

ANALISA PERENCANAAN BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG (*BREAKWATER*) PADA PELABUHAN IKAN TANJUNG TIRAM

Khairul Amri, Darlina Tanjung, Jupriah Sarifah

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara,

Jl. Sisingamangaraja, Kampus UISU Medan

khairulamri.st@gmail.com; darlinatanjung@yahoo.com; jupriah.sarifah@gmail.com

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 Tanjung Tiram yang terletak di Pantai Timur Provinsi Sumatera Utara dan secara administratif berada di Kabupaten Batubara dengan letak geografis pada posisi $03^{\circ}13'34.2''N$ dan $99^{\circ}34'59.3''E$. Penelitian ini dilakukan dengan merencanakan tata letak, tipe, dan dimensi pemecah gelombang yang terbaik untuk digunakan di pelabuhan Tanjung Tiram. 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) berdinging 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-Kata Kunci : Pelabuhan, *Breakwater*, gelombang, Tanjung Tiram.

I. Pendahuluan

Dermaga Pelabuhan Tanjung Tiram diresmikan pada tahun 2009, merupakan pelabuhan yang sibuk. Selain aktivitas kapal ikan yaitu bongkar muat, ada kapal-kapal kecil sebagai transportasi warga yang hendak pulang-pergi ke kampung-kampung di sekitarnya seperti Bagan Baru, yang jika ditempuh lewat darat relatif lebih jauh, tentu saja aktivitas kapal nelayan yang hilir mudik pergi atau pulang dari melaut dengan membawa ikan hasil tangkapan. Pada tahun 2009-2010 pernah beroperasi kapal Ferry penumpang dari Pelabuhan Perikanan Tanjung Tiram menuju Klang (*Malaysia*), kegiatan ini terhenti karena terjadinya pendangkalan pada kolam pelabuhan sehingga kapal yang akan masuk dermaga harus menunggu air pasang.

Pelabuhan Tanjung Tiram memerlukan sebuah pengembangan terkait usaha mengoptimalkan fungsi Pelabuhan Tanjung Tiram. Yaitu perlu diadakannya sebuah proyek pengembangan yaitu berupa pembangunan pemecah gelombang (*breakwater*), dikarenakan terjadinya pendangkalan dan sedimentasi pada kolam pelabuhan (*fort*) dan jalur masuk pelabuhan. Pembangunan *breakwater* diperlukan karena setelah diteliti, maka ditemukan bahwa peramalan tinggi gelombang pada lokasi pendaratan dan pembongkaran kapal adalah 0.75meter dengan arah dominan gelombang yaitu Timur Laut. (BMG Belawan tahun:1992-2009). Sedangkan tinggi gelombang yang diijinkan dalam kolam pelabuhan dengan kapal jenis kecil (bobot kurang dari 500 GRT) adalah 0,3 meter (Triatmodjo : 1999).

II. 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 .

$$\frac{H_b}{H_0'} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H_0'}{L_0} \right)^{1/3}}$$

dengan :

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 knot = 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 Prevailing Semidiurnal*)
4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing 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 dilokasi 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 perairanpelabuhan (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

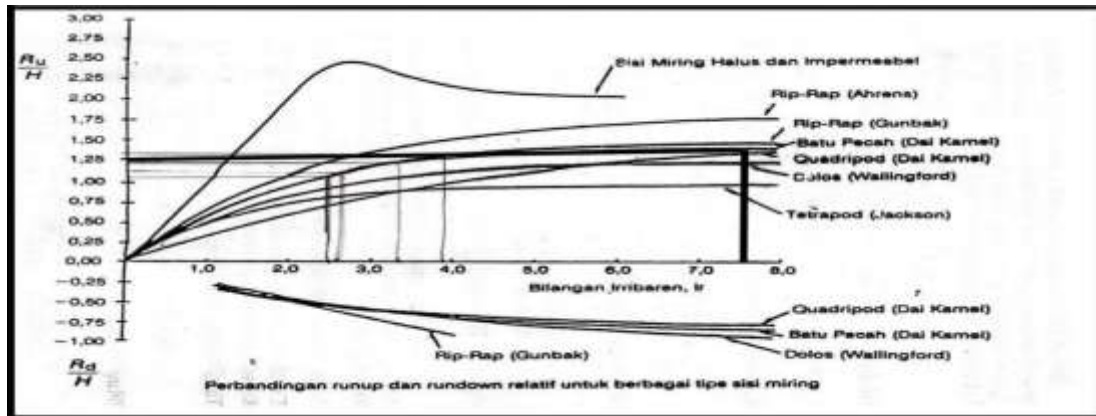
2.6.1. Wave Run-up.

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.

$$I_r = \frac{\tan \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{1/2}}$$

Keterangan :

- I_r = Bilangan Iribaren.
- θ = Sudut kemiringan sisi *breakwater*.
- H = Tinggi gelombang di lokasi bangunan.
- L_0 = 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) :

$$\text{Elevasi puncak} = \text{HWS} + \text{Run Up} + \text{tinggi kebebasan}$$

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) :

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

Di mana:

- 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/m³)
 $\gamma_{air\ laut}$ = Berat jenis air laut (1,025 – 1,03 ton/m³)
 Cot θ = Kemiringan struktur breakwater (2)
 K_D = Koefisien stabilitas armor yang kita gunakan (jenisTetrapod dan kubus beton)

2.6.5. Perhitungan Tebal Lapisan Armor

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

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

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/m³)

2.6.6. Jumlah Batu Pelindung

Jumlah batu pelindung tiap satuan luas (kita ambil tiap luasan lari A = 10m²).

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

P adalah porosity, dan untuk tetrapod, P = 50. A diambil sebesar 10 m²

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:

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

Keterangan :

- Qult = Kuat dukung batas (kg/m²)
 N_c, N_{γ}, N_q = Konstanta tanah tergantung dari ϕ
 Df = Kedalaman pondasi (m)
 B = Lebar Pondasi (m)
 C = Kohesi tanah (kg/m²)
 γ = Berat isi tanah (kg/m³)

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

III. Hasil Dan Pembahasan

Pelabuhan Tanjung Tiram merupakan pelabuhan untuk menunjang kegiatan perikanan di Kabupaten Batu Bara. Pelabuhan ini diresmikan sejak tahun 2009. Tidak semua jenis kapal dapat merapat di dermaga Pelabuhan Kuala Tanjung, 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

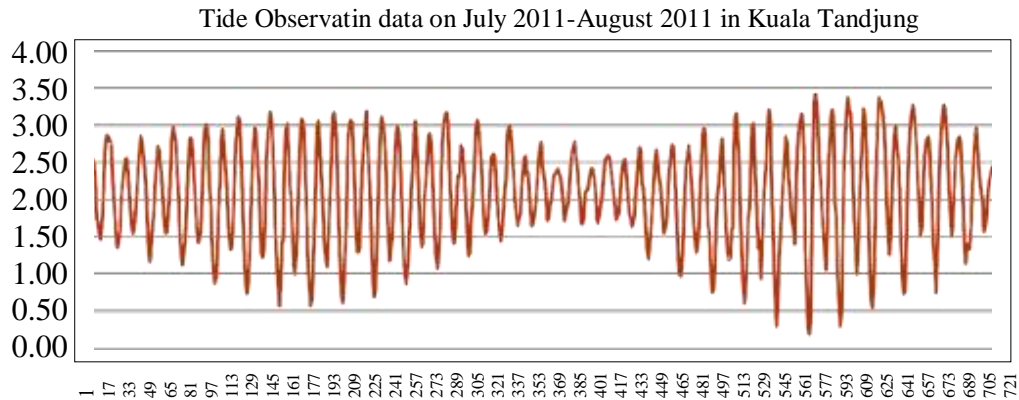
Kondisi pasang surut pada Pelabuhan Tanjung Tiram seragam dengan tipe pasang surut pada Pelabuhan Kuala Tanjung atau perairan timur pulau Sumatra pada umumnya. Survey pasang surut telah dilakukan di lokasi studi pada rentang jarak yang tidak terlalu jauh yaitu 5 km. Terdapat 2 buah pengukuran pasang surut yaitu di dermaga C Pelabuhan Kuala Tanjung pada trestle INALUM dan yang kedua di muara Sungai Kuala Tanjung. 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 Kuala Tanjung

Highest Water Spring (HWS)	: 374.22	Cm
Mean High Water Spring (MHWS)	: 342.91	Cm
Mean High Water Level (MHWL)	: 291.88	Cm
Mean Sea Level (MSL)	: 207.77	Cm
Mean Low Water Level (MLWL)	: 120.98	Cm
Mean Low Water Spring (MLWS)	: 62.56	Cm
Lowest Water Spring (LWS)	: 18.44	Cm
Tunggang Pasang	: 355.78	Cm

sumber: (Lampiran Peraturan Menteri Perhubungan Republik INDONESIA Nomor PM 20, Tahun 2012 Tentang Rencana Induk Pelabuhan Kuala Tanjung).



Gambar 2..Pengukuran Pasang Surut di Kuala Tanjung

sumber: (Lampiran Peraturan Menteri Perhubungan Republik INDONESIA Nomor PM 20, Tahun2012 Tentang Rencana Induk Pelabuhan Kuala Tanjung).

Pengukuran arus telah dilakukan di empat titik yang tersebar di perairan Kuala Tanjung. 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 Kuala Tanjung atau perairan timur pulau Sumatra 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. Frekwensi Kejadian Gelombang di Pelabuhan Kuala Tanjung.

Rekapitulasi Data GelombangTahunan 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	
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	
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

sumber: (Lampiran Peraturan Menteri Perhubungan Republik INDONESIA Nomor PM 20, Tahun 2012 Tentang Rencana Induk Pelabuhan Kuala Tanjung).

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 meter
- m : 1 : 20 (data sekunder)
- g : 9,81 m/s²
- T : 6 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 Laut Dalam (m)	Tinggi gelombang (m)	
	D = +0,51LWS	D = - 0,51 LWS
1,625	2,02	1,74

Sumber : Analisa Refraksi Pada Kedalaman Rencana Direktorat Jendral Perhubungan Laut Pelabuhan Tanjung Tiram

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:

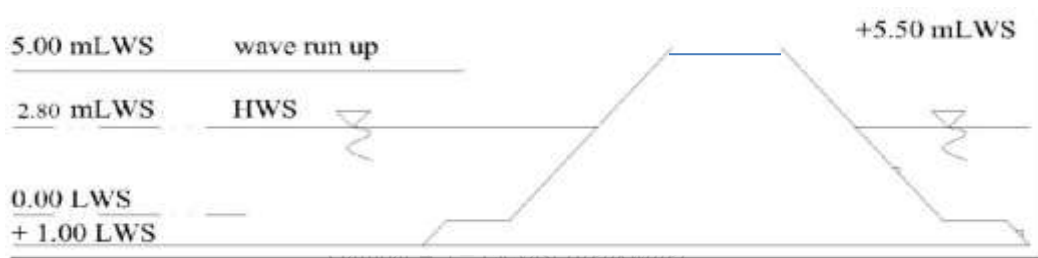
- θ : 33,7° (kemiringan 1 : 1,5)
- H : 2,02 meter
- L_0 : 56,16 meter

Sehingga diperoleh bilangan Iribaren adalah 7,41. Selanjutnya mencari nilai dengan grafik pada Gambar 2.

Dari grafik diatas, maka diperoleh $\alpha = 1,25$ sehingga $\alpha \times H = 1,25 \times 2,03 = 2,52$.

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)
- K_D : 2,1 (ujung) dan 2,2 (lengan)diperoleh dari table koefisien stabilitas K_D (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

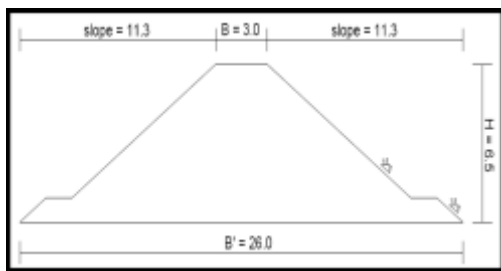
3.10. Jumlah Batu Pelindung

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

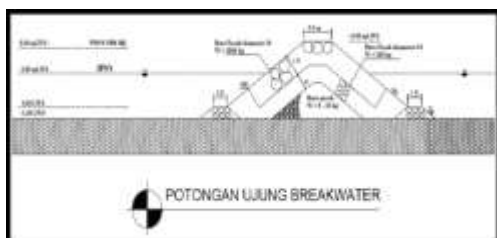
- t : tebal lapis pelindung
- n : 2 (*primary layer*); 3 (*secondary layer*)
- $k\Delta$: 1,1
- P : 40 diperoleh dari tabel koefisien lapis (Bambang Triatmodjo, Pelabuhan) dengan lapis lindung batu bersudut kasar, $n \geq 3$, penempatan acak.
- γ_r : 2,65 t/m³

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

IV. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan perhitungan data, maka dibutuhkan perencanaan *breakwater* di Pelabuhan Tanjung Tiram 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 (LxB) 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 ≤ 0,3 meter.

4.2 Saran

1. Apabila kondisi permukaan dasar laut pada kolam pelabuhan mengalami sedimen maka perlu diadakan pengerukan berkala, sehingga tidak menyebabkan pedangkalan 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. Kementerian 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 Zentrato, 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.