shoaling dan Gelombang Pecah

Berdasarkan tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang (T_s) pada tabel 4.3 diatas maka, dapat dihitung refraksi gelombang

dengan mengasumsikan kedalaman laut (d) pada arah barat daya 2m, pada arah selatan 0.3m dan pada arah barat 3.1m

Tabel 4 Arah Barat Daya (10°)

Hs	T	d	L0	C0	d/L0	d/L	L	C	Sh
0,17	2,43	1,5	9,175	3,783	0,163	0,19414	7,726	3,186	0,1
0,35	3,10	1,5	15,001	4,838	0,100	0,14098	10,640	3,431	0,1
0,52	3,53	1,5	19,484	5,513	0,077	0,12046	12,452	3,523	0,1
0,69	3,86	1,5	23,236	6,021	0,065	0,10918	13,739	3,560	0,1

Sin a	a	Cos a	Kr	no	n	Ks	H'0
0,1462	8,4087	0,9893	0,9356	0,5	0,8682	0,8270	0,1297
0,1232	7,0745	0,9924	0,9342	0,5	0,9172	0,8767	0,2892
0,1110	6,3716	0,9938	0,9335	0,5	0,9348	0,9148	0,4482
0,1027	5,8931	0,9947	0,9331	0,5	0,9448	0,9461	0,6049

Hb/H'0	Hb	Hb/gT2	db/Hb	db	cb	Lb
1,57	0,20367	0,0035	1,140	0,232	1,509	0,622
1,47	0,42515	0,0045	1,150	0,489	2,190	0,706
1,39	0,62298	0,0051	1,160	0,723	2,663	0,753
1,35	0,8166693	0,0056	1,180	0,964	3,075	0,797

Sumber: hasil perhitungan

Tabel 5 Arah Selatan (55°)

Hs	T	d	L0	C0	d/L0	d/L	L	C	Sin a0
0,10	1,30	1,5	2,644	2,031	0,567	0,5679	2,641	2,029	0,8192
0,15	1,97	1,5	6,055	3,073	0,248	0,2661	5,636	2,861	0,8192
0,20	2,16	1,5	7,311	3,377	0,205	0,2293	6,541	3,021	0,8192
0,26	2,33	1,5	8,456	3,632	0,177	0,2058	7,288	3,130	0,8192

Sin a	a	Cos a	Kr	no	n	Ks	H'0	H'0/gT2
0,818	54,91443	0,5748	0,671	0,5	0,8290	0,77703	0,05071	0,0030
0,762	49,68363	0,64701	0,6325	0,5	0,9211	0,76366	0,07437	0,0020
0,7329	47,12758	0,68037	0,6168	0,5	0,9348	0,7732	0,09769	0,0021
0,706	44,90859	0,70823	0,6045	0,5	0,9428	0,78444	0,12112	0,0023

Hb/H'0	Hb	Hb/gT2	db/Hb	db	cb	Lb
1,14	0,0578093	0,0035	1,079	0,062	0,782	0,601
1,35	0,1004005	0,0026	1,000	0,100	0,992	0,504
1,36	0,1328646	0,0029	0,990	0,132	1,136	0,525
1,30	0,1574584	0,0030	1,010	0,159	1,249	0,536

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 6 Arah Barat (35°)

Hs	T	d	L0	C0	d/L0	d/L	L	C	Sh
0,07	1,35	1,5	2,862	2,113	0,524	0,5254	2,855	2,108	0,5
0,46	3,56	1,5	19,742	5,550	0,076	0,1195	12,548	3,527	0,5
1,10	5,54	1,5	47,822	8,637	0,031	0,0726	20,658	3,731	0,5
2,04	7,53	1,5	88,337	11,739	0,017	0,0530	28,323	3,764	0,5

Sin a	a	Cos a	Kr	no	n	Ks	H'0	H'0/gT2
0,572	34,89540	0,8202	0,9285	0,5	0,5001	1,0012	0,06145	0,0034
0,365	21,38125	0,93118	0,8714	0,5	0,7515	1,0231	0,4065	0,0033
0,248	14,34587	0,96882	0,8543	0,5	0,8867	1,1425	1,07804	0,0036
0,184	10,59722	0,98294	0,8482	0,5	0,9368	1,2902	2,23257	0,0040

Hb/H'0	Hb	Hb/gT2	db/Hb	db	cb	Lb
1,28	0,0786606	0,0044	1,035	0,081	0,894	0,660
1,37	0,556902	0,0045	0,990	0,551	2,326	0,654
1,37	1,4769166	0,0049	0,990	1,462	3,787	0,684
1,34	2,9916454	0,0054	1,040	3,111	5,525	0,734

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai dengan perhitungan refraksi tersebut, maka diperoleh gelombang refraksi (H'_0) tertinggi sebesar 0,384 m, gelombang pecah (H_b) tertinggi sebesar 0,522 m, Panjang gelombang pecah (L_b) sebesar 0,589 m, celerity gelombang pecah (cb) sebesar 1,979 m/det, dan kedalaman gelombang pecah (db) sebesar 0,549 m seperti tertera pada tabel berikut ini.

Hasil analisa refraksi gelombang	Arah barat daya	Arah selatan	Arah barat
Tinggi gel. Refraksi (H'_0)	1,472	0,34390	3,77856
Tinggi gel. Pecah (H_b)	2,06847	0,4485328	5,1041245
Panjang gel. Pecah (L_b)	2,879	2,16600	2,7320
Celerity gel. Pecah (cb)	9,437	4,1600	12,5310
Kedalaman gel. Pecah (db)	2,407	0,4530	5,2060

Sumber: Hasil perhitungan

F. Analisa Arus Di Dekat Pantai

Pada lokasi pantai Kamal, arus sejajar pantai yang diberikan pada rumus dibawah dapat mengangkut sedimen yang telah dihancurkan (dierosi) oleh gelombang, dan terus 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-Higgins (dalam Komar, 1985) menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai berikut ini.

$$V = 1,17 (g H_b)^{1/2} \sin \alpha_b \cos \alpha_b (4.1)$$

Dengan :

V : Kecepatan arus sejajar pantai

G : Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/d}^2$)

H_b : Tinggi gelombang pecah

α_b : Sudut datang gelombang pecah

Tabel 7. Hasil Perhitungan arus Pantai

Arah angin	α_b	$H_b(m)$	$V(cm/d)$	$V(cm/d)$
Barat Daya	10°	2,06847	0,901294389	0,9013
Selatan	55°	0,4485328	1,153116774	1,1531
Barat	60°	5,1041245	3,584937851	3,5849

Sumber: Hasil Perhitungan

G. Analisa Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai dihitung dengan menggunakan metode CERC (1984) dengan memakai program Excel versi 2010. Hasil perhitungan perubahan garis

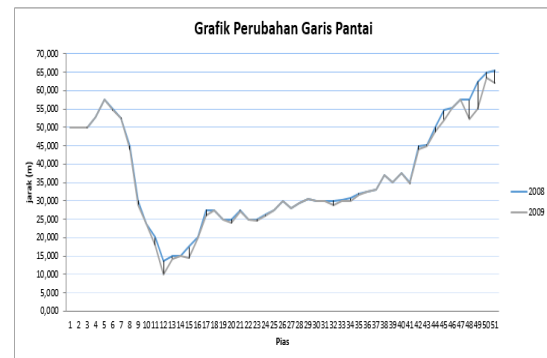
Untuk permodelan perubahan garis pantai maka asumsi dasar yang digunakan dalam perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Data gelombang (periode, tinggi dan arah gelombang), serta koordinat garis pantai. Pada perhitungan ini arah gelombang yang dipakai adalah arah gelombang dominan yaitu arahbarat daya, selatan dan barat
2. Kontur kedalaman dianggap paralel membentuk sudut 10^0 terhadap arah Barat Daya, 55^0 terhadap arah Selatan, 35^0 terhadap arah Barat
3. Data gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah yang dipakai berdasarkan hasil analisa Shoaling dan refraksi gelombang.
4. Lokasi pantai Kamal adalah merupakan pantai yang landai dengan kemiringan rata-rata 0,05.
5. Lokasi pantai Kamal mempunyai panjang garis pantai sepanjang 3000 m yang dibagi menjadi 50 pias (sel), dengan panjang pias (Δx) adalah 60 m

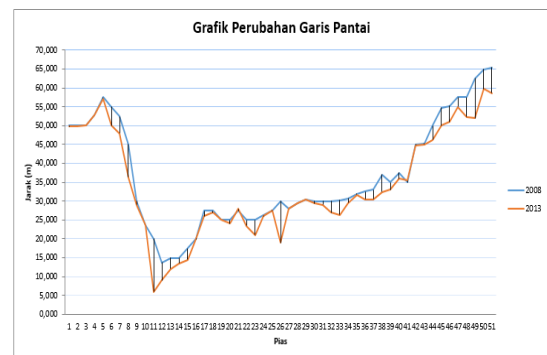
Dari hasil perhitungan perubahan garis pantai yang disebabkan oleh pengaruh gelombang angin berdasarkan koordinat tiap-tiap pias untuk jangka waktu 1 tahun, 5 tahun dan 10 tahun pada masing-masing arah dominan, menunjukkan bahwa besarnya perubahan garis pantai berdasarkan koordinat tiap-tiap pias sesuai dengan lampiran B.

Transport sedimen sepanjang pantai yang terjadi pada pantai Kamal dalam jangka waktu 10 tahun adalah sebesar $17,28303 \text{ m}^3/\text{thn}$. Transport sedimen sepanjang pantai akibat gelombang yang menghancurkan material yang ada di pantai dan arus sepanjang pantai dengan kecepatan sebesar $2,6314 \text{ cm/detik}$ yang membawa material pantai keluar meninggalkan pantai sehingga terjadilah perubahan terhadap garis pantai pada lokasi penelitian.

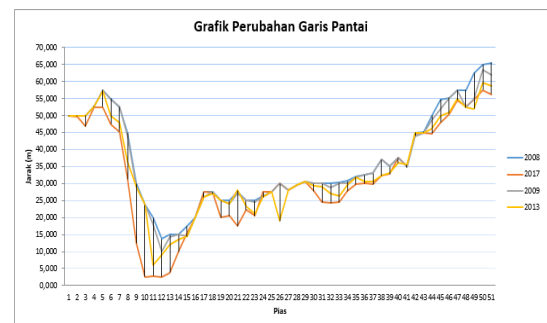
Transport sedimen sepanjang pantai yang terjadi pada lokasi penelitian mengakibatkan perubahan garis pantai untuk semua arah gelombang berdasarkan kurun waktu 10 tahun terakhir dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini



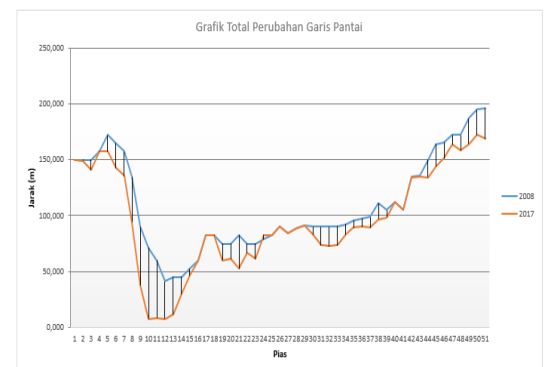
Gambar 4.2 Grafik perubahan garis pantai tahun pertama
(Sumber: Data Perhitungan)



Grafik 4.2 Grafik perubahan garis pantai tahun kelima
(Sumber: Data Perhitungan)



Grafik 4.2 Grafik perubahan garis pantai
(Sumber: Data Perhitungan)



Grafik 4.2 Grafik perubahan garis pantai
(Sumber: Data Perhitungan)

H. Alternatif Penanggulangan

Pantai Kamal merupakan pantai berpasir, yang mana pada kondisi gelombang normal. Ombak besar hanya terjadi ketika musim angin

Barat karena hadap pantai yang mengarah ke arah tersebut.

Pantai Kamal yang tidak memiliki dinding penahan pantai rawan terhadap erosi yang dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar dengan rusaknya kawasan permukiman dan fasilitas-fasilitas yang ada di lokasi tersebut. Untuk menanggulangi hal tersebut maka perlu dibuat bangunan pelindung pantai.

Bangunan pantai digunakan untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus. Beberapa cara yang dilakukan untuk melindungi pantai antara lain:

1. Memperkuat/melindungi pantai agar mampu menahan serangan gelombang
2. Mengubah laju transport sedimen sepanjang pantai
3. Mengurangi energy gelombang yang sampai ke pantai
4. Reklamasi dengan menambah suplai sedimen kepantai

Sesuai dengan fungsinya, bangunan pantai 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 di lepas pantai dan kira-kira sejajar dengan pantai

Berdasarkan pertumbuhan penduduk dan arah pembangunan pemukiman yang lebih ke arah pantai, maka bangunan pantai yang dipilih adalah kombinasi revetment.

Revetment yang merupakan bangunan yang tepat karena fungsinya sebagai pelindung pantai atau daerah yang tepat di belakang bangunan dari erosi dan limpasan gelombang. Dilihat dari bentuk pantai Negeri Kamal yang berbentuk cekung seperti teluk kecil dan pembangunan pemukiman yang kian dekat ke arah pantai, revetment adalah solusi yang tepat untuk memperbaiki sekaligus menjadi solusi untuk mengurangi kerusakan akibat limpasan gelombang. Bentuk dari revetment sendiri berupa pasangan beton berbentuk miring atau bentuk lain berupa tumpukan pipa (buis) beton yang diletakan di sepanjang area pantai.

5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang terdapat dalam penulisan ini, maka kesimpulannya adalah sebagai berikut :

1. Kerusakan akibat erosi yang terjadi pada pias 12 sebesar 11.20m. Perhitungan perubahan garis pantai dapat dilihat pada lampiran B.
2. Bangunan pelindung pantai yang digunakan pada lokasi penelitian adalah Revertment. Dengan demikian besar perubahan garis pantai di daerah tersebut dapat ditanggulangi.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas maka disarankan bagi :

- a. Mahasiswa untuk lebih mempelajari tentang pemecahan dan penanggulangan masalah-masalah yang terjadi di pantai.
- b. Pemerintah kabupaten Seram Bagian barat agar lebih peka terhadap kerusakan pantai di daerah pesisir apalagi wilayah Kamal yang ditinjau tersebut memiliki kecenderungan pembangunan pemukiman yang lebih mengarah ke pantai.
- c. Masyarakat setempat agar turut berpartisipasi dalam menjaga kestabilan pada daerah bibir pantai dengan tidak melakukan aktifitas merugikan yang berdampak pada menyusutnya area efektif, salah contohnya adalah penambangan pasir secara illegal pada daerah pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Danial M. M., 2008 *Rekayasa Pantai*
- Praktito. 1997. *Perencanaan fasilitas Pantai dan Laut*
- Suryolelono, K. B., 1994. *Teknik Fondasi II*
- Triatmodjo, 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta
- Triarmodjo, 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*
- Yuwono, Nur, 1982. *Teknik Pantai Volume I*
- Yuwono, Nur 1991. *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai*