

ANALISIS STABILITAS BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG BATU BRONJONG

Olga Catherina Pattipawaej¹, Edith Dwi Kurnia²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri, MPH No. 65, Bandung 40164 Telp 022 2012186

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri, MPH No. 65, Bandung 40164 Telp 022 2012186

Email : olga.pattipawaej@gmail.com

Abstrak

Naiknya permukaan air laut mengakibatkan erosi. Erosi secara terus-menerus oleh gelombang laut dan arus laut merusak dinding pantai. Dampak dari erosi pantai ini dapat merusak kawasan pemukiman dan prasarana kota. Metode penanggulangan erosi pantai adalah dengan membuat bangunan pemecah gelombang yang berfungsi sebagai peredam energi gelombang pada lokasi tertentu. Bangunan pemecah gelombang terbaik untuk pengelolaan dan perlindungan garis pantai adalah dengan cara membuat situasi dimana garis pantai berorientasi secara paralel terhadap garis puncak gelombang datang, sehingga meminimalkan angkutan sedimen transport sepanjang pantai dan menciptakan pola pantai yang setimbang. Pada tulisan ini akan difokuskan perencanaan dimensi dan analisis stabilitas bangunan pemecah gelombang sisi miring dengan menggunakan batu bronjong. Kestabilan bangunan pemecah gelombang sisi miring ini dianalisis untuk kemiringan sisi 1:2 dan 1:3. Hasil faktor keamanan lebih besar dari 1,25 memberikan kestabilan bangunan pemecah gelombang batu bronjong. Bangunan pemecah gelombang dengan kemiringan sisi 1:2 stabil dengan faktor keamanan 2,191, dan bangunan pemecah gelombang dengan kemiringan sisi 1:3 juga stabil dengan faktor keamanan diperoleh sebesar 1,704. Berdasarkan analisis kestabilan struktur pelindung pantai ini, diharapkan dapat mengurangi tingkat kerusakan struktur-struktur tepi pantai dan bangunan lain di sekitarnya.

Kata kunci: analisis kestabilan; bangunan pemecah gelombang; batu bronjong; faktor keamanan

Pendahuluan

Bangunan pemecah gelombang adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang (Triatmodjo, 2009). Bangunan ini memisahkan daerah perairan dari laut bebas, sehingga perairan pelabuhan tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang besar di laut. Tipe bangunan pemecah gelombang yang digunakan biasanya ditentukan oleh ketersediaan material, kondisi dasar laut, kedalaman air, fungsi pelabuhan, dan ketersediaan peralatan untuk pelaksanaan pekerjaan. Batu adalah salah satu bahan utama yang digunakan untuk bangunan pemecah gelombang. Jumlah yang diperlukan sangat besar maka ketersediaan batu di sekitar lokasi pekerjaan harus diperhatikan. Ketersediaan batu dalam jumlah besar dan biaya angkut dari lokasi batu ke proyek yang ekonomis akan mengarahkan pada pemilihan bangunan pemecah gelombang tipe tumpukan batu. Faktor penting lainnya adalah karakteristik dasar laut yang mendukung bangunan tersebut di bawah pengaruh gelombang. Tanah dasar (pondasi bangunan) harus mempunyai daya dukung yang cukup sehingga stabilitas bangunan dapat terjamin. Selain itu kedalaman air juga penting terutama di dalam analisis stabilitas bangunan.

Pada tulisan ini, bangunan pemecah gelombang yang akan didesain adalah bangunan pemecah gelombang sisi miring dengan menggunakan batu bronjong, dimana batu merupakan bahan yang mudah didapat dan ekonomis. Bangunan pemecah gelombang ini akan dianalisis kestabilannya untuk kemiringan sisi 1:2 dan 1:3. Hasil analisis kestabilan bangunan pemecah gelombang ini diharapkan dapat melindungi pantai dan lingkungan sekitarnya.

Metode Penelitian

Dalam perencanaan bangunan pemecah gelombang atau pelabuhan secara umum ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan berhubungan dengan kondisi lapangan yang ada (CERC, 1984; SDC, 2009). Tipe dan bentuk pelabuhan tergantung pada jenis dan karakteristik kapal yang akan berlabuh. Kedalaman dan lebar alur pelayaran tergantung pada kapal terbesar yang menggunakan pelabuhan. Panjang, lebar dan *draft* kapal yang akan

menggunakan pelabuhan berhubungan langsung pada perencanaan bangunan pemecah gelombang dan fasilitas-fasilitas yang tersedia di pelabuhan.

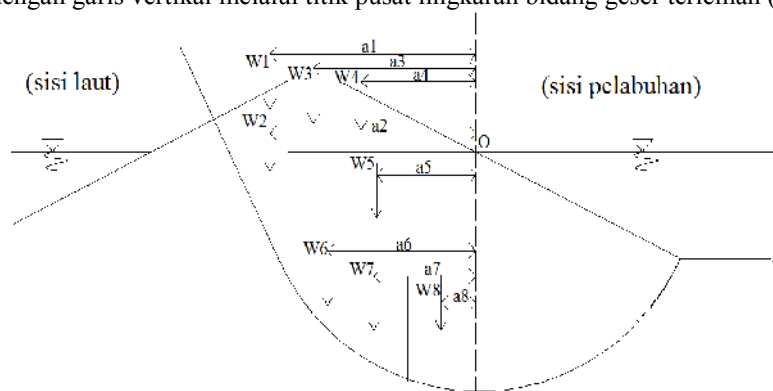
Gelombang yang sehari-hari terjadi dan diperhitungkan dalam bidang teknik pantai adalah gelombang angin dan pasang-surut. Pada perencanaan teknis bidang teknik pantai, gelombang merupakan faktor utama yang diperhitungkan karena akan menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai (Triatmodjo, 2009). Setelah mengetahui maksimal *draft* kapal yang menggunakan pelabuhan dan gelombang rencana yang diperoleh dari pengamatan, kedalaman bangunan pemecah gelombang dapat ditentukan.

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang menghantam suatu bangunan, gelombang tersebut akan naik (*run up*) pada permukaan bangunan. Elevasi bangunan yang direncanakan tergantung pada *run up* dan limpasan yang diijinkan. *Run up* tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang.

Setelah diperoleh dimensi bangunan pemecah gelombang sisi miring menggunakan batu bronjong, karakteristik batu bronjong, serta keadaan tanah, langkah berikutnya menentukan bidang geser terlemah dan titik pusat masa pusat lingkaran bidang geser terlemah (Kramadibrata, 2002). Momen penggeser bangunan diperhitungkan terhadap titik pusat lingkaran bidang geser terlemah (titik O) yang mana diperoleh dengan menjumlahkan perkalian antara gaya berat dengan lengan gaya dari bagian/daerah konstruksi sebelah laut yang berada dalam bidang geser terlemah (Gambar 1), yaitu:

$$M_d = \sum_{i=1}^n W_i a_i = W_1 a_1 + \dots + W_n a_n \tag{1}$$

dimana W adalah berat batu bronjong bangunan pemecah gelombang tiap satuan panjang dan a merupakan lengan atau jarak antara W dengan garis vertikal melalui titik pusat lingkaran bidang geser terlemah (O).



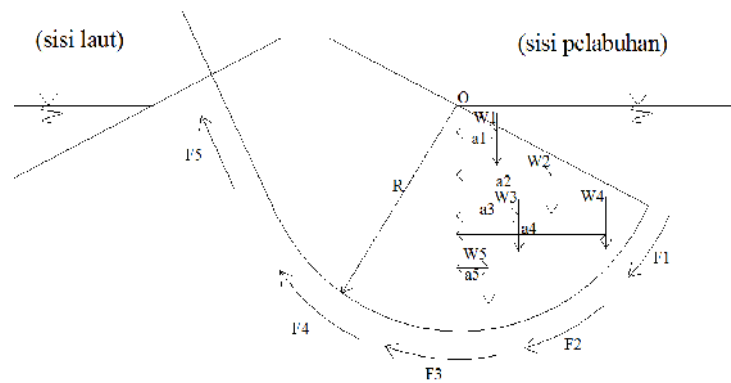
Gambar 1. Gaya-gaya yang menimbulkan momen penggeser (Kramadibrata, 2002)

Gaya-gaya yang menahan momen penggeser juga diperhitungkan terhadap titik pusat lingkaran bidang geser terlemah (O) yang diperoleh dengan menjumlahkan perkalian antara gaya berat dengan lengan gaya dari bagian/daerah konstruksi sebelah pelabuhan yang berada dalam bidang geser terlemah (Gambar 2), total gaya geser yang bekerja pada bidang geser dan gaya kohesinya (Gambar 3), yaitu:

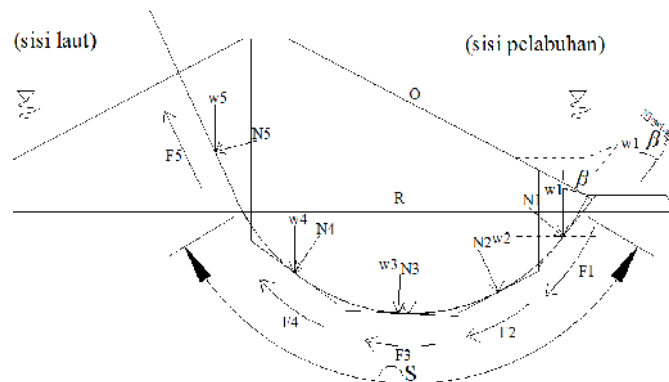
$$M_r = \sum_{i=1}^n W_i a_i + \sum_{i=1}^n F_i R + F_c R S \tag{2}$$

$$= W_1 a_1 + \dots + W_n a_n + F_1 R + \dots + F_n R + F_c R S$$

dimana F_i adalah gaya geser, F_c adalah gaya kohesi, N merupakan gaya normal tegak lurus terhadap busur, R adalah jari-jari dalam bidang geser terlemah, S merupakan panjang busur bidang geser terlemah, β adalah sudut antara W dengan garis sejajar busur bidang geser terlemah



Gambar 2. Gaya-Gaya yang menahan momen penggeser (Kramadibrata, 2002)



Gambar 3. Gaya-gaya geser yang menahan momen penggeser (Kramadibrata, 2002)

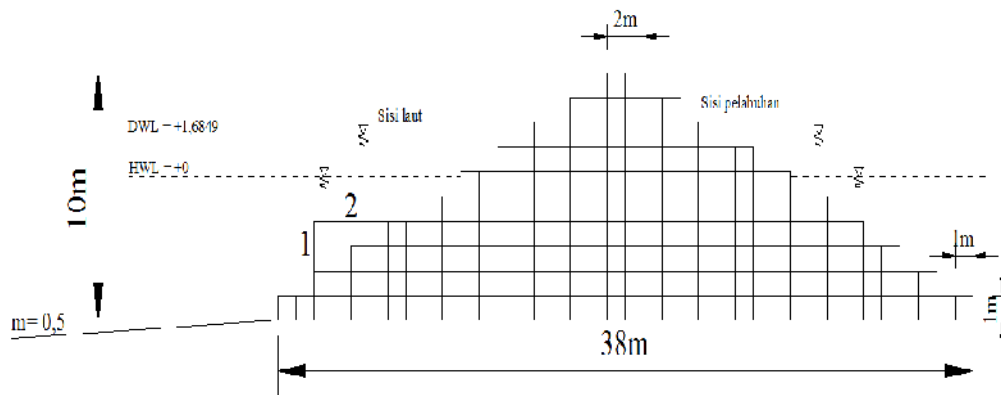
Bangunan pemecah gelombang ini akan stabil, jika faktor keamanan:

$$\frac{M_r}{M_d} \geq 1,25 \tag{3}$$

Hasil dan Pembahasan

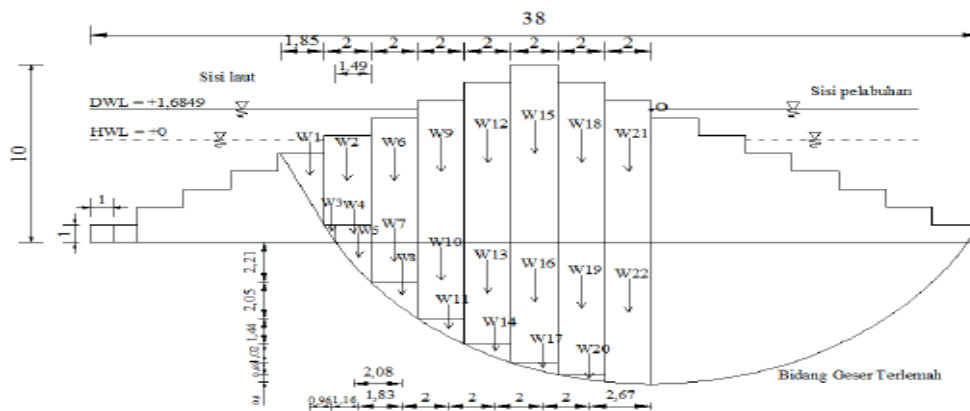
Kedalaman bangunan pemecah gelombang ditentukan berdasarkan jenis kapal yang akan berlabuh. Pada tulisan ini, kapal yang akan bersandar di dermaga adalah kapal barang dengan bobot terbesar 1000 DWT, maksimum draft sebesar 4,2 m, clearance diasumsikan sebesar 1 m (sesuai dengan syarat clearance adalah 0,8m – 1m) dan tinggi gelombang rencana yang digunakan adalah perioda ulang 100 tahun dengan tinggi gelombang (H_0) sebesar 1,75 m. Bangunan pemecah gelombang direncanakan pada kedalaman 5,8 m atau -5,8 LWS. Dalam perencanaan bangunan pemecah gelombang, elevasi muka air rencana (DWL) didasarkan pada pasang surut, wave setup dan pemanasan global. Akibat pasang surut, HWL adalah 1,1839 m. Naiknya muka air laut akibat gelombang yang datang adalah sebesar 0,271 meter. Kenaikan air laut karena pemanasan global (Sea Level Rise, SLR) diperkirakan bertambah 0,23 m pada tahun 2038 untuk umur bangunan 25 tahun. Sehingga diperoleh DWL sebesar 1,6849 m.

1. Bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan sisi miring 1:2
 Penentuan elevasi puncak dari bangunan pemecah gelombang dihitung berdasarkan run up dengan kemiringan sisi ditetapkan 1:2. Panjang gelombang di laut dalam $L_0 = 38,689$ m, bilangan Iribaren 2,351 dan lapis lindung bangunan pemecah gelombang menggunakan batu pecah, diperoleh elevasi puncak bangunan pemecah gelombang sebesar 3,6 m dengan tinggi 10 m, dan lebar puncak 2 m, serta lebar dasar dengan menggunakan sudut kemiringan $26,565^\circ$ adalah 38 m. Gambar 4 memperlihatkan dimensi bangunan pemecah gelombang dengan kemiringan sisi 1:2.



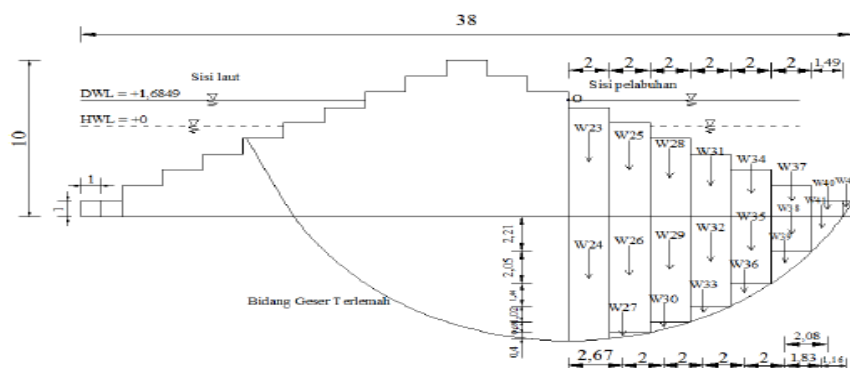
Gambar 4. Dimensi bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:2

Gaya berat yang bekerja pada bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan elevasi air pada DWL dan kemiringan sisi 1:2 dapat dilihat pada Gambar 5. Gaya berat yang bekerja pada bangunan diperlukan untuk menentukan perhitungan momen penggeser bangunan, dimana $\gamma_{\text{batu bronjong}}$ (berat jenis batu bronjong) 1,424 ton/m³ dan γ_{lempung} (berat jenis tanah lempung) 1,287 ton/m³. Momen penggeser bangunan diperoleh $M_d = 1652,790$ ton.



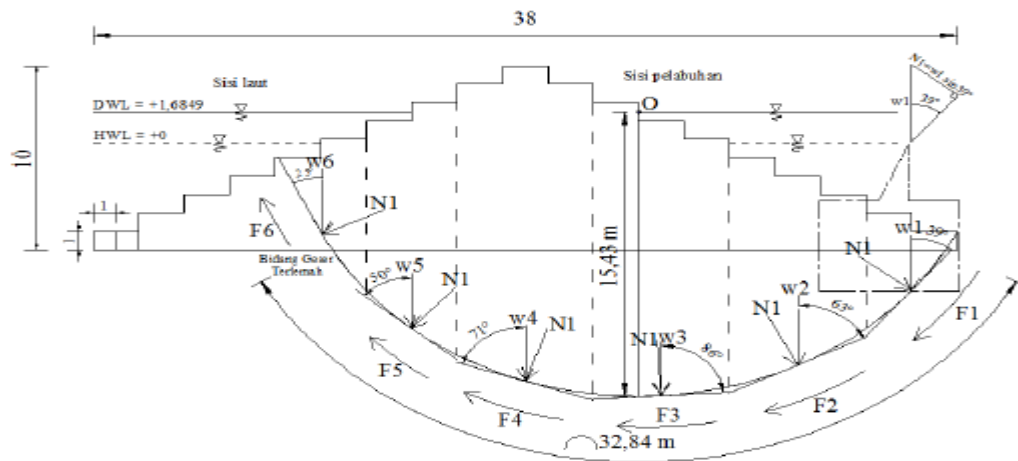
Gambar 5. Gaya berat yang bekerja pada bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:2 untuk perhitungan momen penggeser bangunan

Gaya berat yang bekerja pada bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:2 untuk perhitungan momen penahan bangunan dapat dilihat pada Gambar 6. Momen penahan bangunan pemecah gelombang ini diperoleh sebesar 906,453 ton.



Gambar 6. Gaya berat yang bekerja pada bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:2 untuk perhitungan momen penahan bangunan

Gaya geser yang bekerja pada bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:2 untuk perhitungan momen penahan bangunan akibat gaya geser ditunjukkan pada Gambar 7, dimana sudut geser dalam untuk lempung ($\phi_{lempung}$) sebesar $22,8^\circ$ dan untuk batu bronjong (ϕ_{rock}) sebesar 45° , serta koefisien kohesi (c) adalah $0,203 \text{ ton/m}^2$, panjang busur (S) sepanjang $32,84 \text{ m}$ tiap meter panjang dan jari-jari bidang geser terlemah (R) sepanjang $15,43 \text{ m}$. Sehingga diperoleh $\sum_{i=1}^6 F_i \times R = 2612,253 \text{ ton}$ dan gaya kohesi yang bekerja pada bangunan pemecah gelombang ini sebesar $F_c = 102,864 \text{ ton}$.



Gambar 7. Gaya geser yang bekerja pada bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:2 untuk perhitungan momen penahan bangunan akibat gaya geser

Momen penahan bangunan diperoleh $M_r = 906,453 + 2612,253 + 102,864 = 3621,570 \text{ ton}$. Faktor keamanan bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan sisi miring 1:2 adalah $\frac{M_r}{M_d} = 2,191 > 1,25$, sehingga bangunan pemecah gelombang ini dalam kondisi stabil.

- Bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan sisi miring 1:3

Penentuan elevasi puncak dari bangunan pemecah gelombang dihitung berdasarkan *run up* dengan kemiringan sisi ditetapkan 1:3. Panjang gelombang di laut dalam $L_0 = 38,689 \text{ m}$, bilangan Iribaren $1,566$ dan lapis lindung bangunan pemecah gelombang menggunakan batu pecah, diperoleh elevasi puncak bangunan pemecah gelombang sebesar $3,1 \text{ m}$ dengan tinggi 9 m , dan lebar puncak 2 m , serta lebar dasar dengan menggunakan sudut kemiringan $18,434^\circ$ adalah 50 m .

Dengan cara yang sama dengan bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:2, momen penggeser bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:3 diperoleh $M_d = 1803,240 \text{ ton}$. Momen penahan bangunan pemecah gelombang akibat gaya berat struktur ini diperoleh sebesar $14,240 \text{ ton}$. $\sum_{i=1}^6 F_i \times R = 2224,327 \text{ ton}$ dan gaya kohesi yang bekerja pada bangunan pemecah gelombang ini sebesar $F_c = 102,864 \text{ ton}$. Momen penahan bangunan diperoleh $M_r = 14,240 + 2224,327 + 102,864 = 3072,211 \text{ ton}$. Faktor keamanan bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:3 adalah $\frac{M_r}{M_d} = 1,704 > 1,25$, sehingga bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:3 ini juga dalam kondisi stabil.

Kesimpulan

Erosi pantai telah menyebabkan kemunduran garis pantai yang mengancam kehidupan dan penghidupan masyarakat di pesisir. Untuk mengatasi erosi pantai dibangun bangunan pemecah gelombang yang mampu meredam energi gelombang. Bangunan pemecah gelombang sisi miring dibangun dengan menggunakan bahan batu bronjong yang mudah diperoleh dan ekonomis. Bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:2 dan 1:3 dianalisis dan memberikan hasil bahwa ke duanya dalam kondisi aman dan stabil. Bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:2 menghasilkan faktor keamanan sebesar 2,191 (lebih besar dari 1,25) dan bangunan dengan kemiringan sisi 1:3 menghasilkan faktor keamanan sebesar 1,704. Hasil kestabilan bangunan pemecah gelombang ini menunjukkan bahwa bangunan pemecah gelombang batu bronjong dengan kemiringan sisi 1:3 lebih efisien dibandingkan dengan kemiringan sisi 1:2.

Daftar Pustaka

- CERC (1984), "*Shore Protection Manual*", Volume I dan II, US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
- Kramadibrata, S., (2002), "*Perencanaan Pelabuhan*", Penerbit ITB, Bandung.
- SDC-R-90025, (2009), "*Pedoman Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai*", Sea Defence Consultants, Indonesia.
- SDC-R-90162, (2009), "*Pedoman Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai*", Sea Defence Consultants, Indonesia.
- SDC-R-90163, (2009), "*Manual Design Bangunan Pengaman Pantai*", Sea Defence Consultants, Indonesia.
- Triatmodjo, B., (1999), "*Teknik Pantai*", PT. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., (2009), "*Perancangan Pelabuhan*", PT. Beta Offset, Yogyakarta.