

C05

Evaluasi Perencanaan dan Pembangunan Tembok Laut (*Seawalls*) Pertamina Ru Vi Balongan**Hesti Maria Loisa Msiren**

Program Studi Teknik Sistem Energi, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Internasional Papua
email: msirenhoney@gmail.com

ABSTRAK

Kawasan Pertamina UP VI Balongan saat ini terjadi erosi yang cukup signifikan. Kondisi seperti ini merugikan PT Pertamina karena area tanahnya setiap tahun menyusut dan disamping itu beberapa kolam IPAL sudah terjangkau oleh serangan gelombang. Kondisi saat ini telah dilakukan pembangunan tembok laut sepanjang kawasan pantai Pertamina RU VI Balongan. Struktur tembok laut yang ada terdiri dari *geo bag* dan dilapisi dengan batu lindung dengan berat sekitar 500 kg. Tembok laut dilengkapi dengan *wave reflector* dan saluran air. Selain itu tembok laut juga dilengkapi dengan batu lapis lindung luar, dibuat hanya satu lapis. Kondisi tembok laut saat ini sudah mengalami kerusakan. Tembok laut seperti saluran air dan jalan juga mengalami kerusakan akibat serangan gelombang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tembok laut terbangun sudah mengalami kerusakan, maka di buat perencanaan ulang tembok laut dengan elevasi mercu = 4.00 m (LWS), struktur *wave reflector* diperkuat hingga mampu menahan gaya gelombang, *toe protection* = 4.00 m, dibagian bawah *toe protection* dilapisi dengan geotekstil agar struktur pelindung kaki tidak tercuci dan terbawa oleh gelombang. perlu adanya penanganan mengenai masalah sedimen agar erosi yang terjadi dapat di minimalisir.

Kata kunci : evaluasi, efektifitas, struktur tembok laut.

PENDAHULUAN

Kawasan Pertamina RU VI Balongan terletak di Kecamatan Balongan, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat (Lihat Gambar 1). Pertamina RU VI Balongan mulai beroperasi sejak tahun 1994, dengan wilayah operasi di Balongan, Mundu dan Salam Darma. Bahan baku yang diolah di Kilang RU VI Balongan adalah minyak mentah Duri dan Minas yang berasal dari Propinsi Riau. Kawasan Pertamina RU VI Balongan terletak di sekitar pantai balongan, saat ini terjadi erosi yang cukup signifikan pada kawasan sepanjang pantai Pertamina RU VI Balongan. Kondisi seperti ini merugikan PT Pertamina karena area tanahnya setiap tahun menyusut dan disamping itu beberapa kolam IPAL sudah terjangkau oleh serangan gelombang.



Gambar 1. Peta Lokasi kawasan pantai Pertamina RU VI Balongan (Sumber : http://img.palindramayu.go.id/upload/peta_dermayu.gif&imgrefurl dan Google Earth 2015)

Erosi yang terjadi saat ini akibat adanya gangguan transport sedimen menyusur pantai, net transport sedimen pada pantai tersebut dari arah tenggara menuju ke arah barat laut pada saat melewati kolam labuh Jetty Propylene sebagian besar sedimen akan terendapkan di kolam labuh tersebut. Proses erosi yang terjadi di kawasan tersebut akibat sedimen menyusur pantai melalui littoral zone atau surf zone, littoral zone yaitu areal dari garis pantai sampai dengan kedalaman 3,06 m (berdasarkan formula Hailermeier (CUR, 1987); sedangkan daerah surf zone sebagai kawasan dimana angkutan sedimen terjadi, maka lebar batas surf zone adalah dari garis pantai sampai dengan kontur kedalaman $-1,33 H_D$ (H_D adalah tinggi gelombang rencana).

Kondisi saat ini telah dilakukan pembangunan tembok laut sepanjang kawasan pantai Pertamina RU VI Balongan. Berdasarkan kajian pada studi terdahulu dijelaskan bahwa tujuan pembangunan tembok laut yaitu kawasan pantai Pertamina RU VI Balongan aman dari ancaman erosi atau abrasi oleh gelombang dan arus menyusur pantai. Struktur tembok laut yang ada terdiri dari geo bag dan dilapisi dengan batu lindung dengan berat sekitar 500 kg. Tembok laut dilengkapi dengan *wave reflector* dan saluran air. Selain itu tembok laut juga dilengkapi dengan batu lapis lindung luar, dibuat hanya satu lapis. Saat ini tembok laut yang ada mengalami kerusakan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerusakan tembok laut dan saluran air (Sumber : PSIT UGM).

Melihat permasalahan terkait dengan tembok laut terbangun, maka menjadi sangat penting untuk melakukan Evaluasi perencanaan tembok laut. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan perencanaan tembok laut yang efektif dalam mengatasi erosi atau abrasi dan melindungi fasilitas yang terdapat di belakang tembok laut.

METODE PENELITIAN

Kajian Teori

Pasang surut

Persamaan dasar gelombang pasang surut, yang sering dipergunakan dalam peramalan pasang surut adalah:

$$Z_t = Z_0 + \sum_1^n A_i \cos(2\pi t/T_i - \theta_i) \quad (1)$$

Wind set up

Besar *wind set up* dapat di hitung dengan rumus:

$$WS = I_w F/2 ; I_w = Cw \left(\frac{\rho_{udara}}{\rho_{air laut}} \right) \left(\frac{U^2}{gh} \right) \quad (2)$$

dengan :

- WS = tinggi *wind set up* (m),
- I_w = gradien muka air laut,
- F = Panjang Fetch (m),
- U = kecepatan angin (m/det),
- g = percepatan gravitasi bumi (m/det²),
- Cw = koef. gesek udara-air = $0,8 \cdot 10^{-3}$ sd $3,0 \cdot 10^{-3}$,
- h = kedalaman air laut rerata (m),
- $\rho_{air laut}$ = rapat masa air laut = 1030 kg/m^3
- ρ_{udara} = rapat masa udara = $1,21 \text{ kg/m}^3$.

Wave set up

Wave set up di pantai dapat dihitung dengan menggunakan teori Longuet-Higgins dan Stewart (1963).

$$S = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b \quad (3)$$

dengan :

- S : *Wave set up* ($\pm 15\% H_b$),
- H_b : Tinggi gelombang di breaker line (*breaker height*),
- T : Periode gelombang,
- g : percepatan gravitasi.

Elevasi muka air laut rencana

Muka air laut rencana atau *design water level* dihitung dari LWS :

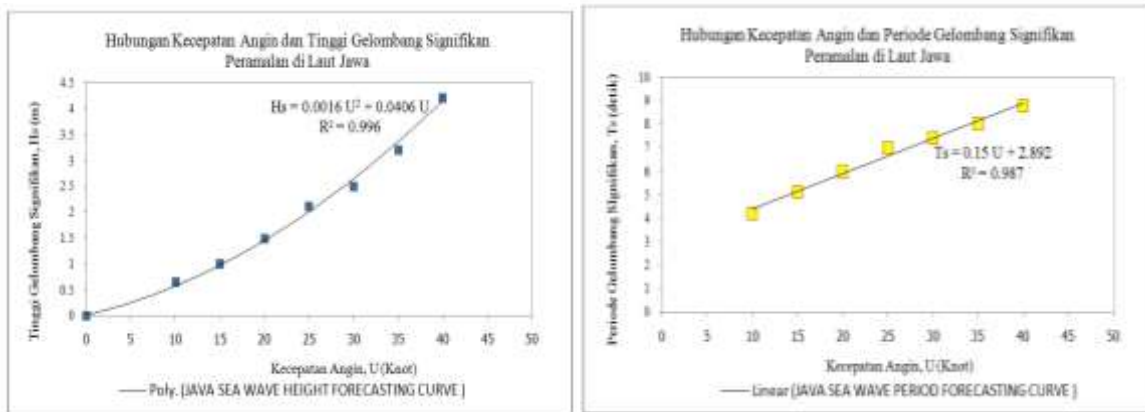
$$DWL (\text{Design Water Level}) = HHWS + (SS \text{ atau } WS) + SLR \quad (4)$$

dengan :

- DWL : muka air laut rencana (m),
- HHWS : *Highest High Water Spring* (Muka Air Pasang Tertinggi),
- SS : *Storm Surge* (Kenaikan Air karena Udara Rendah),
- WS : *Wind Set up* (kenaikan muka air karena hembusan angin),
- SLR : *Sea Level Rise* (perkiraan kenaikan muka air laut oleh perubahan iklim/pemanasan global (di perhitungkan dalam jangka waktu 50 tahun).

Peramalan Gelombang

Untuk keperluan peramalan gelombang maka dipergunakan grafik peramalan gelombang (*wave forecasting curve*). Pada Gambar 3 diberikan grafik peramalan tinggi dan periode gelombang yang dikembangkan oleh Sugianto (2013) khusus untuk perairan pantai (*coastal water wave*) di daerah Pulau Jawa.



Gambar 3 Grafik Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan di Laut Jawa (Sugianto Undip, 2013)

Run up gelombang

Nilai *run up* (R_u) merupakan fungsi dari bilangan Iribaren yang dapat diperoleh dari Grafik.

$$I_r = \frac{tg\theta}{(H/L_0)^{0.5}} \quad (5)$$

Gelombang Pecah Dan Muka Air Laut Rencana

Apabila pantai relatif datar (CERC, 1984) maka tinggi gelombang pecah dapat ditentukan dengan formula:

$$H_b = 0,78 d_s \quad (6)$$

dengan :

H_b = Tinggi gelombang pecah (m)

d_s = Kedalaman air di lokasi bangunan (m)

Dengan demikian tinggi gelombang rencana (H_D) dapat ditentukan dengan rumus:

$$H_D = H_b \quad (7)$$

Perencanaan tembok laut

Kriteria dalam merencanakan tembok laut yaitu :

- a. Menentukan elevasi mercu tembok laut

Elevasi mercu tembok laut

$$EL = DWL + R_u + F_b \quad (8)$$

dengan :

EL : Elevasi mercu tembok laut,

DWL : *Design Water Level*,

R_u : Rayapan gelombang,

F_b : Tinggi jagaan (*Free Board*).

b. Berat lapis lindung tembok laut

Berat lapis lindung (terluar) yang diperlukan untuk tembok laut ditentukan dengan rumus Hudson (1961) :

$$W = \frac{\gamma_b H^3}{K_D \Delta^3 \cot \theta} \quad (9)$$

dengan :

- γ_b : Berat volume batu (tf/m³),
- γ_w : Berat volume air laut (tf/m³),
- H : Tinggi gelombang rencana,
- K_D : koefisien stabilitas batu lapis lindung (Tabel 3.10, Yuwono, 2007),
- Δ : rapat massa relatif = ($\gamma_b / \gamma_w - 1$)
- θ : sudut lereng pemecah gelombang ($\cot \theta = 2$).

c. Pelindung kaki (*Toe protection*)

Berdasarkan standar yang disarankan (*Shore Protection Manual*, 1984 dalam Yuwono, 2004) Untuk berat batu, lebar dan tebal yang digunakan untuk struktur pelindung kaki masing-masing diberikan oleh persamaan berikut :

$$W_{toe} = 0.4 W \text{ sampai } 0.6 W \quad (10)$$

$$B_{toe} = 3 H_D \text{ sampai } 4.5 H_D \quad (11)$$

$$T_{toe} = r - 2r \quad (12)$$

Proses Pengerjaan Perencanaan

Proses pengerjaan perencanaan dilakukan dengan langkah pengerjaan sesuai dengan garis besar di jelaskan seperti di bawah ini:

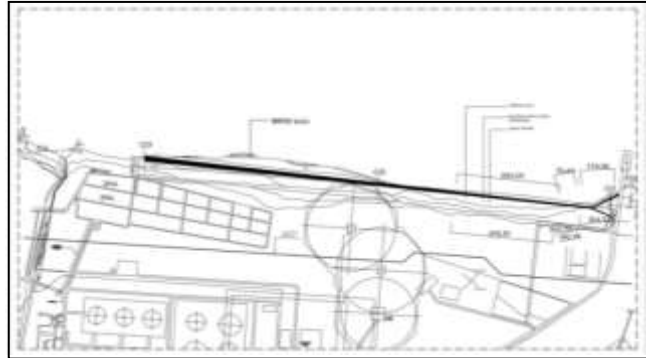
Pengumpulan data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari beberapa sumber yakni Peta citra satelit diperoleh dari *Google Earth* terbitan tahun 2014 (Lihat Gambar 4) dan Data hidro oseanografi terdiri dari data pasang surut dan data angin



Gambar 4 Google Earth kawasan Pertamina RU VI Balongan

Peta Bathimetri diperoleh laporan akhir Simulasi 2D dan Benchmark untuk perpanjangan Jetty dengan Under Water Sill (UWS) area Pertamina (Persero) RU VI Balongan Indramayu oleh PSIT UGM. Adapun digitasi layout tembok laut ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Layout baru tembok laut

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Tembok Laut

Elevasi Muka Air Laut Rencana

Muka air laut rencana (*design water level*) adalah muka air laut pada kondisi tinggi dan elevasi ini dipakai sebagai referensi untuk menentukan elevasi bangunan pantai. Untuk menentukan elevasi muka air laut rencana dapat menggunakan Persamaan (4) dengan hasil sebagai berikut :

$$DWL \text{ (Design Water Level)} = HHWS + (SS \text{ atau } WS) + SLR$$

$$DWL = 1.1 + 0.34 + 0.3 = 1.74 \text{ m}$$

Gelombang Pecah

Dalam menentukan lokasi gelombang pecah, diperlukan besar sudut datang gelombang, tinggi gelombang di laut dalam. Berdasarkan peramalan gelombang dari data angin diperoleh tinggi gelombang maksimum yang terjadi di laut dalam $H_0 = 2.2 \text{ m}$, $T = 7.2 \text{ detik}$. Berdasarkan kemiringan pantai di lokasi studi yang relatif datar kedalaman air di lokasi bangunan adalah $d_s = 1.74$ dihitung dari DWL pada 0.00 LWS m , maka dengan menggunakan kriteria gelombang pecah (CERC, 1984) maka tinggi gelombang pecah dapat ditentukan dengan Persamaan (6).

$$H_b = 0.78 d_s$$

$$H_b = 0.78 \times 1.74 = 1.36 \text{ m}$$

Hasil Analisis Gelombang Rencana

Gelombang rencana didasarkan pada hasil *wave hindcasting* (sub bab 5.2). gelombang yang dipakai untuk keperluan perencanaan stabilitas bangunan tembok laut adalah tinggi gelombang signifikan dengan kala ulang seratus tahun, $H_{S100th} = 2.2 \text{ m}$. namun posisi tembok laut sudah sangat dekat dengan garis pantai, dan gelombang sudah pecah menjelang garis pantai, maka tinggi gelombang rencana yang dipakai untuk perencanaan tembok laut adalah gelombang pecah (H_b) dilokasi bangunan. Untuk menentukan tinggi gelombang rencana (H_D) dapat menggunakan Persamaan (7).

$$H_D = H_b = 1.36 \text{ m}$$

Wave Set Up

Besar kenaikan muka air laut karena gelombang (wave set up) dapat dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$S = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b$$

$$dS = 0.19 \left[1 - 2.82 \sqrt{\frac{1.36}{9.81 \times 7.2^2}} \right] 1.36 = 0.22 \text{ m}$$

Elevasi Mercu Tembok Laut

Struktur tembok laut yang direncanakan dengan menggunakan *wave reflector*, dengan harapan bilamana ada gelombang individual yang lebih besar dari gelombang rencana ($H_D = 1.36 \text{ m}$) luncuran gelombang (*wave run up*) dapat dikembalikan ke laut, tanpa melimpasi mercu tembok laut, sehingga tidak merusak fasilitas di belakang tembok laut. Dalam menentukan elevasi mercu tembok laut dapat menggunakan Persamaan (3.34), dalam perhitungan elevasi mercu pada kedalaman 0.00 m.

- Panjang gelombang di laut dalam
 $L_0 = 1.56 T^2 = 1.56 \times 7.2^2 = 80.87 \text{ m}$
- Bilangan Irribaren dengan menggunakan Persamaan (5):

$$I_r = \frac{tg\theta}{(H/L_0)^{0.5}}$$

$$I_r = \frac{1/2}{\left(\frac{1.95}{80.87}\right)^{0.5}} = 3.22$$

Dari grafik run up gelombang pada Gambar (3), nilai run up diperoleh sebagai berikut :

- Untuk lapis lindung (Sisi miring halus dan impremeabel)
 $R_u/H = 1.50$
Sehingga $R_u = 1.50 \times 1.36 = 2.085 \text{ m}$
- Elevasi Puncak mercu tembok laut
 $EL = DWL + R_u + F_b$
 $EL = 1.74 + 2.04 + 0 = 3.8 \text{ m} \approx 4 \text{ m}$

Berat lapis lindung tembok laut

Berat batu lapis lindung dihitung dengan menggunakan rumus Hudson pada Persamaan (3.35). Hitungan berat batu berdasarkan pada jenis batu pecah. Berat volume blok beton lapis lindung = 2.55 ton/m³, air laut = 1.025 ton/m³, kemiringan struktur pemecah gelombang ($\cot \Theta = 2$) dan kemiringan pantai dilokasi studi = 1 : 2 dan $\tan \Theta = 0.5$, tinggi gelombang rencana $H_D = 1.36 \text{ m}$.

Berdasarkan layout tembok laut, kondisi bathimetri dan lokasi gelombang pecah dan Tabel 3.11 untuk material batu pecah, nilai $K_D = 2$

Berikut adalah contoh perhitungan berat batu lapis lindung tembok laut

$$\Delta = (\gamma_b / \gamma_w - 1)$$

$$\Delta = (2.55 / 1.025) - 1 = 1.5$$

$$W = \frac{\gamma_b H^3}{K_D \Delta^3 \cot \theta}$$

$$W = \frac{2.55 \times 1.36^3}{2 \times 1.5 \times 2} = 0.50 \text{ ton}$$

Batu lapis lindung tembok laut kompleks pertamina balongan dibangun dengan menggunakan bati (Andesit, atau kualitas setara) dengan berat $W = 500 \text{ kg}$ atau dengan diameter nominal $D_n = 0.70 \text{ m}$.

Pelindung kaki (Toe protection)

Untuk menghindari kerusakan/ keruntuhan bangunan akibat gerusan yang disebabkan oleh arus maupun gelombang yang terjadi maka tembok laut perlu dilengkapi dengan konstruksi pelindung kaki (*toe protection*). Pelindung kaki selain berfungsi sebagai pengatur arus dan gerakan sedimen, juga memberi keuntungan pada tegangan ijin tanah karena dapat meratakan gaya ke tanah yang lebih luas.

Berdasarkan standar yang disarankan *shore protection manual*, 1984. Untuk berat batu, lebar dan tebal yang digunakan untuk struktur pelindung kaki masing-masing menggunakan Persamaan (3.39), (3.40), dan (3.41). Berikut contoh perhitungan struktur pelindung kaki:

$$W_{\text{toe}} = 0.4 W \text{ sampai } 0.6 W$$

$$W_{\text{toe}} = 0.6 \times 0.5 = 0.3 \text{ ton}$$

$$B_{\text{toe}} = 3 H_D \text{ sampai } 4.5 H_D$$

$$B_{\text{toe}} = 3 \times 1.36 = 4.08 \text{ m} \approx 4 \text{ m}$$

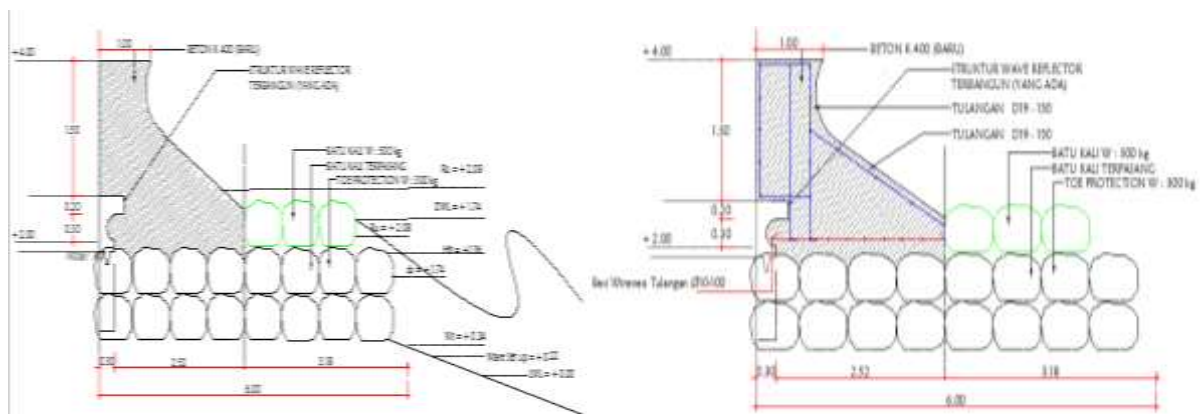
$$T_{\text{toe}} = r - 2r$$

$$T_{\text{toe}} = 2 - 2 \times 2 = 2 \text{ m}$$

Bagian bawah dari struktur pelindung kaki dilapisi dengan geotekstil agar tanah yang berada di bawah struktur pelindung kaki tidak tercuci dan terbawa oleh gelombang.

Detail Tembok Laut

Berdasarkan hasil design perhitungan, detail Tembak Laut terbaru ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Struktur Tembak Laut terbaru

DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, B., 2008. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
Triatmodjo, B., 2011. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.

- U.S.Army Corps of Engineers (USACE)., 1984. *Shore Protection Manual*. Volume 1, USACE, Washintong, DC.
- U.S.Army Corps of Engineers (USACE)., 1984. *Shore Protection Manual*. Volume 2, USACE, Washintong, DC.
- U.S.Army Corps of Engineers (USACE)., 1995. Engineering and Design, *Design of Coastal Revetments, Seawalls, and Bulkheads*. EM 1110-2-1614, USACE, Washintong, DC.
- Yuwono, N., 1982. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Laboratorium Teknik Hidro, Gadjah Mada University.