

PERENCANAAN JETTY DI MUARA SUNGAI RANOYAPO AMURANG

Kern Youla Pokaton

H. J. Tawas, M. I. Jasin, J. D. Mamoto

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi

e-mail: kern.pokaton@gmail.com

ABSTRAK

Pantai Amurang memiliki muara sungai yang cukup besar, dan kadang mengancam keberadaan penduduk di daerah sekitar pantai Amurang. Bisa dilihat ketika pada musim penghujan, air sungai meluap dan mengakibatkan banjir di kawasan pemukiman penduduk yang letaknya di pesisir pantai Amurang, bagian di bagian kiri muara maupun bagian kanan. Hal itu terjadi karena endapan sedimen yang terbentuk menutup aliran alur sungai ke laut.

Oleh karena itu, lewat penulisan ini ditemukan suatu alternatif, yang dilakukan dengan mengumpulkan dan mengolah data-data seperti peta lokasi, data kecepatan angin, data pasang surut, kecepatan arus, angkutan sedimen. Selanjutnya diketahui bangunan pengaman pantai seperti apa yang tepat untuk permasalahan tersebut.

Dari hasil perhitungan yang diperoleh besarnya angkutan sedimen sejajar pantai adalah sebesar 205837,7 m³/tahun dengan laju angkutan sedimen tegak lurus pantai adalah sebesar 677915,27 m³/tahun. Bangunan jeti pada muara sungai adalah untuk mengkonsentrasikan aliran air sungai pada alur yang telah ditetapkan menuju ke laut, juga untuk mengantisipasi terendapnya sedimen akibat angkutan sedimen menyusur pantai dan tegak lurus pantai yang besar. Jeti dipasang pada kiri dan kanan muara dengan kedalaman 1,2 meter dan dibuat sepanjang 25 meter.

Kata kunci : gelombang, angkutan sedimen, Jetty, Pantai Amurang

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sulawesi Utara adalah salah satu propinsi yang memiliki beberapa kawasan pantai, baik di bagian utara maupun bagian selatan. Kawasan pantai ini kaya akan sumber daya alam yang bernilai ekonomis, juga dimanfaatkan untuk pelabuhan, pariwisata, dll. Tidak menutup kemungkinan pantai juga mengalami berbagai kerusakan yang diakibatkan faktor-faktor alam, maupun faktor dari pengguna kawasan pantai. Salah satu pantai yang ada di Sulawesi Utara adalah pantai Amurang yang letaknya ± 300 meter dari pusat kota Amurang dan memiliki muara sungai yang dikenal dengan nama sungai Ranoyapo. Muara sungai ini terletak di perbatasan desa Ranoyapo dan Rumoong.

Daerah tersebut pada musim hujan sering terjadi luapan air yang cukup tinggi akibat terhambatnya aliran air sungai

menuju ke laut. Hal ini disebabkan oleh angkutan sedimen yang menyusur pantai mengendap tepat di bagian muara sungai, sehingga air sungai meluap, mengancam sarana maupun prasarana yang ada di kawasan Amurang.

Rumusan Masalah

Material sedimen sejajar pantai yang terdorong oleh gelombang, masuk ke muara dan kemudian mengendap sehingga menyebabkan terjadinya lidah pasir. Dengan demikian, diperlukan perencanaan bangunan pengaman yang tepat untuk menahan angkutan sedimen sejajar pantai agar tidak terendap di bagian muara.

Batasan Masalah

- Daerah tinjauan di muara sungai Ranoyapo Amurang.
- Menghitung angkutan sedimen.
- Analisis perencanaan jetty.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan bangunan pantai untuk mengurangi pengendapan sedimen yang diakibatkan oleh angkutan sedimen sejajar pantai. Hal itu guna melindungi pemukiman penduduk sekitar muara dari hempasan air laut. Dengan adanya bangunan pengaman tersebut, maka mampu mengantisipasi terendapnya sedimen yang terjadi karena pengaruh gelombang air laut.

Manfaat Penelitian

- Memberikan pemahaman mengenai bangunan pengaman pantai khususnya bangunan jeti.
- Mengetahui karakter gelombang, pasang surut dan sedimentasi di muara sungai Ranoyapo.
- Mengetahui pengaruh-pengaruh pembuatan bangunan pengaman pantai berupa jeti di kawasan muara sungai Ranoyapo.
- Sebagai bahan referensi dalam mempelajari mengenai bangunan pengaman pantai.

LANDASAN TEORI

Gambaran Umum Pantai

Ada dua istilah tentang kepantaian dalam bahasa Indonesia yang sering rancu pemakaiannya, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi.

Gelombang

Gelombang di laut bisa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi atau gempa di laut (*tsunami*), dan lain sebagainya. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan

sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Pasang surut juga merupakan faktor penting karena bisa menimbulkan arus yang cukup kuat terutama di daerah yang sempit, misalnya di teluk, estuari, dan muara sungai. Selain itu elevasi muka air pasang dan air surut juga penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pantai.

Teori Gelombang Amplitudo Kecil

Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random (suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode berbeda). Beberapa teori yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam. Teori yang paling sederhana adalah teori gelombang amplitudo kecil yang diperkenalkan oleh *Airy* pada tahun 1985 sehingga gelombang ini sering disebut gelombang *Airy*.

Hindcasting Gelombang

Hindcasting gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang dengan menggunakan data angin di masa lampau. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang di laut karena terjadinya gelombang laut paling dipengaruhi oleh tiupan angin. Pada daerah tiupan angin, terjadi peristiwa transfer energi angin ke air. Permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil diatas permukaan air, sebagai akibat dari ketegangan yang ditimbulkan oleh kecepatan angin pada permukaan laut. Dengan bertambahnya kecepatan angin, riak akan menjadi besar dan pada akhirnya terbentuk gelombang. Semakin lama angin berhembus, maka gelombang yang terbentuk akan semakin besar. Hindcasting gelombang akan menghasilkan perkiraan tinggi (H) dan periode (T) gelombang akibat adanya angin dengan besar, arah, dan durasi tertentu.

Perhitungan Fetch

Fetch adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut tersebut. Dalam analisis peramalan gelombang, pekerjaan

awal yang harus dilakukan adalah mengetahui berapa panjang *fetch* dari setiap arah angin yang mungkin membangkitkan gelombang.

Estimasi Angin Permukaan

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Sebagai langkah awal dalam menganalisis data angin, hal yang harus diperhatikan adalah mendapatkan nilai *Wind Stress Factor* (U_A), sebagai nilai yang akan digunakan dalam melakukan peramalan gelombang.

Pembentukan Gelombang Laut Dalam

Pada kondisi *fetch* terbatas, angin bertiup secara konstan cukup lama untuk tinggi gelombang mencapai keseimbangan pada akhir *fetch*. Durasi terbatas, kondisi gelombang dibatasi lamanya angin bertiup.

Deformasi Gelombang

Dalam perambatan gelombang dari perairan dalam ke perairan dangkal, gelombang akan mengalami suatu perubahan tinggi, arah, kecepatan dan panjang gelombang yang disebabkan oleh proses pendangkalan dan refraksi gelombang. Refraksi dan pengaruh pendangkalan, difraksi, refleksi gelombang, dan gelombang pecah akan menentukan tinggi gelombang dan pola (bentuk) garis puncak gelombang di suatu tempat di daerah pantai.

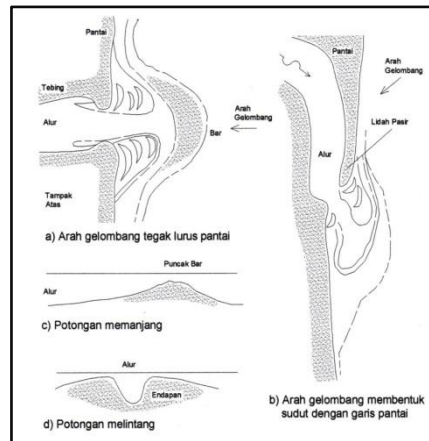
Sedimentasi dan Erosi

Muara sungai dapat dibedakan dalam tiga kelompok yang tergantung pada faktor dominan yang mempengaruhinya. Di suatu muara, ketiga faktor tersebut bekerja secara simultan, tetapi biasanya salah satunya mempunyai pengaruh lebih dominan dari yang lainnya. Sedimentasi adalah proses pengendapan yang tidak diharapkan yang terjadi di luar garis pantai (muara sungai).

Didominasi Gelombang Laut

Tipe muara ini ditandai dengan angkutan sedimen menyusur pantai setiap tahun cukup besar. Pada tipe ini biasanya muara tertutup oleh lidah pasir dengan pola sedimentasi. Gelombang besar pada pantai berpasir dapat menyebabkan/menimbulkan angkutan (transpor) sedimen (pasir), baik dalam arah tegak lurus maupun

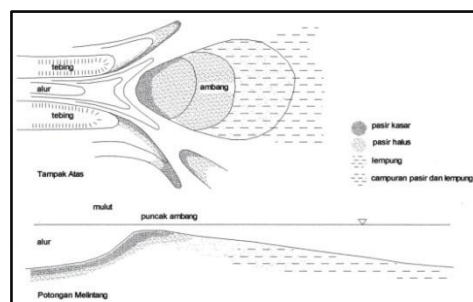
sejajar/sepanjang pantai. Dari kedua jenis transpor tersebut, transpor sedimen sepanjang pantai adalah yang paling dominan. Angkutan sedimen tersebut dapat bergerak masuk ke muara sungai dan karena di daerah tersebut kondisi gelombang sudah tenang, maka sedimen akan mengendap. Semakin besar gelombang, semakin besar angkutan sedimen.



Gambar 1. Muara didominasi gelombang laut (*Pedoman Perencanaan Teknis Pengamanan Pantai, Kementerian Pekerjaan Umum, 2011*)

Didominasi Aliran Sungai

Tipe muara ini ditandai dengan debit sungai yang menyusur setiap tahunan cukup besar sehingga debit tersebut merupakan parameter utama pembentukan muara sungai di laut dengan gelombang relatif kecil. Sungai tersebut membawa angkutan sedimen dari hulu cukup besar.



Gambar 2. Muara didominasi aliran sungai (*Pedoman Perencanaan Teknis Pengamanan Pantai, Kementerian Pekerjaan Umum, 2011*)

Didominasi Pasang Surut

Tipe muara ini ditandai dengan fluktuasi pasang surut yang cukup besar. Apabila tinggi pasang surut cukup besar, volume air pasang yang masuk ke sungai sangat besar. Air tersebut akan berakumulasi dengan air

dari hulu sungai. Pada waktu air surut, volume air yang sangat besar tersebut mengalir keluar dalam periode waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut. Dengan demikian, kecepatan arus selama air surut cukup besar, yang cukup potensial untuk membentuk muara sungai.

Angkutan Sedimen Pantai

Transpor sedimen pantai adalah gerak sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus. Transpor sedimen pantai mengakibatkan perubahan garis pantai baik terjadinya akresi maupun erosi. Transpor sedimen pantai dapat berupa transpor sedimen sejajar pantai dan transpor sedimen tegak lurus pantai. Transpor sedimen sejajar pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai, sedangkan transpor sedimen tegak lurus pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus pantai.

Angkutan Sedimen Sejajar Pantai

Angkutan sedimen sejajar pantai (*Long shore transport*) disebabkan oleh bergolaknya sedimen saat gelombang pecah, lalu bergerak terbawa arus dan komponen gelombang sejajar pantai. Pada suatu titik di pantai, ada sedimen yang datang dan ada sedimen yang pergi (terangkut). Ketika sedimen yang terangkut lebih besar daripada sedimen yang datang, maka akan terjadi erosi pantai. Rumus yang digunakan adalah:

$$S = 0,014.H_o^2.C_o.K_{RBR}^2.\sin \alpha_{br}.\cos \alpha_{br} \quad (1)$$

Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai

Pengangkutan sedimen dibagi atas dua bagian yaitu angkutan sedimen yang menuju arah laut dalam (*offshore*) seperti yang terjadi pada saat badai, dan menuju ke arah pantai (*onshore*) seperti yang terjadi pada saat gelombang. Angkutan sedimen menuju ke arah laut dalam terjadi dengan cepat dan sedimen akan terbentur bar yang akan berfungsi untuk meredam gelombang. Sedimen akan hilang bila pantainya curam sehingga tidak mungkin terjadinya bar. Rumus yang digunakan adalah :

$$\psi_{Shields} = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho).g.d} = \frac{U_o^2}{S.g.d} \quad (2)$$

Tinjauan Teknis Perlindungan Pantai

Tujuan utama dari pengamanan dan perlindungan pantai ini adalah untuk mengamankan dan melindungi :

- Masyarakat yang tinggal di sepanjang pantai dari ancaman gelombang maupun banjir.
- Fasilitas umum yang berada di sepanjang pantai.
- Daerah pantai terhadap ancaman erosi pantai.
- Terhadap pencemaran lingkungan perairan pantai yang dapat merusak biota pantai.

Pengamanan Dengan Struktur Lunak

Alam umumnya telah menyediakan mekanisme perlindungan pantai alami yang efektif. Contoh pengamanan dengan struktur lunak antara lain pengisian ulang pasir (*sand nourishment*), pendaaur-ulangan pantai (*sand by passing*), dan drainase pantai (*beach drains*).

Pengamanan Dengan Struktur Keras

Pengamanan pantai dengan struktur keras terdiri dari pengamanan sejajar pantai dan tegak lurus pantai. Pengamanan sejajar pantai contohnya pemecah gelombang, tembok laut, dan revetmen merupakan pengamanan pantai yang lazim dilihat di Indonesia. Bangunan ini terdiri dari struktur yang langsung menempel sepanjang garis pantai, atau dekat dan sejajar pada pantai untuk proteksi pantai dari serangan gelombang. Sedangkan pengamanan tegak lurus pantai contohnya groin dan jetti.

Bangunan Jetty

Jeti adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan pada satu atau kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mencegah terjadinya luapan air sungai oleh endapan sedimen pantai. Selama proses pengendapan tersebut biasanya disertai dengan membeloknya muara sungai dalam arah yang sama dengan arah transpor sedimen sepanjang pantai. Penanggulangan penutupan muara dibedakan atas penanggulangan untuk lalu lintas kapal (jeti panjang) dan penanggulangan penutupan mulut muara yang menyebabkan banjir (jeti pendek).

Jenis Bangunan

Fix/Rigid Structure

Jenis konstruksi yang tidak bergerak yang mempunyai struktur masif, mempunyai kelebihan kemudahan dan kecepatan dalam pemasangannya, harga konstruksi lebih murah dan biaya pemeliharannya lebih rendah. Sedangkan kekurangannya terletak pada prosedur perencanaan yang lebih rumit, apabila terjadi bencana kerusakan yang terjadi tiba-tiba dan total, sulit untuk usaha perbaikannya. (Jatmoko, 2003)

Flexible Structure

Jenis konstruksi yang bisa bergerak mempunyai keuntungan dan kemudahan dalam perencanaan, strukturnya relatif sederhana, faktor stabilitas tinggi, karena bisa mengabsorpsi sebagian besar energi gelombang yang menghantam permukaan bangunan, dan bangunan masih tetap berfungsi meskipun terjadi kerusakan yang berat, serta mudah untuk memperbaikinya. Sedangkan kekurangannya terletak pada ketersediaan material (bahan batuan) dalam jumlah volume yang besar untuk diameter dan kualitas yang diisyaratkan (biasanya membutuhkan diameter batuan besar dalam jumlah yang besar). (Jatmoko, 2003)

Detil Konstruksi

Bagian konstruksi pada bangunan pengarah dan penahan gelombang di outlet muara sungai, secara garis besar bisa dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu bagian konstruksi pokok dan bagian konstruksi pelindung.

Perhitungan Berat Butir Batu Pelindung

Bagian kepala bangunan memerlukan berat butir batu pelindung yang lebih besar daripada bagian lengan bangunan. Hal ini mengingat bahwa kepala bangunan dapat menerima serangan gelombang dari berbagai arah. Nilai K_D untuk bagian kepala bangunan lebih kecil daripada nilai K_D di lengan bangunan. Berat butir batu pelindung dihitung dengan rumus **Hudson** dan **Jackson** 1962 (SPM, 1984) berikut:

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

Perhitungan Tebal Lapis Pelindung

Dalam perencanaan jetty dibuat dalam 3 layer, yaitu lapis pelindung, lapis lindung

kedua, dan lapis inti, dengan rumus tebal lapis pelindung berikut:

$$t = n \cdot k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

Perhitungan Jumlah Butir Batu

$$N = A \cdot n \cdot k_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (5)$$

Perhitungan Diameter Batu

$$D_{50} = k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

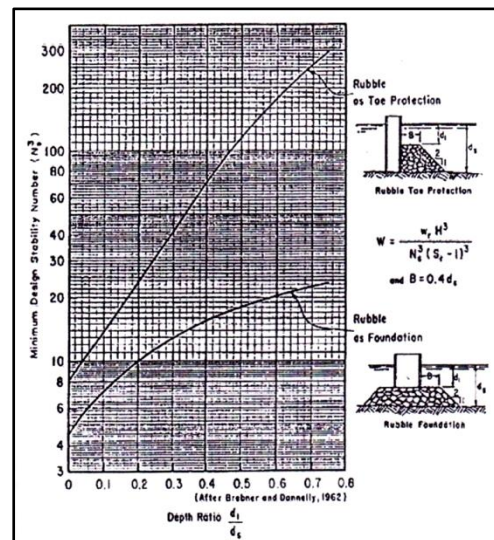
Perhitungan Lebar Bangunan Jetty

$$B = n \cdot k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

Berat Butir Batu Pondasi dan Pelindung Kaki Bangunan (Toe Protection)

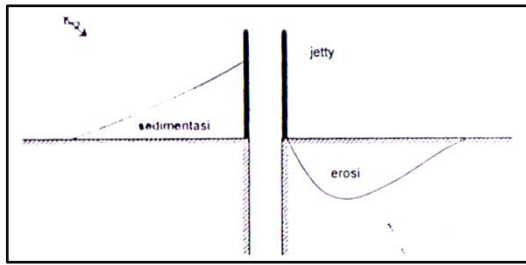
Tumpukan batu juga digunakan sebagai pondasi dan pelindung kaki bangunan pantai. Berat butir batu untuk pondasi dan pelindung kaki bangunan diberikan oleh persamaan berikut :

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{N_s^3 (Sr - 1)^3} \quad (8)$$



Gambar 3. Stability Number untuk pondasi dan pelindung kaki (Triatmodjo, 1999)

Dampak Pembuatan Jeti

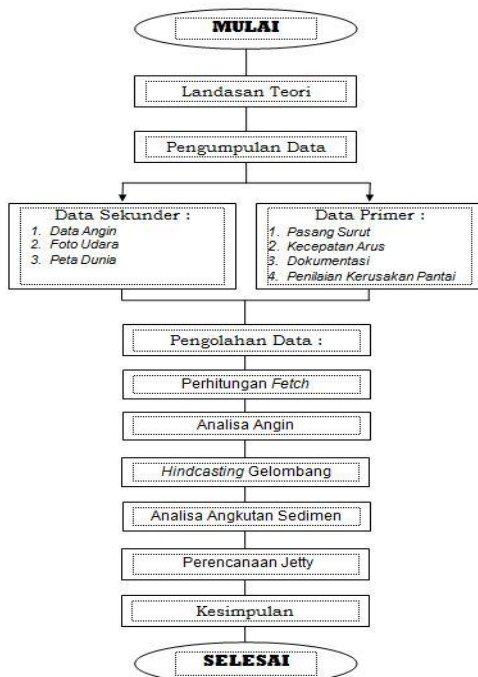


Gambar 4. Pengaruh jeti terhadap pantai sekitarnya
(Triatmodjo, 1999)

Di pantai berpasir, pembuatan jeti yang mencorok cukup jauh ke laut dapat menyebabkan terhalangnya transpor sedimen sepanjang pantai. Akibatnya, sedimen yang bergerak dari sebelah kiri akan terhalang oleh jeti, sehingga pengendapan terjadi di daerah tersebut. Daerah di sebelah kanannya, gelombang yang datang membentuk sudut terhadap garis pantai menyebabkan terjadi arus sepanjang pantai. Arus tersebut dapat mengangkut sedimen. Tetapi di daerah ini tidak mendapatkan suplai sedimen, karena sedimen yang bergerak dari sebelah kiri terhalang oleh bangunan. Akibatnya pantai di sebelah kanan jeti akan mengalami erosi.

METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

Survey Pengumpulan Data

Data Sekunder

Pengumpulan data/survey data sekunder pada prinsipnya dilaksanakan dengan cara mengunjungi lembaga-lembaga atau instansi-instansi tertentu sebagai sumber data untuk dimintai keterangan dan bahkan data-data yang berhubungan dengan studi ini, ataupun dengan menggunakan *software-software* penunjang.

Data- data yang dimaksud meliputi:

- Data kecepatan angin 11 tahun terakhir (2001-2011) dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kayuwatu Manado.
- Foto udara dari *software Google Earth 2010*.
- Peta dunia dari *software Microsoft Encarta 2009*.

Data Primer

Survey yang dilakukan adalah dengan pengamatan visual dan wawancara dengan masyarakat yang tinggal di sekitar muara sungai Ranoyapo Amurang.

Analisa Data Sekunder

Data Angin

Untuk peramalan gelombang diperlukan data angin. Data yang dipakai minimal data harian dalam 10 tahun, dan dalam penulisan ini diambil data angin 11 tahun terakhir. Data angin tersebut diambil dari BMKG Kayuwatu.

Yang diperlukan dari data angin yaitu kecepatan, arah dan durasi. Kecepatan angin dinyatakan dalam satuan knot, dimana 1 knot = 1 mil laut/jam, 1 mil laut = 6080 kaki (feet) = 1853.18 m dan 1 knot = 0.515 meter/detik. Arah angin dinyatakan dalam 8 penjuror arah angin (Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat daya, Barat, Barat laut).

Peta Dunia

Dalam peramalan gelombang, perlu diketahui panjang fetch efektif dari tiap arah utama. Untuk melakukan pengukuran fetch, digunakan *software Microsoft Encarta* yang memiliki fasilitas peta dunia dan pengukur jarak. Untuk memudahkan penggambaran dilakukan menggunakan *software AutoCad*.

Foto Udara

Foto udara dari *software Google Earth* diperlukan untuk mengetahui posisi garis pantai terukur (*measured shoreline*).

Analisa Data Primer

Dokumentasi Lokasi Penelitian



Gambar 6. Muara sungai pada saat air pasang



Gambar 7. Muara sungai pada saat air surut

Penilaian Kerusakan dan Perencanaan Teknis Pengamanan Pantai

Berdasarkan survey yang dilakukan, dapat diketahui bahwa permasalahan yang terjadi di sekitar muara sungai Ranoyapo adalah sering mengalami pengendapan pasir. Karena lokasi penelitian termasuk pantai berpasir, penutupan muara mengakibatkan terjadinya lidah pasir (*sand spit*) di muara.

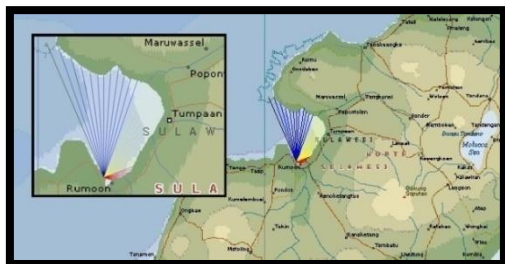
Data Pengukuran Arus

Pengukuran arus dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran arus laut di lokasi, seperti kecepatan dominan dan arah arusnya.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data

Perhitungan Fetch



Gambar 8. Pengukuran Fetch Arah Barat Laut, Utara, Timur Laut, Timur

Arah Utara

- Panjang garis *fetch* untuk sudut -20° adalah 13,6 km dan penggambaran *fetch* bisa dilihat pada **Gambar 8**. Untuk sudut -20° sampai 20° dapat dilihat pada tabel diatas.

- Nilai dari $\cos 20^\circ$ adalah 0.940, maka :
 $F \cos (\alpha) = 13,6 \times 0,940 = 12,784$

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{12,780 + 12,016 + 10,760 + \dots + 9,491}{0,940 + 0,961 + 0,978 + \dots + 0,940} = 10,980 \text{ km}$$

Analisa Angin

Data angin yang dianalisa adalah data kecepatan dan arah angin maksimum harian dalam selang waktu 11 tahun terakhir, yakni dari tahun 2001-2011. Setelah itu hasil yang diperoleh ditabulasi dalam bentuk prosentase dan digambarkan dalam bentuk histogram dan mawar angin (*windrose*).

Tabel 1. Tabulasi Jumlah Distribusi Frekuensi Kecepatan Angin Bulan Juli 2001-2011

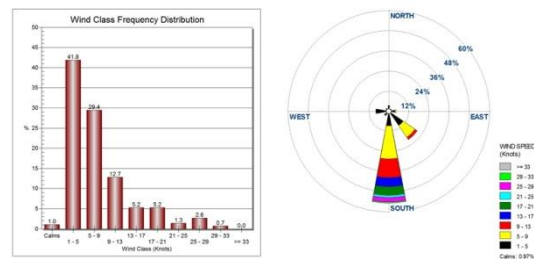
Wind Direction	Count of Wind Speed Distribution Frequency									Total
	1-5	5-9	9-13	13-17	17-21	21-25	25-29	29-33	≥ 33	
Utara	10	1	0	0	0	0	0	0	0	11
Timur Laut	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Timur	12	2	0	0	0	0	0	0	0	14
Tenggara	32	26	5	0	0	0	0	0	0	63
Selatan	27	60	34	16	16	4	8	2	0	167
Barat Daya	10	1	0	0	0	0	0	0	0	11
Barat	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24
Barat Laut	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Calms										3
Total										306

(Sumber: Hasil Kajian)

Tabel 2. Tabulasi Prosentase Distribusi Frekuensi Kecepatan Angin Juli 2001-2011

Wind Direction	Percentage of Wind speed Distribution Frequency									Total
	1-5	5-9	9-13	13-17	17-21	21-25	25-29	29-33	≥ 33	
Utara	3.268	0.3268	0	0	0	0	0	0	0	3.5948
Timur Laut	1.9608	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9608
Timur	3.9216	0.6536	0	0	0	0	0	0	0	4.5752
Tenggara	10.458	8.4967	1.634	0	0	0	0	0	0	20.588
Selatan	8.8235	19.608	11.111	5.2288	5.2288	1.3072	2.6144	0.6536	0	54.575
Barat Daya	3.268	0.3268	0	0	0	0	0	0	0	3.5948
Barat	7.8431	0	0	0	0	0	0	0	0	7.8431
Barat Laut	2.2876	0	0	0	0	0	0	0	0	2.2876
Calms										0.9804
Total										100

(Sumber: Hasil Kajian)



Gambar 9. Histogram dan Mawar Angin Bulan Juli Tahun 2001-2011

Berdasarkan analisa distribusi frekuensi kecepatan angin yang sudah dilakukan, diketahui bahwa pada bulan Januari, Februari, Maret, dan April kecepatan dominan adalah arah Barat dan arah Utara. Dimana kecepatan angin terbesar arah Barat ialah pada bulan Januari dengan prosentase 51,3% dominan terjadi antara 1-5 knots, yang disusul kecepatan angin terbesar kedua ialah pada bulan April dengan prosentase 32% dominan terjadi antara 1-5 knots. Sedangkan kecepatan angin terbesar arah Utara ialah pada bulan Maret dengan prosentase 39,7% dominan terjadi antara 1-5 knots disusul kecepatan angin terbesar kedua pada bulan Februari dengan prosentase 37,1% dominan terjadi antara 1-5 knots.

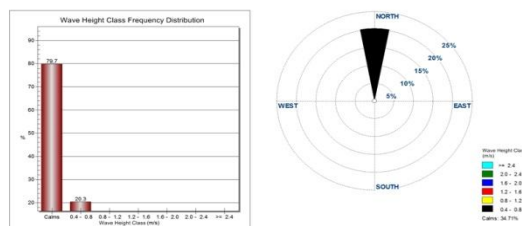
Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

Tabel 3. Tabulasi Jumlah Distribusi Frekuensi Tinggi Gelombang Bulan Januari 2001-2011

Wave Direction	Count of Wave Height Distribution Frequency						Total
	40-80	80-120	120-160	160-200	200-240	≥ 240	
Utara	30	0	0	0	0	0	30
Timur Laut	0	0	0	0	0	0	0
Timur	0	0	0	0	0	0	0
Tenggara	0	0	0	0	0	0	0
Selatan	0	0	0	0	0	0	0
Barat Daya	0	0	0	0	0	0	0
Barat	0	0	0	0	0	0	0
Barat Laut	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total	30	0	0	0	0	0	30
0-40							118
Total							148

Tabel 4. Tabulasi Presentase Distribusi Frekuensi Tinggi Gelombang Januari 2001-2011

Wave Direction	Percentage of Wave Height Distribution Frequency						Total
	40-80	80-120	120-160	160-200	200-240	≥ 240	
Utara	20,27027	0	0	0	0	0	20,27027
Timur Laut	0	0	0	0	0	0	0
Timur	0	0	0	0	0	0	0
Tenggara	0	0	0	0	0	0	0
Selatan	0	0	0	0	0	0	0
Barat Daya	0	0	0	0	0	0	0
Barat	0	0	0	0	0	0	0
Barat Laut	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total	20,27027	0	0	0	0	0	20,27027
0-40							79,72973
Total							100



Gambar 10. Histogram dan Mawar Gelombang Bulan Januari Tahun 2001-2011

Dari hasil *hindcasting* gelombang yang telah dilakukan untuk setiap data angin

selang tahun 2001-2011, kemudian disusunlah rekapitulasi arah, tinggi, dan periode gelombang dari masing-masing *fetch*.

Perhitungan Refraksi dan Gelombang Pecah

- Koefisien Refraksi :

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}}$$

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos 20^\circ}{\cos 10,02^\circ}} = 0,977$$

- Tentukan nilai Koefisien Shoaling (Ks)

$$Ks = \sqrt{\frac{n_o L_o}{nL}}$$

$$Ks = \sqrt{\frac{0,5.22,0887}{0,9095.11,257}} = 1,039$$

- Perhitungan Gelombang Pecah

Tentukan nilai H'o dan Hb : (Dari tabel A-1 Bambang Triatmodjo "Pelabuhan" didapat nilai H/Ho' berdasarkan nilai d/Lo)

$$d/Lo = 0,0453 ; H/Ho' = 1,042$$

$$\text{Maka : } H'o = Ho / (H/Ho') = 1,0703 / 1,042 = 1,027 \text{ m}$$

Sehingga didapat :

$$H'o/gT^2 = 1,0703 / (9,81 \cdot 3,7629^2) = 0,0077$$

Nilai Hb didapat dari hasil plot antara nilai H'o/gT² dengan kemiringan pantai (m) pada grafik "Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (hal. 96), Teknik Pantai, Bambang Triatmodjo".

Plot pada grafik untuk H'o/gT² = 0,0077 dan m = 0,2, didapat Hb/Ho = 1,025 dan

$$Hb = 1,053 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga didapat : } Hb/gT^2 = 1,053 / (9,81 \cdot 3,7629^2) = 0,0076, \text{ didapat } db/Hb = 0,82 \text{ dan } db = 0,863 \text{ m}$$

Analisa Angkutan Sedimen

Angkutan Sedimen Sejajar Pantai

Perhitungan angkutan sedimen sejajar pantai dilakukan menggunakan metode CERC. Untuk parameter-parameter yang dipakai adalah parameter-parameter yang

diperoleh berdasarkan pada perhitungan-perhitungan sebelumnya.

Hitung angkutan sedimen sejajar pantai :

$$S = 0,014 \cdot (24 \cdot 3600 \cdot 31) \cdot H_o^2 \cdot C_o \cdot K_{RBR}^2 \cdot \sin \alpha_{br} \cdot \cos \alpha_{br}$$

$$= 0,014 \cdot 2678400 \cdot (1,0703)^2 \cdot 5,878 \cdot (0,9877)^2 \cdot 0,3929 \cdot 0,9196$$

$$= 72612,892 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

Dengan mengakumulasikan jumlah angkutan sedimen setiap bulan selama satu tahun, maka rekapitulasi total angkutan sedimen sejajar pantai adalah sebanyak 205837,70 m³/tahun dari arah Utara dan Barat Laut, namun angkutan sedimen yang lebih dominan yaitu dari arah Utara. Untuk arah Utara angkutan sedimen sebesar 203650,17 m³/tahun, dengan angkutan sedimen terbesar terjadi bulan Desember yaitu sebesar 32508,37 m³/tahun, dan terendah pada bulan Maret sebesar 218,11 m³/tahun. Sedangkan arah Barat Laut angkutan sedimen sebesar 2187,53 m³/tahun, dengan angkutan sedimen terbesar bulan April yaitu sebesar 503,71 m³/tahun dan terendah pada bulan Agustus.

Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai

Dari hasil perhitungan angkutan sedimen tegak lurus pantai, dengan mengakumulasikan jumlah angkutan sedimen setiap bulan selama satu tahun, maka rekapitulasi total angkutan sedimen tegak lurus pantai adalah sebanyak 677915,27 m³/tahun yang berasal dari arah Utara, dengan angkutan sedimen terbesar pada bulan Januari, yaitu sebesar 78042,98 m³/tahun dan angkutan sedimen terendah pada bulan Juli sebesar 31097,98 m³/tahun.

Perencanaan Jetty

Perhitungan Dimensi Jetty

Perhitungan Berat Batu Lapis Lindung

Tabel 5 Berat Batu Pelindung Sepanjang Ruas Jetty

Tampang	EL Dasar (m)	H _b (m)	K _D	W ₁ (ton)	W ₂ (ton)	W ₃ (ton)
Kepala Bangunan	-1,5	1,4709	1,9	0,542	0,0181	0,002575
Lengan Bangunan	-1,5	1,4709	2	0,401	0,0134	0,001905

Perhitungan Tebal Lapis Lindung

Tabel 6. Tebal Lapis Lindung Sepanjang Ruas Jetty

Tampang	ruas	EL Dasar (m)	H _b (m)	K _D	W ₁ (ton)	W ₂ (ton)	W ₃ (ton)	t ₁ (m)	t ₂ (m)	t ₃ (m)
Kepala Bangunan		-1,5	1,4709	1,9	0,542	0,0181	0,002575	1,36	0,63	0,23
Lengan Bangunan		-1,5	1,4709	2	0,401	0,0134	0,001905	1,23	0,57	0,21

Jumlah Batu

Kepala bangunan : 42 bh / 10 m²
 Lengan bangunan : 51 bh / 10 m²

Diameter Batu

Kepala bangunan : 0,68 m
 Lengan bangunan : 0,61 m

Perhitungan Lapis Lindung Kaki Bangunan

$$W = \frac{2,65 \cdot 1,33^3}{105 \left(\frac{2,65}{1,03} - 1 \right)^3} = 0,0377 \text{ ton}$$

Perhitungan Lebar Bangunan Jetty

$$B = 2,5 \cdot 1,15 \left[\frac{0,542}{2,65} \right]^{\frac{1}{3}} = 1,69 \text{ m} \approx 2,0 \text{ m}$$

Perhitungan Panjang Jetty

Panjang jetty = 1,56 · T²
 = 1,56 · 3,7629 = 22,0887 meter ≈ 25 meter

Tata Letak Bangunan

Untuk menentukan letak bangunan pengaman, yaitu dengan memperhatikan kondisi gelombang dan arus pantai pada yang ada di lokasi penelitian. Untuk mencegah terjadi pengakumulasian sedimen di daerah muara, maka perlu pembuatan jetty pada kedua sisi muara sungai, dan ditambah juga jetty seri sebanyak 2 buah di pesisir pantai sebelah timur muara sungai, untuk mengantisipasi kerusakan daerah pesisir pantai Amurang, mengingat di sepanjang pesisir pantai terdapat pemukiman penduduk.



Gambar 11. Rencana Letak Jetty

PENUTUP

Kesimpulan

1. Pada muara sungai Ranoyapo sering mengalami pengendapan pasir yang terbentuk ketika gelombang dan arus dominan mengendapkan sedimen sehingga membentuk dataran yang memanjang dan berakibat pada penutupan muara sungai. Karena lokasi penelitian termasuk pantai berpasir, maka penutupan muara mengakibatkan terjadinya lidah pasir (*sand spit*) di muara, maka tipe muara ini didominasi oleh gelombang laut dan angin.
2. Tinggi dan periode gelombang maksimum yang terjadi pada tahun 2001 s/d 2011 adalah pada bulan Februari tahun 2001, yaitu dengan tinggi 1,070 m dan periode 3,763 detik yang berasal dari arah Utara. Demikian juga dengan gelombang dominan berasal dari arah Utara.
3. Dengan menggunakan metode CERC (*Coastal Engineering Research Center*) maka diperoleh laju angkutan sedimen sejajar pantai maksimum, yaitu sebesar

205837,70 m³/tahun yang berasal dari arah Utara. Selain itu juga diperoleh laju angkutan sedimen tegak lurus pantai maksimum, yaitu sebesar 677915,27 m³/tahun dari arah Utara.

4. Alternatif pemecahan masalah untuk muara sungai Ranoyapo yang bisa dilakukan adalah dengan cara menggunakan bangunan pelindung pantai berupa jeti. Dan yang digunakan berupa jeti pendek, dikarenakan daerah tersebut bukanlah daerah pelabuhan dimana tempat menambatkan kapal. Disana hanyalah terdapat perahu-perahu kecil yang kerap digunakan oleh para nelayan untuk kelangsungan hidup mereka. Dan pembangunannya pun lebih mudah dan ekonomis.
5. Jeti dibangun pada kedua sisi muara sungai, ditambah dengan dua buah jeti di pesisir pantai sebelah timur muara sungai. Hal tersebut untuk mencegah pengakumulasian sedimen akibat angkutan sedimen yang jauh lebih besar dibanding dengan debit sungai.

Saran

1. Pada bangunan pengarah (*jetty*) di muara sungai diperkirakan terjadinya *overtopping*, terutama terjadi pada saat badai berlangsung, sehingga perlu diperhatikan untuk perencanaan jenis konstruksinya meskipun *overtopping* tidak terlalu besar.
2. Diadakan studi inventarisir kerusakan di daerah pantai Amurang, untuk mengetahui lebih lanjut tentang kerusakan pantai yang akan terjadi pada periode waktu tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Jatmoko, H. 2003. *Konstruksi Jetty*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. *Pedoman Perencanaan Teknis Pengamanan Pantai*. Jakarta.
- CERC, 1984. *Shore Protection Manual (SPM '84)*. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington.