

Analisis Gaya *Lateral* pada Peningkatan Kekuatan Struktur Penahan Tanah

Ai Cahyanti^{a,1,*}, Utamy Sukmayu Saputri^{b,2}

^a a Program Studi Teknik Sipil Universitas Nusa Putra, Jl. Raya Cibatua Cisaat No.21, Sukabumi dan 43152

¹ ai.cahyanti_ts22@nusaputra.ac.id*; utamy.sukmayu@nusaputra.ac.id

Diterima; diperbaiki; disetujui

ABSTRACT

Konstruksi hunian di wilayah Sentul City yang memiliki topografi berbukit memerlukan sistem penahan tanah yang sesuai. Tanah di area penelitian terdiri dari *clay shale* yang memiliki tingkat kembang susut yang sangat tinggi, sehingga penting untuk menganalisis perilaku struktur penahan tanah terkait gaya *lateral*, momen, dan defleksi guna menjamin keselamatan struktur. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis gaya *lateral* maksimum yang diizinkan, momen maksimum, dan defleksi *lateral* pada struktur penahan tanah menggunakan *soldier pile* pada *Cluster Spring Residence* Sentul City dengan pendekatan Metode Broms. Metode penelitian ini menggunakan analisis perhitungan berdasarkan data sifat tanah dan dimensi *soldier pile*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa gaya *lateral* maksimum yang diizinkan dengan faktor keamanan 3 adalah 1951,01 kg. Momen maksimum yang dapat ditahan oleh *soldier pile* adalah 193734,14 kgcm, yang berada di bawah kapasitas momen nominal *pile* yaitu 1201329,32 kgcm. Defleksi *lateral* pada ujung bebas *soldier pile* sebesar 0,05 mm, yang jauh di bawah batas defleksi yang diizinkan sebesar 25 mm berdasarkan SNI persyaratan perancangan geoteknik.

ABSTRACT

Signalized intersections play a crucial role in regulating traffic flow in urban areas. The Degung Intersection in Sukabumi City is one of the intersections with high traffic density, especially during peak hours, which causes delays and a decrease in service levels. This study aims to analyze the performance of the Degung Intersection based on the 2023 Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI) through field surveys and manual recording. Data collected include traffic volume, signal cycle time, effective green time, vehicle queue length, and intersection geometric characteristics. The analysis results show that the highest traffic volume occurred on Monday, June 30, 2025, at 3:00 PM–4:00 PM with $Q_{tot} = 2001$ pcu/hour, and the intersection service level is in category F. The results of this study are expected to provide a comprehensive overview of the performance of the Degung Intersection based on the 2023 PKJI standards, as well as serve as a basis for providing improvement recommendations, including optimization efforts through signal phase changes and rearranging vehicle movement directions at the intersection, as well as simulation of intersection performance improvements using VISSIM software.



KATA KUNCI

Clay shale
Gaya lateral
Metode Broms
Soldier pile
Struktur penahan tanah

KATA KUNCI

Clay shale
Lateral Earth
Pressure
Broms Methode
Soldier pile
Earth Retaining
Structure



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



1. PENDAHULUAN

Proses gerakan tanah adalah proses alamiah yang biasa terjadi di alam, tetapi dengan masuknya aktivitas manusia, air, maupun gempa bumi memainkan peran penting dalam proses gerakan tanah[1]. Pengertian longsor (*landslide*) dengan gerakan tanah (*mass movement*) mempunyai kesamaan. Tanah longsor adalah perpindahan material yang membentuk lereng, seperti batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran, ke bawah atau keluar lereng. Biasanya terjadi di pegunungan, bukit, lereng curam, dan tebing[2]. Aktivitas manusia juga dapat menyebabkan gangguan kestabilan, seperti pemotongan bukit untuk jalan, jika tidak diperhitungkan dengan benar dapat menyebabkan longsor[3].

Kabupaten Bogor berada pada ketinggian 15 mdpl sampai ketinggian 3.019 mdpl di puncak Gunung Pangrango. Di bagian utara Kabupaten Bogor, kemiringan lereng didominasi oleh lereng landai (0–8%) mencapai 43%, sedangkan di bagian selatan, kemiringan lereng bergelombang sampai curam kemiringan lereng 8–15 % mencapai 23% dari luas wilayah. Dominasi kondisi lereng yang landai dan kedekatan dengan pusat perekonomian nasional serta didukung dengan ketersediaan sarana transportasi, menjadikan Kabupaten Bogor menjadi salah satu pilihan untuk tempat tinggal[4].

Penelitian ini didasarkan pada pengalaman magang penulis di PT Sentul City TBK. Pada proyek pembangunan perumahan *Spring Residence* Sentul City yang berada di Kabupaten Bogor yang saat ini sedang mengalami banyak pembangunan perumahan. Hal ini menyebabkan banyak lahan alam yang harus di ekspos. Lokasi Kota Sentul berada pada formasi Jatilihur menunjukkan bahwa batuan di sana didominasi oleh *clay shale*.

Clay shale biasanya terletak di area yang tidak jenuh dengan air karena pengaruh kapilaritas lebih dominan di wilayah tersebut. Hal ini juga tergantung pada posisi muka air tanah serta karakteristik *shale* tersebut yang dianggap sebagai material transisi antara tanah dan batuan. Pengaruh kapilaritas memiliki dampak besar terhadap kekuatan *clay shale*. Gaya kapilaritas muncul sebagai akibat dari tegangan negatif yang terbentuk dan dapat merusak *clay shale* jika ikatan di dalam bahan tersebut tidak cukup kuat.

Akibat dari proses degradasi ini, *clay shale* dapat mengalami penurunan ketahanan yang disebut *slaking*, jika material tersebut berada dalam keadaan terbuka setelah terpapar udara dan air. Karakteristik mekanis *clay shale* ini sangat menarik. Dalam keadaan kering, material ini menyusut dan mengeras, namun saat menyerap air, ia akan mengembang dan pada titik tertentu akan kehilangan gaya gesernya, sehingga penurunan kekuatan dapat terjadi dengan tiba-tiba, bahkan hanya karena beratnya sendiri. Karena sifat kembang-susut ini sangat dipengaruhi oleh iklim dan cuaca, hal tersebut dapat mengubah *shale* dari bentuk batuan menjadi tanah[5].

Penelitian yang dilauka oleh Couw tahun 2019 melaporkan bahwa *clay shale* dalam kondisi tidak lapuk dapat memiliki nilai SPT hingga 60 pukulan/kaki, namun setelah terpapar operasi galian hanya dalam beberapa hari akan mengalami degradasi dengan penurunan kohesi dari 80-90 kPa menjadi hampir nol dan sudut geser dari 41° menjadi hanya 9°[6].

Kelongsoran lereng dapat terjadi karena kuat geser yang terus menurun. Masuknya air permukaan ke timbunan lereng juga dapat menyebabkan penurunan kuat geser lebih lanjut[7]. Pada proyek Pembangunan perumahan *Spring Residence* Sentul City yang mana jenis tanah yang diketahui merupakan jenis tanah *clay shale* yang sangat rentan terhadap longsor, dilakukan perkuatan struktur penahan tanah. Perkuatan struktur penahan tanah pada lereng sering dipergunakan sebagai solusi untuk menghindari terjadinya longsor. Pada *cluster* ini jenis perkuatan tanah yang dipakai adalah *soldier pile*.

Soldier pile merupakan dinding penahan tanah yang terbuat dari rangkaian tiang (biasanya beton atau baja) yang dipasang dengan jarak dan kedalaman tertentu untuk menahan tanah agar tidak longsor. Perkuatan struktur penahan tanah dengan *soldier pile* dirancang untuk menahan beban *lateral*. Tekanan tanah pada dinding penahan, beban angin, dan beban gempa adalah beberapa sumber beban *lateral*.

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti kapasitas gaya *lateral* pada perkuatan struktur penahan tanah dengan *soldier pile* pada proyek pembangunan perumahan *Spring Residence* Sentul City dengan metode Broms. Selain gaya *lateral* kapasitas momen dan defleksi *soldier pile* juga diperhitungkan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian mengenai perkuatan tanah menggunakan *soldier pile* terletak pada koordinat $6^{\circ}35'32.5''\text{S}$ $106^{\circ}53'40.4''\text{E}$ yang berada pada Cluster *Spring Residence*, PT. Sentul City TBK, Bogor, Provinsi Jawa Barat. Berikut Lokasi penelitian yang ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar. 1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Dari Google Maps)

2. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder ;

2.1 Data Primer

- Hasil observasi langsung kondisi perkuatan struktur penahan tanah dengan *soldier pile* di area penelitian.
- Dokumentasi lapangan berupa foto dan catatan teknis kondisi eksisting

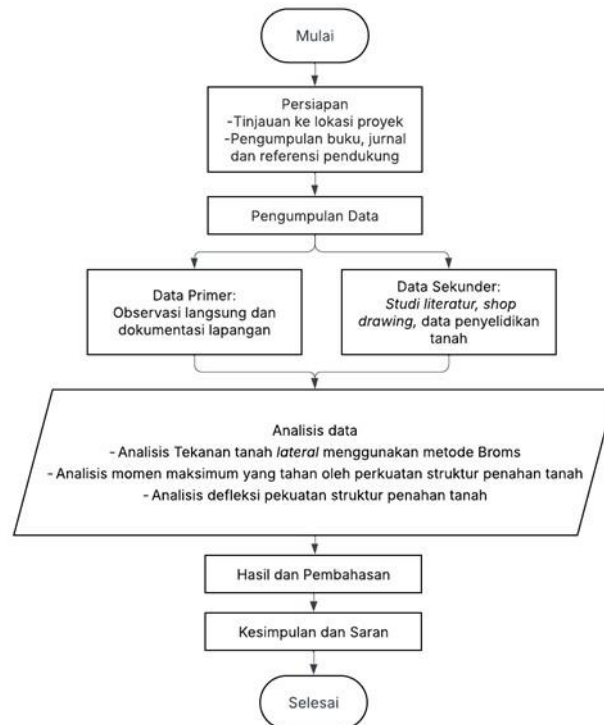
2.1 Data Sekunder

- Studi Literatur
Pengumpulan data ini dilakukan dengan membaca literatur tentang perkuatan struktur penahan tanah dengan *soldier pile* dan referensi lainnya.
- Shop Drawing*
Shop drawing adalah salah satu jenis gambar kerja yang dikerjakan dan dibuat oleh kontraktor. Pada dasarnya *shop drawing* ini dibuat untuk dijadikan dasar landasan dari sebuah pengerjaan atau penyelenggaraan suatu proyek konstruksi lapangan. Sehingga *shop drawing* ini sangat penting dalam suatu proyek konstruksi.
- Data Penyelidikan Tanah
Data penyelidikan tanah adalah informasi teknis tentang kondisi tanah di suatu lokasi, yang diperoleh melalui pengujian di lapangan dan laboratorium. Data penyelidikan tanah ini didapatkan dari dokumen perusahaan

3. Diagram Alir Penelitian

Agar proses analisis lebih mudah, dibuatlah flowchart perhitungan gaya lateral yang memuat urutan langkah-langkah yang harus dilakukan, sehingga diharapkan proses perencanaan dapat berjalan secara teratur dan sistematis. Berikut flowchart atau diagram alir yang ditunjukkan oleh gambar 3 dibawah ini.

¹Ai Cahyanti, ² Utamy Sukmayu Saputri (Analisis Gaya Lateral Pada Peningkatan Kekuatan Struktur Penahan Tanah)



Gambar. 2 Diagram alir penelitian

4. Cara perhitungan gaya lateral dan defleksi pada kekuatan struktur penahan tanah dengan soldier pile Pengumpulan Data

- a. Karakteristik soldier pile tahanan beban lateral ultimit.

$$E_p = 4700 \sqrt{f_c} \quad [3.1]$$

$$I_p = 1/64 \pi d^4 \quad [3.2]$$

Faktor kekakuan tiang R dan T, harus diketahui untuk menentukan ketahanan akhir tiang yang mendukung beban lateral. Faktor kekakuan modulus tanah konstan, R harus ditulis dalam bentuk persamaan 3.3.

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{Kh x d}} \quad [3.3]$$

- b. Karakteristik soldier pile kaku dan tidak kaku

Penentuan tiang kaku dan tidak kaku menurut Broms dinyatakan sebagai berikut:

1) Tiang Pendek

- Tiang ujung bebas berkelakuan seperti tiang pendek bila $\beta L < 1,5$ cm
- Tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiang pendek bila $\beta L < 0,5$ cm

2) Tiang Panjang

- Tiang ujung bebas dianggap sebagai tiang panjang (tidak kaku) bila $\beta L > 2,5$ cm
- Tiang ujung jepit dianggap sebagai tiang panjang (tidak kaku) bila $\beta L > 1,5$ cm

- c. Perhitungan menggunakan metode Broms untuk menghitung gaya lateral ijin yang aman terhadap keruntuhan tiang soldier pile dan menghitung berapa banyak defleksi yang terjadi akibat gaya lateral.

- 1) Tiang ujung bebas
untuk menemukan lokasi momen maksimum dapat diperoleh dengan rumus:

$$F = \frac{Hu}{9cu d} \quad [3.4]$$

Dengan mengambil momen terhadap titik dimana momen pada tiang maksimum diperoleh dengan rumus:

$$M_{\max} = (9/4)d.g^2.cu \quad [3.5]$$

- 2) Tiang ujung jepit

Untuk tiang pendek, diperoleh dengan rumus:

$$Hu = 9 Cu d (L - 3/2 d) \quad [3.6]$$

$$M_{\max} = Hu (1/2 L + 3/4 d) \quad [3.7]$$

Untuk tiang panjang, diperoleh dengan rumus:

$$Hu = \frac{2 My}{\frac{3d}{2} + \frac{F}{2}} \quad [3.8]$$

- 3) Defleksi Tiang

Dikaitkan dengan faktor tak berdimensi βL , dengan rumus:

$$\beta = \left(\frac{kH.d}{4.Ep.Ip} \right)^{1/4} \quad [3.9]$$

- a) Tiang ujung bebas

Tiang ujung bebas berkelakuan tiang pendek, bila $\beta L < 1,5$ dengan besarnya defleksi

$$y_0 = \frac{4H\beta(e\beta+1)}{kH d \beta e} \quad [3.10]$$

$$\Theta = \frac{6H(1+\frac{1}{e})}{kH d L^2} \quad [3.11]$$

Tiang ujung bebas berkelakuan seperti tiang tiang Panjang, bila $\beta L > 2,5$ dengan besarnya

$$y_0 = \frac{4H\beta(e\beta+1)}{kH d} \quad [3.12]$$

$$\Theta = \frac{2H\beta^2(1+2e\beta)}{kH d} \quad [3.13]$$

- b) Tiang Jepit

Tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiang pendek, bila $\beta L < 0,5$ dengan besarnya defleksi

$$y_0 = \frac{H\beta}{kH d L} \quad [3.14]$$

Tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiang panjang, bila $\beta L > 1,5$ dengan besarnya defleksi

$$y_0 = \frac{H\beta}{kH d} \quad [3.15]$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik soldier pile tahanan beban lateral ultimit

Diketahui data spesifikasi soldier pile:

Dimensi soldier pile : 100 cm

Panjang tiang soldier pile : 1800 cm

Mutu beton tiang soldier pile : 30 Mpa

Jarak horizontal ke permukaan tanah (e): 0 cm

a. Perhitungan Modulus Elastisitas (Ep)

$$Ep = 4700 \times \sqrt{f_c} \quad [3.1]$$

$$= 262506,11 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan modulus elastisitas beton menggunakan persamaan (3.1) menghasilkan

modulus elastisitas (E_p) sebesar 25.742 MPa atau setara dengan 262.506,11 kg/cm². Nilai ini menunjukkan kemampuan beton untuk mengalami deformasi elastis saat menerima beban

b. Momen Inersia (I_p)

$$\begin{aligned} I_p &= 1/64 \times \pi \times D^4 \\ &= 490873,85 \text{ cm}^4 \end{aligned} \quad [3.2]$$

Perhitungan momen inersia penampang soldier pile menggunakan persamaan (3.2) menghasilkan nilai momen inersia (I_p) sebesar 490.873,85 cm⁴. Nilai momen inersia ini merepresentasikan kemampuan penampang soldier pile dalam menahan momen lentur akibat tekanan tanah lateral.

c. Modulus Subgrade Horizontal (k_H)

$$\begin{aligned} k_H &= k_1/1,5 \\ &= 1,8 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned} \quad [2.3]$$

Modulus reaksi subgrade horizontal (k_H) dihitung menggunakan persamaan (2.9) dengan nilai k_1 sebesar 2,7 yang diperoleh dari hubungan tabel Terzaghi berdasarkan karakteristik tanah, sehingga menghasilkan nilai k_H sebesar 1,8 kg/cm³. Selanjutnya, nilai modulus subgrade reaksi (K) dihitung menggunakan persamaan $K = k_H \times d$ untuk mendapatkan nilai β , sehingga diperoleh nilai K sebesar 180 kg/cm².

Nilai k_1 didapat dari hubungan tabel terzaghi.

$$\begin{aligned} K &= 1,8 \times d \\ &= 180 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

d. Modulus tanah konstan (R) padatan kohesif

$$\begin{aligned} R &= \sqrt[4]{EI/K} \\ &= 290,87 \text{ cm} \end{aligned} \quad [3.3]$$

Perhitungan modulus tanah konstan (R) pada tanah kohesif menggunakan persamaan (3.3) menghasilkan nilai R sebesar 290,87 cm.

e. Menghitung Kohesif tanah (C_u)

Karena semua lapisan tanah adalah tanah lunak maka C_u yang digunakan adalah C rata-rata dari semua lapisan tanah tersebut.

$$C_{\text{rata-rata}} = \sum C_u \times L_i / \sum L_i$$

$$L_i = 18 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} C_u \text{ rata-rata} &= (\sum C_u \times L_i) / (\sum L_i) \\ &= 0,0588 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Nilai kohesi tanah rata-rata (C_u) diperoleh dari perhitungan menghasilkan nilai sebesar 0,0588 kg/cm².

4.2 Menentukan kriteria tiang kaku (pendek) dan tidak kaku (panjang)

Menurut Broms untuk tiang dalam tanah kohesif dengan tipe tiang dan jepitan tiang berdasarkan faktor tak berdimensi βL yaitu:

$$\begin{aligned}\beta &= \left(\frac{k_h \times d}{4 \times E_p \times I_p} \right)^{1/4} \\ &= 0,0043 \text{ cm}\end{aligned}\quad [2.4]$$

Untuk menentukan kriteria tiang kaku (pendek) atau tidak kaku (panjang), dilakukan perhitungan faktor tak berdimensi β menggunakan persamaan (2.4) yang menghasilkan nilai β sebesar 0,0043 cm.

- a. Tiang ujung bebas berkelakuan seperti tiang Panjang dengan syarat $\beta L > 2,5 \text{ cm}$.

$$\beta \times L > 2,5 \text{ cm}$$

$$7,78 \text{ cm} > 2,5 \text{ cm} \text{ (Memenuhi)}$$

Berdasarkan metode Broms, tiang ujung bebas dianggap sebagai tiang panjang jika memenuhi syarat $\beta L > 2,5 \text{ cm}$. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa $\beta \times L = 7,78 \text{ cm} > 2,5 \text{ cm}$, sehingga tiang memenuhi kriteria sebagai tiang panjang.

- b. Tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiang Panjang dengan syarat $\beta L > 1,5 \text{ cm}$.

$$\beta \times L > 1,5 \text{ cm}$$

$$7,78 \text{ cm} > 1,5 \text{ cm} \text{ (Memenuhi)}$$

Demikian pula untuk tiang ujung jepit, dengan syarat $\beta L > 1,5 \text{ cm}$, hasil perhitungan $7,78 \text{ cm} > 1,5 \text{ cm}$ menunjukkan bahwa tiang juga memenuhi kriteria sebagai tiang panjang.

- c. Menghitung besarnya kekakuan beban tiang dalam menahan momen (M_y).

- 1) Kuat lentur beban tiang (f_b)

$$\begin{aligned}F_b &= 0,40 \times f_c \\ &= 122,26 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}\quad [4.1]$$

Perhitungan kekakuan beban tiang dalam menahan momen dilakukan dengan menghitung kuat lentur beban tiang (f_b) menggunakan persamaan (4.1) menghasilkan nilai f_b sebesar $122,26 \text{ kg/cm}^2$.

- 2) Tahanan momen (W)

$$\begin{aligned}W &= I_p / (D/2) \\ &= 9817,48 \text{ cm}^3\end{aligned}\quad [4.2]$$

Tahanan momen (W) dihitung menggunakan persamaan $W = I_p / (D/2)$, menghasilkan nilai W sebesar $9.817,48 \text{ cm}^3$.

- 3) Momen maksimal tiang (M_y)

$$\begin{aligned}M_y &= f_b \times W \\ &= 1201329,32 \text{ kg.cm}\end{aligned}\quad [4.3]$$

Momen maksimal tiang (M_y) dihitung menggunakan persamaan (4.3), menghasilkan nilai M_y sebesar $1.201.329,32 \text{ kg.cm}$.

- d. Gaya Lateral pada tiang ujung bebas

$$\begin{aligned}\Sigma H &= 0 \\ H &= 9 \times c_u \times d\end{aligned}\quad [4.4]$$

¹Ai Cahyanti, ² Utamy Sukmayu Saputri (Analisis Gaya Lateral Pada Peningkatan Kekuatan Struktur Penahan Tanah)

$$F = \frac{Hu}{9 \times cu \times d}$$

$$= 0,018878 \text{ Hu}$$

- e. Menggunakan pers (2.6) dan pers (2.7) untuk nilai g^2

$$Hu (e + 3/2 d + 1/2f) = 9/4 \times d \times g^2 \times cu$$

$$Hu (0 + 3/2 \times 100 + 1/2 \times 0,018878) = 9/4 \times 100 \times g^2 \times 0,0588$$

$$Hu (150 + 0,0094393 \text{ Hu}) = 13,24 \text{ g}^2 \quad [4.5]$$

$$L = 3/2 d + f + g$$

$$g = L - 3/2 d - f$$

$$g = 1800 - 3/2 (100) - (0,018878 \text{ Hu})$$

$$g^2 = (1650 - 0,018878 \text{ Hu})^2$$

$$g^2 = 3,564 \times 10^{-4} \text{ Hu}^2 - 62,30 \text{ Hu} + 2722500$$

- f. Menggunakan pers (4.5) untuk memperoleh nilai Hu , untuk mendapatkan nilai M_{max}

$$Hu (150 + 0,0094393 \text{ Hu}) = 13,24 \text{ g}^2$$

$$150 \text{ Hu} + 9,4393 \times 10^{-3} \text{ Hu}^2 = 13,24 (3,564 \times 10^{-4} \text{ Hu}^2 - (62,30 \text{ Hu} + 2722500))$$

$$9,4393 \times 10^{-3} \text{ Hu}^2 + 150 \text{ Hu} = 4,7200 \times 10^{-3} - 825,06 \text{ Hu} + 36055429$$

$$9,4393 \times 10^{-3} \text{ Hu}^2 - 4,7200 \times 10^{-3} + 150 \text{ Hu} + 825,06 \text{ Hu} - 360554289 = 0$$

$$4,7193 \times 10^{-3} \text{ Hu}^2 + 975,06 \text{ Hu} - 36055429 = 0$$

$$0,0047193 \text{ Hu}^2 + 975,06 \text{ Hu} - 360554289 = 0$$

Dengan mengeluarkan akar kuadrat didapatkan nilai Hu sebagai berikut:

$$Hu_1 = -398385,21 \text{ kg}$$

$$Hu_2 = 191774,06 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan persamaan kesetimbangan gaya horizontal dan momen, diperoleh persamaan kuadrat. Penyelesaian persamaan kuadrat ini menghasilkan dua nilai Hu , yaitu $Hu_1 = -398.385,21 \text{ kg}$ dan $Hu_2 = 191.774,06 \text{ kg}$. Nilai yang digunakan adalah Hu_2 karena bernilai positif.

4.3 Menentukan kriteria tiang kaku (pendek) dan tidak kaku (panjang)

$$F = \frac{Hu}{9 \times cu \times d} \quad [3.4]$$

$$= 3620,15 \text{ cm}$$

Dengan menggunakan nilai Hu yang telah ditetapkan sebesar 191.774,06 kg, dilakukan perhitungan nilai f menggunakan persamaan (3.4), yang menghasilkan nilai f sebesar 3.620,15 cm.

Menggunakan pers (2.6) dapat dihitung dengan nilai M_{max} dengan menggunakan Hu yang telah ditetapkan

$$\Sigma M_{max} = Hu (e + 3/2 d + 1/2f) \quad [2.6]$$

$$= 193734,14 \text{ kg.cm}$$

Perhitungan momen maksimum (M_{max}) dihitung menggunakan persamaan M_{max} (2.6). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa $M_{max} = 193.734,14 \text{ kg.cm}$.

Karena $M_{ax} < M_y$

193734,14 < 1201329,32 maka tiang tersebut termasuk kedalam jenis tiang panjang. Dengan demikian maka diketahui bahwa tiang tersebut terlebih dahulu patah sebelum terjadinya keruntuhan tanah. Selanjutnya perhitungan dilakukan dengan menganggap momen maksimal adalah momen tahanan dari tiang (M_y), dihitung menggunakan persamaan (2.6) dan (2.8):

$$\Sigma_{max} = H_u (e + 3/2 d + 1/2 f) \quad [2.6]$$

$$= \frac{M_y}{e + 3/2 d + 1/2 f} \quad [2.8]$$

$$H_u = 5853,04 \text{ kg}$$

Gaya izin *lateral*

$$H_u \text{ izin} = H_u / SF \quad [4.6]$$

$$= 1951,01 \text{ kg}$$

Gaya lateral izin dihitung dengan membagi gaya lateral ultimit dengan faktor keamanan (SF) yang ditetapkan sebesar 3, sehingga diperoleh gaya lateral izin (H_u izin) sebesar 1.951,01 kg. Nilai ini merupakan gaya lateral maksimum yang diizinkan pada soldier pile dengan mempertimbangkan faktor keamanan.

4.4 Perhitungan Defleksi dan Rotasi Tiang

Menentukan nilai defleksi ujung tiang bebas

$$y_0 = \frac{4 H \beta (e \beta + 1)}{k h d} \quad [2.15]$$

$$= 0,005 \text{ cm} = 0,05 \text{ mm} < 25 \text{ mm (aman)}$$

Rotasi Tiang

$$\Theta = \frac{2 x H x \beta x (1 + 2 e x \beta)}{k h d} \quad [2.16]$$

$$= 0,0937$$

Defleksi ujung tiang bebas dihitung menggunakan persamaan (2.15), hasil perhitungan menunjukkan bahwa defleksi yang terjadi pada ujung bebas soldier pile adalah sebesar 0,005 cm atau 0,05 mm. Nilai defleksi ini sangat kecil dan jauh di bawah batas defleksi yang diizinkan sebesar 25 mm berdasarkan SNI persyaratan perancangan geoteknik, sehingga struktur soldier pile dinyatakan aman terhadap defleksi lateral.

Rotasi tiang (θ) dihitung menggunakan persamaan (2.16), yang menghasilkan nilai rotasi sebesar 0,0937 radian. Nilai defleksi dan rotasi yang kecil ini menunjukkan bahwa soldier pile memiliki kekakuan yang memadai untuk menahan gaya lateral yang bekerja pada struktur penahan tanah di lokasi proyek

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tiang (Soldier pile) pada proyek Pembangunan perumahan cluster Spring Residence Sentul City, maka didapat hasil sebagai berikut:

- Dengan mempertimbangkan faktor keamanan 3, soldier pile dapat menahan gaya lateral izin maksimum sebesar 1.951,01 kilogram.
- Momen maksimumnya adalah 193.734,14 kg.cm, yang masih di bawah kapasitas momen nominal sebesar 1.201.329,32 kilogram per sentimeter ($M_{max} < M_y$), yang menunjukkan bahwa soldier pile tidak memiliki kapasitas yang memadai untuk menahan momen lentur akibat tekanan tanah lateral.

- c. Berdasarkan persyaratan SNI untuk perancangan geoteknik, batas defleksi lateral soldier pile sebesar 0,05 mm jauh di bawah batas yang diizinkan sebesar 25 mm.

5. SARAN

Adapun saran yang dapat disampaikan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sangat disarankan untuk merenovasi struktur soldier pile karena nilai momen pendorong lebih besar dibandingkan dengan momen penahan yang tersedia. Untuk meningkatkan kapasitas momen tahanan struktur, peningkatan kedalaman pemancangan tiang dan penambahan diameter soldier pile dapat dilakukan.
- b. Parameter tanah harus diverifikasi karena penelitian ini menggunakan data tanah asli (tanah yang ada), bukan tanah timbunan, yang memberikan tekanan lateral pada soldier pile. Perbedaan karakteristik antara tanah asli dan tanah timbunan dapat menyebabkan hasil yang tidak akurat, sehingga diperlukan penyelidikan tambahan pada zona timbunan untuk mendapatkan parameter desain yang lebih tepat. Pengujian laboratorium tambahan harus dilakukan pada sampel tanah timbunan untuk mendapatkan parameter kuat geser, berat jenis, dan karakteristik konsolidasi yang akurat untuk perhitungan tekanan tanah lateral yang lebih akurat.

Referensi

- [1] T. G. Saldy, R. S. Zakri, and P. Selatan, "Analisis Pergerakan Tanah Kecamatan Padang Selatan Dengan Metode Sistem Informasi Geospasial," vol. 20, no. 2, pp. 246–252, 2020.
- [2] N. M. Y. Lewaherilla, N. Paulus, and H. A. B. Hutaeruk, "Tanah longsor adalah perpindahan material yang membentuk lereng, seperti batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran, ke bawah atau keluar lereng. Biasanya muncul di pegunungan, bukit, lereng curam, dan tebing. Masalah longsor dapat memengaruhi," vol. 9, pp. 20–27, 2023.
- [3] M. F. Mudhoffar, M. Zaki, J. T. Sipil, and U. Trisakti, "Analisis stabilitas lereng pada tanah clay shale dengan perkuatan bored pile dan cutting tanah," pp. 165–174, 2022.
- [4] I. V. Gambaran and U. Kabupaten, "Bab IV Gambaran Umum Wilayah Kabupaten Bogor," pp. 65–81.
- [5] R. Oktaviani, P. P. Raharjo, and I. A. Sadisun, "Kajian Ketahanan Batuan Clay Shale Formasi Jatiluhur di Sentul City Jawa Barat (Study of Durability Clay Shale Jatiluhur Formation at Sentul City West Java)," vol. 6, no. June, pp. 26–32, 2018.
- [6] T.-L. Gouw and A. Gunawan, "Slope Stabilization By Used Of Geosynthetics In Clay Shale Formation," *Landslide Slope Stab.*, no. September 2019, pp. D1-1-D1-13, 2019, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/339781048>
- [7] S. Alhadar, L. Asrida, and S. Prabandiyani, "Analisis Stabilitas Lereng Pada Tanah Clay Shale Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Paket Vi Sta 22+700 Sampai Sta 22+775," vol. 3, pp. 336–344, 2014.
- [8] H. C. Hardiyatmo, *Teknik Fondasi I*.
- [9] A. Imanda, "Penanganan Permukiman Di Kawasan Rawan Bencana Gerakan Tanah Studi Kasus: Permukiman Sekitar Ngarai Sianok Di Kelurahan Belakang Balok, Kota Bukittinggi," vol. 24, no. 2, pp. 141–156, 2013.
- [10] R. Oktaviani, P. P. Rahardjo, and I. A. Sadisun, "Landslides induced by slaking of geomaterial," *MATEC Web Conf.*, vol. 229, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201822903011.
- [11] W. Budianta, H. Ohta, and J. Takemura, "The Effect of Clay-Soil on Landslide: Case Study from Central Java, Indonesia," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1091, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1091/1/012012.
- [12] T. Guide, "Chapter 6 Retaining and Reinforced Earth Wall Works," *Study Disaster Risk Manag. Narayangharh-Mugling Highw.*, no. February, 2009.
- [13] Y. D. Andriyani, A. Alihudien, and I. C. Dewi, "Desain Proteksi Galian Dalam dengan Soldier Pile pada Konstruksi Basement Sport Center (Studi Kasus : Gedung Sport Center Universitas Muhammadiyah Jember) Deep Digging Protection Design with Soldier Pile on Basement Sport Center Construction," vol. 4, no. 5, pp. 577–583, 2020.
- [14] F. G. 009, "Design, Analysis, and Testing of Laterally Loaded Deep Foundations that Support Transportation Facilities".

¹Ai Cahyanti, ² Utamy Sukmayu Saputri (Analisis Gaya Lateral Pada Peningkatan Kekuatan Struktur Penahan Tanah)

- [15] R. Aulia, H. Lukman, and T. Petra Artiningsih, “Analisis Gaya Lateral pada pondasi Tiang Pancang Square (Studi Kasus: Pembangunan Continuous Stirred-Tank Reactor (CSTR) PT. Ultra Jaya Milk Industri Bandung)”.