

ANALISIS PERENCANAAN PENANGANAN ABRASI MENGGUNAKAN DINDING PENAHAN TANAH KANTILEVER DAN PONDASI BOREPILE

FARLIN ROSYAD¹, MUHAMMAD ALHAFIDZ²

Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Bina Darma

Email: farlin.rosyad@binadarma.ac.id¹, mhmdalhazz@gmail.com²

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v8i1.5790>

Abstract: Coastal abrasion, soil pressure and rainfall are factors that greatly affect slope stability in the coastal area of North Bengkulu. This can cause landslides on the road body if no protection is provided on the slope. In this study, an analysis was carried out on the retaining wall plan starting from shear stability, rolling stability, soil bearing capacity and continued with the analysis of the borepile foundation permit using manual calculations, after which the analysis was continued using Plaxis 8.2 to determine the Global Safety Factor. The results of the study showed that the existing slope had a safety factor of 1.051 (Not safe) so that to meet the geotechnical requirements of SNI 8460: 2017, the slope reinforcement at this research location used a safety device, namely a retaining wall combined with a borepile foundation. The next stage is the analysis for the Global Safety Factor using Plaxis 8.2 modeling which shows that the reinforcement of the retaining wall combined with the borepile foundation has a safety factor of 2.387 (Safe). The retaining wall has a height of 7.5 meters and an additional 6 meters for selected embankments which are equipped with drainage and vegetation, then the drilled well has a depth of 6 meters and a diameter of 60cm.

Keywords: Abrasion, Borepile Foundations, Plaxis 8.2, Retaining Wall, Safety Factor

Abstrak: Abrasi pantai, tekanan tanah dan curah hujan merupakan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap stabilitas lereng di daerah pesisir pantai Bengkulu Utara. Hal tersebut dapat menyebabkan kelongsoran hingga ke badan jalan apabila tidak diberi pengaman pada lereng tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisis dinding penahan tanah yang direncanakan mulai dari stabilitas geser, stabilitas guling, daya dukung tanah dan dilanjutkan dengan analisis izin pondasi borepile menggunakan perhitungan manual, setelah itu analisis dilanjutkan menggunakan Plaxis 8.2 untuk mengetahui Safety Factor Global. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lereng eksisting memiliki faktor keamanan 1,051 (Tidak aman) maka untuk memenuhi persyaratan geoteknik SNI 8460:2017 maka perkuatan lereng pada lokasi penelitian ini menggunakan pengaman yaitu dinding penahan tanah yang dikombinasikan dengan pondasi borepile. Tahap selanjutnya adalah analisis untuk Safety Factor Global menggunakan permodelan plaxis 8.2 yang menunjukkan bahwa perkuatan dinding penahan tanah yang dikombinasikan pondasi borepile memiliki faktor keamanan 2,387 (Aman). Dinding penahan tanah memiliki ketinggian 7,5 meter dan ditambah 6 meter untuk timbunan pilihan yang dilengkapi dengan drainase dan vegetasi, lalu untuk borepile memiliki kedalaman 6 m dan memiliki diameter 60 cm.

Kata Kunci: Abrasi, Faktor Keamanan, Dinding Penahan Tanah, Pondasi Borepile, Plaxis 8.2

A. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki letak geografis yang sangat strategis. Indonesia adalah negara yang memiliki daerah pantai yang panjang, sekitar 81.000 km dan berada pada urutan kedua di dunia setelah Kanada (Triatmodjo, 1999). Pantai selalu menyesuaikan bentuk sehingga mampu meredam energi gelombang yang datang. Penyesuaian bentuk tersebut merupakan tanggapan dinamis alami pantai terhadap laut. Abrasi adalah proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak, biasa disebut juga erosi pantai. Sedangkan sedimentasi atau akresi adalah proses perkembangan bura ke arah laut melalui pengendapan sedimen (Setiyono, 1996).

Dalam keadaan tersebut dibutuhkan upaya perencanaan pembangunan untuk perlindungan abrasi tanah pada daerah pesisir pantai dengan pertimbangan utama yang harus diperhatikan dalam

mengatasi permasalahan daerah pantai adalah usaha tersebut harus layak dari segi teknis, ekonomis dari segi biaya, ramah lingkungan dan bersifat. Salah satu alternatifnya adalah dinding penahan tanah tipe kantilever.

Upaya perkuatan pada lereng dilakukan agar dapat mencegah terjadinya bencana longsor perlu dilakukan adanya upaya perkuatan pada lereng. Pada saat ini telah banyak alternatif perkuatan lereng, salah satunya yaitu dengan metode perbaikan tanah asli (in- situ) dengan cara dilakukannya pemakuan batang-batang seperti cerucuk, bambu dan *bore pile* (Lazarte, 2003).

Provinsi Bengkulu terdapat beberapa daerah yang memiliki ancaman stabilitas rawan longsor dan bencana alam seperti abrasi merupakan suatu masalah yang dapat mengakibatkan kerusakan badan jalan yang berada di dekat pantai, bahkan bisa terputusnya badan jalan secara tiba-tiba, sehingga kinerja jalan akan menjadi turun. Pada umumnya daerah rawan abrasi ini berada di wilayah kabupaten Bengkulu Utara dimana energi gelombang cukup tinggi dan diiringi dengan kondisi kerusakan pada daerah pesisir.

Oleh karena itu penting dilakukan penelitian Analisis Perencanaan Penanganan Abrasi Pantai Menggunakan Dinding Penahan Tanah di Provinsi Bengkulu, analisis tingkat kerusakan pantai dibutuhkan untuk menentukan lokasi prioritas yang memerlukan penanganan segera. Dalam rangka peningkatan pelayanan lalu lintas Ruas Jalan di Provinsi Bengkulu, Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat melalui Direktorat Jenderal Bina Marga bermaksud untuk melaksanakan pekerjaan Penanganan Abrasi pada Ruas Jalan Nasional di Provinsi Bengkulu yang ditinjau pada penelitian ini adalah perencanaan dinding penahan tanah pada lokasi prioritas 1 abrasi (Ruas Jalan KM 49+300 Bintunan-Lais 3°35'4.60''S, 102°7'8.10''E).

B. Metodologi Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Lokasi ini merupakan rencana pembangunan Dinding Penahan Tanah Penanganan Abrasi di Ruas PPK 1.2 Satuan Kerja PJN Wilayah I Balai Pelaksana Jalan Nasional Bengkulu, tepatnya di kawasan Pesisir Pantai Bintunan-Lais KM. 49+300 Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu.

2. Prosedur Penelitian

Dalam melakukan penelitian di lokasi ini, maka ada langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian yaitu diawali dengan studi literature, survei pendahuluan, metode pengumpulan data dan metode analisis data.

3. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literature, yakni mencari dan mengumpulkan bahan-bahan dari literature yang berhubungan dengan dinding penahan tanah serta pondasi borepile

4. Metode Analisis Data

Pada tahap ini analisis menggunakan yaitu analisis metode manual menggunakan *Microsoft Excel* dan permodelan menggunakan *software plaxis*, sebagai berikut :

- Analisis Dinding Penahan Tanah Kantilever, Menyiapkan Data struktur yang berisi data tanah timbunan (berat volume, sudut gesek dan kohesi), data tanah asli (berat volume, sudut gesek dan kohesi), Data bahan struktur (kuat tekan beton dan baja tulangan).
- Perhitungan beban dan gaya dalam (berat sendiri/MS)
- Analisis gaya dalam ultimit
- Analisis Pondasi Borepile, Menyiapkan Data struktur pondasi tiang bor (berat isi untuk beban mati, bahan struktur, data tanah, data dimensi kantilever, data dimensi borepile)
- Perhitungan daya dukung aksial izin tiang bor
- Perhitungan daya dukung lateral izin pondasi

- g. Momen pada pondasi akibat gaya lateral (perhitungan dengan cara bending moment diagram, perhitungan dengan rumus empiris, momen maksimum yang diizinkan pondasi)
- h. Perhitungan gaya yang diterima tiang bor (gaya aksial pada tiang bor dan gaya lateral pada tiang borepile)
- i. Perhitungan pembesihan pondasi (tulangan longitudinal tekan lentur dan tulangan geser)
- j. Perhitungan pembesihan pilecap (tinjauan beban arah x dan y, momen dan gaya geser ultimit pada pilecap, tulangan lentur pilecap, tulangan transversal, tulangan geser)
- k. Perhitungan kontrol terhadap geser pons
- l. Lalu dilanjutkan dengan permodelan menggunakan Software Plaxis 8.2 2D
- m. Menentukan judul, model, dan elemen pada kotak serta menuliskan perintah Menuliskan dimensi tanah dari kasus yang akan dipelajari, yaitu sepanjang ke kiri, ke kanan, ke atas, dan ke bawah.
- n. Merangkai bentuk dimensi dari tanah yang telah dibuat kemudian diberi beban.
- o. Menentukan nilai parameter tanah dengan menekan tombol *Material Sets* diantaranya yaitu, kohesi, rasio *poisson*, dan lain sebagainya.
- p. Prosedur selanjutnya terdapat pada literatur yang diperoleh.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Perhitungan beban dan Gaya Dalam

▪ Tekanan Tanah Aktif

Koefisien tekanan tanah aktif menurut Rankine,

$$K_a = \cos \alpha * ((\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi_1}) / (\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi_1}))$$

Berat tanah,

$$\gamma_{s1} = 17.20 \text{ kN/m}^3$$

Sudut gesek dalam,

$$\phi_1 = 35.00^\circ$$

Kohesi,

$$C_1 = 0 \text{ kPa}$$

Tinggi total timbunan,

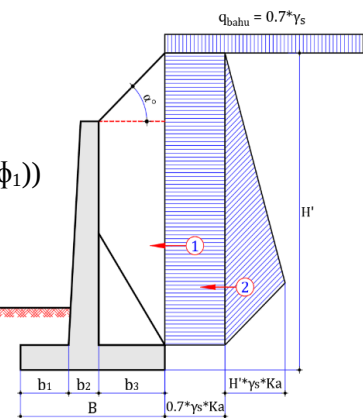
$$H = H' - h_1 = 9.19 \text{ m}$$

Lebar DPT,

$$B_Y = 1.00 \text{ m}$$

Sudut kemiringan timbunan,

$$\alpha = 34.00^\circ$$



Gambar 1. T_{TA}

Beban merata akibat berat timbunan tanah setinggi 0.70 m yang merupakan ekivalen beban kendaraan :

$$q_{bahu} = 0.70 * \gamma_{s1} = 12.40 \text{ kPa}$$

$$\phi' = \tan^{-1} (K_{\phi}^R * \tan \phi) = 0.61$$

$$\text{rad} = 35.00^\circ$$

$$K_a = 0.61$$

Gaya akibat tekanan tanah aktif,

$$T_{TA_bahu} = q_{bahu} * H * K_a * B_Y$$

$$= 12.04 * 9.19 * 0.61 * 1.00 = 67.23 \text{ kN}$$

$$y = H/2 = 9.19 / 2 = 4.59 \text{ m}$$

$$M_{TA} = 67.23 * 4.59 = 308.78 \text{ kNm}$$

$$T_{TA} = 1/2 * H^2 * \gamma_{s1} * K_a * B_Y * \cos \alpha$$

$$= 1/2 * 9.19^2 * 17.20 * 0.61 * 1.00 * \cos (\text{rad}(34.00^\circ)) = 365.70 \text{ kN}$$

$$y = H/3 = 9.19 / 3 = 3.06 \text{ m}$$

$$M_{TA} = 365.70 * 3.06 = 1.119,80 \text{ kNm}$$

$$T_{TA} = 67.23 \text{ kN} + 365.70 \text{ kN} = 432.92 \text{ kN}$$

$$M_{TA} = 308.78 \text{ kNm} + 1.119 \text{ kNm} = 1.428,58 \text{ kNm}$$

■ Tekanan Tanah Pasif

Koefisien tekanan tanah pasif menurut Rankine,

$$K_p = \cos \alpha * ((\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi_2}) / (\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi_2}))$$

Berat tanah, $\gamma_{s2} = 16.68 \text{ kN/m}^3$

Sudut gesek dalam, $\phi_2 = 30.81^\circ$

Kohesi, $C_2 = 21.57 \text{ kPa}$

Tinggi total timbunan, $H_4 = 1.25 \text{ m}$

Lebar DPT, $B_Y = 1.00 \text{ m}$

$$\phi' = \tan^{-1} ((\tan \phi_2) / K\phi R) = 0.54$$

$$\text{rad} = 30.81^\circ$$

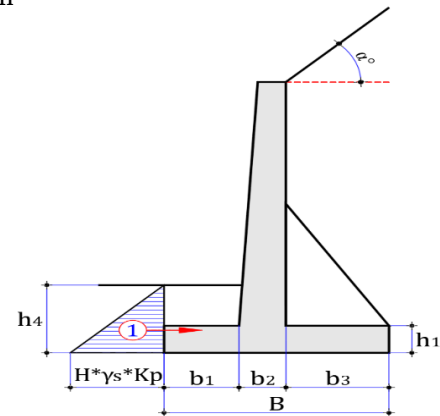
$$K_p = 0.32$$

Gaya akibat tekanan tanah pasif,

$$\begin{aligned} T_{TP} &= 1/2 * h_4^2 * \gamma_{s2} * K_p * B_Y \\ &= 1/2 * 1.25^2 * 16.68 * 0.32 * 1.00 \\ &= 4.20 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$y = H/3 = 1.25 / 3 = 0.42$$

$$M_{TP} = 4.20 * 0.42 = 1.75 \text{ kNm}$$



Gambar 2. T_{TP}

■ Tekanan Tanah Dinamis Akibat Gempa

$$K_{AE} = \cos^2(\phi - \theta - \beta) / \psi * \cos^2 \theta * \beta * \cos(\delta + \beta + \theta)$$

Koefisien percepatan puncak muka tanah $A_s = 0.72$

Berat tanah, kN/m^3 $Y_{s1} = 17.20$

Lebar DPT $B_y = 1.00 \text{ m}$

Tinggi total timbunan $H = H' = 10.19 \text{ m}$

Sudut geser internal tanah $\phi_1 = 35.00^\circ$

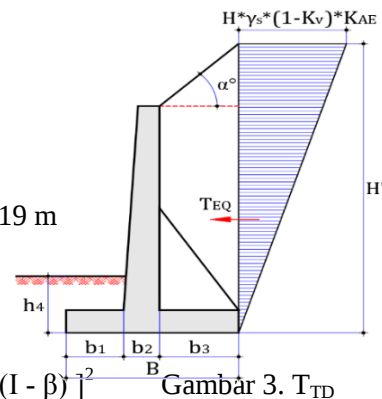
Koefisien percepatan horizontal $K_h = 0.36$

Sudut kemiringan timbunan $\alpha = i = 34.00$

$$\Theta = \arctan (K_h / 1 - K_v) = 0.34$$

$$\begin{aligned} \psi &= [1 + \sqrt{\sin(\phi + \delta) * (\sin(\phi - \theta - i) / \cos(\delta + \beta + \theta) * \cos(1 - \beta))}]^2 \\ &= [1 + \sqrt{\sin(35.00 + 0) * (\sin(35.00 - 0.34 - 34.00) / \cos(0 - 0 - 0.34) * \cos(34.00 - 0))}]^2 = 1.17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{AE} &= \cos^2(\phi - \theta - \beta) / \psi * \cos^2 \theta * \beta * \cos(\delta + \beta + \theta) \\ &= \cos(\text{rad}(35.00 - 0.34 - 0))^2 / 1.17 * \cos(\text{rad}(0.37)) * \cos(\text{rad}(0))^2 \\ &\quad * \cos(\text{rad}(0 + 0 + 0.34)) = 0.58 \end{aligned}$$



Gambar 3. T_{TD}

Berdasarkan persamaan Mononobe-Okabe, tekanan tanah aktif gempa dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_{EQ} &= 1/2 * \gamma_s * H^2 * (1 - K_v) * K_{AE} * B_y \\ &= 1/2 * 17.20 * 10.19^2 * (1 - 0) * 0.58 * 1.00 = 514.16 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lengan pada *bottom pilecap* (gaya gempa tekanan tanah aktif bekerja pada ketinggian 0.6H)

$$y_{EQ} = 0.6 * H = 6.11 \text{ m}$$

$$\text{Momen pada } \textit{bottom pilecap}, M_{EQ} = T_{EQ} * y_{EQ} = 514.16 * 6.11 = 3.142,43 \text{ kNm}$$

▪ Gaya Akibat Gelombang

Faktor beban untuk perhitungan gaya akibat aliran air dapat digunakan sesuai dengan Tabel 24. SNI 1725:2016

$$T_{EU} = 0.5 * C_D * V_s^2 * A_d$$

Keterangan :

T_{EU} = Gaya seret (kN)

V_s = Kecepatan air rata-rata di lapangan (m/s) = 4.40

(tabel 25. SNI 1725:2016)

C_D = Koefisien seret (tabel 23. SNI 1725:2016) = 1.40

A_d = Luas proyeksi bidang tegak lurus arah gelombang dengan tinggi sama dengan kedalaman gelombang (m²)

T_{EU}

Sudut arah gelombang terhadap retaining wall, $\theta = -$

Kedalaman air pasang, $H_p = 3$ m

Lebar retaining wall tegak lurus gelombang, $b = B_y = 1$ m

Tebal pile cap $h_t = h_1 = 1$ m

Luas proyeksi retaining wall tegak lurus gelombang,

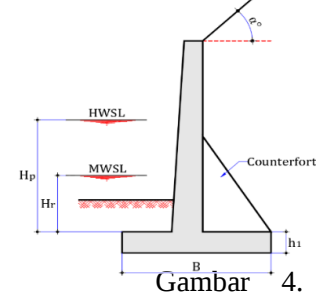
$$A_d = H_p * b / \cos \Theta = 3 \text{ m}^2$$

Gaya pada retaining wall akibat gelombang air,

$$T_{EU1} = - 0.5 * C_D * V_s^2 * A_d = 40.66 \text{ kN}$$

Lengan pada bottom pile cap, $Y_{EU} = H_p/2 + h_t = 2.50$ m

Momen pada bottom pilecap akibat gelombang, $M_{EU} = 101.64 \text{ kNm}$



2. Analisis Stabilitas Esternal (Guling, Geser, Daya Dukung)

▪ Faktor Keamanan Stabilitas Geser

Sudut gesek, $\phi_2 = 30.81^\circ$

Kohesi, $C_2 = 21.57 \text{ kN/m}^2$

Lebar pondasi, $B = 4.50$ m

$H = C_2 * B + P * \tan \phi$

$$= 21.57 * 4.50 * 971.42 * \tan(30.81/180) = 676.40 \text{ kN}$$

Data Layan I (Statis)

$$F_{gs} = \frac{\Sigma H}{\Sigma T} = \frac{676.40}{388.06} = 1.74 > 1.5 \text{ (OK)}$$

Service Gempa (Seismik)

$$F_{gs} = \frac{\Sigma H}{\Sigma T} = \frac{676.40}{915.41} = 0.74 < 1.1 \text{ (Tidak OK)}$$

▪ Faktor Keamanan Stabilitas Guling

Data Layan I (Statis)

$$F_{gl} = \frac{\Sigma M_T}{\Sigma M_G} = 3,184.94 / 1,426.83 = 2.23 > 2.0 \text{ (OK)}$$

Service Gempa (Seismik)

$$F_{gl} = \frac{\Sigma M_T}{\Sigma M_G} = 3,184.94 / 4,294.80 = 0.74 < 1.1 \text{ (Tidak OK)}$$

▪ Faktor Keamanan Daya Dukung Tanah

Berat volume, $\gamma_{s2} = 16.68 \text{ kN/m}^3$

Sudut gesek, $\phi_2 = 30.81^\circ$

Kohesi, $C_2 = 21.57 \text{ kN/m}^2$

Lebar pilecap, $B = 4.5$ m

Kedalaman pilecap, $h_4 = 1.25$ m

Momen akibat berat sendiri, $M_{MS} = 3,184.94 \text{ kNm}$

Momen akibat tekanan tanah aktif, $M_{TA} = 1,426.83 \text{ kNm}$

Tekanan tanah aktif, $T_{TA} = 428.72 \text{ kN}$

Berat sendiri dinding penahan tanah, $W_{MS} = 971.42 \text{ kN}$

$$X_e = (M_{MS} - M_{TA}) / W_{MS} = 1.81 \text{ m}$$

Eksentrisitas, $e = B / 2 - X_e = 0.44 < B/6 = 0.75 \text{ m}$

q_{max} dan q_{min} ,

$$q_{max} = q_{kaki} = (W_{MS} / B) * (1 + (6 * e) / B) = 342.56 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{min} = q_{tumpukan} = (W_{MS} / B) * (1 - (6 * e) / B) = 89.18 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas daya dukung tanah dengan menggunakan persamaan hansen,

$$q_u = c_2 * N_c * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qd} * F_{qi} + 0,5 * Y_2 * B' * N_Y * F_{Yd} * F_{Yi}$$

Dimana: $q = \gamma_{s2} * h_2 = 20.85 \text{ kN/m}^2$

$$B' = B - 2 * e = 3.62 \text{ m}$$

$$F_{cd} = 1 + 0,4 * (h_2/B') = 1.14$$

$$F_{qd} = 1 + 2 * \tan \phi_2 * (1 - \sin \phi_2)^2 * (h_2/B') = 1.10$$

$$F_{Yd} = 1.00$$

$$\Psi_0 = \tan^{-1} (\Sigma T_{TA} \cos \alpha / W_{MS}) = 23.81^\circ$$

$$F_{ci} = F_{qi} = (1 - \Psi_0 / 90)^\circ = 0.54$$

$$F_{yi} = (1 - \Psi_0 / \Phi_2)^\circ = 0.05$$

Faktor kapasitas dukung terzaghi, dengan

$$\phi_2 = 30.81^\circ$$

$$\chi = \pi (0,75 - \phi / 360^\circ) \tan \phi = 1.24$$

$$N_q = (e^\chi)^2 / (2 * \cos^2 * (45 + \phi/2)) = 24.72$$

$$N_c = N_q - 1 / \tan \phi_2 = 39.77$$

$$N_Y = (2 * (N_q + 1) * \tan \phi_2) / (1 + (0,4 * \sin(4 * \phi_2))) = 22.98$$

$$q_u = c_2 * N_c * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qd} * F_{qi} + 0,5 * Y_{s2} * B' * N_Y * F_{Yd} * F_{Yi}$$

$$= 21.57 * 39.77 * 1.14 * 0.54 * 20.85 * 24.72 * 1.10 * 0.54 * 0.05$$

$$+ 16.68 * 3.62 * 22.98 * 1.00 * 0.05$$

$$= 869.88 \text{ kN/m}^2$$

Faktor keamanan daya dukung = $q / q_{max} = 869.88 / 342.56$

$$= 2.54 < 3.0 \text{ Tidak OK}$$

Kontrol stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah kombinasi Service Gempa (Seismik).

Kapasitas daya dukung tanah dengan menggunakan persamaan hansen,

$$q_u = c_2 * N_c * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qd} * F_{qi} + 0,5 * Y_2 * B' * N_Y * F_{Yd} * F_{Yi}$$

Dimana: $q = \gamma_{s2} * h_2 = 20.85 \text{ kN/m}^2$

$$B' = B - 2 * e = 2.29 \text{ m}$$

$$F_{cd} = 1 + 0,4 * (h_2/B') = 0.78$$

$$F_{qd} = 1 + 2 * \tan \phi_2 * (1 - \sin \phi_2)^2 * (h_2/B') = 0.84$$

$$F_{Yd} = 1.00$$

$$\Psi_0 = \tan^{-1} (\Sigma T_{TA} \cos \alpha / W_{MS}) = 44.54^\circ$$

$$F_{ci} = F_{qi} = (1 - \Psi_0 / 90)^\circ = 0.26$$

$$F_{yi} = (1 - \Psi_0 / \Phi_2)^\circ = 0.20$$

Faktor kapasitas dukung terzaghi, dengan

$$\phi_2 = 30.81^\circ$$

$$\chi = \pi (0,75 - \phi / 360^\circ) \tan \phi = 1.24$$

$$N_q = (e^\chi)^2 / (2 * \cos^2 * (45 + \phi/2)) = 24.72$$

$$N_c = N_q - 1 / \tan \phi_2 = 39.77$$

$$N_Y = (2 * (N_q + 1) * \tan \phi_2) / (1 + (0,4 * \sin(4 * \phi_2))) = 22.98$$

$$q_u = c_2 * N_c * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qd} * F_{qi} + 0,5 * Y_{s2} * B' * N_Y * F_{Yd} * F_{Yi}$$

$$= 21.57 * 39.77 * 0.78 * 0.26 * 20.85 * 24.72 * 0.84 * 0.26 + 0.5 * 16.68 * 2.29 * 22.98 * 1.00 * 0.20 = 195.00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Faktor keamanan daya dukung} = q / q_{\max} = 195.00 / 1,192.33$$

$$= 0.16 < 1.1 \text{ Tidak OK}$$

3. Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor

Adapun analisis yang dilakukan untuk melihat kontrol daya dukung ijin borepile/tiang bor pada penelitian ini sebagai berikut:

- Daya dukung berdasarkan kekuatan bahan
 $P_{izin} = A * f_c - W = 2,459.87 \text{ Kn}$
- Daya dukung berdasarkan kekuatan Tanah Menurut Thomlinson (pengujian Lab)
 $P_{izin} = A * q_{ult} / FK = 0.28 * 5,387 / 3 = 507.71 \text{ kN}$
 Menurut Meyerhoff (data pengujian SPT)
 $P_{izin} = A * q_{ult} / FK = 0.28 * 10,800 / 2 = 1,526.81 \text{ kN}$
 Menurut Bagement (Pengujian CPT)
 $P_{izin} = A * q_c / 3 + K * L * q_f / 5$
 $= 0.28 * 19,613.30 / 3 + 1.88 * 12 * 0.01 / 5 = 1,848.55 \text{ kN}$
 Efisiensi kelompok fondasi (Eg) Formula (berdasarkan 06/SE/Db/2021)
 $\Theta = \arctan(0.60/3) * 180 / \pi = 11.31^\circ$
 $E_g = 1 - \Theta / 90 * [(n'-1) * m + (m - 1) * n'] / m * n' = 0.94$
 $P_{izin} = P * E_g = 1,526.81 * 0.94 = 1,430.88 \text{ Kn}$
- Daya dukung Lateral Ijin Pondasi
 Koefien tekanan tanah pasif,
 $K_p = \tan^2(45^\circ + \phi / 2)$
 $= \tan^2(45 * \pi / 180 + 30.81 * \pi / (180 * 2)) = 3.10$
 Gaya lateral, $H = F * (2 * L_2) = H * (L_2 + L_d + L_a) = 635.42 \text{ kN}$
 Jumlah baris fondasi, $n_y = 1 \text{ buah}$
 Jumlah fondasi dalam satu baris, $n_x = 2 \text{ buah}$
 Gaya lateral satu fondasi, $h = H / (n_x * n_y) = 317.71 \text{ kN}$
 Faktor keamanan, $FK = 1.10$
 Daya dukung izin lateral fondasi, $h / FK = 288.83 \text{ kN}$
 Maka daya dukung lateral izin fondasi, $h_{izin} = 288.00 \text{ kN}$
 Momen pada pondasi akibat gaya lateral,
 Momen terbesar, $M = 1,962.97 \text{ kN}$
 Jumlah baris fondasi, $n_y = 1 \text{ buah}$
 Jumlah fondasi dalam satu baris, $n_x = 2 \text{ buah}$
 Momen untuk satu fondasi, $m = M / (n_y * n_x) = 981.49 \text{ kN}$
 Faktor keamanan, $FK = 3.00$
 Momen maksimum izin lateral fondasi, $m / fk = 327.16$
 Momen maksimum yang diizinkan pada fondasi, $M_{\max} = 320.00 \text{ kNm}$

- Gaya yang diterima Tiang Bor

Tabel 1. Kombinasi Beban Gaya Akasial Yang Diterima Arah X

No	Kombinasi Beban	P (kN)	M _x (kNm)	P _u /n (kN)	$\frac{M_x * X}{\sum X^2}$ (kN)	P _{max} (kN)	P _{min} (kN)
1	Daya Layan I	971.42	4,510.12	485.71	668.17	1,153.88	(182.46)
2	Service Gempa	971.42	7,378.09	485.71	1,093.05	1,578.76	(607.34)

Tabel 2. Kombinasi Beban Gaya Aksial Yang Diterima Arah Y

No	Kombinasi Beban	P (kN)	M _x (kNm)	P _{u/n} (kN)	$\frac{M_x * X}{\sum X^2}$ (kN)	P _{max} (kN)	P _{min} (kN)
1	Daya Layan I	971.42	-	485.71	-	485.71	485.71
2	Service Gempa	971.42	-	485.71	-	485.71	485.71

▪ Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang Bor

Tabel 3. Daya Dukung Ijin Aksial Terhadap Beban Arah X

Kombinasi Beban	Persen	P _{max} (kN)	P _{izin} (kN)	P _{umin} (kN)
	P _{izin}			
Daya Layan I	100%	1,153.88	1,430.00	Aman
Service Gempa	167%	1,578.76	2,388.10	Aman

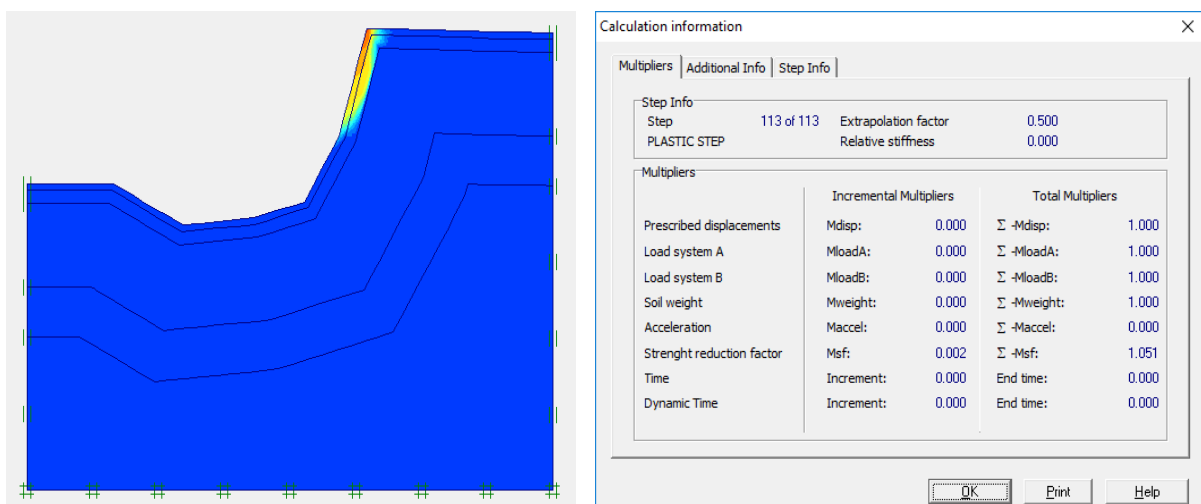
Tabel 4. Daya Dukung Ijin Aksial Terhadap Beban Arah Y

Kombinasi Beban	Persen	P _{max} (kN)	P _{izin} (kN)	P _{umin} (kN)
	P _{izin}			
Daya Layan I	100%	485.71	1,430.00	Aman
Service Gempa	167%	485.71	2,388.10	Aman

Tabel 5. Daya Dukung Ijin Lateral

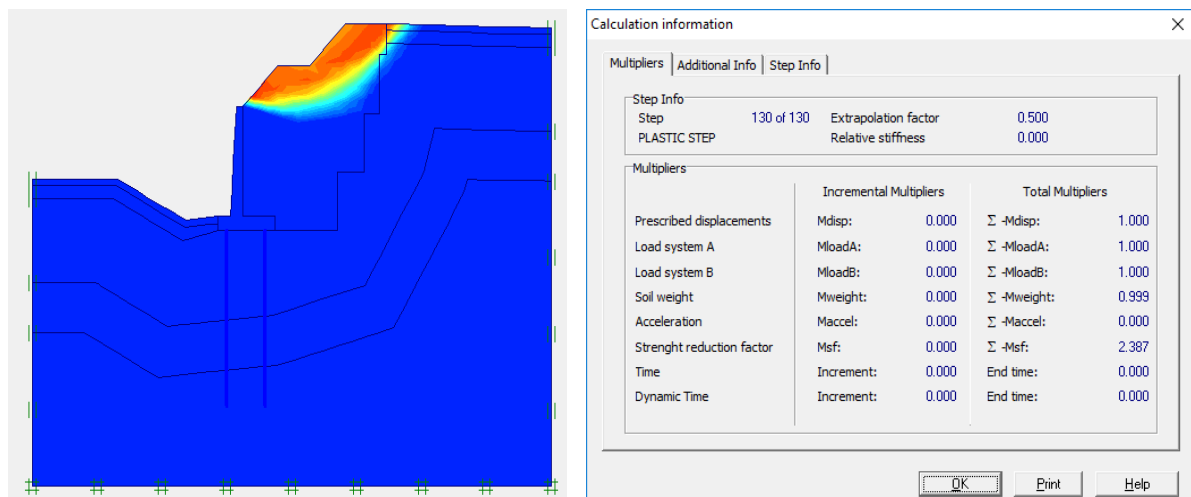
Kombinasi Beban	Persen	h _{max} (kN)	h _{izin} (kN)	P _{umin} (kN)
	P _{izin}			
Daya Layan I	100%	194.03	288.00	Aman
Service Gempa	167%	457.70	480.96	Aman

4. Permodelan Stabilitas Tanah Asli/Eksisting



Gambar 5. Daerah Potensial Keruntuhan Eksisting dan Safety Factor tanah eksisting 1,051 < 1,1 (Tidak Aman).

5. Permodelan Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Fondasi Borepile



Gambar 6. Daerah Potensial keruntuhan dan Safety Factor Global 2,387 > 1,5 (Aman).

6. Pembahasan

Analisa lereng pada Perencanaan Abrasi di Ruas Jalan Nasional KM 49+300 Kabupaten Bengkulu Utara, dilakukan untuk mengetahui nilai angka keamanan stabilitas lereng tersebut. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap lereng asli dan analisis terhadap lereng rencana dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever dan fondasi borepile. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan manual dan bantuan dari software Plaxis untuk permodelan nya. Untuk analisis manual yaitu menghitung tekanan tanah aktif dan pasif, beban gempa, gaya akibat gelombang, stabilitas terhadap penggulingan, stabilitas terhadap pergeseran, stabilitas terhadap daya dukung tanah, daya dukung lateral dan aksil fondasi, kontrol daya dukung ijin borepile dan counterfort.

Berdasarkan hasil analisis Plaxis 8.2 2D pada lereng asli tanpa beban gempa didapatkan angka keamanan yaitu 1,051. Maka lereng dalam kondisi kritis dan tidak aman karena nilai angka keamanan tersebut dibawah dari angka mninimal pada acuan SNI 8460:2017, sehingga lereng diperlukan perkuatan.

Berdasarkan hasil analisis perkuatan dinding penahan tanah kantilever didapatkan kesimpulan yaitu perkuatan tersebut belum mampu untuk menahan besar tekanan tanah lateral, gaya gelombang dan beban lainnya dengan baik. Karena hal itu maka dibutuhkannya perkuatan tambahan untuk membantu perkuatan dinding penahan tanah kantilever yaitu menggunakan fondasi borepile.

Adapun Berdasarkan hasil analisis permodelan Plaxis 8.2, Safety Factor Global didapatkan nilai angka keamanan 2,387 > 1,5 (OK).

D. Penutup

1. Safety Factor SNI 8460:2017 (Geser, Guling, Daya Dukung)

Stabilitas	Statis	Seismik
Geser	1.74 > 1.5 (Aman)	0.74 < 1.1 (Tidak Aman)
Guling	2.23 > 1.5 (Aman)	0.74 < 1.1 (Tidak Aman)
Daya Dukung	2.54 < 3.0 (Tidak Aman)	0.16 < 1.1 (Tidak Aman)

2. Safety Factor Global yang didapatkan dari permodelan *Software Plaxis 8.2 2D* untuk nilai angka keamanan nya yaitu 2,387 > 1,5 (OK/Aman).

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam setiap tahapan pelaksanaan penelitian dari awal hingga akhir, baik kepada orang tua, saudara, dosen pembimbing, teman-teman dan semua pihak perusahaan tempat penelitian ini dikerjakan.

Daftar Pustaka

- Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- Anwas, O. (1994). Bentuk Muka Bumi Geografi Kelas Satu. Jakarta: Pusat Perbukuan Pendidikan Nasional.
- Setiyono, Heryoso. (1996). Kamus Oseanografi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Badan Standarisasi Nasional. 2017. SNI 8460:2017 Persyaratan Perencanaan Geoteknik. Jakarta: BSNI.
- Badan Standarisasi Nasioal. 2016. SNI 1725:2016 Pembebanan Jembatan. Jakarta: BSNI.
- Bridge Management System. Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan. BMS 1992. Department PU Bina Marga.
- Ariyani. 2016. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Rembesan. Yogyakarta.
- Setiawan, G. 2007. Penggunaan Vegetasi Dalam Menjaga Kestabilan Tanah Terhadap Longsor. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Vol. 11 No. 1 Januari 2007.
- Star, Anastasia. 2012. Program Desain Penulangan Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) Menggunakan Perangkat Lunak Visual Basic. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- Carlos A. Lazarte. 2003. Geotechnical Engineering Circular No. 7 (Soil Nail Walls). Maryland: Geosyntec Consultants.
- Zakaria, A. (2016). Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis 8.2 (Studi Kasus: Ruas Jalan Liwa-Simpang Gunung Kemala). Jurnal Rekayasa, 20(2).
- Hardiyatmo, H.C. 2003. Mekanika Tanah II. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hatwan, F. 2018. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Sebagai Alternatif Pencegah Bahaya Longsor Pada Konstruksi Jembatan. Fakultas Teknik. Unversitas Lampung.
- Hastuti. 2012. Wilayah Pesisir dan Fenomena Yang Terjadi di Pantai. Makassar. Universitas Hassanudin.
- Bowles, E. 1991. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Erlangga: Jakarta.
- A, Tanjung. 2016. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Penangga pada Tebing Sungai Lematang Kabupaten Lahat Sumatera Selatan. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Bachtiar, E. 2022. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Beton Bertulang Kantilever. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Renanta, A dan Intan Mekar. 2021. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dan Perkuatan Lereng Menggunakan Soil Nailing. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.
- Husni, Sony Adiya dan Susy. 2023. Desain Bangunan Dinding Penahan Tanah Pengaman Abrasi Pantai Type Sheet Pile. Sekolah Tinggi Teknologi Dumai.