

STUDI PERENCANAAN RETAINING WALL DI PANTAI BOOM KABUPATEN BANYUWANGI

Oldvika Nurma Mas'udi¹, Very Dermawan², Runi Asmaranto²

¹Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Teknik Pengairan Universitas Brawijaya-Malang, Jawa Timur, Indonesia

Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145, Indonesia

e-mail: oldvikakim@gmail.com

ABSTRAK: Pantai Boom merupakan salah satu pantai yang berada di Kabupaten Banyuwangi yang memiliki posisi sangat strategis sehingga berpotensi besar dibidang pariwisata. Oleh karena itu, dibangun pelabuhan marina yang berguna untuk tempat berlabuhnya kapal penyeberangan antar pulau (Bali), kapal pariwisata dan kapal-kapal milik pribadi. Sehubungan dengan kondisi tersebut, diperlukan suatu bangunan pengaman pantai yang mampu menahan gelombang air laut serta melindungi tanah yang ada dibelakangnya. Perencanaan *retainingwall* mula-mula dilakukan dengan membangkitkan data angin menjadi gelombang (H33%). Kemudian gelombang dianalisis dengan kala ulang 25 tahun yang bertujuan untuk memperoleh dimensi *retainingwall*. Setelah itu menghitung stabilitas bangunan terhadap kelongsoran rotasi dan daya dukung tanah. Pondasi tiang pancang yang direncanakan menggunakan bahan bambu. Dari hasil perencanaan diperoleh gelombang dominan dari arah Timur dengan tinggi gelombang setelah analisa deformasi sebesar 1,4 m. *Retainingwall* terletak pada elevasi +2,01 m dengan tinggi puncak bangunan pada elevasi +6,54 m. Panjang bangunan 1 km dengan berat batu terluar 1,04 ton dan berdiameter 0,97 m. Analisis stabilitas lereng terhadap kelongsoran rotasi menggunakan bantuan *software* Geostudio Geoslope. Pondasi tiang pancang direncanakan sedalam 12 m dengan diameter tiang pancang sebesar 0.2 m. Total rencana anggaran biaya (RAB) sebesar Rp 24.734.000.000,00.

Kata kunci: retaining wall, analisa deformasi, geostudio geoslope, pondasi tiang

ABSTRACT: Boom Beach is one of the beaches located in Banyuwangi Regency which has a very strategic position so that it has great potential in the field of tourism. Therefore, a marina port is built which is useful for the inter-island ferry boat (Bali), tourist boats and private ships. In connection with these conditions, it is necessary a coastal safety building that can withstand the waves of sea water and protect the existing land behind it. Retainingwall planning was first performed by generating wind data into waves (H33%). Then the waves are analyzed with a 25-year re-period that aims to obtain the retainingwall dimension. After that calculate the stability of the building against the avalanche rotation and the carrying capacity of the soil. Foundation pile planned to use bamboo materials. From the planning results obtained the dominant wave from the East with the wave height after the deformation analysis of 1.4 m. Retainingwall is located at an elevation of +2.01 m with the height of the building at an elevation of +6.54 m. The length of the building is 1 km with the outer rock weight of 1.04 tons and 0.97 m diameter. Analysis of slope stability against avalanche rotation using Geostudio Geoslope software help. The pile foundation is planned as deep as 12 m with pile diameter of 0.2 m. Total cost plan (RAB) is Rp 24,734,000,000.00.

Keyword: retaining wall, deformation analysis, geostudio geoslope, pile foundation

Pantai Boom yang berlokasi di Kab. Banyuwangi, Kel. Kampung Mandar, merupakan daerah dengan pantai yang dimanfaatkan sebagai tempat pariwisata, perkampungan, serta sebagai tempat mata pencaharian bagi warga sekitar. Pantai Boom berhadapan langsung dengan Selat Bali yang mempunyai potensi gelombang

laut besar. Di pantai ini akan dibangun Pelabuhan Marina yang berguna untuk tempat berlabuhnya kapal penyeberangan antar pulau (Bali), kapal pariwisata serta kapal milik pribadi. Selain itu di lokasi tersebut juga akan dibangun beberapa fasilitas lainnya seperti hotel dan cafe-cafe. Sehingga dapat menjadi pemasukan

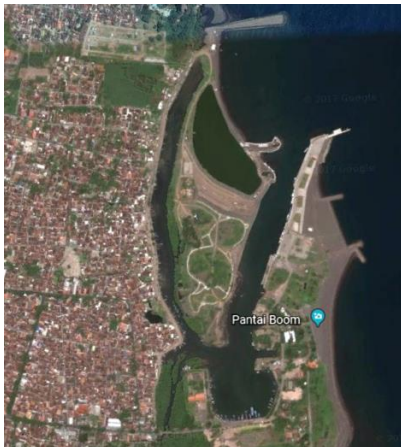
untuk daerah. Disamping dari itu, dengan adanya bangunan yang dipergunakan untuk berlabuhnya kapal pariwisata ini bisa membuat wisata daerah Pantai Boom lebih terekspos tidak hanya di daerah Jawa Timur tetapi juga di luar Pulau Jawa.

Sehubungan dengan kondisi tersebut, pembangunan bangunan pengaman pantai sangatlah diperlukan yaitu guna menahan gelombang air laut serta melindungi tanah yang ada di belakangnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Studi

Lokasi studi berada di Pantai Boom yang terletak di Kec. Banyuwangi Kel. Kampung Mandar. Dilihat dari geografis terletak antara $113^{\circ}53'$ - $114^{\circ}38'$ Bujur Timur dan diantara $7^{\circ}43'$ - $8^{\circ}46'$ Lintang Selatan.



Gambar 1. Peta Lokasi Studi

Data yang Diperlukan

Berikut merupakan data-data yang digunakan dalam perencanaan *retaining wall*:

1. Peta lokasi studi
2. Data arah dan kecepatan angin
3. Peta bathimetri
4. Pasang surut muka air laut
5. Data mekanika tanah

Langkah-Langkah Studi

Adapun langkah-langkah pengerjaan studi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengoreksi data kec. angin selama 11 tahun, dari tahun 2007-2017.

2. Menganalisis panjang *fetch* efektif berdasarkan peta lokasi studi.
3. Pembangkitan gelombang oleh data angin dan panjang *fetch*.
4. Analisis mawar gelombang.
5. Menganalisis tinggi dari gelombang rencana sesuai kala ulang.
6. Menganalisis parameter - parameter gelombang.
7. Dilakukan analisa deformasi oleh gelombang yang meliputi refraksi, difraksi, refleksi dan juga gelombang pecah sehingga diperoleh tinggi gelombang datang.
8. Penentuan jenis serta dimensi dari bangunan *retaining wall*.
9. Analisis stabilitas berupa kelongsoran rotasi dan daya dukung tanah.
10. Penentuan jenis pondasi yang sesuai dengan keadaan lokasi.
11. Menghitung rencana anggaran biaya (RAB)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembangkitan Gelombang

Data yang dipakai dalam perhitungan pembangkitan gelombang adalah data angin. Data angin yang digunakan adalah data angin 11 tahun dan harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap lokasi, pengaruh suhu di darat dan di laut, serta terhadap faktor elevasi.

Dari peta lokasi studi dapat dihitung panjang *fetch* efektif dengan interval sebesar 5° dan penambahan sampai sudut sebesar 20° searah jarum jam dan 20° berlawanan arah jarum jam.

Panjang *fetch* efektif untuk beberapa arah penjuruan angin sebagai berikut:

- Timur Laut = 8,852 km
- Timur = 6,654 km
- Tenggara = 8,422 km
- Selatan = 31,156 km

Dengan analisis menggunakan data kecepatan angin dan panjang *fetch*, maka diperoleh ketinggian gelombang tiap arah mata angin, dengan ketinggian gelombang signifikan ($H_{33\%}$)

paling maksimum sebesar $H = 0,6$ m dari arah Selatan.

Analisis Gelombang Rencana

Untuk penentuan tinggi gelombang perencanaan, menggunakan dua metode distribusi yaitu distribusi Gumbel (Fisher-Tippet Tipe I) dan distribusi Weibull. Kemudian dipilih kesalahan absolut rerata yang terkecil. Dari perhitungan kedua metode tersebut diperoleh KAR metode Fisher-Tippet Tipe I sebesar 3,295% dan untuk metode Weibull sebesar 2,857%. Metode dengan kesalahan absolut rerata terkecil adalah KAR distribusi Weibull yaitu sebesar 2,857%. Sehingga untuk perhitungan tinggi gelombang rencana untuk tiap arah mata angin menggunakan metode Weibull dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi perhitungan tinggi gelombang metode Weibull

| Kala Ulang (tahun) | Hs _r Timur (m) | Hs _r Timur Laut (m) | Hs _r Tenggara (m) | Hs _r Selatan (m) |
|--------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 2 | 0,150 | 0,216 | 0,191 | 0,412 |
| 5 | 0,187 | 0,295 | 0,258 | 0,519 |
| 10 | 0,215 | 0,355 | 0,309 | 0,600 |
| 25 | 0,252 | 0,434 | 0,376 | 0,707 |
| 50 | 0,280 | 0,494 | 0,427 | 0,788 |
| 100 | 0,308 | 0,554 | 0,478 | 0,869 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Analisis Deformasi Gelombang

Untuk analisis deformasi gelombang yang meliputi refraksi, difraksi dan refleksi serta gelombang pecah.

Analisa Refraksi

Contoh perhitungan refraksi dengan menggunakan data gelombang dari arah Selatan dengan kala ulang 25 tahun sebagai berikut:

$$\alpha_0 = 100^\circ$$

$$H_0 = 0,707 \text{ m}$$

$$T_0 = 4,427 \text{ detik}$$

$$L_0 = 30,577 \text{ m}$$

Berdasarkan kedalaman relatif yaitu perbandingan antara kedalaman air (d) dan panjang gelombang (L) diketahui

bahwa batas gelombang laut dalam adalah $d/L \geq 1/2$. Jadi apabila gelombang yang terjadi kurang dari batas tersebut, maka gelombang akan mengalami refraksi dan pendangkalan.

$$d/L_0 = 0,5$$

$$d = 0,5 \times L_0$$

$$= 0,5 \times 30,577$$

$$= 15,289 \text{ m}$$

Maka perhitungan refraksi dimulai pada kedalaman 15,289 m, kemudian akan berhenti pada saat $d=5$ dimana gelombang masuk pada analisa difraksi.

$$\bullet d = 15,000 \text{ m}$$

$$\bullet d/L_0 = \frac{15,000}{30,577} = 0,491$$

$$\bullet d/L = 0,493 \quad (\text{Tabel L-1. Triatmodjo, 2008:394})$$

$$\bullet L = \frac{d}{d/L} = \frac{15,000}{0,493} = 30,426 \text{ m}$$

$$\bullet T = \left(\frac{L \cdot 2 \pi}{g \tanh \frac{2\pi d}{L}} \right)^{1/2} \quad (\text{Triatmodjo, 2008:17})$$

$$= \left(\frac{30,426 \times 2 \times 3,14}{9,81 \times \tanh \frac{2 \times 3,14 \times 15}{30,426}} \right)^{1/2}$$

$$= 4,422 \text{ detik}$$

$$\bullet C = \frac{L_{n-1}}{T_{n-1}} = \frac{30,455}{4,427} = 6,879 \text{ m/detik}$$

$$\bullet C_1 = \frac{L}{T} = \frac{30,426}{4,422} = 6,88 \text{ m/detik}$$

$$\bullet \sin \alpha = \left(\frac{C}{C_1} \right) \sin \alpha_0 \quad (\text{SPM, Chap2:64})$$

$$= \left(\frac{6,879}{6,88} \right) \sin 35^\circ$$

$$= 0,985$$

$$\bullet \alpha = \arcsin (\sin \alpha)$$

$$= \arcsin (0,985)$$

$$= 80,046^\circ$$

$$\bullet Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (\text{CEM, Part2 Chap3 :64})$$

$$= \sqrt{\frac{\cos 80^\circ}{\cos 80,046^\circ}} = 1,002$$

- $n_0 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi d/l_0}{\sinh(4\pi d/l_0)} \right)$
 $= \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4 \times 3,14 \times 0,491}{\sinh(4 \times 3,14 \times 0,491)} \right)$
 $= 0,513$
- $n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi d/l}{\sinh(4\pi d/l)} \right)$
 $= \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4 \times 3,14 \times 0,493}{\sinh(4 \times 3,14 \times 0,493)} \right)$
 $= 0,513$
- $K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}}$
 $= \sqrt{\frac{0,513 \times 30,455}{0,513 \times 30,426}}$
 $= 1,001$
- $H'_0 = K_r \times K_s \times H_0$
 $= 1,002 \times 1,001 \times 0,707$
 $= 0,709 \text{ m}$

Analisa Difraksi

Contoh perhitungan difraksi gelombang dengan menggunakan data gelombang arah Selatan dengan kala ulang 25 tahun sebagai berikut:

$$\beta = 60^\circ$$

$$\gamma = 69,268^\circ$$

$$H_0 = 0,707 \text{ m}$$

$$T_0 = 4,427 \text{ detik}$$

$$L_0 = 30,577 \text{ m}$$

$$r = 194 \text{ m}$$

Maka perhitungan difraksi dimulai pada kedalaman 5 m dan akan berhenti pada saat $d = 1 \text{ m}$.

- $d = 5,000 \text{ m}$
- $d/L_0 = \frac{5,000}{30,577}$
 $= 0,164$
- $d/L = 0,195$ (Tabel L-1. Triatmodjo, 2008:394)
- $L = \frac{d}{\frac{d}{L}}$
 $= \frac{5,000}{0,195}$
 $= 25,644 \text{ m}$
- $T = \left(\frac{L \cdot 2 \cdot \pi}{g \cdot \tanh \frac{2\pi d}{L}} \right)^{1/2}$
 $= \left(\frac{25,644 \times 2 \times 3,14}{9,81 \times \tanh \frac{2 \times 3,14 \times 5}{25,644}} \right)^{1/2}$
 $= 4,418 \text{ detik}$

- $H = 0,608 \text{ m}$ (H refraksi $d = 5$)
- $r/L = \frac{194}{25,644}$
 $= 7,565 \text{ m}$
- $K' = 0,345$ (Tabel Koefisien Difraksi. Triatmodjo, 2008:82)
- $H_{df} = K' \times H$
 $= 0,345 \times 0,608$
 $= 0,21 \text{ m}$

Analisa Gelombang Pecah

Dalam perhitungan digunakan H_s dari arah Timur, sebab hasil dari perhitungan analisa deformasi arah Timur merupakan H terbesar daripada H dari arah lain. Yaitu sebesar 0,252 m dan diperoleh besarnya gelombang datang sebesar 1,414 m.

Setelah itu dilakukannya perhitungan analisa gelombang pecah sebagai berikut:

$$m = 0,02$$

$$H = 1,414 \text{ m}$$

$$T = 2,638 \text{ detik}$$

Perhitungan gelombang pecah arah Timur:

- $\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{1,414}{9,81 \times 2,638^2}$ (Triatmodjo, 2008:234)
 $= 0,0207$

Dengan nilai tersebut dan $m = 0,02$ dari grafik penentuan tinggi gelombang pecah diperoleh $H_b/H'_0 = 0,9$

- $\frac{H_b}{H'_0} = 0,9$
 $H_b = 0,9 \times 1,414$
 $= 1,27 \text{ m}$
- $\frac{H_b}{gT^2} = \frac{1,27}{9,81 \times 2,638^2}$
 $= 0,0186$

Dengan nilai tersebut dan $m = 0,02$ grafik penentuan kedalaman gelombang pecah (Triatmodjo, 2008:97) diperoleh $d_b/H_b = 1,58$

- $\frac{d_b}{H_b} = 1,58$
- $d_b = 1,58 \times 1,27$
 $= 2,01 \text{ m}$

Dengan cara dan langkah yang sama seperti contoh perhitungan diatas, berikut ini ditampilkan perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah:

Tabel 2. Rekapitulasi hasil Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah

| Arah | Hi m | T dtk | Hi/g t2 | Hb/ Hi | Hb m | Hb/g t2 | db/ Hb | db m |
|---------------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|
| Timur | 1,4 14 | 2,6 38 | 0,02 07 | 0,9 | 1,2 7 | 0,01 86 | 1,58 | 2,0 1 |
| Timur Laut | 0,7 68 | 3,4 8 | 0,00 65 | 1,05 | 0,8 1 | 0,00 68 | 1,2 | 0,9 7 |
| Tengg ara | 0,1 5 | 3,2 4 | 0,00 14 | 1,5 | 0,2 2 | 0,00 21 | 1,12 | 0,2 5 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Elavasi Muka Air Laut Rencana

Perhitungan *wave setup* menggunakan parameter-parameter yang didapat dari analisa gelombang pecah:

$$H_b = 1,27 \text{ m}$$

$$S_w = \text{wave setup}$$

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

$$= 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{1,27}{9,81 \times (2,638)^2}} \right] 1,27$$

$$= 0,149 \text{ m}$$

$$HHWL = 2,5 \text{ m}$$

Dari grafik perkiraan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global diperoleh:

$$SLR = 25 \text{ cm}$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$DWL = HHWL + S_w + SLR$$

(Triatmodjo, 2008:125)

$$= 2,5 + 0,149 + 0,25$$

$$= 2,899 \text{ m}$$

Dimensi Bangunan Seawall

$$H = 1,414 \text{ m}$$

$$L_o = 10,903 \text{ m}$$

Kemiringan konstruksi = 1:2

$$I_r = \frac{tg \theta}{(H/L_o)^{0,5}}$$

$$= \frac{(1/2)}{(1,414/10,903)^{0,5}}$$

$$= 1,39$$

$I_r = 1,39$ di peroleh nilai $R_u/H = 0,8$ sehingga:

$$R_u/H = 0,8$$

$$R_u = 0,8 \times 1,414$$

$$= 1,131$$

El. Puncak = DWL + R_u + tinggi jagaan + db

$$= 2,899 + 1,131 + 0,5 + 2,01$$

$$= 6.541 \text{ m} \approx 6,54 \text{ m}$$

Unit Lapisan Penyusun

$$\gamma_r = 2,20 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w = 1,027 \text{ t/m}^3$$

$$K_d = 2,0$$

$$\text{Cot } \theta = 2$$

$$S_r = \frac{W_r}{W_w}$$

$$= \frac{2,20}{1,027}$$

$$= 2,14$$

$$H = 1,414 \text{ m}$$

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_d (S_r - 1)^3 \text{cot } \theta} \quad (\text{Triatmodjo, 2008:259})$$

$$= \frac{2,20 \times 1,414^3}{2(2,14 - 1)^3 2}$$

$$= 1,044 \text{ ton} \approx 1044 \text{ kg}$$

Lebar puncak *retainingwall* dengan jenis batu alam kasar dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

$$n = 3$$

$$k_\Delta = 1,15$$

$$\gamma_r = 2,20 \text{ t/m}^3$$

$$W = 1,044 \text{ ton}$$

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

$$= 3 \times 1,15 \times \left(\frac{1,044}{2,20} \right)^{1/3}$$

$$= 2,69 \text{ m}$$

Tebal dari lapisan pelindung puncak *retainingwall* dihitung sebagai berikut:

$$n = 2$$

$$k_\Delta = 1,15$$

$$t = nk_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \quad (\text{Triatmodjo, 2008:265})$$

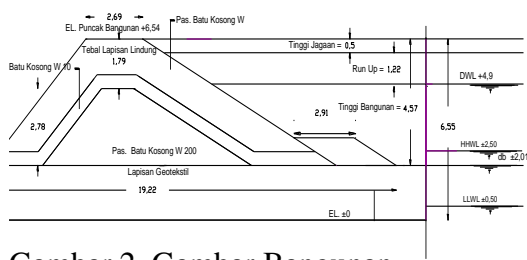
$$= 2 \times 1,15 \times \left(\frac{1,044}{2,20} \right)^{1/3}$$

$$= 1,79 \text{ m}$$

Tabel 3. Perhitungan diameter batu untuk setiap jenis batu

| Jenis Batu | Berat Batu | V m ³ | r m | D m |
|------------|------------|------------------|---------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| W | 1,0441 | 0,47460 | 0,48397 | 0,97 |
| W/10 | 0,1044 | 0,04746 | 0,22464 | 0,45 |
| W/200 | 0,0052 | 0,00237 | 0,08276 | 0,17 |
| W/1000 | 0,0010 | 0,00047 | 0,04840 | 0,10 |

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 2. Gambar Bangunan

Stabilitas Geser

Pada analisis stabilitas geser didapat SF sebesar 9,971. Dalam keadaan normal SF yang diperbolehkan harus lebih dari 1,5, sementara untuk keadaan gempa SF yang diperbolehkan harus lebih dari 1,3.

Tabel 4. Perhitungan gaya pada bangunan

| Luasan | Luas (m ²) | γ ton / m ³ | Gaya ton / m |
|--------|------------------------|-------------------------------|--------------|
| W | 19,0462 | 2,2 | 41,902 |
| W10 | 11,5537 | 2,2 | 25,418 |
| W200 | 15,8124 | 2,2 | 34,787 |
| E1 | 10,4332 | 1,9 | 19,776 |
| WA | 14,1681 | 1,0 | 14,551 |
| | | V | 136,434 |
| | | SH | 12,653 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah pondasi menerus pada pantai Boom dapat digunakan untuk mengetahui bagaimana keadaan tanah dibawah bangunan, dapat menahan berat sendiri struktur tersebut atau sebaliknya. Perhitungan daya dukung tanah pondasi menerus menggunakan rumus Terzaghi dengan data dan langkah perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 W &= \text{Total Gaya (W1+W10+W200)} \\
 &= (41,902 + 25,418 + 34,787) \\
 &= 102,107 \text{ ton/m} \\
 c &= 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ ton/m}^2 \\
 \gamma &= 1,9 \text{ ton/m}^3 \\
 D &= 1,00 \text{ m} \\
 B &= 19,22 \text{ m} \\
 \phi &= 33,5^\circ
 \end{aligned}$$

Dengan nilai $\phi = 33,5^\circ$ diperoleh nilai Nc' , Nq' , $N\gamma'$ (Das, 1995:131). sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Nc' &= 23,113 \\
 Nq' &= 11,275 \\
 N\gamma' &= 8,587
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung besar dari daya dukung:

$$\begin{aligned}
 Qult &= c \cdot Nc' + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot Nq' + \gamma \cdot D \cdot Nq' \\
 &= (0 \times 23,113) + (0,5 \times 1,9 \times 19,22 \times 8,587) + (1,9 \times 1,00 \times 11,275) \\
 &= 177,799 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

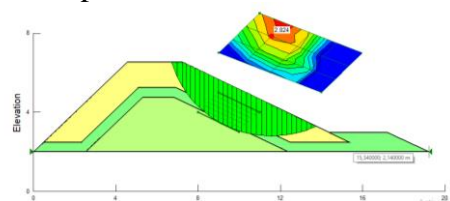
Dengan menggunakan angka faktor keamanan (SF) sebesar 3 maka diperoleh kapasitas dukung tiang ijin:

$$\begin{aligned}
 Qijin &= \frac{Qult}{SF} \\
 &= \frac{177,799}{3} \\
 &= 59,27 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

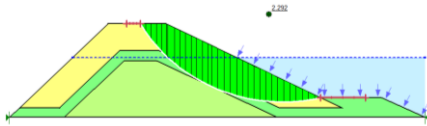
Beban struktur lebih besar dari pada daya dukung tanah di lokasi yaitu 102,107 ton/m > 59,27 ton/m sehingga tanah yang berada dibawah struktur tidak kuat untuk menahan beban struktur diatasnya atau dapat dikatakan bahwa stabilitas struktur terhadap daya dukung tidak aman.

Stabilitas Terhadap Kelongsoran Rotasi

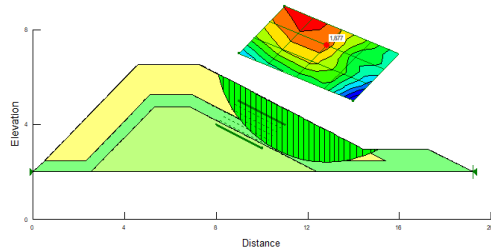
Perhitungan stabilitas kelongsoran rotasi pada struktur bangunan retaining wall menggunakan program Geostudio, Geoslope 2012.



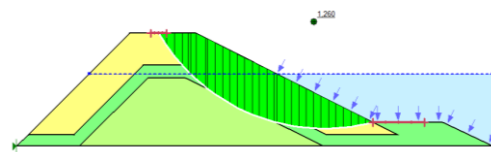
Gambar 3. Gambar irisan bidang longsor kondisi surut tanpa gempa $F_s = 2,824 > 1,5$



Gambar 4. Gambar irisan bidang longsor kondisi DWL tanpa gempa $F_s = 2,292 > 1,5$



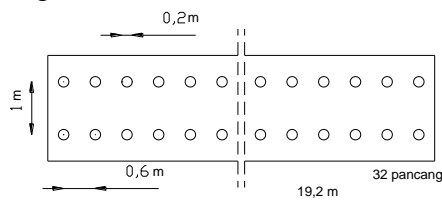
Gambar 5. Gambar irisan bidang longsor kondisi surut dengan gempa $F_s = 1,877 > 1,2$



Gambar 6. Gambar irisan bidang longsor kondisi DWL dengan gempa $F_s = 1,260 > 1,2$

Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

Dari hasil perhitungan daya dukung tanah diketahui bahwa tanah dibawah struktur tidak mampu menahan beban dari struktur itu sendiri. Sehingga sangat perlu direncanakan pondasi tiang pancang agar dapat menahan beban struktur bangunan serta mengatasi bahaya yang ditimbulkan oleh likuifaksi. Perencanaan pancang menggunakan cerucuk bambu.



Gambar 6. Gambar denah pondasi kelompok tiang

Didesain dengan mengikat 3-5 kayu dalam satu rangkaian menjadi satu tiang dengan diameter 20 cm = 0,2 m. Untuk perencanaan pondasi dalam kelompok tiang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

$$d = 0,20 \text{ m}$$

$$s = 0,6 \text{ m}$$

$$m = 2$$

$$n = 32$$

Bambu sendiri memiliki profil sebagai berikut:

$$\text{Panjang} = 3$$

$$\text{Diameter} = 8 \text{ cm} = 0,008 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{bakau}} = 700 \text{ kg/m}^3 = 0,70 \text{ ton/m}^3$$

$$\sigma_{\text{ijin bambu}} = 80 \text{ kg/cm}^2 = 800 \text{ ton/m}^2$$

$$E_p = 100000 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan menggunakan data SPT dapat dihitung tentang kapasitas daya dukung pada tanah granuler atau tanah non kohesif yang diusulkan oleh Meyerhoff (1976)

$$d = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Ked.} = 12 \text{ m}$$

$$L_{\text{tiang}} = 12 \text{ m}$$

$$A_p = \frac{1}{4}\pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,2)^2 = 0,031 \text{ m}^2$$

$$A_s = \pi d$$

$$= 3,14 \times 0,2$$

$$= 0,628 \text{ m}$$

$N_1 = 8$: Nilai SPT pada kedalaman $3d$ ($3 \times 0,2 = 0,6 \text{ m}$) dari ujung tiang ke bawah

$N_2 = 16,5$: Nilai SPT pada kedalaman $8d$ ($8 \times 0,2 = 0,8 \text{ m}$) dari ujung tiang ke atas

$$N_b = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

$$= \frac{8,0 + 16,5}{2}$$

$$= 12,3$$

a. Tahanan gesek tiang

$$Q_s = 2 \cdot N_{60} \cdot p \cdot L$$

$$= 2 \times 15,3 \times 0,628 \times 1$$

$$= 21,35 \text{ kN}$$

$$\sum Q_s = Q_{s-1} + Q_s$$

$$= 89,8 + 21,35$$

$$= 111,16$$

b. Tahanan ujung tiang

$$Q_p = 40 \cdot N_b \cdot A_p \cdot L/d$$

$$= 40 \times 12,3 \times 0,031 \times 1/0,2$$

$$= 76,98 \text{ kN}$$

c. Kapasitas dukung ultimit tiang

Berat sendiri tiang pancang

$$W_p = \gamma_{\text{tiang}} A_{\text{tiang}} L$$

$$= 0,07 \times 0,0314 \times 12$$

$$= 0,26 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= (\sum Q_s + Q_p)/9.81 - W_p \\ &= (111,16 + 76,98)/9.81 - 0,26 \\ &= 18,91 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan angka faktor keamanan (SF) sebesar 3 karena struktur mendapatkan pembebanan hidrostatis, maka diperoleh kapasitas dukung tiang ijin:

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= \frac{Q_{ult}}{F} \\ &= \frac{18,91}{3} \\ &= 6,3 \text{ ton} \end{aligned}$$

d. Kapasitas dukung berdasarkan kekuatan bahan

$$\sigma_{ijin} \text{ bambu} = 800 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned} P_{ijin} &= A_p \times \sigma_{ijin} \\ &= 0,031 \times 800 \\ &= 25,12 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan stabilitas bangunan *retaining wall* didapat data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum v &= 102,11 \text{ ton} \\ \sum Mv &= 7841,94 \text{ ton m} \\ n &= 32 \\ Y_{max} &= 9,3 \\ \sum Y^2 &= 491,04 \\ P_{max} &= \frac{\sum v}{n} + \frac{M.Y_{max}}{n.2.\sum Y^2} \\ &= \frac{102,11}{32} + \frac{7841,94 \cdot 9,3}{32 \cdot 2 \cdot 491,04} \\ &= 5,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

Didapatkan P_{max} (5,5 ton) < P_{tiang} (6,3 ton) dan juga P_{max} (5,5 ton) < P_{ijin} bahan (25,12 ton), sehingga perencanaan dapat dikatakan aman.

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Perhitungan kapasitas dukung ijin kelompok tiang berdasarkan tiang tunggal menggunakan nilai efisiensi tiang menurut *Converse-labarre* dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} m &= 2 \\ n &= 32 \\ d &= 0,2 \text{ m} \\ s &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan \frac{d}{s} \\ &= \arctan \frac{0,2}{0,6} \\ &= 18,435 \end{aligned}$$

Dari data diatas dapat dihitung efisiensi (E_g):

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \\ &= 1 - 18,435 \frac{(32-1)2 + (2-1)32}{90 \times 2 \times 32} \\ &= 0,699 \end{aligned}$$

Sehingga didapat kapasitas kelompok tiang ijin sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{dukung} &= E_g \cdot n \cdot Q_{ijin} \\ &= 0,699 \times 32 \times 6,3 \\ &= 141,055 \text{ ton} \end{aligned}$$

Karena nilai $Q_{dukung} > Q_{beban}$ yaitu $141,055 > 102,11$ maka pondasi tiang pancang dengan kedalaman 12 meter mampu menahan beban struktur yang ada diatasnya dan dapat dikatakan aman.

Penurunan Kelompok Tiang

Penurunan kelompok tiang dalam pasir dihitung menggunakan metode yang diusulkan Mayerhoff (1976) untuk data SPT dengan langkah pekerjaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} B &= 19,2 \text{ m} \\ L &= 1,0 \text{ m} \\ N-SPT &= 19, \text{ pada kedalaman } 12 \text{ m} \\ Q &= 102,107 \text{ ton} \\ &= 102107,06 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= \frac{Q}{BL} \\ &= \frac{102107,06}{1920 \times 100} \\ &= 0,5318 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \left(1 - \frac{L}{8Bg}\right) \\ &= \left(1 - \frac{100}{8 \times 1920}\right) \\ &= 0,993 \end{aligned}$$

$$S_g = \frac{2q\sqrt{Bg.I}}{N - SPT}$$

$$= \frac{2 \times 0,5318 \sqrt{1920 \times 0,993}}{19}$$

$$= 2,44 \text{ cm} \approx 24,4 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diperoleh bahwa penurunan dari pondasi kelompok tiang sebesar 24,4 mm atau lebih kecil dari pada penurunan maksimum pondasi kelompok tiang pada tanah berpasir yang diijinkan sebesar 32 mm (Das,1995). Didapatkan perbandingannya yaitu $24,4 < 32$, maka bangunan dapat dikatakan aman terhadap penurunan.

Perhitungan Defleksi Tiang

Besarnya defleksi tiang yang terjadi dihitung dengan menggunakan Metode Broms. Dalam studi diketahui pada lokasi bahwa tanah berjenis granuler.

Diketahui dari data kayu bakau yang digunakan sebagai berikut:

$$E_p = 100000 \text{ kg/cm}^2 = 98,1 \text{ kN/m}^2$$

$$D = 0,2 \text{ m}$$

$$r = \frac{1}{2} D$$

$$= \frac{1}{2} 0,2$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

Maka bisa dihitung defleksi tiang sebagai berikut:

$$I_p = \frac{\pi^4}{4} = \frac{\pi 0,1^4}{4}$$

$$= 0,00008 \text{ m}^4$$

$$E_p I_p = 98,1 \times 0,00008$$

$$= 0,0077 \text{ kNm}^2$$

$$n_h = 11779 \text{ (tabel nilai } n_h \text{ untuk tanah granuler)}$$

$$L = 12 \text{ m}$$

$$\alpha = \left(\frac{n_h}{E_p I_p} \right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{11779}{0,0077} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 17,25$$

$$\alpha L = 17,25 \times 12$$

$$= 207,038 ; \text{ karena } \alpha L > 4 \text{ maka}$$

dianggap tiang panjang (tidak kaku)

$$e = 0$$

$$H = \text{beban horisontal}$$

$$= (Rt/L)$$

$$= (10,26/12) / 9,81$$

$$= 0,087 \text{ kN/m}$$

$$y_o = \frac{2,4H}{(n_h)^{3/5} (E_p I_p)^{2/5}} + \frac{1,6He}{(n_h)^{2/5} (E_p I_p)^{3/5}}$$

$$= \frac{2,4 \times 0,087}{(11779)^{3/5} (0,0077)^{2/5}} + \frac{1,6 \times 0,087 \times 0}{(11779)^{2/5} (0,0077)^{3/5}}$$

$$= 0,00528 \text{ m} \approx 5,28 \text{ mm}$$

Defleksi yang terjadi pada bambu sebesar 5,28 mm. Dimana nilai tersebut lebih kecil dari batas defleksi maksimum yaitu sebesar 6-18 mm (Christady, 2011:313). Karena $5,28 < 6,00$ maka dapat dikatakan pondasi tiang pancang dengan menggunakan material bambu aman terhadap defleksi.

Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya dimaksudkan untuk mempermudah dalam penentuan besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk membangun struktur *retaining wall*.

Dalam analisis RAB ini mengacu pada Permen PUPR No.28/PRT/M/2016 tentang harga satuan pekerjaan bidang sumberdaya air. Diperoleh total rencana anggaran biaya (RAB) sebesar Rp 24.734.000.000,00

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dari hasil analisis perhitungan *fetch* didapat hasil bahwa arah angin yang dominan berasal dari arah Selatan yaitu sepanjang 31,156. Sementara dari Timur Laut yaitu sepanjang 8,852 km, dari arah Timur sepanjang 6,654 km dan dari arah Tenggara sepanjang 8,422 km. Kemudian dari hasil perhitungan distribusi antara metode Weibull dan Fisher-Tipper I, metode yang mendekati gelombang signifikan adalah metode Weibull dengan Kesalahan Absolut Rerata 2,857%. Tinggi gelombang signifikan dengan kala ulang 25 tahun dari arah Selatan 0,707 m, sementara dari arah Timur Laut sebesar 0,434, dari arah Timur sebesar 0,252 m dan dari arah

Tenggara sebesar 0,376 m. Setelah dilakukan analisa deformasi (refraksi, difraksi, dan refleksi) maka besarnya gelombang yang datang dari arah Selatan menjadi 0,002 m, sementara dari arah Timur Laut menjadi 0,768 m, dari arah Timur menjadi 1,414 m, dan dari arah Tenggara menjadi 0,147 m.

2. Struktur *retainingwall* direncanakan menggunakan tipe tumpukan batu alam dengan panjang 1.315 m dan berada pada elevasi +2,01 dengan pertimbangan topografi, ekonomis, dan kegunaannya. Berikut adalah dimensi struktur *retainingwall*:

- Tinggi Bangunan = 4,53 meter
- Tinggi Jagaan = 0,5 meter
- Elevasi Dasar = + 2,01 meter
- Tinggi *Runup* Gelombang = 1,131 meter
- DWL = 2,9 meter
- Lebar = 19,22 meter
- Lebar puncak = 2,69 meter
- Tebal lapisan puncak = 1,79 meter
- Batu penyusun = batu kosong/batu gunung dengan $\rho=2,20 \text{ t/m}^3$

3. Stabilitas dan pondasi *retainingwall*:

- Bangunan terletak pada elevasi +2,01 m, maka gaya gelombang yang dianalisis adalah gaya gelombang telah pecah yang bergerak dari arah Timur dengan nilai 10,264 ton.
- Pada analisis stabilitas geser didapatkan SF sebesar 9,971 dengan keadaan normal SF yang diperbolehkan harus lebih dari 1,5. Sementara untuk keadaan gempa SF yang diperbolehkan harus lebih dari 1,3.
- Pada analisis terhadap daya dukung tanah di lokasi, diperoleh daya dukung ijin tanah sebesar 59,266 ton/m dimana daya dukung tersebut lebih kecil dari gaya vertikal pada bangunan,

yaitu sebesar 102,107 ton/m. Dapat disimpulkan bahwa daya dukung tanah mampu menahan beban struktur *retainingwall*.

- Perhitungan stabilitas struktur terhadap kelongsoran rotasi (*rotational slide*) pada kondisi tanpa gempa dapat dikatakan aman karena nilai SF (*safety factor*) lebih besar dari pada nilai SF maksimum yang diijinkan pada kondisi tanpa gempa sebesar 1,5. Dengan rincian, kondisi surut nilai SF sebesar 2,824. Sedangkan untuk nilai SF pada kondisi DWL sebesar 2,292. Dari perhitungan pada kondisi gempa nilai SF dikatakan aman karena nilai SF (*safety factor*) lebih besar dari pada nilai SF maksimum yang diijinkan pada kondisi gempa sebesar 1,2. Dengan rincian, kondisi surut SF sebesar 1,877. Sedangkan untuk nilai SF pada kondisi DWL sebesar 1,260.
- Perhitungan pondasi menerus didapatkan hasil dari penurunan pondasi sebesar 1,3 cm. Karena penurunan yang terjadi pada pondasi menerus lebih kecil dari pada penurunan maksimum yang diijinkan untuk pondasi menerus yaitu sebesar 1 inch = 2,54 cm maka dapat dikatakan aman.
- Didapatkan tekanan maksimum yang diterima tiang sebesar 5,5 ton, dimana $P_{\text{max}} (5,5 \text{ ton}) < P_{\text{tiang}} (6,3 \text{ ton})$ dan juga $P_{\text{max}} (5,5 \text{ ton}) < P_{\text{ijin}} \text{ bahan } (25,12 \text{ ton})$, sehingga dapat dikatakan aman
- Setelah dilakukan perhitungan diperoleh bahwa daya dukung pondasi tiang pancang dengan jarak antar tiang 0,6 m dengan material bambu berdiameter 0,2 m pada kedalaman 12 m sebesar 141,055 ton/m. Dimana nilai $Q_{\text{dukung}} > Q_{\text{beban}}$ yaitu $141,055 >$

- 102,11 maka pondasi tiang pancang dengan kedalaman 12 meter mampu menahan beban struktur yang ada di atasnya dan dapat dikatakan aman.
- Dari perhitungan yang dilakukan terhadap penurunan (*settlement*), diperoleh besarnya penurunan yang terjadi pada pondasi tiang pancang sebesar 24,4 mm. Dimana penurunan yang terjadi lebih kecil dari batas penurunan maksimum pada tanah berpasir yaitu sebesar 32 mm sehingga pondasi tiang pancang bambu dapat dikatakan aman terhadap penurunan.
 - Dari perhitungan defleksi tiang pada bambu sebesar 5,28 mm. Dimana nilai tersebut lebih kecil dari batas defleksi maksimum yaitu sebesar 6-18 mm, sehingga pondasi tiang pancang dikatakan aman terhadap defleksi.
4. Total Rancangan Anggaran Biaya (RAB) yang diperoleh dari analisis harga satuan pekerjaan Kabupaten Banyuwangi tahun 2018 yaitu sebesar Rp 24.734.000.000,00.

Saran

Beberapa saran yang diberikan untuk penanganan masalah di pantai Boom, yaitu antara lain:

1. Perlu dilakukan penelitian dan kajian lebih mendalam terhadap pengaruh kondisi pada lingkungan dan sosial masyarakat, sehingga apabila terjadi permasalahan akibat pembangunan *retainingwall* dapat diselesaikan lebih cepat dan tepat.
2. Apabila hasil uji kekuatan terhadap batu gunung/batu alam di lokasi studi tidak memenuhi, maka material batu alam dapat diganti menggunakan kubus beton, buis beton ataupun tetrapot dengan berat yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Department of The Army. 1984. *Shore Protection Manual Volume II*. Washington, DC : Department of The Army, U.S. Army Corps of Engineers.
- Department of The Army. 2008. *Coastal Engineering Manual*. Washington DC: Department of The Army, U.S. Army Corps of Engineers.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah*, Jakarta: Erlangga.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*, Yogyakarta: Beta Offset.
- Permen PUPR. 2016. *Lampiran Permen PUPR 28 Tahun 2016*. Jakarta: PUPR. <http://birohukum.pu.go.id/uploads/DPU/2016/PermenPUPR28-2016.pdf>