

KONSERVASI PANTAI LABUANGKALLO DENGAN METODE MEKANIK DAN VEGETATIF

Sri Idayati dan Wani Hadi Utomo

Program Pasca Sarjana Pengelolaan Tanah dan Air, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

Abstract

Labuangkallo is a village in costal area, located on the bay of Apar, in the boundary of 57 km² national park. Based on the map of hydro oceanography (1980) and bathymetry measurements (2011), there has been changing of coastline during 31 years. It showed significant changes, especially in the protrusion showed abrasion of 4.9507 m / yr. In the review and direct observation, the issues are grouped into three (3) major parts: (a) Labuangkallo river estuary is getting narrow due to sedimentation; (b) Fishermen settlement was eroded by waves, and (c) mangrove forest was destroyed by abrasion. The source of obstruction is, there is magnitude of the waves from the northeast and east coast, and it abrades the land, especially in area of protrusion / headland. It made angled waves against the shoreline and the wave forces shaping currents that carry sediment along the coast due to abrasion and deposited on the edge of the river Labuangkallo. The conservation strategy is using mechanical method is hard treadment by coastal protector construction and HDPE sand bag materials, there of the vegetation method with soft treadment using mangrove vegetation along the coastal village. Both are considered the strategies for reclamation.

Keyword: abrasion, reclamation, sand bag HDPE, mangrove, construction

Pendahuluan

Desa Labuangkallo merupakan desa pesisir yang terletak di teluk Apar, dengan luas wilayah sekitar 57 Km². Kawasan terdiri dari dataran dan lautan. Desa ini masuk dalam wilayah cagar alam. Wilayah daratannya sudah menjadi lahan pertambakan sepanjang pesisir sehingga mangrovenya sangat berkurang. Lahan-lahan yang dijadikan tambak ini merupakan kawasan mangrove yang terhampar sepanjang pesisir desa Labuangkallo. Kondisi desa Labuangkallo sangat memprihatinkan karena pantainya sudah terkena abrasi yang mengakibatkan banyak rumah penduduk yang hancur terkena hempasan ombak. Kondisi ini belum tertangani dengan baik dan lambat laun garis pantai semakin terkikis jika

dibiarkan terus-menerus tanpa adanya upaya untuk mengatasinya secara serius. (Gambar 01) menunjukkan lokasi kajian kajian di Pantai Labuangkallo Kabupaten Paser – Kalimantan Timur.

Kerusakan pantai dan pesisir di pantai Labuangkallo dapat diidentifikasi dalam bentuk erosi, abrasi, dan degradasi yang diakibatkan oleh fenomena alam seperti kuatnya arus, ombak, angin dan akibat perbuatan manusia terus bertambah dari waktu ke waktu serta dampak pemanasan global terhadap pesisir pantai Labunagkallo. Erosi, abrasi dan degradasi telah menjadi permasalahan di daerah pesisir, jika tidak segeradilakukan pencegahan dan konservasi kembali atas pantai dan pesisir maka akan mengancam kelangsungan ekosistem dan kelestarian lingkungan, sebagai sumber

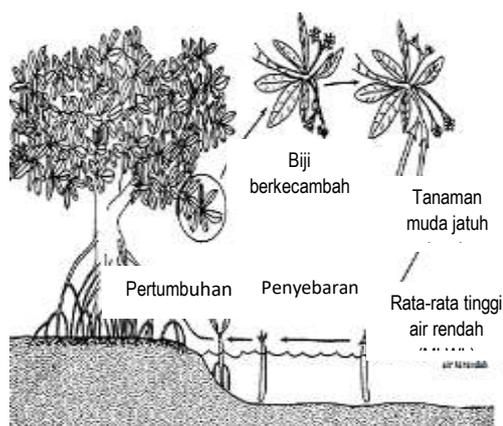
Hasil dan Pembahasan

Identifikasi Kawasan Kritis

Kawasan kritis diidentifikasi dengan tujuan untuk mengetahui kerusakan pantai secara langsung baik dari jenis dan karakter pantainya. Berdasar tinjauan karakter utama pantai, permasalahan pantai Labuangkallo adalah erosi, type pantai berlumpur serta pemanfaatan lahan dan fungsinya sebagai pedesaan dan kawasan alami. dari tinjauan di atas, selanjutnya ditentukan pendekatan yang digunakan sebagai pedoman program penanganan, dasar pendekatan yang di gunakan dalam penangan kerusakan dipantai Labuangkallo untuk permasalahan erosi dengan tipe pantai berlumpur di lokasi cagar alam dengan fungsi pedesaan dan kawasan alami (Tabel 1).

Tabel 1 Tinjauan dari Pendekatan Utama dan Solusi yang diterapkan di Lokasi Studi

Pendekatan	Solusi
Utama Proteksi Pantai	
Adaptasi	System peringatan dini, relokasi perumahan penduduk
Penanganan lunak	Zona perlindungan mangrove, solusi gabungan restorasi habitat pantai berlumpur
Penanganan keras, bangunan pantai	Konstruksi keras ramah lingkungan

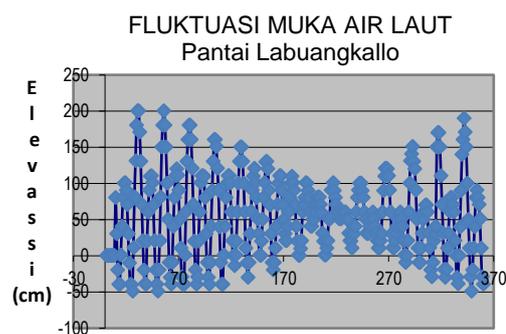


Gambar 2 Ilustrasi Hidup Tumbuhan Mangrove

Pengumpulan dan Pengolahan Data

• Pasang Surut

Pengukuran fluktuasi secara visual dilakukan dengan memasang papan duga dan mencatat bacaan elevasi muka air. Pengamatan dilakukan tiap 60 menit dan dilakukan selama 15 hari, tanggal 17 Juni 2011 – 1 Juli 2011. Gambar 3 merupakan grafik fluktuasi muka air pengukuran pasang surut.



Gambar 3. Grafik Fluktuasi Muka Air

Model pasang surut diturunkan dari data pengukuran dengan cara mencocokkan kurva dengan Metode Kuadrat Terkecil (Metode *Least Square*) dengan persamaan berikut.

$$\eta(t) = S_0 + SS_0 + \sum_{i=1}^N A_i \cos(\omega_i t - P_i)$$

Dimana $\eta(t)$ adalah ketinggian air pasang setiap saat sebagai fungsi waktu t ; A_i merupakan amplitudo pasut

konstituen harmonik; ω_i pembagian $2\pi/T_i$, dimana T: periode komponen ke-I; P_i adalah phasa komponen ke-I; S_0 merupakan tinggi air diatas datum ditetapkan seperti permukaan laut rata-rata (*mean sea level* – MSL); SS_0 merupakan perubahan duduk tengah musiman yang disebabkan oleh efek angin/muka laut rata-rata akibat pengaruh faktor meteorologis; t adalah waktu yang diukur dari beberapa waktu awal, yaitu $t=0$ pada t_0 dan n adalah jumlah komponen pembentuk tinggi pasang. Tabel 2 adalah konstanta pasang surut dari hasil pencocokan kurva.

Tabel 2 Konstanta Harmonik Pasang Surut Pantai Labuangkallo

Tidal Constituent	Symbol	Amplitude (m)	Phase (radians)
Average water level	Z_0	0.58	
Main lunar constituent	M_2	0.65	1.33
Main solar constituent	S_2	0.43	2.25
Soli-lunar constituent	K_1	0.36	2.72
Main lunar constituent	O_1	0.15	2.46
Lunar constituent, due to Earth-Moon distance	N_2	0.06	1.32
Soli-lunar constituent, due to the change of declination	K_2	0.15	3.08
Main solar constituent	P_1	0.09	0.72
Main lunar constituent	M_4	0.02	0.88
Soli-lunar constituent	MS_4	0.03	1.63

Penentuan jenis pasang surut perairan Labuangkallo ditentukan dengan menentukan nisbah antara amplitudo (tinggi gelombang) unsur-unsur pasang surut tunggal utama dengan amplitudo unsur-unsur pasang surut ganda utamanya, yang di hitung dengan bilangan Formzahl (F) berikut.

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} = \frac{0.36 + 0.15}{0.65 + 0.43} = 0.472$$

Berdasarkan hasil pengamatan permukaan air pasang surut, grafik fluktuasi muka air dan konstanta utama pasang surut di atas diketahui bahwa tipe pasang surut di pantai Labuangkallo adalah **tipe campuran (mixed type), condong ke semi diurnal dominan** dengan harga angka formzahl (F) sama

dengan **0.472**. Tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda – Mixed tide, prevailing semi diurnal).

Peramalan pasang surut untuk meramal gerakan pasang surut secara teliti diperoleh selama 18,7 tahun untuk mengetahui pengaruh kombinasi antara bulan dan matahari terhadap pasang surut yang terjadi di bumi menyebabkan dua keadaan pasang surut *spring tide* (keadaan terjadinya HHW (*Highest-High Water*) dan LLW (*Lowest-Low Water*); dan *neap tide* (keadaan terjadi LHW (*Low-High Water*) dan HLW (*High-Low Water*). *Spring tide* atau *neap tide* tidak terjadi pada saat tepat terjadinya *tractive force* maksimum atau minimum, melainkan terjadi satu atau tiga hari setelahnya. Hasil komponen pasang surut dan tipe pasang surut di atas, dilakukan peramalan untuk menentukan elevasi acuan pasang surut yang menjadi ciri daerah kajian (Tabel 3).

Tabel 3 Elevasi Muka Air Acuan Pantai Labuangkallo

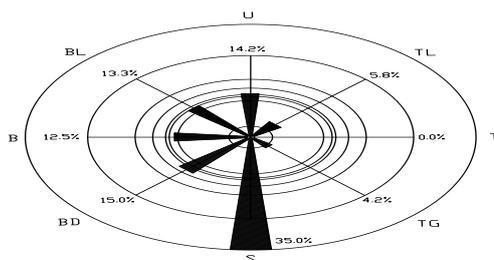
Design water level	Symbol	Calculation	Elev. (m LWS)	Elev. (m MSL)
Highest Astronomical Tide	HAT	$Z_0 + (\text{all constituents})$	2.52	1.90
Higher High Water Level	HHWL	$Z_0 + (M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + P_1)$	2.41	1.80
High Water Spring	HWS	$Z_0 + (M_2 + S_2 + O_1)$	2.17	1.60
Mean High Water Spring	MHWS	$Z_0 + (M_2 + S_2)$ or $Z_0 + (K_1 + O_1)$	1.66	1.10
Mean High Water Level	MHWL	$Z_0 + (M_2 + K_1 + O_1)$	1.74	1.20
Mean Sea Level	MSL	Z_0	0.58	0.00
Mean Low Water Level	MLWL	$Z_0 - (M_2 + K_1 + O_1)$	-0.58	-1.20
Mean Low Water Spring	MLWS	$Z_0 - (M_2 + S_2)$ or $Z_0 - (K_1 + O_1)$	-0.50	-1.10
Chart Datum Level	CDL	$Z_0 - (M_2 + S_2 + K_1 + O_1)$	-1.01	-1.60
Lower Low Water Level	LLWL	$Z_0 - (M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + P_1)$	-1.25	-1.80
Lowest Astronomical Tide	LAT	$Z_0 - (\text{all constituents})$	-1.36	-1.90

• Peramalan Gelombang

Peramalan gelombang dilakukan karena tidak ada data yang mencukupi. Peramalan dilakukan menggunakan data angin sebagai pembangkit gelombang yang meliputi kecepatan, arah datang dan durasi angin bertiup. Selain itu juga diperlukan data daerah pembentukan gelombang (fetch).

❖ Angin

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data angin bulanan berikut arahnya tahun 2001 – 2010 dari stasiun BMKG Sepinggan. Kecepatan angin maksimum yang paling dominan adalah kecepatan 42 Knot (21.6 m/det). Prosentase kejadian angin digambarkan dalam Mawar Angin Maksimum (Gambar 4).



Gambar 3 Mawar Angin Maksimum Stasiun BMKG Sepinggan ((2000-2010)

Untuk memperkirakan pengaruh angin terhadap pembangkitan gelombang kecepatan angin maksimum yang diukur di darat diperlukan transformasi data angin di atas daratan terdekat dengan lokasi kajian ke data angin di atas permukaan laut. Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan diberikan oleh $R_L = U_w/U_L$, diprediksi pada kecepatan angin yang diukur pada elevasi 10 yang di dapat sebesar 0,9 dan selanjutnya dikoreksi menggunakan persamaan:

$$U(10) = U(y) \left[\frac{10}{y} \right]^{1/7} = 0,9 * 21,6 \left[\frac{10}{100} \right]^{1/7} = 13,99$$

Data kecepatan angin terkoreksi tersebut kecepatan angin dikonversikan menjadi faktor tegangan angin dengan ketentuan: $U_A = 0,71 U_W^{1,23}$, dimana U adalah kecepatan angin dalam m/d. Sehingga didapatkan tegangan angin sebesar $U_A = 0,71 * U^{1,23} = 0,71 * 13,99^{1,23} = 0,71 * 13,99^{1,23} = 18,22$ m/dt.

❖ Fetch

Berdasar arah angin di wilayah Indonesia, hasil perhitungan fetch efektif pantai Labuangkallo yang paling berpengaruh dari arah Tenggara sebesar 406.91 km (Gambar 5 dan Tabel 4).



Gambar 4. Fetch Efektif Pantai Labuangkallo

Tabel 4 Hasil Perhitungan Fetch Efektif dari Arah Tenggara

No	Titik	Sudut (α)	Cos α	X (Km)	X Cos ² α
1	9 ka	22.50	0.9230	232.00	214.14
2	8 ka	20.00	0.9397	236.00	221.77
3	7 ka	17.50	0.9528	234.00	222.96
4	6 ka	15.00	0.9659	228.00	220.23
5	5 ka	12.50	0.9754	218.00	212.63
6	4 ka	10.00	0.9848	220.00	216.66
7	3 ka	7.50	0.9905	242.00	239.70
8	2 ka	5.00	0.9962	246.00	245.07
9	1 ki	2.50	0.9981	258.00	257.51
10	0	0.00	1.0000	272.00	272.00
11	1 ki	(2.50)	0.9981	386.00	385.27
12	2 ki	(5.00)	0.9962	400.00	398.48
13	3 ki	(7.50)	0.9905	414.00	410.07
14	4 ki	(10.00)	0.9848	430.00	423.46
15	5 ki	(12.50)	0.9754	750.00	731.51
16	6 ki	(15.00)	0.9659	718.00	693.52
17	7 ki	(17.50)	0.9528	712.00	678.39
18	8 ki	(20.00)	0.9397	700.00	657.79
19	9 ki	(22.50)	0.9230	700.00	646.10
	Jumlah		17.5297		7,133.10
				Fetch Efektif :	406.91

❖ Durasi angin

Data angin dicatat tiap jam dan disajikan dalam bentuk tabel. Dengan pencatatan jam-jaman, dapat diketahui angin dengan kecepatan tertentu dan durasinya. Dalam kajian ini, data angin yang digunakan adalah data angin maksimum bulanan tahun 2001 – 2010 dari stasiun BMKG Sepinggan. Dan lama hembus angin normal di lokasi kajian di asumsikan angin bertiup dengan durasi yang cukup sebesar 3 jam.

❖ Tinggi dan periode gelombang

Angin yang terdiri dari kecepatan angin, lama hembus angin, arah angin dan fetch adalah faktor yang mempengaruhi terhadap tinggi dan periode gelombang. Peramalan gelombang dilakukan dengan menggunakan grafik peramalan gelombang (SPM, 1984) dengan dasar kecepatan angin, lama hembus angin dan fetch.

Berdasarkan *fetch limited*, nilai $U_A = 18,22$ m/d dan fetch $F = 406,91$ km didapat: $H = 6$ m; dan $T = 12,2$ detik. Sedangkan berdasarkan *duration limited*, U_A dan durasi angin yang cukup sebesar 3 jam, menggunakan grafik yang sama di dapat: $H = 1,5$ m; dan $T = 4,8$ detik. Analisis peramalan gelombang berdasarkan (*fetch limited*) perpotongan nilai U_A dan fetch pada titik durasi 18,5 jam dan nilai ini dianggap tidak normal. Sehingga, dari kedua nilai H dan T

tersebut diatas diambil nilai dengan acuan durasi yang cukup yaitu tinggi dan periode gelombang adalah: $H = 1,5$ m; dan $T = 4,8$ detik.

1. Data Batimeri

Peta batimetri digunakan untuk memperoleh gambaran mengenai kontur dasar laut dan kemiringan dasar pantai kondisi kelandaian di pantai Labuankallo sampai jarak 200 meter dari garis pantai sepanjang 6 km. Kemiringan dasar pantai tergantung pada bentuk dan ukuran material dasar. Pantai lumpur mempunyai kemiringan sangat kecil sampai mencapai 1:5000 (Triatmodjo, Teknik Pantai, 1999),

• Konservasi Metode Mekanik

Bangunan pelindung pantai digunakan melindungi pantai terhadap kerusakan pantai terhadap serangan gelombang dan arus. Untuk melindungi pantai dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya (1) melindungi pantai agar

mampu menahan serangan gelombang; (2) mengubah laju transportasi sedimen; (3) mengurangi energi gelombang sampai ke pantai dan (4) dengan reklamasi. Kerusakan yang ada di lokasi kajian terdapat tiga point permasalahan: (1) sedimentasi di muara sungai Labuankallo; (2) abrasi di kawasan perumahan dan (3) abrasi di hutan mangrove.

1. Pemilihan Jenis Struktur

Pemilihan jenis struktur untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus berdasarkan tujuan dan fungsinya yang dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu: (a) konstruksi yang dibangun di pantai dan sejajar dengan garis pantai; (b) konstruksi yang dibangun tegak lurus pantai dan sambung ke pantai dan (c) konstruksi yang di bangun di lepas pantai dan kira-kira sejajar dengan garis pantai.

❖ Sedimentasi di muara sungai Labuankallo
Permasalahan di muara sungai Labuankallo adanya pengendapan lumpur di muara sungai mengakibatkan lalu lintas terganggu, tinjauan analisis di sajikan pada Tabel 5 dan Gambar 6.

❖ Abrasi di kawasan perumahan
Permasalahan pantai di desa Labuankallo sudah terabrasi yang mengakibatkan banyak rumah hancur terkena hempasan ombak, tinjauan analisis di sajikan pada Tabel 6 dan Gambar 7.

❖ Abrasi di Hutan Mangrove
Permasalahan yang terjadi pada hutan mangrove yang mengalami terabrasi berdampak menghambat terhadap pertumbuhan. Tanaman mangrove yang masih kecil aman terhadap serangan gelombang, maka dibuatkan bangunan penahan gelombang

sementara yang ditempatkan di muka tanaman mangrove. Tinjauan analisis di sajikan pada Tabel 7 dan Gambar 8.

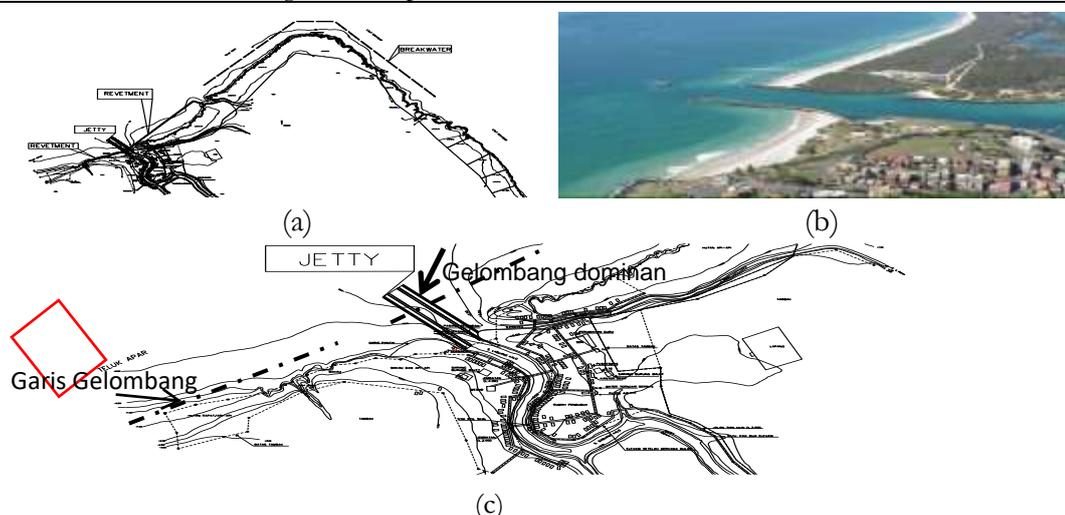
2. Pemilihan Material Struktur

Bahan yang digunakan membangun rekayasa pesisir yang penting untuk keberhasilan konstruksi yang dipilih harus mampu menahan kerasnya gelombang. Dalam kajian ini kriteria pemilihan bahan dengan kriteria

pemilihan material struktur berdasarkan (a) daya tahan material, (b) adaptasi material, (c) biaya bahan, (d) ketersediaan, (e) persyaratan penanganan material dan (f) dampak lingkungan material. Dari pemilihan bahan material yang sesuai dengan lokasi kajian selanjutnya dispesifikan jenis material struktur yang akan digunakannya.

Tabel 5. Pemilihan Jenis Konstruksi di Muara Sungai Labuangkallo

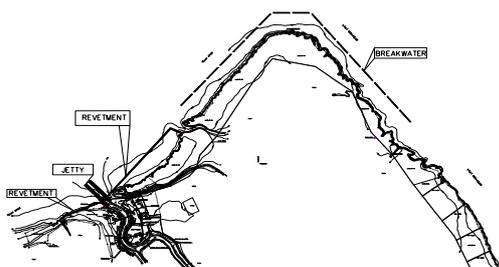
Jenis konstruksi	Jetty
	adalah bangunan tegak lurus pantai yang di letakkan pada kedua sisi muara sungai.
Tinjauan Terhadap:	Uraian
Fungsi	Mengurangi laju angkutan sedimen sepanjang pantai yang masuk ke muara sungai. Mencegah berbeloknya muara sungai, pendangkalan alur sungai oleh sedimentasi dan sebagai alur pelayaran,
Sedimentasi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penggunaan muara sungai sebagai alur pelayaran, pengendapan di muara dapat mengganggu lalu lintas kapal. ▪ Transportasi sedimen sepanjang pantai sangat berpengaruh terhadap pembentukan endapan yang menyebabkan tersumbatnya muara sungai
Gelombang	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jetty panjang jika ujungnya berada di luar gelombang pecah, dan efektif untuk menghalangi masuknya sedimen ke muara. ▪ Jetty sedang jika ujungnya berada antara muka air surut dan lokasi gelombang pecah. Kondisi ini dapat menahan sebagaian transportasi sedimen sepanjang pantai. ▪ Jetty pendek jika kaki ujungnya berada muka air surut. Kondisi ini mencegah berbeloknya muara sungai dan mengkonsentrasikan aliran untuk mengerosi endapan.



Gambar 5 (a) Lokasi Jetty di wilayah Kajian; (b) Konstruksi Jetty dan (c) Detail Jetty di wilayah Kajian

Tabel 6 Pemilihan Jenis Konstruksi di Kawasan Perumahan

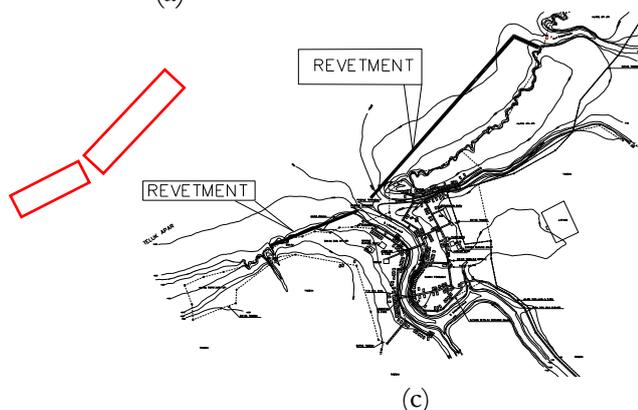
Jenis konstruksi	Revetment
	adalah bangunan pada garis pantai atau di daratan yang digunakan untuk melindungi pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang ke daratan.
Tinjauan Terhadap:	Uraian
Fungsi	Melindungi garis pantai atau perumahan dan bangunan yang lain secara langsung dari erosi atau serangan gelombang.
Lanjutan Tabel 6	
Sedimentasi	<ul style="list-style-type: none"> Tanah di lokasi yang tergerus di area pemukiman, maka perpindahan garis pantai harus diproteksi agar tidak menggerser pemukiman. Pendekatan dengan menahan pergeseran abrasi dengan bangunan gelombang yang permanen yang ditempatkan di muka perumahan dan langsung menahan gempuran gelombang.
Gelombang	<ul style="list-style-type: none"> Pada gelombang tidak pecah, jika kedalaman bangunan cukup besar, yaitu lebih besar dari 1,5 kali tinggi gelombang maksimum, maka gelombang dilokasi tersebut tidak pecah. Pada gelombang pecah secara langsung terhadap struktur vertikal, merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk dengan puncak gelombang semakin tajam sampai akhirnya pecah pada kedalaman tertentu.



(a)



(b)

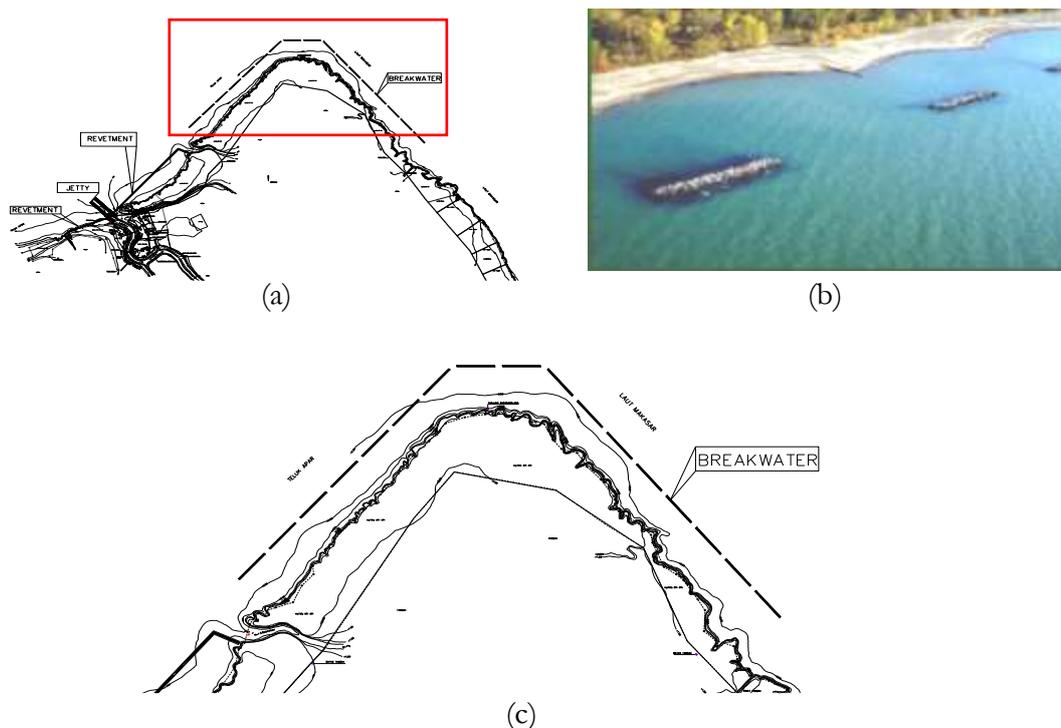


(c)

Gambar 6(a) Lokasi Revetment di wilayah Kajian; (b) Konstruksi Revetment dan (c) Detail Revetment di wilayah Kajian

Tabel 7 Pemilihan Jenis Konstruksi di Kawasan Hutan Mangrove

Jenis konstruksi	Breakwater
	adalah bangunan yang di buat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai.
Tinjauan Terhadap:	Uraian
Fungsi	Untuk merangkap sedimen di belakang breakwater. Layout ditempatkan di lepas pantai dan terhubung ke pantai dengan formasi tembok, sehingga jika tembok sudah terbentuk, transportasi sedimen sepanjang pantai akan terblokir secara keseluruhan..
Sedimentasi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Laju transportasi sedimen sepanjang pantai akan berkurang jika gelombang datang membentuk sudut dengan garis pantai. Hal ini menyebabkan pengendapan sedimen dan berbentuk <i>cusate</i>. Pengendapan berlanjut hingga pembentukan <i>cusate</i> terus berkembang hingga terbentuk tembolo. Tembolo ini akan merintang/menangkap transpor sedimen sepanjang pantai, sehingga suplai sedimen di hilir terhenti.
Gelombang	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jika garis puncak gelombang pecah sejajar garis pantai asli, terjadi difraksi di daerah terlindung di belakang bangunan, dimana garis puncak gelombang dan berbentuk busur lingkaran. Perambatan gelombang ini disertai dengan angkutan sedimen menuju daerah terlindung dan diendapkan di perairan dibelakang bangunan, pengendapan sedimen ini menyebabkan terbentuknya tembolo.



Gambar 7 (a) Lokasi Breakwater di wilayah Kajian; (b) Konstruksi Breakwater dan (c) Detail Breakwater di wilayah Kajian

3. Perencanaan Struktur

❖ Perencanaan Struktur Pemecah Gelombang

Analisis ini untuk menghitung kestabilan konstruksi dalam menerima gempuran gelombang. Kestabilan ini tergantung dari bentuk pelindung, kekasaran permukaan material/bahan, ketajaman sisi-sisi, ikatan antar butir dan keadaan gelombang pecah.

Dengan data yang ada di lokasi kajian dengan tinggi muka air HHWL = 1,8 m; tinggi gelombang $H = 1,5$ m; periode gelombang $T = 4,8$ detik; sudut kemiringan bangunan $\theta = 43^\circ$. Pemecah gelombang tersebut adalah:

- Tinggi gelombang di laut dalam:

$$L_o = 1,56 T^2 = 1,56 * 4,8^2 = 35,94$$

- Bilangan irribaren:

$$I_r = \frac{tg \theta}{\left(\frac{H}{L_o}\right)^{0,5}} = \frac{tg 43^\circ}{\left(\frac{1,5}{35,94}\right)^{0,5}} = 4,56$$

Dengan menggunakan grafik runup gelombang, nilai runup. Untuk lapis lindung dari batu pecah:

$$\frac{R_u}{H} = 1,25 \rightarrow R_u = 1,25 * 1,5 = 1,875 \text{ m}$$

- Elevasi puncak pemecah gelombang dengan memperhitungkan *ree board* 0,5 m:

$$\begin{aligned} El_{mercu} &= HHWL + R_u + F_b \\ &= 1,8 + 1,88 + 0,5 = 4,18 \text{ m} \end{aligned}$$

- Tinggi pemecah gelombang

$$\begin{aligned} H_{Pem.Gel} &= El_{Pem.Gel} - El_{Dsr.laut} \\ &= 4,18 - 0,58 = 3,6 \text{ m} \end{aligned}$$

- Berat butir lapis lindung

Untuk lapis lindung dari sand bag (kubus dimodifikasi). Berat jenis sand bag = $1,7 \text{ t/m}^3$. Koefisien stabilitas yang tergantung dari bentuk batu pelindung, kekasaran permukaan batu, ketajaman sisi-

sisi, ikatan antar butir dan keadaan pecahnya gelombang. Dalam hal ini diambil $K_d = 6,5$ (Kondisi gelombang pecah). Berat lapis lindung dihitung dengan rumus Hudson berikut:

$$w = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (Sr - 1)^3 \cos \theta} ; Sr = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

$$W = \frac{1,7 * 1,5^3}{6,5(1,7 - 1)^3 \cot 43} = 2,67 \text{ ton}$$

Dari analisa diatas, berat sand bag untuk pelindung bangunan di gunakan ukuran: 1,5 m x 1,5 m x 0,75 m x 1,7 m dengan di isi tanah, lempung.

- Lebar puncak pemecah gelombang Lebar puncak pemecah gelombang untuk $n = 2$ koefisien lapis, (Triatmodjo, Teknik Pantai, 1999).

$$B = n k \Delta \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} = 2 * 1,1 * \left[\frac{2,67}{1,7} \right]^{1/3} = 2,526 \text{ m}; \text{ ditetapkan } 3 \text{ m.}$$

- Tebal lapis lindung Tebal lapis lindung dihitung dengan rumus berikut:

$$t = n k \Delta \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} = 2 * 1,1 * \left[\frac{2,67}{1,7} \right]^{1/3} = 2,526 \text{ m}; \text{ ditetapkan } 3 \text{ m.}$$

- Jumlah batu pelindung Jumlah pelindung tiap satuan luas (10 m^2) dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} N &= A n k \Delta \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3} \\ &= 10 * 2 * 1,1 * \left[1 - \frac{47}{100} \right] * \left[\frac{1,7}{2,67} \right]^{2/3} = 8,845 ; \text{ ditetapkan } 9 \end{aligned}$$

Hasil analisis stabilitas terhadap gelombang dari bahan sand bag ukuran 1,5 m x 1,5 m x 0,6 m tanah, lempung (Gambar 9).

❖ Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

▪ Data Tanah

Dari hasil penyelidikan tanah di lokasi rencana bangunan pantai, di dapat data tanah sebagai berikut:

Jenis tanah = lempung sangat lunak ($q_c < 10 \text{ kg/cm}^2$)

Kedalaman tanah keras = 19 m dari muka tanah

Ketebalan tanah lunak = 19 m

▪ Daya Dukung Tanah

Dari data tanah diatas, terlihat bahwa tanah di pantai labuangkalo sangat lunak dan ketebalan tanah lunaknya cukup tebal yaitu 19 m. Penggunaan struktur dari beton akan membuat struktur tersebut sangat mungkin terjadi penurunan yang sangat besar.

- Daya dukung tanah dasar (q_u) akibat sand bag dihitung berdasar daya dukung sondir: $q_{ijin} = q_c / 30$; dimana $q_c = 2 \text{ kg/cm}^2$, maka: $q_{ijin} = \frac{2}{30} = 0.07 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 0.7 \text{ t/m}^2$.

- Tekanan beban sand bag (σ); $W_{(\text{sand-bag+pile cap})} = (27 \cdot 1.7) + (0.1 \cdot 100.5 \cdot 1 \cdot 2.4) = 48.42 \text{ ton}$
Luas dasar struktur $A = 11.25 \text{ m}^2$
 $\sigma = 48.42 / 10.5 = 4.61 \text{ t/m}^2 > 0.7 \text{ t/m}^2$ (daya dukung tanah dasar tidak kuat menahan berat sand bag).

Untuk mengatasi kekurangan daya dukung tanah dasar tersebut dengan penggunaan cerucuk.

- Daya dukung cerucuk kayu, digunakan kayu galam diameter 10 cm dan panjang 4 m. daya dukung cerucuk kayu dihitung dengan persamaan berikut: $q_{ult} = q_p + q_s$; $q_{ijin} = q_{ult} / SF$ (Tabel 8)

Daya dukung tanah:

$$q_{beban} < (q_{ijin \text{ tanah}} + q_{ijin \text{ cerucuk}})$$

$$4.61 \text{ t/m}^2 < 0.7 \text{ t/m}^2 + 5.53 \text{ t/m}^2$$

$$4.61 \text{ t/m}^2 < 6.23 \text{ t/m}^2$$

Dari perhitungan daya dukung cerucuk dan daya dukung ijin tanah menunjukkan bahwa tanah mampu menahan struktur tersebut.

4. Desain Bangunan Terpilih

Dari permasalahan dan analisis jenis struktur dan perencanaan struktur, untuk desain bangunan setiap permasalahan disajikan pada Gambar 10.

❖ Kontruksi Jetty di Muara Sungai Labuangkillo

Bangunan jetty di tempatkan di muara sungai Labuangkallo dengan bentang sungai 35 m terbuat dari tumpukan sand bag dari bahan geotextile. Sand bag disusun seperti pada gambar 11. Agar susunan tersebut tidak bergerak, pada sisi kiri dan kanan sand bag di tahan oleh cerucuk kayu galam diameter 10-12 L=4 m yang dipancang setiap jarak 1 m. Agar tidak terjadi penurunan berlebih dan bila terjadi penurunan dapat merata, pada sisi bawah sand bag ditopang oleh pile cap yang terbuat dari beton bertulang dengan ketebalan 10 cm dan dibawah pile cap diberikan cerucuk kayu galam diameter 10-12 cmcm L=4 m. Sedangkan untuk melindungi sand bag agar aman dari sengatan sinar ultra violet matahari dan pasang surut air laut, diperlukan Gabion HDPE ukuran 1 m x 1 m x 0,2 m yang dipasang atau ditempatkan diatas susunan sand bag yang disusun sesuai kebutuhan dan kemiringan sisi bangunan. Konstruksi sand bag yang dilindungi Gabion HDPE bisa bertahan lebih 10 tahun (Brematex, 2011).

❖ Konstruksi Revetment di Kawasan Perumahan

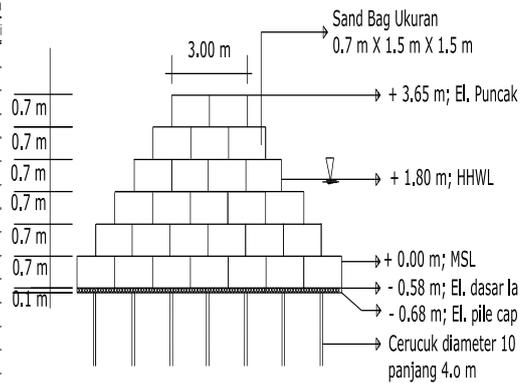
Bangunan revetment berfungsi mengamankan kawasan perumahan, baik bahan atau material sama seperti halnya konstruksi Jetty yang ditempatkan di muara sungai, perbedaannya pada susunannya seperti pada Gambar 12.

❖ Abrasi di Hutan Mangrove

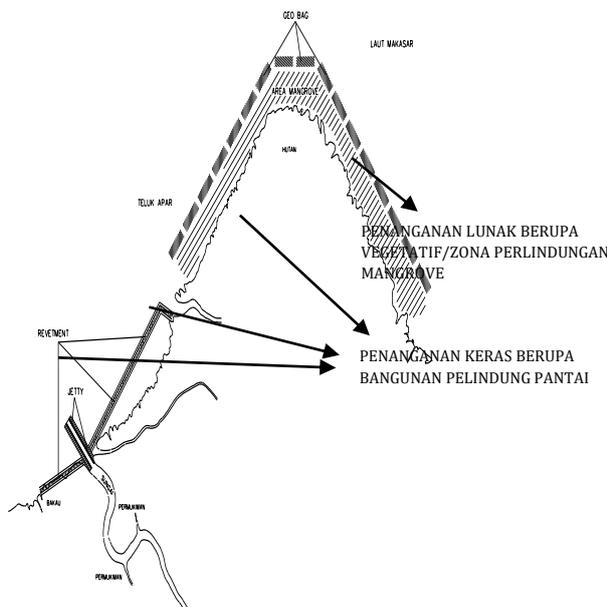
Di area hutan mangrove, sand bag merupakan penahan gelombang agar tidak rusak tanaman mangrove yang masih kecil yang belum bisa menahan gempuran gelombang. Struktur ini bersifat sementara dan tidak bersifat permanen, sehingga pada saat

Tabel 1 Perhitungan Daya Dukung Cerucuk
L=4 m

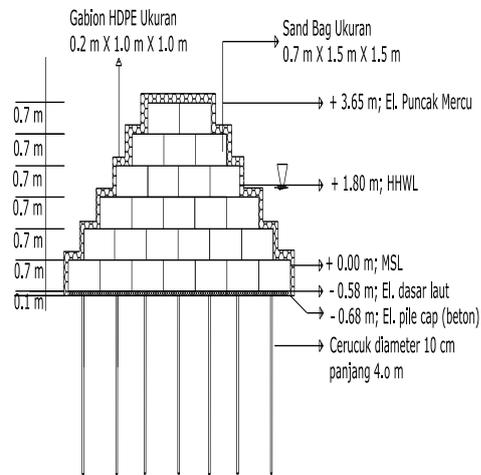
Data Sondir Depth (m)	qc (kg/cm ²)	JHP (ton/m)	Data Tiang Φ (m)	Ap (m ²)	As (m)	Daya Dukung Tian		
						qp (ton)	qs (ton)	q-i
0.20	2.00	0.000	0.10	0.0079	0.314	0.0157	0.000	
0.40	2.00	0.000	0.10	0.0079	0.314	0.0157	0.000	
0.60	2.00	0.000	0.10	0.0079	0.314	0.0157	0.000	
0.80	2.00	0.000	0.10	0.0079	0.314	0.0157	0.000	
1.00	2.00	0.001	0.10	0.0079	0.314	0.0157	0.967	
1.20	2.00	0.002	0.10	0.0079	0.314	0.0157	1.934	
1.40	2.00	0.003	0.10	0.0079	0.314	0.0157	2.813	
1.60	2.00	0.004	0.10	0.0079	0.314	0.0157	3.781	
1.80	2.00	0.005	0.10	0.0079	0.314	0.0157	4.308	
2.00	2.00	0.006	0.10	0.0079	0.314	0.0157	5.187	
2.20	2.00	0.007	0.10	0.0079	0.314	0.0157	6.172	
2.40	2.00	0.008	0.10	0.0079	0.314	0.0157	7.122	
2.60	2.00	0.009	0.10	0.0079	0.314	0.0157	8.089	
2.80	2.00	0.010	0.10	0.0079	0.314	0.0157	9.056	
3.00	2.00	0.011	0.10	0.0079	0.314	0.0157	9.935	
3.20	2.00	0.012	0.10	0.0079	0.314	0.0157	10.462	
3.40	2.00	0.012	0.10	0.0079	0.314	0.0157	10.902	
3.60	2.00	0.014	0.10	0.0079	0.314	0.0157	11.869	
3.80	2.00	0.015	0.10	0.0079	0.314	0.0157	12.836	
4.00	2.00	0.016	0.10	0.0079	0.314	0.0157	13.803	



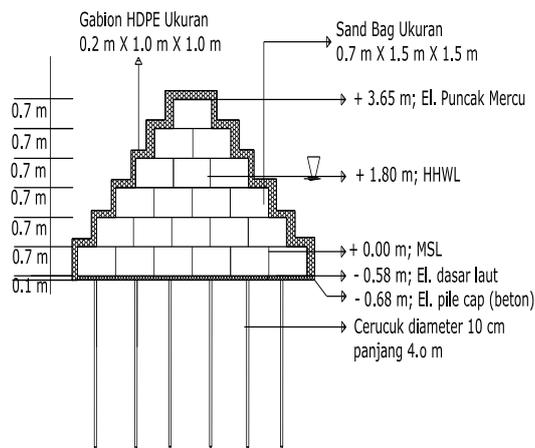
Gambar 1 Tampang Lintang Pemecah Gelombang Hasil Perhitungan



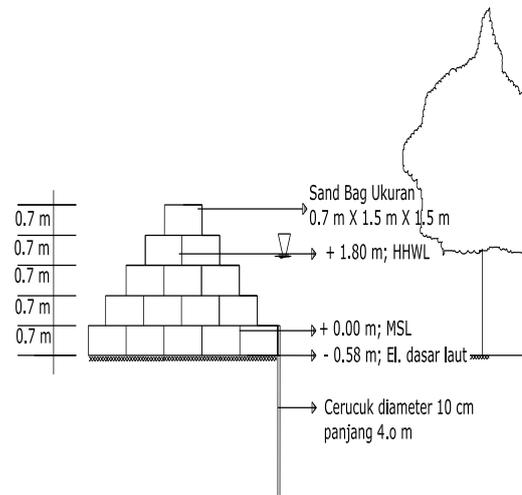
Gambar 9 Lokasi Penempatan Bangunan Terpilih



Gambar 8 Detail Konstruksi Jetty di Muara Sungai Labuankallo



Gambar 11 Struktur Kontruksi Bangunan Penahan Revetment di Daerah Pemukiman



Gambar 10 Struktur Kontruksi Bangunan Penahan Gelombang untuk Tanaman Bakau

Tanaman mangrove sudah mampu menahan gempuran gelombang dengan usia 2,5 tahun dan disaat sand bag berangsur rusak pada usia guna 3 tahun, fungsi sand bag sebagai penahan gelombang langsung digantikan oleh tanaman mangrove (Brematex, 2011). Bangunan ini, baik bahan atau material sama seperti halnya konstruksi Jetty yang ditempatkan di muara sungai, dan pada revetment yang berfungsi melindungi perumahan. perbedaannya pada susunannya seperti pada Gambar 13 dan tanpa menggunakan lapis Gabion HDPE.

- *Konservasi Metode Vegetatif*

Permasalahan di lokasi kajian pantai yang terabrasi akibat dari gelombang, arus, angin dan pasang surut yang berdampak pada kawasan kritis berupa garis pantai terabrasi, kerusakan di pemukiman nelayan hancur dan hutan mangrove rusak. Kawasan kritis ini jika dikalibrasi peta hidroceanografi (1980) dan peta pengukuran topografi (2011) menunjukkan lahan yang terabrasi seluas 32,291 Ha.

Pembahasan yang telah dilakukan, penanganan konservasi dapat dilakukan dengan mengurangi besarnya energi perusak dan meningkatkan ketahanan agregat untuk menahan gempuran gelombang secara langsung menggunakan bangunan pengaman pantai yang ramah lingkungan berupa konstruksi sand bag yang di tempatkan di muka hutan mangrove. Konstruksi terbuat dari material yang tidak bersifat permanen dari tumpukan tanah urug/pasir yang dimasukkan dalam kantong besar (sand-bag). Bangunan ini bersifat sementara, diharapkan pada usia pertumbuhan mangrove 2,5 tahun dan sand bag berangsur rusak pada usia guna 3 tahun, fungsi sand bag sebagai penahan gelombang dapat digantikan oleh tanaman mangrove dan diharapkan garis pantai akan kembali seperti semula.

Untuk kawasan hutan mangrove yang rusak, tahapan konservasi dilakukan setelah kegiatan struktur. Dimana setelah sand bag terpasang, baru dilakukan penanaman bibit mangrove. Khusus dikawasan hutan mangrove, lahan yang dapat terkonservasi seluas 26,1721 Ha.

Kegiatan reklamasi adalah meningkatkan sumber daya lahan dari yang kurang bermanfaat menjadi lebih bermanfaat ditinjau dari sudut lingkungan, kebutuhan masyarakat, dan nilai ekonomis. Sesuai dengan kondisi existing reklamasi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan lahan di tepi pantai untuk keperluan pemukiman nelayan dimana konservasi lahan ini bertujuan mengembalikan kondisi pantai menjadi seperti keadaan sebelum terjadi erosi dan meningkatkan kualitas dan nilai ekonomi kawasan pantai.

Karakteristik Hutan Mangrove

Karakteristik tanaman ini secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Dapat tumbuh di daerah intertidal dan jenis tanahnya dominan mengandung lumpur dan lempung dan sedikit berpasir; Secara periodik dan berkala lokasinya digenangi oleh air laut dan air tawar dan pada saat tertentu tergenang seperti pada saat pasang purnama.
2. Frekuensi genangan akan menentukan komposisi jenis vegetasi mangrove yang hidup
3. Vegetasi ini akan lebih baik jika mendapat pasokan air tawar yang mengalir cukup rutin dari darat; Terlindung dari arus pasang surut yang kuat dan dari gempuran ombak dan gelombang yang besar; Pada air bersalinitas payau sekitar 2-22 permil.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di lapangan, berkaitan dengan beberapa karakteristik tanaman mangrove adalah sebagai berikut:

1. Tanah di lokasi kajian di dominasi oleh tanah berlumpur dan lempung dan di daerah intertidal; Secara berkala dan periodik dan berkala lokasi hutan mangrove di pantai Labuankallo di genangi air laut dan air tawar yang

berasal dari teluk apar, dan sungai disekitar lokasi kajian yaitu sungai Landing, Sungai Segendang, dan Sungai Dangeru

2. Kurang terlindung dari arus pasang surut yang kuat dan dari gempuran ombak dan gelombang besar. Hal ini yang menyebabkan hutan mangrove banyak yang rusak dan adanya abrasi yang cukup signifikan
3. Kandungan air garam / salinitas di lokasi kajian berkisar 20 – 30 permil (Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil (RZWKP-3K) Kabupaten Paser, 2013).

Jenis Mangrove

Data kawasan konservasi lingkup BKSDA Kaltim, Cagar Alam Teluk Apar yang berlokasi di Pasir Kabupaten Tanah Grogot dengan Luas 46.900 Ha berdasarkan SK Menhut No. 86/Kpts-II/1993, Tanggal 16 Februari 1993 bahwa potensi kawasan Flora adalah *Aveenia alba*, *Sonneratia alba*, *Bruguiera parvifolia*, *Aegiceros corniculata*, *Eugenia leucadendro* dan *Nypha fruticans*. Sedangkan di desa Labuankallo di dominasi oleh vegetasi mangrove jenis *Aveenia alba*.

Penanaman Bibit Mangrove di Lapangan. Uraian di bawah ini adalah beberapa tahapan dalam melakukan penanaman, antara lain:

1. Buah mangrove yang sudah tua di kumpulkan dan di rendam dalam ember dengan air tawar selama 12 jam atau semalam.
2. Buah di semai dalam tanah yang ada dalam polybag satu per satu dengan cara menancapkan / memasukkan sedalam 2/3 dari buahnya.
3. Buah yang sudah di persamaian usahakan terkena air pasang surut agar buah bisa tumbuh secara maksimal. Atau bisa dilakukan penyiraman

- menggunakan air tawar, dua kali sehari pagi dan sore.
4. Pada usia 1 minggu di persemaian, bibit mangrove baru keluar daun dengan lengkap dan seragam. Dan pada usia satu bulan bibit mangrove sudah keluar daun sebanyak empat helai.
 5. Pada usia 2 bulan buah telah menjadi bibit dengan beberapa pasang daun, batang cukup kuat. Namun untuk *Avecenia* spp sebaiknya di tanam setelah mencapai 40 cm.
 6. Satu bulan sebelum bibit di pindahkan di lokasi tanam, sebaiknya peneduh di buka. Hal ini untuk mempercepat proses adaptasi dengan lingkungan baru yang akan di tempati.
 7. Penanaman bibit dengan menacapkan bibit *Avecenia* spp beserta polibagnya kira-kira sepertiga bagian dari tinggi bibit. Dan mengikatkan bibit pada ajir (tiang penyangga) dengan tali rafia.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pengamatan di lapangan dan analisa pada kondisi existing dapat diambil simpulan Jenis bangunan yang digunakan dalam konservasi mekanis adalah :

- a. Jetty yang berfungsi mengurangi pendangkalan alur oleh sedimentasi, di tempatkan di depan sungai dengan material sand bag yang di lapis gabion HDPE
- b. Revetmen yang berfungsi menjaga dan melindungi dari abrasi di kawasan perumahan dengan material sand bag yang di lapis gabion HDPE
- c. breakwater yang berfungsi mengurangi transportasi sedimen dan sedimentasi garis pantai di depan kawasan hutan mangrove dengan material sand bag.

Konservasi tanah dan air di pantai Labuangkallo sesuai dengan

permasalahan erosi, type pantai berlumpur dan pemanfaatan lahan dan fungsinya untuk pedesaan dan kawasan alami, menggunakan metode mekanis berupa konstruksi ramah lingkungan (sand bag) dengan perlindungan HDPE dan vegetatif dengan penanaman mangrove jenis *Avecenia alba* sesuai tanaman setempat dapat menyelesaikan permasalahan dan mengembalikan garis pantai yang terabrasi. Saran : perlu adanya kajian lebih mendalam untuk mengetahui pola sedimentasi di pantai Labuangkallo dengan adanya kontruksi jetty dan revetmen. Sedangkan di kawasan tanaman mangrove untuk mengetahui pola sedimentasi dan berapa banyaknya sedimentasi yang bisa di jerat oleh kontruksi penahan gelombang di kawasan tanaman bakau yang nantinya digunakan sebagai media konservasi vegetasi mangrove.

Daftar Pustaka

- Adibrata, S. (April 2007). Analisa Pasnag Surut Di Pulau Karampung, Provinsi Sulawesi Barat. *Jurnal Sumberdaya Perairan*.
- Arsyad, S. (2010). Konservasi Tanah dan Air. Bogor: IPB Pres.
- Aziz, M. F. (2006). Gerak Air Laut. Cibinong: LIPI.
- Bapeda Paser. (2003). *Laporan Akhir Penyusunan Tata Ruang Kawasan Teluk Adang dan Teluk Apar Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur*. Bapeda Paser.
- Bapeda Paser. (2010). *Profil Desa*. Kalimantan Timur.
- BKSDA. (2011). *Buku Informasi*. Balai Konservasi Sumber Daya Alam Kaltim.
- Brematex. (2011). Geobag Non Woven.
- CEM. (2002). Coastal Engineering Manual. Washington DC: Departement of The Army, U.S Army Corps of Engineers.
- Coastal Engineer Research Center. (1984). *Shore Protection Manual, Departement of the ARMY, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center*, . Washington DC.

- Departemen Kelautan dan Perikanan R.I. (2007). Undang-undang No. 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-pulau Kecil
- DPU Propinsi Kalimantan Timur. (2011). *Laporan Akhir SID dan UKL-UPL Pengaman Pantai Labuankallo Kabupaten Paser Kalimantan Timur*. Samarinda.
- Harahap, N. (2016). *Ekonomi Kebutuhan Teknik Pembibitan, Pengelolaan dan Penilaian Mangrove Berbasis TCM*. Malang.
- Kramadibrata. (1985). *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung: Ganeca Exact.
- Kurniawan, R. e. (2011). *Variasi Gelombang Laut di Indonesia*. Jakarta: BMKG.
- Putro, H. (t.thn.). *Survey Pelabuhan dan Perairan Pantai*. Program Sarjana & Magister Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gunadarma.
- Polili, J. F. (2012). *Oseanografi Perairan Teluk Amurang Menurut Periode Umur Bulan*. Manado: Universitas Sam Ratulangi
- Saiful Hadi, Denny Nugrogo Sugianto. (2012). Model Distribusi Kecepatan Angin untuk Peramalan Gelombang dengan Menggunakan Metode Darbyshire dan SMB di Perairan Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 25-32.
- Saparinto, C. (2007, Desember 3). *Pendayagunaan Ekosistem Mangrove*. Semarang: Dahara Prize.
- Soeprapto. (2001). *Survey Hidrografi*. Yogyakarta: Gadjah Mada Universit Press.
- Triatmodjo, Bambang. (2002). *Metode Numerik*. Yogyakarta.
- Utomo, W. H. (1994). *Erosi dan Konservasi Tanah*. Malang: IKIP Malanh.
- Yus Rusila Nor; M Khazali; I. N. N. Suryadiputra. (2006). *Panduan Mengenal Mangrove Di Indonesia*. Bogor: Wetlands International.
- Yuwono, N. (1992). *Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.