

6  
**STABILITAS STRUKTUR PELINDUNG PANTAI AKIBAT PEMANASAN GLOBAL**

Sinatra<sup>1</sup> dan Olga Pattipawaej<sup>2</sup>

10  
<sup>1</sup>Program Studi Double Degree, Teknik Sipil-Sistem Informasi, Universitas Kristen Maranatha,  
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri, MPH No. 65, Bandung

Email: ryu\_sin@hotmail.com

2  
<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Jl. Prof. drg. Suria Sumantri, MPH No. 65, Bandung  
Email: olga.pattipawaej@eng.maranatha.edu

**ABSTRAK**

Pemanasan global saat ini akibat gunung es yang mencair di daerah kutub mengakibatkan pertambahan volume air laut sehingga terjadi kenaikan elevasi muka air laut. Kenaikan muka air laut yang signifikan menjadi ancaman bagi pulau-pulau kecil di Indonesia terutama di daerah tepi pantai. Dalam tulisan ini, akan dibahas penanganan abrasi dan erosi yang disebabkan oleh kenaikan muka air laut. Struktur pelindung pantai yang kuat dan stabil untuk menangani abrasi dan erosi ini akan dianalisis sehingga dapat meredam kekuatan gelombang secara efektif. Struktur pelindung pantai menggunakan material yang mudah diperoleh di Indonesia, yaitu batu pecah dengan menggunakan bronjong. Tekanan tanah aktif dan tekanan hidrostatik akan diikutsertakan dalam gaya-gaya yang bekerja pada bangunan dinding penahan tanah. Analisis stabilitas struktur pelindung pantai yang digunakan meliputi gaya guling, gaya geser, serta daya dukung tanah. Selain itu, hasil dari analisis dalam tulisan ini, diharapkan dapat mengurangi tingkat kerusakan struktur-struktur tepi pantai dan bangunan lain di sekitarnya.

**Kata kunci:** struktur pelindung pantai, pemanasan global, gempa, tsunami

**1. PENDAHULUAN**

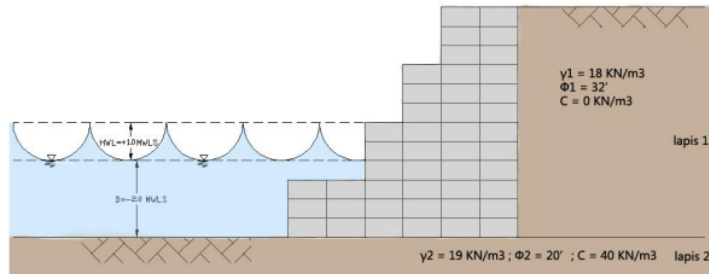
Efek dari pemanasan global (*global warming*) pada saat ini sangatlah terasa dimulai dari kenaikan suhu udara serta keadaan cuaca yang semakin sulit untuk diprediksi. Efek pemanasan global menyebabkan kerusakan yang saling terkait dimulai dari mencairnya es di kutub yang menyebabkan kenaikan permukaan air laut, dengan naiknya permukaan air laut, maka garis pantai akan melebar dan menyebabkan erosi pantai yang membahayakan bangunan yang dekat dengan garis pantai. Erosi pantai merupakan pengikisan tanah atau batuan yang terjadi di pantai yang menyebabkan tanah atau batuan yang terdapat di daratan pinggir pantai terkikis sedikit demi sedikit. Erosi pantai jika tidak ditangani maka lama kelamaan akan terjadi degradasi lahan, berkurangnya kemampuan tanah untuk mengikat antar partikel yang menyebabkan longsornya daratan di pinggir pantai.

Tujuan dari tulisan ini adalah untuk menghindari kerusakan serta longsornya tanah di daratan pinggir pantai serta menjadikan bangunan yang berada di daerah pantai tetap aman, meskipun naiknya permukaan laut oleh pemanasan global. Pada tulisan ini akan dibahas mengenai solusi stabilitas tanah yang diakibatkan erosi pantai serta kenaikan permukaan laut dengan menggunakan material yang mudah didapat dan ekonomis. Metode yang digunakan dalam tulisan ini adalah dengan menggunakan dinding penahan tanah bertipe beronjong. Bahan untuk membuat beronjong sangatlah mudah didapat terutama di Indonesia serta harga yang ekonomis. Penggunaan beronjong memiliki berbagai manfaat diantaranya bahan yang mudah didapat, harga yang ekonomis, serta memiliki permeabilitas yang tinggi yang menyebabkan tekanan air menjadi seimbang. Runup gelombang akan dimasukkan dalam menentukan elevasi puncak bangunan pelindung pantai. Gaya-gaya yang bekerja akan dianalisis dengan memasukkan tekanan tanah aktif dan tekanan hidrostatik. Stabilitas struktur pelindung pantai akibat kenaikan permukaan air laut akan ditentukan oleh faktor gaya guling, gaya geser, serta daya dukung tanah. Contoh kasus struktur pelindung pantai pada tulisan ini akan menunjukkan tahapan menentukan stabilitas struktur pelindung pantai.

**2. DESAIN STRUKTUR PELINDUNG PANTAI**

Studi kasus struktur pelindung pantai pada tulisan ini menggunakan dinding penahan tanah bertipe bronjong (dengan spesifikasi bronjong kawat sesuai SNI 03-0090-1999). Dinding penahan tanah ini terdiri dari 2 (dua) jumlah

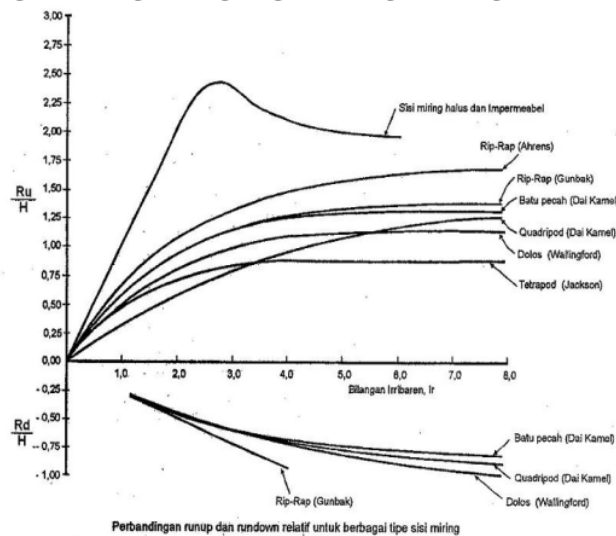
lapisan. Karakteristik tanah yang digunakan pada lapis tanah pertama adalah berat volum tanah  $\gamma_1 = 18 \text{ KN/m}^3$ , sudut geser dalam  $\Phi_1 = 32^\circ$ , dan kohesi  $c_1 = 0 \text{ KN/m}^3$ . Pada lapis tanah kedua  $\gamma_2 = 19 \text{ KN/m}^3$ ,  $\Phi_2 = 20^\circ$ , dan  $c_2 = 40 \text{ KN/m}^3$ . Kedalaman air yang digunakan -2 m MWLS (*Mean Water Low Spring* atau rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun), tinggi muka air yang digunakan adalah 1 m HWL (*High Water Level*). Desain struktur pelindung pantai dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Pelindung Pantai

### 3. RUNUP GELOMBANG

Pada saat gelombang menghantam suatu struktur pelindung pantai, gelombang tersebut akan naik (*runup*) pada permukaan struktur pelindung pantai. Hal pertama yang harus diperhitungkan dalam desain struktur pelindung pantai ini adalah tinggi minimal. Tinggi minimal didapat dari tinggi *runup*, tinggi kebebasan dan tinggi muka air tertinggi (Triatmojo, 2010). *Runup* merupakan hembusan air ke atas yang disebabkan hantaman gelombang terhadap suatu bangunan. Tingginya *runup* ditentukan oleh banyak faktor diantaranya bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut didepan bangunan, dan karakteristik gelombang. Besarnya *runup* sangat sulit ditentukan secara analisis karena banyaknya variabel yang berpengaruh. Gambar 2 menjelaskan besarnya nilai *runup* yang disebabkan gelombang menghantam bangunan miring.



Gambar 2. Gelombang *runup* untuk berbagai tipe sisi miring

Kemiringan bangunan ditetapkan 1:2, dengan periode gelombang ( $T$ ) 10 detik dan tinggi gelombang di lokasi rencana ( $H$ ) sebesar 1 m. Panjang gelombang di laut diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$L_0 = 1,56T^2 \quad (1)$$

Berdasarkan kemiringan bangunan periode gelombang dan tinggi gelombang maka didapatkan bilangan Iribaren berdasarkan persamaan berikut:

$$I_r = \frac{\text{tg}\theta}{\left[\frac{H}{L_0}\right]^{0.5}} \quad (2)$$

Nilai bilangan Iribaren diperoleh sebesar 6,24.

Material yang yang digunakan adalah batu pecah. Berdasarkan nilai Iribaren dan material yang digunakan maka didapat nilai runup ( $R_u$ ) sebesar 1,38 m (Gambar 2). Elevasi puncak bangunan dengan memperhitungkan tinggi kebebasan 1m adalah sebagai berikut:

$$EL_{\text{bangunan}} = \text{HWL} + R_u + \text{tinggi kebebasan} \quad (3)$$

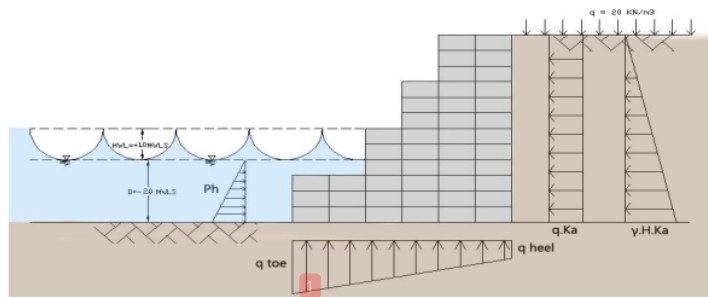
dan tinggi bangunan

$$H_{\text{bangunan}} = EL_{\text{bangunan}} - EL_{\text{dasar laut}} \quad (4)$$

Elevasi puncak bangunan 3,38 m adalah dan tinggi bangunan pelindung pantai 6 m.

#### 4. GAYA-GAYA YANG BEKERJA PADA STRUKTUR PELINDUNG PANTAI

Tahap selanjutnya setelah mendapatkan tinggi bangunan adalah menjabarkan gaya – gaya yang bekerja pada bangunan tersebut. Gaya – gaya yang bekerja pada bangunan pelindung pantai dapat dilihat dari Gambar 3.



Gambar 3. Gaya – gaya yang bekerja

Setelah menentukan gaya-gaya yang bekerja, tahap berikutnya mencari besarnya gaya – gaya tersebut terhadap bangunan pelindung pantai yang akan dibangun. Gaya – gaya tersebut akan menentukan dimensi bangunan yang akan dibangun agar bangunan tahan terhadap guling, geser dan dapat berperan sebagai dinding penahan tanah. Tekanan tanah aktif (Braja, 2006) didapatkan dari persamaan:

$$k_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\Phi}{2} \right) \quad (5)$$

dan tekanan hidrostatik didapatkan dari

$$P_h = \rho g h \quad (6)$$

dimana  $\rho$  adalah massa jenis laut = 1,03 g/cm<sup>3</sup>, g adalah gravitasi bumi 9,8 m/s<sup>2</sup>, h adalah kedalaman air.

#### 5. STABILITAS STRUKTUR PELINDUNG PANTAI

Pengecekan terhadap guling dilakukan dengan menentukan berat bangunan yang akan dibuat serta mengambil penjumlahan ( $\Sigma$ ) momen diujung jari bangunan (Gambar 4), yaitu:

$$F_s_{(\text{guling})} = \frac{\sum \text{momen yang akan melawan}}{\sum \text{momen yang akan menggulingkan}} \quad (2 \leq F_s \leq 3) \quad (7)$$

Untuk pengecekan stabilitas bangunan terhadap *sliding* (translasi), dapat menggunakan persamaan berikut:

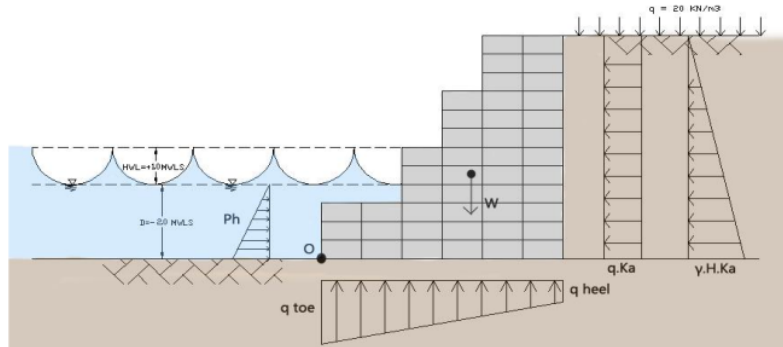
$$F_s_{(\text{sliding})} = \frac{Fr + \text{tekanan pasif}}{P_{\text{driving}}} \quad (8)$$

dimana

$$Fr = R \tan \delta + Ca \times B \quad (9)$$

$$P_{\text{driving}} = \sum \text{tekanan tanah aktif} \quad (10)$$

R adalah total berat bangunan (Material struktur pelindung pantai menggunakan batu pecah dengan berat jenis 15 KN/m<sup>3</sup>), Ca adalah adhesi antara tanah dan dasar dinding tembok penahan tanah. Ca bisa diambil sama dengan c . B adalah lebar dasar bangunan. Bangunan dikatakan aman dari sliding jika  $F_{s(\text{sliding})} > 1,5$ .



Gambar 4. Momen O sebagai momen guling

Untuk pengecekan *bearing capacity* (daya dukung tanah), pengecekan dilakukan dengan membandingkan besarnya tekanan yang dihasilkan bangunan dengan kekuatan yang dimiliki tanah dasar. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari masuknya bangunan kedalam tanah yang mengakibatkan tinggi bangunan menjadi berkurang. Pengecekan daya dukung tanah dapat menggunakan:

$$F_{s(\text{bearing capacity})} = \frac{q_{\text{ultimate}}}{q_{\text{maks}}} \quad (11)$$

dimana

$$q = \frac{R}{B} \pm \frac{6R \times e}{B^2} \quad (12)$$

$$e = \frac{B}{2} - \bar{x} \quad (13)$$

$$\bar{x} = \frac{M_{\text{netto}}}{R} \quad (14)$$

$$M_{\text{netto}} = \sum \text{momen yang menahan} - \sum \text{momen yang menggulingkan} \quad (15)$$

dengan e adalah eksentrisitas / jarak dari tengah-tengah dasar ketempat bekerjanya gaya. Nilai  $q_{\text{maks}}$  didapat dari rumus q dengan dicari nilai yang paling besar.  $q_{\text{ultimate}}$  diambil sebesar 850 KN/m<sup>2</sup>. Bangunan pelindung pantai dikatakan aman jika  $F_{s(\text{bearing capacity})} > 3$ . Tabel 1 menunjukkan pengecekan terhadap gaya guling, geser, dan daya dukung tanah. Hasil pengecekan stabilitas bangunan pelindung pantai pada kasus ini menunjukkan bahwa bangunan pelindung pantai dalam kondisi aman.

Tabel 1. Hasil perhitungan dimensi bangunan dan faktor keamanan

Dimensi bangunan	Faktor keamanan
Lebar bagian atas 2 meter	$F_{s(\text{guling})} = 2,7$ ( $2 \leq F_s \leq 3$ )
Lebar telapak bangunan 4 meter	$F_{s(\text{sliding})} = 1,65$ ( $F_{s(\text{sliding})} > 1,5$ )
Tinggi bangunan 6 meter	$F_{s(\text{bearing capacity})} = 6,83$ ( $F_{s(\text{bearing capacity})} > 3$ )

## 6. KESIMPULAN

Pemanasan global saat ini akibat gunung es yang mencair di daerah kutub mengakibatkan pertambahan volume air laut sehingga terjadi kenaikan elevasi muka air laut. Pemanasan global yang terjadi Indonesia menyebabkan kenaikan muka air laut sebesar 0,8 cm per tahun. Akibat naiknya permukaan air laut, maka kecenderungan terjadi perubahan garis pantai yang tidak dapat dihindari. Kenaikan muka air laut yang signifikan menjadi ancaman bagi pulau-pulau kecil di Indonesia terutama di daerah tepi pantai. Struktur pelindung pantai yang kuat dan stabil untuk menangani abrasi dan erosi ini telah dianalisis sehingga dapat meredam kekuatan gelombang secara efektif. Struktur pelindung pantai menggunakan material batu pecah yang mudah diperoleh di Indonesia dengan menggunakan

bronjong. Elevasi puncak bangunan pelindung pantai mengikut sertakan runup gelombang. Gaya-gaya yang bekerja telah dianalisis dengan memasukkan tekanan tanah aktif dan tekanan hidrostatik. Stabilitas struktur pelindung pantai akibat kenaikan permukaan air laut ditentukan oleh faktor gaya guling, gaya geser, serta daya dukung tanah. Contoh kasus struktur pelindung pantai pada tulisan ini menunjukkan bahwa stabilitas struktur dalam posisi aman. Sehingga dengan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global dapat melindungi pantai dan bangunan di sekitar pantai.

#### **DAFTAR PUSTAKA (DAN PENULISAN PUSTAKA)**

Braja, M. Das (2006). *Principles of Geotechnical Engineering Fifth Edition*, Nelson, Canada

Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (1991). *Port Planning, Engineering and Administration*.

SNI 03-0090-1999 (1999). Spesifikasi Bronjong Kawat.

Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*, Beta Offset, Yogyakarta.

# Paper BMPTTSSI KoNTekS 123 2011

---

## ORIGINALITY REPORT

---

20%

SIMILARITY INDEX

20%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

---

## PRIMARY SOURCES

---

1	<a href="#">doku.pub</a> Internet Source	4%
2	<a href="#">publikasiilmiah.ums.ac.id</a> Internet Source	2%
3	<a href="#">id.scribd.com</a> Internet Source	2%
4	<a href="#">text-id.123dok.com</a> Internet Source	2%
5	<a href="#">www.slideshare.net</a> Internet Source	1%
6	<a href="#">libprint.trisakti.ac.id</a> Internet Source	1%
7	<a href="#">moam.info</a> Internet Source	1%
8	<a href="#">eprints.undip.ac.id</a> Internet Source	1%
9	<a href="#">repository.its.ac.id</a> Internet Source	1%

---

10	<a href="http://slideflix.net">slideflix.net</a> Internet Source	1 %
11	<a href="http://archive.org">archive.org</a> Internet Source	1 %
12	<a href="http://www.tambangilmu.com">www.tambangilmu.com</a> Internet Source	1 %
13	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Internet Source	1 %
14	<a href="http://hifdziua.wordpress.com">hifdziua.wordpress.com</a> Internet Source	1 %
15	<a href="http://journal.trunojoyo.ac.id">journal.trunojoyo.ac.id</a> Internet Source	1 %
16	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Internet Source	1 %
17	<a href="http://digilib.uinsby.ac.id">digilib.uinsby.ac.id</a> Internet Source	<1 %
18	<a href="http://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

# Paper BMPTTSSI KoNTekS 123 2011

---

GRADEMARK REPORT

---

FINAL GRADE

**/0**

GENERAL COMMENTS

**Instructor**

---

PAGE 1

---

PAGE 2

---

PAGE 3

---

PAGE 4

---

PAGE 5

---