

ANALISA PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG DI PELABUHAN PERIKANAN NUSANTARA

George Winaktu^{1*}, Ita Suhermin Ingsih², Anang Bakhtiar³

^{1,2,3}Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

e-mail: georgewinaktu@unisma.ac.id

ABSTRAK

Kapal ketika melakukan bongkar muat barang diperlukan ketenangan perairan pada kolam pelabuhan dari gelombang yang disebabkan oleh angin, arus, pasang surut serta gelombang laut. Untuk itu sangat diperlukan perencanaan bangunan pelindung pantai yaitu pemecah gelombang yang diharapkan mampu untuk mengurangi atau menghilangkan pengaruh tersebut. Lokasi penelitian adalah di Pelabuhan Perikanan Nusantara yang terletak di Kecamatan Brondong Lamongan dan secara administratif berada di Provinsi Jawa Timur dengan letak geografis pada posisi 03°13'34.2"N dan 99°34'59.3"E. Penelitian ini dilakukan dengan merencanakan tata letak, tipe, dan dimensi pemecah gelombang yang terbaik untuk digunakan di pelabuhan Perikanan Nusantara. Pelabuhan ini memiliki tinggi gelombang pada kolam pelabuhan setinggi 0,75 meter yang melebihi syarat (0,3 meter) sehingga membutuhkan sebuah pemecah gelombang (*breakwater*) untuk meredam tinggi gelombang datang. Perencanaan ini, data yang dibutuhkan: peta batimetri, lokasi studi, data angin, data gelombang, data arus, data pasang surut, dan data stratigrafi tanah. Adapun data yang digunakan adalah data sekunder. Hasil perencanaan, diperoleh Breakwater rencana dengan tipe Rubblemounds batu pecah (batu alam) berdinding miring. Breakwater rencana memiliki tinggi bangunan 6,5 m, lebar puncak 3 m (head) dan lebar lengan 2,7 m (trunk), lebar dasar 26 m dan kemiringan 1:1,5.

Kata kunci: Pelabuhan, Breakwater, Pemecah Gelombang, Pelabuhan Perikanan Nusantara.

ABSTRACT

When loading and unloading goods, ships need calm waters in the port pool from waves caused by wind, currents, tides, and sea waves. For this reason, it is very necessary to plan coastal protection structures, namely wave breakers, which are expected to be able to reduce or eliminate this influence. The research location is at the Nusantara Fisheries Harbor which is located in Brondong Lamongan District and administratively is in East Java Province with a geographical location at position 03°13'34.2"N and 99°34'59.3"E. This research was carried out by planning the best layout, type, and dimensions of breakwaters to be used at the Indonesian Fisheries port. This port has a wave height in the port pool as high as 0.75 meters which exceeds the requirement (0.3 meters) so it requires a breakwater to reduce the height of the incoming waves. For this plan, the data needed are a bathymetric map, study location, wind data, wave data, current data, tidal data, and soil stratigraphic data. The data used is secondary data. As a result of the planning, a Breakwater plan was obtained with Rubblemounds type of crushed stone (natural stone) with sloping walls. The planned breakwater has a building height of 6.5 m, a peak width of 3 m (head) an arm width of 2.7 m (trunk), a base width of 26 m, and a slope of 1:1.5.

Keywords: Harbor, Breakwater, Breakwater, Archipelago Fishing Harbor.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pelabuhan Perikanan Nusantara Berondong, yang terletak di Lamongan, Jawa Timur, merupakan salah satu titik nadi penting bagi kegiatan perikanan di Indonesia Timur. Sebagai gerbang utama bagi nelayan lokal serta pusat distribusi hasil laut, pelabuhan ini memegang peran krusial dalam mendukung perekonomian regional. Namun, pelabuhan ini sering kali menghadapi tantangan besar berupa gelombang besar yang dapat mengganggu kegiatan bongkar muat dan merusak infrastruktur pelabuhan. Keadaan ini tidak hanya berpotensi menimbulkan kerugian material, tetapi juga mengancam keselamatan para nelayan dan pekerja pelabuhan.

Mengingat kondisi geografis dan hidrologis di wilayah pesisir Lamongan yang rentan terhadap gelombang tinggi, terutama pada musim penghujan dan ketika terjadi fenomena alam seperti badai, keberadaan bangunan pemecah gelombang atau breakwater menjadi sangat esensial. Breakwater

berfungsi untuk mengurangi intensitas gelombang yang masuk ke area pelabuhan, sehingga dapat melindungi area dermaga, mengurangi erosi, serta menjaga stabilitas perairan di sekitar pelabuhan. Dengan demikian, keberadaan bangunan ini dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi risiko kerusakan infrastruktur serta kecelakaan kerja.

Studi-studi awal telah menunjukkan bahwa investasi pada pembangunan breakwater di Pelabuhan Perikanan Nusantara Berondong memiliki justifikasi ekonomi dan teknis yang kuat. Penerapan teknologi pemecah gelombang diharapkan tidak hanya akan melindungi pelabuhan dari dampak destruktif gelombang, tetapi juga meningkatkan kapasitas dan keamanan pelabuhan dalam mengelola dan mendistribusikan hasil laut. Dengan demikian, pembangunan ini diharapkan dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi keberlangsungan industri perikanan di Lamongan dan sekitarnya, sekaligus mendukung inisiatif pemerintah dalam memperkuat infrastruktur kelautan dan perikanan nasional. Latar belakang artikel jurnal penelitian tentang kebutuhan bangunan pemecah gelombang di Pelabuhan Perikanan Nusantara Berondong, Lamongan, Jawa Timur, Indonesia, bisa disusun sebagai berikut:

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang

Analisa gelombang dalam perencanaan pelabuhan dibutuhkan untuk mengetahui tinggi gelombang di wilayah perairan pelabuhan, sehingga diketahui perlu atau tidaknya sebuah breakwater atau bangunan pelindung pelabuhan. Pengetahuan akan gelombang laut sangat penting bagi perencana pelabuhan. Gelombang dibedakan terhadap beberapa macam bergantung gaya pembangkitnya. Diantara macam – macam gelombang diatas, gelombang yang paling penting diperhatikan dalam perencanaan pelabuhan adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin dan pasang – surut.

2.1.1. Refraksi Gelombang

Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah dimana kedalaman air lebih besar dari setengah Panjang gelombang, yaitu di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang.

2.1.2. Difraksi Gelombang

Difraksi terjadi apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik di dekatnya, yang menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil.

2.1.3. Refleksi Gelombang

Gelombang yang mengenai suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidak-tenangan di dalam perairan pelabuhan. Fluktuasi muka air ini akan menyebabkan Gerakan kapal-kapal yang ditambat, dan dapat menimbulkan tegangan yang besar pada tali penambat.

2.1.4. Gelombang pecah

Gelombang yang merambat dari dasar laut menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Perubahan tersebut ditandai dengan puncak gelombang semakin tajam sampai akhirnya pecah pada kedalaman tertentu. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringan, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang.

$$\frac{H_0}{L_0} = \frac{1}{7} = 0.142$$

Kedalaman gelombang pecah diberi notasi d_b dan tinggi gelombang pecah H_b .

	dengan :
$H_b = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H_0'}{L_0} \right)^{1/3}}$	$H_0' =$ tinggi gelombang laut dalam ekivalen (m)
	$H_b =$ tinggi gelombang pecah (m)
	$L_0 =$ panjang gelombang (m)

2.2 Angin

Kecepatan angin diukur dengan anemometer, dan biasanya dinyatakan dalam knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui katulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau = 1,852 km/jam

= 0,5 m/d. Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin, lama hembusan angin, arah angin, dan fetch, yaitu jarak dari mana angin berhembus. Angin yang berhembus diatas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil diatas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut akan semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang.

2.3 Arus.

Arus adalah pergerakan air secara horizontal yang disebabkan adanya perubahan ketinggian muka air laut. Arus lautan global merupakan pergerakan masa air yang sangat besar dan arus ini yang mempengaruhi arah aliran air lautan dan terkait antara satu lautan dengan yang lain di seluruh dunia. Adanya arus lautan ini disebabkan oleh perputaran bumi, angin, dan suhu udara.

2.4 Pasang Surut

Pengetahuan tentang pasang surut penting dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan elevasi muka air terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan tersebut. Sebagai contoh, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang, dermaga, dsb ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sementara kedalaman alur pelayaran pada pelabuhan ditentukan oleh muka air surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah di Indonesia dapat dibagi menjadi 4 (empat) jenis, yaitu: 1). Pasang surut harian ganda (*Semi Diurnal Tide*). 2). Pasang surut harian tunggal (*Diurnal Tide*). 3). Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*Mixed Tide Prevailling Semidiurnal*). 4). Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*Mixed Tide Prevailling Diurnal*).

2.4.1. Elevasi Muka Air Pasang Surut Rencana

Perencanaan bangunan pantai dibatasi oleh waktu, biasanya 6 bulan sampai satu tahun atau lebih. Dengan demikian untuk mendapatkan data pasang surut di lokasi pekerjaan sepanjang 19 tahun tidak dapat dilakukan. Dalam hal ini muka air laut ditentukan berdasarkan pengukuran pasang surut selama minimum 15 hari. Dengan pengamatan selama 15 hari tersebut, maka didapat siklus pasang surut yang meliputi pasang purnama dan perbani. Pengamatan muka air ini dapat menggunakan alat otomatis (automatic water level recorder) atau secara manual dengan bak ukur dengan interval pengamatan setiap jam, siang dan malam. Untuk dapat melakukan pembacaan dengan baik tanpa terpengaruh gelombang, maka pengamatan dilakukan di tempat terlindung, seperti muara sungai atau teluk.

2.4.2. Elevasi Muka Air Laut Rencana

Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter yang sangat penting di dalam perencanaan bangunan pantai. Elevasi tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter yaitu pasang surut, tsunami, kenaikan muka air karena gelombang (wave set-up), dan kenaikan muka air karena angin (wind set-up) dan kenaikan muka air karena perubahan suhu global. Namun kemungkinan terjadinya semua parameter ini dalam waktu yang bersamaan adalah sangat kecil. Penetapan berdasarkan MHWL atau HHWL tergantung pada kepentingan bangunan yang direncanakan.

2.5 Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang (breakwater) merupakan pelindung utama bagi pelabuhan utama. Tujuan utama mengembangkan breakwater adalah melindungi daerah pedalaman perairan pelabuhan, yaitu memperkecil tinggi gelombang laut, sehingga kapal dapat berlabuh dengan tenang guna dapat melakukan bongkar muat. Untuk memperkecil gelombang pada perairan dalam, tergantung pada tinggi gelombang (H), lebar muara (b), lebar perairan pelabuhan (B) dan panjang perairan pelabuhan (L), mengikuti rumus empiris Thomas Stevenson.

2.5.1. Breakwater Sisi Miring

Menurut Bambang Triatmodjo dalam bukunya Pelabuhan – 1999, breakwater sisi miring memiliki bentuk trapesium (dilihat dari potongan melintang). Biasanya breakwater tipe ini terbuat dari tumpukan batu atau blok beton yang dibuat khusus untuk menggantikan batu alam seperti tetrapod, quadripods, tripod, dolos dll. Tipe ini dipilih jika kondisi daya dukung tanah pada lokasi perencanaan kecil. Pada

jenis tanah seperti ini harus dipilih konstruksi dengan dimensi yang kecil atau alternative lainnya adalah memperlebar bagian dasar bangunan dengan tujuan agar tekanan yang dibuat oleh berat bangunan kecil.

2.5.2. Breakwater Sisi Tegak

Menurut Bambang Triatmodjo dalam bukunya Pelabuhan-1999, breakwater sisi tegak dapat digunakan pada lokasi perencanaan yang memiliki daya dukung yang besar sehingga mampu menahan berat bangunan yang besar. Selain itu, jika kedalaman perencanaan cukup besar, maka pembangunan breakwater tipe miring akan memakan biaya yang sangat besar sehingga digunakan breakwater sisi tegak. Biasanya breakwater tipe ini dibuat dari kaisan, sel – sel turap baja, atau blok beton massa yang disusun secara vertikal.

2.5.3. Breakwater Campuran

Menurut Bambang Triatmodjo dalam bukunya Pelabuhan-1999, breakwater campuran adalah breakwater yang terdiri dari breakwater sisi tegak yang berdiri di atas breakwater sisi miring. Bangunan ini digunakan jika kedalaman rencana cukup besar namun kondisi tanah tidak dapat menahan beban bangunan breakwater sisi tegak. Pada waktu air surut bangunan berfungsi sebagai breakwater sisi miring sedangkan jika air sedang pasang, maka bangunan tersebut berfungsi sebagai pemecah gelombang sisi tegak.

2.6 Dimensi Breakwater

2.6.1. Wave Run-up.

Pada waktu gelombang menghantam suatu bangunan, gelombang tersebut akan naik (run-up) pada permukaan bangunan. Elevasi (tinggi) bangunan yang direncanakan tergantung pada run-up dan limpasan yang diijinkan. Run-up tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang. Karena banyaknya variabel yang berpengaruh, maka besarnya run-up sangat sulit ditentukan secara analitis.

$$Ir = \frac{\tan \theta}{\left(\frac{H}{Lo}\right)^{1/2}}$$

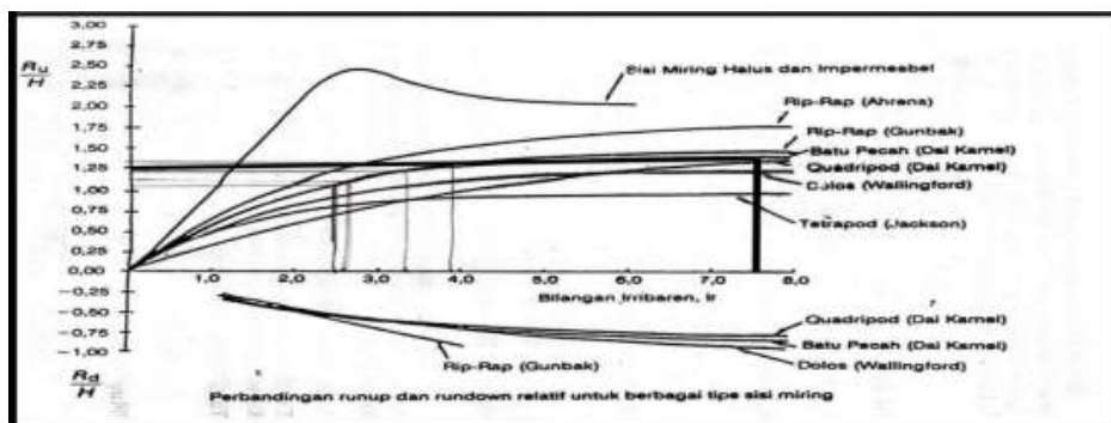
Keterangan :

Ir =Bilangan Irribaren.

θ =Sudut kemiringan sisi breakwater.

H = Tinggi gelombang di lokasi bangunan.

Lo =Panjang gelombang di laut dalam.



Gambar 1. Grafik Run-up Gelombang
(Sumber :Bambang Triatmodjo, Teknik Pantai 1999)

2.6.2. Elevasi Puncak

Elevasi puncak breakwater dihitung berdasarkan kenaikan (run-up) gelombang yang tergantung pada karakteristik gelombang. Elevasi puncak breakwater dapat dihitung dengan rumus (Triatmodjo : 1999):
Elevasi puncak = HWS + Run Up + tinggi kebebasan

Keterangan :

HWS = Muka air pasang
Run up = Tinggi limpasan air pada bangunan
kebebasan = diasumsikan 0,5 m

2.6.3. Lebar Breakwater

Lebar puncak juga tergantung pada limpasan yang diijinkan. Selain itu, lebar puncak juga harus cukup lebar untuk keperluan operasi peralatan pada waktu pelaksanaan dan perbaikan. Lebar puncak breakwater dapat dihitung dengan rumus berikut (Triatmodjo : 1999):

$$B = n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

Dimana:

B = lebar puncak
n = jumlah butir batu (lapisan)
 K_{Δ} = koefisien lapis
W = berat armor (ton)
 γ_r = berat jenis batu pelindung

2.6.4. Berat Unit Lapisan Breakwater

Berat unit Armour dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$w = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_{air\ laut}} - 1 \right)^3 \cot \theta}$$

Di mana:

W = berat armor (ton)
H = tinggi gelombang rencana (meter)
 γ_r = Berat jenis armor (beton = 2.3 ton/ m^3)
 $\gamma_{air\ laut}$ = Berat jenis air laut (1,025 – 1,03 ton/ m^3)
Cot θ = Kemiringan struktur *breakwater* (2)
 K_D = Koefisien stabilitas armor yang kita gunakan (jenis Tetrapod dan kubus beton)

2.6.5. Perhitungan Tebal Lapisan Armor

Penentuan tebal lapisan revetment ditentukan dengan menggunakan persamaan seperti untuk perhitungan lebar mercu sebagai berikut:

$$t = n K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

Di mana :

t = tebal lapis pelindung (m)
n = jumlah lapis batu dalam lapis pelindung
(n minimal 2)
 K_{Δ} = koefisien lapis (layer coefficient)
W = berat beton (ton)
 γ_r = berat jenis beton (2.3 ton/ m^3)

2.6.6. Jumlah Batu Pelindung

Jumlah batu pelindung tiap satuan luas (kita ambil tiap luasan lari A = 10 m^2).

$$N = A n K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3}$$

P adalah porosity, dan untuk tetrapod, P = 50. A diambil sebesar 10 m^2

2.7 Stabilitas Breakwater

Untuk menjamin kestabilan dari konstruksi breakwater diatas perlu dicek terhadap stabilitas daya dukung tanah yang bekerja di struktur dan stabilitas terhadap geser.

2.7.1. Stabilitas Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk mendukung beban. Pengujian di lapangan untuk mengetahui kuat dukung tanah dapat dilakukan dengan cara pengambilan sampel (boring), sondir maupun SPT (*Standard Penetration Test*). Berdasarkan parameter tanah dapat dihitung daya dukung batas tanah (Qult) dengan menggunakan persamaan Terzaghi berikut ini:

$$Q_{ult} = C N_c + D_f \gamma N_q + 0,5 B \gamma N_\gamma$$

Keterangan :

Qult = Kuat dukung batas (kg/m^2)

N_c, N_γ, N_q = Konstanta tanah tergantung dari ϕ

D_f = Kedalaman pondasi (m)

B = Lebar Pondasi (m)

C = Kohesi tanah (kg/m^2)

γ = Berat isi tanah (kg/m^3)

2.7.2. Stabilitas terhadap Geser

Struktur breakwater sangat rentan terhadap bahaya kelongsoran atau geser. Oleh karena itu, harus dipastikan struktur tersebut memiliki gaya penahan momen penggeser / Resisting Momen (M_r) yang lebih besar dari gaya yang menimbulkan momen penggeser / Driving Momen (M_d). Menurut Soedjono Kamadibrata dalam bukunya Perencanaan Pelabuhan, suatu struktur breakwater akan stabil jika memiliki nilai faktor keamanan:

$$(FS) = \frac{M_r}{M_d} \geq 1.25.$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelabuhan Perikanan Nusantara merupakan pelabuhan untuk menunjang kegiatan perikanan di Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Pelabuhan ini diresmikan sejak tahun 2007. Tidak semua jenis kapal dapat merapat di dermaga Pelabuhan Perikanan Nusantara, dikarenakan pendangkalan di kolam labuh (*fort*).

3.1. Batimetri

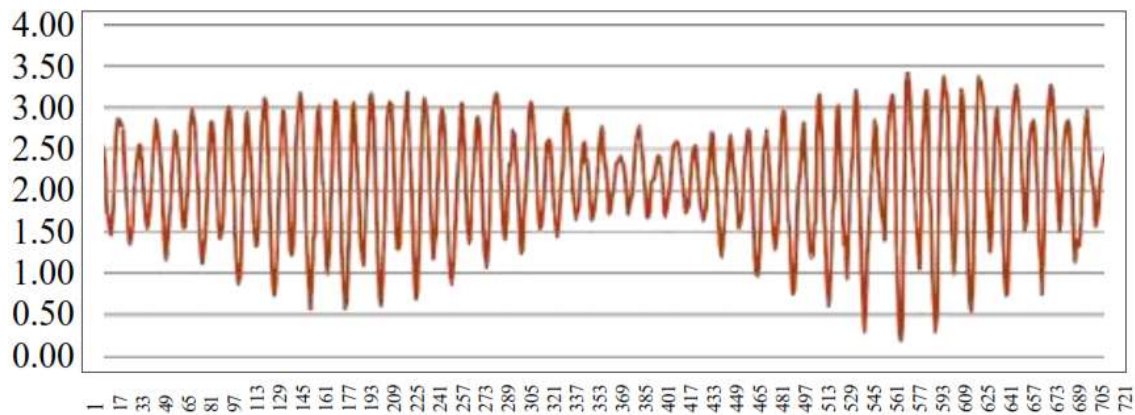
Kondisi batimetri perairan di Pelabuhan Tanjung Tiram sangat beragam. Pada perairan sebelah barat, kedalaman laut berkisar antara 10 – 30 meter. Pada perairan sebelah timur, kedalaman berkisar mulai dari 10 meter hingga 82 meter. Sedangkan kondisi kedalaman pantai di wilayah Pelabuhan Tanjung Tiram berkisar antara 15-20 meter.

3.2. Pasang Surut

Kondisi pasang surut pada Pelabuhan Perikanan Nusantara seragam dengan tipe pasang surut pada Pelabuhan Perikanan Nusantara atau perairan utara pulau Jawa pada umumnya. Survei pasang surut telah dilakukan di lokasi studi pada rentang jarak yang tidak terlalu jauh yaitu 5 km. Hasil observasi pada Bulan Juli dan Agustus menunjukkan bahwa tunggang pasang surut pada saat tersebut adalah sekitar 3 m. Hasil peramalan menunjukkan bahwa tunggang pasang adalah 3,56 m. Rekapitulasi hasil peramalan disajikan sebagai berikut:

Tabel 1. Muka Air Pasang Surut di Pelabuhan Perikanan Nusantara

<i>Highest Water Spring (HWS)</i>	: 374.22	Cm
<i>Mean High Water Spring (MHWS)</i>	: 342.91	Cm
<i>Mean High Water Level (MHWL)</i>	: 291.88	Cm
<i>Mean Sea Level (MSL)</i>	: 207.77	Cm
<i>Mean Low Water Level (MLWL)</i>	: 120.98	Cm
<i>Mean Low Water Spring (MLWS)</i>	: 62.56	Cm
<i>Lowest Water Spring (LWS)</i>	: 18.44	Cm
Tunggang Pasang	: 355,78	Cm



Gambar 2. Pengukuran Pasang Surut di Pelabuhan Perikanan Nusantara

Pengukuran arus telah dilakukan di empat titik yang tersebar di perairan Pelabuhan Perikanan Nusantara. Hasil observasi menunjukkan bahwa pada saat *spring* (pasang) kecepatan maksimum adalah 1,3 m/s sedangkan pada saat *neap* (surut) adalah 0,7 m/s.

3.3. Gelombang.

Analisis gelombang pada Pelabuhan Tanjung Tiram seragam dengan tipe gelombang pada Pelabuhan Perikanan Nusantara atau perairan timur pulau Jawa pada umumnya, dengan menggunakan metoda hindcasting berdasarkan data BMG Belawan tahun 1992-2009. Berdasarkan analisis tersebut diprediksi pada umumnya gelombang di perairan cukup kecil ($\text{calm} > 74,4\%$) dan kejadian bergelombang 25,6 % dimana gelombang dominan berasal dari arah Timur Laut. Tinggi gelombang yang lebih dari 0,75 m adalah sekitar 1%.

Tabel 2. Frekuensi Kejadian Gelombang di Pelabuhan Perikanan Nusantara
Rekapitulasi Data Gelombang Tahunan, lokasi: BMG Tanjung Perak Tahun 1992-2009

Kejadian	Tinggi Gelombang (Hmo)							Jumlah
	<0,25	0,25-0,5	0,5-0,75	0,75-1	1-1,5	1,5-2	>2	
Arah								
Utara	2052	413	64	5	0	0	0	2,534
Timur Laut	6157	2628	1153	410	79	3	0	10,430
Timur	1753	605	225	82	51	3	0	2,719
Tenggara	1024	207	77	24	0	0	0	1,332
Barat Laut	2373	352	74	13	0	0	0	2,812
Calm*	*Kejadian tidak ada gelombang							57,608

Kejadian ada gelombang 19,827
Total Kejadian 77,435

Rekapitulasi Data Gelombang Tahunan Lokasi : BMG Belawan – Kuala Tanjung Tahun : 1992-2009

Kejadian	Tinggi Gelombang (Hmo)							Jumlah
	<0,25	0,25-0,5	0,5-0,75	0,75-1	1-1,5	1,5-2	>2	
Arah								
Utara	2,65	0,53	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	3,27
Timur Laut	7,95	3,39	1,49	0,53	0,10	0,00	0,00	13,47
Timur	2,26	0,78	0,29	0,11	0,07	0,00	0,00	3,51
Tenggara	1,32	0,27	0,10	0,03	0,00	0,00	0,00	1,72
Barat Laut	3,06	0,45	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	3,63
Calm*	*Kejadian tidak ada gelombang							74,40
Kejadian ada gelombang								25,60
Total Kejadian								100,00

3.4. Kondisi Tanah dan Kedalaman Rencana

Jenis tanah perairan pada umumnya adalah pasir dengan lanau (silty sand), walaupun demikian pada beberapa tempat adalah sandy silt. Sifat tanah ini memiliki daya dukung tanah yang sedang sehingga kondisi tanah seperti ini cocok untuk menahan pondasi dangkal. Kedalaman rencana lokasi pembangunan breakwater adalah pada kedalaman - 0,5 LWS sesuai analisa layout perairan pada sub bab sebelumnya. Karena lokasi rencana pembangunan breakwater tidak terlalu dalam, maka jenis breakwater yang akan digunakan pada studi ini adalah jenis breakwater dengan sisi miring, tujuannya karena strukturnya menyerupai pondasi dangkal dan lebih ekonomis daripada breakwater sisi tegak.

3.5. Kondisi Gelombang di Lokasi Rencana

Dilakukan penyelidikan apakah pada lokasi rencana gelombang pecah atau tidak. Hal ini diperlukan untuk menentukan nilai KD yang akan digunakan untuk perencanaan dimensi breakwater. Tinggi dan kedalaman gelombang pecah dapat dihitung menggunakan rumus koefisien refraksi. Berikut adalah parameter-parameter tinggi gelombang rencana:

$$H'_0 : Kr \times H_0$$

$$Kr : 1,003$$

$$L_0 : 56,16 \text{ meter}$$

$$m : 1 : 20 \text{ (data sekunder)}$$

$$g : 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$T : 6 \text{ detik}$$

Tinggi gelombang rencana digunakan untuk menghitung elevasi breakwater. Perhitungan gelombang rencana dilakukan dengan menggunakan analisis refraksi pada kedalaman rencana. Kedalaman yang diambil adalah kedalaman yang paling dalam dan yang paling dangkal untuk mengetahui di mana lokasi gelombang dengan tinggi gelombang maksimal.

Tabel 3. Tinggi Gelombang Rencana

Tinggi Gelombang		Tinggi gelombang (m)	
Laut Dalam (m)		D = +0,51LWS	D = - 0,51 LWS
		2,02	1,74

3.6. Elevasi Breakwater

Menggunakan parameter-parameter seperti kemiringan rencana breakwater yaitu 1 : 1,5 dan tinggi gelombang rencana yaitu 2,02 meter. Nilai wave run-up diperoleh dengan rumus Bilangan Iribaren dengan parameter-parameter sebagai berikut:

$$\theta : 33,7^\circ \text{ (kemiringan 1 : 1,5)}$$

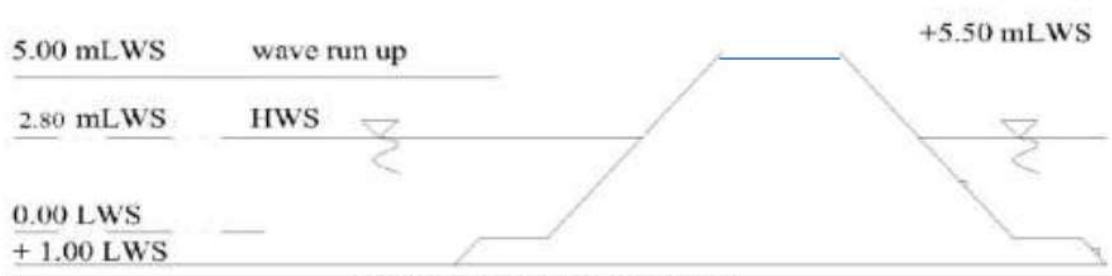
$$H : 2,02 \text{ meter}$$

$$L_0 : 56,16 \text{ meter}$$

Sehingga diperoleh bilangan Iribaren adalah 7,41. Selanjutnya mencari nilai dengan grafik pada Gambar 2. Dari grafik diatas, maka diperoleh = 1,25, sehingga = $1,25 \times 2,03 = 2,52$.

Maka elevasi puncak breakwater terhadap LWS ditentukan sebagai berikut:

- HWS : + 2.80 m
- Wave Run-up : + 2.52m
- Tinggi kebebasan : + 0.50 m
- Jadi elevasi puncak adalah : + 5.82 m



Gambar 3. Elevasi Breakwater

3.7. Berat Butir Lapis Lindung

Berat unit Armour dapat dihitung dengan rumus Hudson berikut. Nilai KD untuk batu pecah, Sedangkan nilai γ_r dan γ_a berturut-turut adalah 2650 kg/m³ dan 1030 kg/m³. Kemiringan breakwater rencana adalah 1 : 1,5. Berat butir lapis lindung dihitung dengan rumus, dengan parameter-parameter sebagai berikut:

γ_r : 2,65 t/m³

γ_a : 1,03 t/m³

γ_r dan γ_a diperoleh dari perencanaan breakwater di lokasi yang berdekatan dengan lokasi rencana, dengan quarry (batu) yang sama.

bersudut kasar, $n = 3$, penempatan acak, dan kondisi gelombang pecah, menurut Bambang Triatmodjo dalam Pelabuhan (1999:135) adalah 2.

H : 2,03 meter

Θ : 33,7 ° (kemiringan 1 : 1,5)

KD : 2,1 (ujung) dan 2,2 (lengan) diperoleh dari table koefisien stabilitas KD (Bambang Triatmodjo, Pelabuhan) dengan lapis lindung batu bersudut kasar, $n \geq 3$, penempatan acak dan keadaan gelombang pecah.

3.8. Lebar Puncak Breakwater

Lebar puncak breakwater untuk $n = 3$ dapat dihitung dengan rumus, dengan parameter-parameter sebagai berikut :

n : 2 (primary layer); 3 (secondary layer)

$k\Delta$: 1,1 diperoleh dari tabel koefisien lapis (Bambang Triatmodjo, Pelabuhan) dengan lapis lindung batu bersudut kasar, $n \geq 3$, penempatan acak.

W : berat butir armour unit.

γ_r : 2,65 t/m³

3.9. Tebal Lapis Lindung

Tebal lapis pelindung dari sebuah breakwater dapat dihitung dengan menggunakan rumus, dengan parameter-parameter sbb :

n : 2 (primary layer); 3 (secondary layer)

$k\Delta$: 1,1

W : berat butir armour unit

γ_r : 2,65 t/m³

3.10. Jumlah Batu Pelindung

Jumlah batu pelindung pada breakwater ini dihitung tiap 10 m². Analisa hitungannya menggunakan rumus, dengan parameter sbb:

t : tebal lapis pelindung

n : 2 (primary layer); 3 (secondary layer)

$k\Delta$: 1,1

P : 40 diperoleh dari tabel koefisien lapis (Bambang Triatmodjo, Pelabuhan) dengan lapis lindung batu bersudut kasar, $n \geq 3$, penempatan acak.

γ_r : 2,65 t/m³

Dimensi Breakwater :

Lebar Breakwater (B') = 26 meter

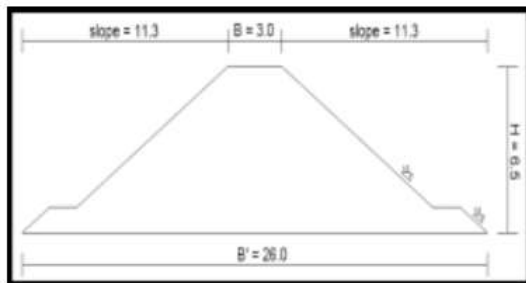
Tinggi Breakwater (H) = 6.5

meter Panjang Breakwater (L) = 372 meter

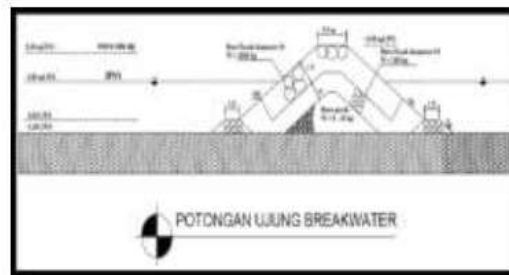
Lebar Puncak (B) = 3 meter

Lebar Slope sisi Pelabuhan = 11.3 meter

Lebar Slope sisi Laut = 11.3 meter



Gambar 4. Sketsa Dimensi Breakwater



Gambar 5. Potongan Breakwater Bagian Ujung

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan perhitungan data, maka dibutuhkan perencanaan breakwater di Pelabuhan Perikanan Nusantara sebagai berikut:

1. Tipe breakwater rencana berupa breakwater sambung pantai, breakwater sisi miring, tipe rubblemounds dari batu alam.
2. Berdasarkan hasil perhitungan maka breakwater rencana memiliki tinggi bangunan 6,5 m, lebar puncak 3 m (head) dan lebar lengan 2,7 m (trunk), lebar dasar 26 m dan kemiringan 1:1,5.
3. Stabilitas Breakwater.

Untuk menjamin kestabilan dari konstruksi breakwater diatas perlu dicek terhadap stabilitas daya dukung tanah yang bekerja di struktur dan stabilitas terhadap geser.

- a. Stabilitas Breakwater terhadap Daya Dukung Tanah.

Menurut Terzaghi untuk dasar pondasi segi empat ($L \times B$) besar daya dukung tanah dasar, dan untuk menghitung beban breakwater (W) yang bekerja SF (safety factor) $= 6,554 > 2$

- b. Stabilitas Breakwater terhadap Geser dan Guling

Menurut Soedjono Kamadibrata, *safety factor* untuk stabilitas breakwater tipe rubblemound adalah $> 1,25$. Jadi dapat disimpulkan bahwa bidang geser terlemah adalah bidang geser kedua dengan nilai FS yang terkecil namun memenuhi FS syarat yaitu $1,261 > 1,25$. Sedangkan untuk analisa stabilitas guling tidak diperlukan karena kedua sisi struktur breakwater menahan tekanan yang sama yang berasal dari tekanan hidrostatik air laut.

4. Sesuai dengan fungsinya sebagai sebuah bangunan breakwater, breakwater rencana mampu meredam gelombang yang semula setinggi 0,75 meter (pada daerah operasi pelabuhan) menjadi $\leq 0,3$ meter.

Saran

1. Apabila kondisi permukaan dasar laut pada kolam pelabuhan mengalami sedimen maka perlu diadakan pengerukan berkala, sehingga tidak menyebabkan pendangkalan pada kolam pelabuhan.
2. Sebagai sebuah karya tulis ilmiah, skripsi ini masih jauh dari sempurna. Keterbatasan data hidro - oseanografi lokasi studi merupakan kendala utamanya. Oleh karena itu, untuk menyempurnakan keakuratan perencanaan ini maka butuh pengembangan lokasi untuk peraturan tentang keakuratan data hidro – oseanografi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Direktorat Jendral Perhubungan Laut. Kementrian Perhubungan, 2015. Pengembangan Rehabilitasi Pelabuhan Tanjung Tiram, Provinsi Sumatera Utara.
- [2]. Firdaus, Badruttamam, 2009, Perencanaan Detail Dermaga dan Breakwater Pelabuhan Peti Kemas Tanjung Bulupandan, Madura. Surabaya : Penerbit ITS
- [3]. Kramadibrata, Soedjono, 2002, Perencanaan Pelabuhan. Bandung : Penerbit ITB
- [4]. LAPI ITB, 2012, Laporan Detail Desain Rencana Pengembangan Pelabuhan Kuala Tanjung, LAPI ITB: Bandung.
- [5]. Nur Lely Hardianti Zendrato, Terunajaya, Analisis Efektifitas Penggunaan Breakwater Dengan Lapis Pelindung Bambu Dan Tetrapod Untuk Mereduksi Energi Gelombang Laut Di Pelabuhan Kuala Tanjung, Jurnal Skripsi, Universitas Sumatera Utara.
- [6]. Republik Indonesia, 2012, Lampiran Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 20 Tahun 2012 tentang Rencana Induk Pelabuhan Kuala Tanjung, Kementerian Perhubungan: Jakarta.
- [7]. Rita dan Juren Capah. 2016. Revitalization Sea Transport Intermodal Services Tanjung Tiram To Kuala Tanjung. Badan Penelitian dan Pengembangan Perhubungan Jl. Medan Merdeka Timur No. 5 Jakarta Pusat 10110, Indonesia
- [8]. Sunggono, 1982, Mekanika Tanah. Bandung Penerbit Nova.
- [9]. Triatmodjo, Bambang, 1999, Teknik Pantai. Yogyakarta : Beta Offset.
- [10]. Triatmodjo, Bambang, 2009, Perencanaan Pelabuhan. Yogyakarta : Beta Offset.
- [11]. Wahyumaudi, Imam, 2009, Buku Ajar Pelabuhan. Banten : Penerbit Unisula.