

EVALUASI STABILITAS DAN PERGESERAN SECANT PILE PADA PEKERJAAN GALIAN LERENG PERBUKITAN KABUPATEN KEBUMEN

Paksitya Purnama Putra*¹, Dian Natalia Kusuma², Luthfi Amri Wicaksono³, Raden Denisio edwin Rikarda⁴

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember,

*Email: paksitya.putra@unej.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember,

Email: diannataalia10@gmail.com

³Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember,

luthfiamri.teknik@unej.ac.id

⁴Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember,

rdenisio@unej.ac.id

ABSTRAK

Salah satu pembangunan gedung di lereng perbukitan Kabupaten Kebumen mengharuskan adanya pelaksanaan proses cut and fill terhadap lereng alami. Pekerjaan galian lereng sedalam 7 meter pada tanah kelepungan telah diperkuat dengan konstruksi penahan tanah tipe secant pile. Namun pada saat proses galian, secant pile mengalami pergeseran sebesar 1.1 meter. Oleh karena itu diperlukan adanya evaluasi penyebab terjadinya pergeseran dinding penahan tanah tersebut. Program bantu elemen hingga, Plaxis, digunakan untuk menganalisa dan mengevaluasi berdasarkan nilai pergeseran dan safety factor. Selain itu, program bantu Geo5 digunakan untuk mendesain kedalaman dinding penahan tanah tipe secant pile dengan metode analisis Rankine. Hasil evaluasi pekerjaan konstruksi galian lereng didapatkan nilai safety factor sebesar 1,3984. Nilai tersebut masih dibawah dari nilai yang disyaratkan SNI 8460:2017.

Berdasarkan analisa program bantu, dapat diketahui bahwa diameter secant pile sebesar 60 cm masih dapat menyebabkan pergeseran sebesar 1.1 meter meski memiliki nilai safety factor yang masih stabil. Pergeseran dinding penahan tanah terjadi karena proses penggalian yang menyebabkan tekanan tanah aktif lebih besar dari tekanan tanah pasif. Setelah dilakukan optimalisasi rancangan, didapatkan hasil bahwa perbesaran diameter secant pile dapat mereduksi pergeseran dan meningkatkan nilai safety factor menjadi aman menurut SNI 8460:2018 yakni ≥ 1.5 . Diameter efektif yang didapatkan dalam optimalisasi adalah sebesar 80 cm yang dapat mereduksi pergeseran hingga 0.3 meter.

Kata Kunci : faktor keamanan, Dinding Penahan tanah, Galian tanah

ABSTRACT

One of the building constructions on the hillside in Kebumen Regency requires the implementation of a cut and fill process on the natural slope. The excavation work on the 7-meter-deep slope of cohesive soil has been reinforced with a secant pile type retaining wall. However, during the excavation process, the secant pile experienced a displacement of 1.1 meters. Therefore, it is necessary to evaluate the causes of the displacement of the retaining wall. The finite element analysis software, Plaxis, is used to analyze and evaluate based on displacement values and safety factors. Additionally, the Geo5 software is used to design the depth of secant pile retaining walls using the Rankine analysis method. The evaluation of the excavation construction work resulted in a safety factor of 1.3984. This value is still below the value required by SNI 8460:2017. Based on the analysis with the software, it was found that the secant pile diameter of 60 cm could still cause a displacement of 1.1 meters, even

though the safety factor remained stable. The displacement of the retaining wall occurred because the excavation process resulted in the active earth pressure being greater than the passive earth pressure. After optimizing the design, the results show that increasing the secant pile diameter can reduce the displacement and improve the safety factor to meet the requirements of SNI 8460:2018, which is ≥ 1.5 . The effective diameter obtained in the optimization is 80 cm, which can reduce the displacement to 0.3 meters.

Keyword : *Safety factor, Retaining wall, Cut and fill*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan gedung pada daerah lereng membutuhkan perencanaan khusus terutama pada stabilitas lereng. Lereng dapat mengalami longsor sebagai akibat dari perubahan bentuk geometri, ataupun adanya penambahan beban luar. Perubahan bentuk geometri seperti galian dapat menyebabkan adanya tekanan aktif pada lereng galian. Tekanan aktif ini bekerja sebagai tekanan. Apabila tahanan geser pada tanah tidak dapat menahan tekanan aktif tersebut, maka kan terjadi longsor yang mengikuti bidang gelincir terkritis lereng galian tersebut (Harjadi, Beny, dan Paimin, 2013). Oleh karena itu, suatu pembangunan harus memiliki suatu konsep yang juga mempertimbangkan dan juga memperhatikan dimensi yang dimiliki oleh lingkungan (Abdurrahman, dkk., 2003).

Suatu pembangunan gedung yang berlokasi di lereng perbukitan Kabupaten Kebumen mengharuskan dilakukannya kegiatan galian dan timbunan untuk mendapatkan lahan yang sesuai harapan. Lereng digali sedemikian rupa agar mendapatkan elevasi bangunan yang rata. Galian lereng telah diperkuat dengan dinding penahan tanah tipe *secant pile*. Namun pada saat proses penggalian, dinding penahan tanah mengalami pergeseran

sebesar 1.1 meter. Pergeseran dinding penahan tanah tersebut dapat terjadi karena berbagai faktor berupa faktor internal seperti kekuatan batuan, geometri lereng, struktur geologi, kondisi air tanah, dan faktor eksternal seperti getaran gempa, dan beban dinamis (Seo, dkk., 2023).

Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap penyebab terjadinya kegagalan dan bagaimana desain optimal yang dapat dilakukan untuk mendapatkan keadaan lereng galian yang aman berdasarkan SNI 8460:2017.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan maka rumusan masalah yang diambil adalah: Bagaimanakah penyebab terjadinya pergeseran dinding penahan tanah menggunakan *secant pile* pada lokasi studi?

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari studi ini adalah untuk dapat mengevaluasi terjadinya pergeseran dinding penahan tanah menggunakan *secant pile* pada lokasi studi, serta mendapatkan desain yang optimal sehingga tidak terjadi adanya permasalahan.

1.3 Urgensi Penelitian

Urgensi penelitian pada studi ini adalah didapatkannya penyebab terjadinya pergeseran dinding penahan tanah menggunakan *secant pile* pada lokasi studi, sehingga dapat menjadikan wawasan bagi khalayak umum. Selain itu, studi juga memaparkan desain yang optimal dalam lokasi studi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data SPT (*Standart Penetration Test*) dari dua lokasi BM 1 dan BM 2. Data SPT tersebut dikorelasikan menjadi data laboratorium untuk keperluan program bantu. Korelasi dilakukan melalui beberapa metode menurut Bowles E Joseph., [1989], Das Braja M., [1985] dan Muntohar [2009]. Data

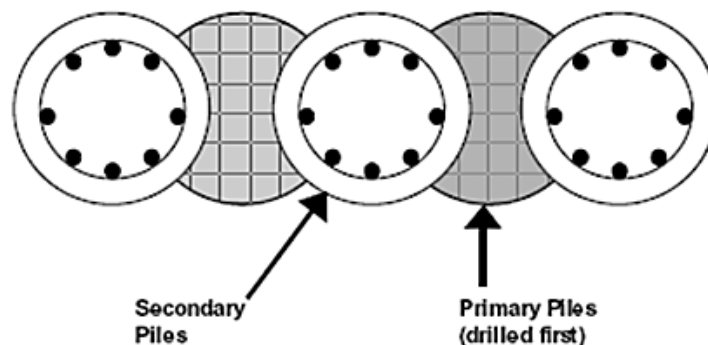
parameter tanah laboratorium yang diperlukan adalah berat isi tanah, modulus elastisitas, *poisson ratio*, sudut geser dalam dan kohesi. Statigrafi tanah dapat diketahui dan digambar dengan menggunakan program bantu elemen hingga berdasarkan data korelasi yang ada.

Setelah dilakukan korelasi data, maka dilakukan analisis permasalahan. Analisis permasalahan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan program *Plaxis* dan juga ditunjang dengan *Geo5*. *Plaxis* merupakan program elemen hingga yang mampu mengevaluasi pergeseran dinding penahan tanah, terutama dalam berbagai kondisi seperti geometri yang berbeda, sifat material, hingga beban dinamis (Tomar, dkk., 2024)(Yadav, dkk., 2021). Sedangkan *Geo5* merupakan salah satu program yang dapat digunakan dalam perancangan dinding penahan, termasuk untuk menentukan kedalaman minimumnya (Rajapakse, 2016). Kemampuan *Geo5* dalam merancang dinding penahan didukung oleh penggunaan metode Rankine yang dimodifikasi dan Mazindrani untuk menghitung tekanan tanah lateral, yang sangat penting untuk menentukan kedalaman minimum yang diperlukan untuk kestabilan (Hawabi, dkk., 2023). Pada penelitian ini, program *Plaxis* digunakan untuk evaluasi mengenai besar pergeseran yang terjadi dan bagaimanakah

penyebab terjadinya pergeseran, sedangkan program *Geo5* digunakan untuk menghitung kedalaman minimum dinding penahan tanah.

Kemudian, dilakukan optimalisasi terhadap desain yang ada dengan merancang kembali dimensi dinding penahan tanah dengan berbagai macam diameter dan diperkuat dengan perhitungan minimum kedalaman menggunakan program *Geo5*. Semua aspek desain dirancang sesuai dengan SNI 8460:2017, dimana dimensi dinding penahan ditentukan pada tahap desain pertama. Setelah dimensi ditentukan, langkah Semua aspek desain dirancang sesuai dengan SNI 8460:2017, dimana dimensi dinding penahan ditentukan pada tahap desain pertama. Setelah dimensi ditentukan, langkah selanjutnya adalah analisis stabilitas dinding penahan tanah yang direncanakan menggunakan program *Plaxis*. Dimensi yang ditentukan di awal juga dapat disesuaikan kembali untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Dinding penahan yang digunakan adalah tipe *secant pile*. Komponen tiang *secant pile* terdiri dari tiang utama yang terbuat dari material beton dan tiang pancang sekunder yang terbuat dari beton bertulang dan bentonit, seperti pada gambar 1.



Gambar 1.
Dinding Penahan Tanah *Secant Pile*

Setelah optimalisasi perancangan dilakukan, maka dilakukan analisis faktor keamanan lereng pada kondisi optimalisasi dengan bantuan *software*. Nilai faktor keamanan mengacu pada SNI 8460:2017 yang disyaratkan adalah ≥ 1.5 . Analisis hasil desain dinding penahan tanah merupakan analisis yang menunjukkan nilai *safety*

factor dan besarnya pergeseran dinding penahan tanah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil korelasi data SPT pada titik BM 1 dan BM 2 disajikan pada tabel 1 dan tabel 2. Sedangkan hasil statigrafi tanah ditampilkan pada gambar 2.

Tabel 1.
Hasil Korelasi Data SPT BM 1

Kedalaman	N- SPT	Unit Weight γ , kN/m	Angle of Friction ϕ	Modulus Elastisitas (E)	Angka Poison (ν)	Cref
0-1	30	16.22	25	45.00	0.30	5.88
1-2.5	30	17.77	25	45.00	0.30	5.49
2.5-6	29	16.30	25	45.00	0.30	5.81
06-11	37	21.00	20	90.00	0.30	7.99
11-18.5	41	20.20	25	90.00	0.30	158.10
18.5-20.5	40	19.85	20	45.00	0.30	151.57
20.5-22	37	16.63	30	45.00	0.25	141.12
22-23.4	37	16.42	30	45.00	0.30	141.12
23.4-28	38	24.25	25	90.00	0.30	156.8
28-29	40	26.00	20	90.00	0.30	194.04
29-30	50	29	25	90.00	0.30	194.04

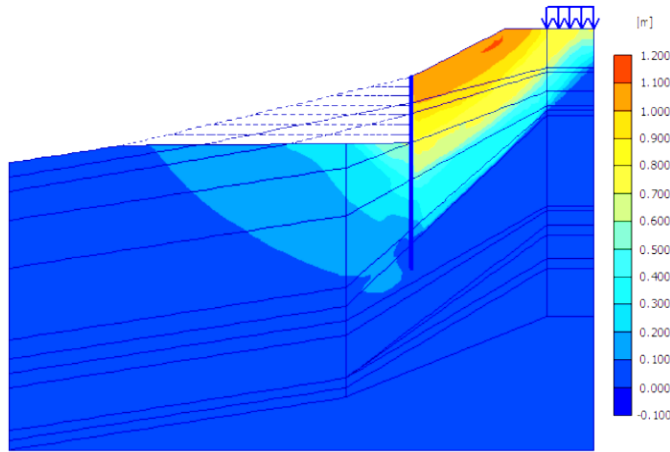
Tabel 2.
Hasil Korelasi Data SPT BM 2

Kedalaman	N- SPT	Unit Weight γ (kN/m)	Angle of Friction (ϕ)	Modulus lastisitas (E)	Angka Poison (ν)	Cref
0-4	14	15.68	45.00	0.30	54.88	2.744
4-4.5	21	18.22	45.00	0.30	84.28	4.214
4.5-6.5	22	19.11	45.00	0.30	90.16	4.508
6.5-8	24	19.55	45.00	0.30	94.08	4.704
8-8.5	26	23.50	90.00	0.30	111.72	5.586
8.5-9	26	23.50	90.00	0.30	111.72	5.586
9-10.5	20	22.33	90.00	0.30	111.72	5.586
10.5-18.5	26	21.17	90.00	0.30	102.57	5.128
18.5-19	27	20.50	90.00	0.30	99.96	4.998
19-20.5	24	19.55	45.00	0.30	99.96	4.998
20.5-21.6	23	18.66	45.00	0.25	111.72	5.586
21.6-24	22	19.11	45.00	0.30	116.29	5.814
24-25	23	19.11	45.00	0.30	129.36	6.468
25-30	50	29.00	90.00	0.30	196	9.8

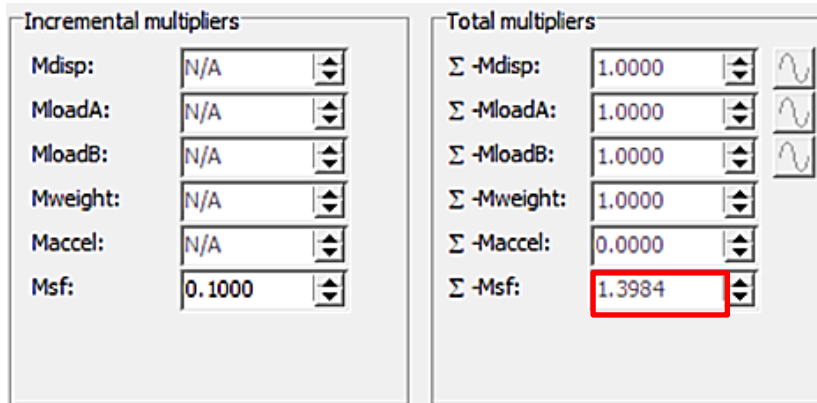
dinding penahan tanah sedalam 20 meter dan diameter 60 cm. Parameter tanah diinput satu-persatu disetiap lapisan tanah sesuai data pada tabel 1 dan tabel 2. Beban luar bangunan juga diinputkan sebesar 2.8 kN/m yang terletak di sebelah BM 2. Lereng digali secara bertahap dengan jumlah 7 tahapan,

dengan tiap galian memiliki kedalaman 1 meter.

Hasil pemodelan program menunjukkan bahwa terjadi pergeseran dinding penahan tanah sebesar 1.11 meter yang dapat dilihat pada Gambar 4. Sedangkan nilai *safety factor* juga dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4.
Total Incremental Displacement



Gambar 5.
Nilai Safety Factor

Berdasarkan gambar 4, dapat dilihat bahwa pergeseran tanah terjadi mayoritas pada lereng bagian atas. Warna kuning hingga merah menunjukkan bahwa pergeseran terjadi sebesar 07-1.2 meter dengan nilai pergeseran tertinggi sebesar 1.11 meter. Nilai tersebut memiliki kemiripan dengan kondisi yang terjadi di lapangan. Nilai *safety factor* lereng dengan

dinding penahan tanah setelah penggalian sedalam 7 meter adalah 1.3984. Meski tergolong aman, nilai faktor keamanan tersebut masih dapat dikatakan lebih rendah dari faktor keamanan yang diizinkan SNI 8460:2017 yaitu ≥ 1.5 . Sehingga, rancangan *secant pile* dengan diameter 60 cm sedalam 20 meter masih berada dibawah standar

keamanan SNI, serta menyebabkan pergeseran dinding sebesar 1.11 meter.

Nilai *safety factor* yang rendah dapat dipengaruhi dari adanya tekanan tanah

lateral pada dinding penahan tanah (Medina, 2023). Nilai tekanan tanah aktif dan pasif yang bekerja di dinding penahan tanah disajikan pada tabel 3.

Tabel 3.

Nilai Tekanan Tanah Aktif dan Pasif yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

Kedalaman	Pp	Pa
0-1	10.52	16.16
1-2.5	72.03	110.69
2.5-6	380.52	584.76
0.6-11	2.30	2,483.87
11-18.5	4,483.99	6,890.73
18.5-20.5	7.58	8,155.64
20.5-22	4,029.71	4,488.28
22-23.4	4,501.33	5,013.57
23.4-28	12,330.99	18,949.52
28-29	33.63	36,172.06
29-30	26,267.89	40,366.90

Berdasarkan tabel 3, dapat dilihat bahwa tekanan pasif aktif lebih besar dari tekanan tanah pasif. Nilai tekanan tanah aktif dapat memberikan tekanan terhadap dinding penahan tanah ke arah galian lereng yang dapat membuatnya tidak stabil dan mengalami pergeseran

Nilai *safety factor* yang kurang dari standart SNI 8460:2017 juga dapat dipengaruhi oleh diameter dinding penahan tanah. Diameter dinding penahan tanah dapat berhubungan dengan kekuatan struktur yaitu semakin besar diameter yang digunakan, maka akan semakin kuat menahan beban (Suroso, dan Meddy, 2008). Di sisi lain, dinding penahan tanah yang terlalu besar juga dapat menyebabkan tegangan yang lebih besar pada struktur, dalam hal ini tanah tidak dapat menahan tegangan pada struktur dan dapat mengalami kegagalan (Nurshinta dan Nurtjahjaningtyas, 2021). Oleh karena itu, optimalisasi desain terhadap diameter dinding penahan tanah dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat

perubahan faktor keamanan serta perubahan pada tingkat pergeseran.

3.2. Perancangan Dinding Penahan Tanah

Perancangan dinding penahan tanah mengacu pada SNI 8460:2017. Tahap awal yang dilakukan adalah menentukan dimensi dinding penahan tanah. Penentuan dimensi dilakukan berdasarkan masukan parameter tanah dan material *secant pile* ke dalam program bantu Geo5. Parameter tanah yang dimasukkan meliputi berat isi tanah, kohesi, sudut geser dalam (ϕ), modulus elastisitas, dan permeabilitas, yang disesuaikan dengan kondisi lapangan. Material *secant pile* dimasukkan dengan data kuat tekan beton, modulus elastisitas beton bertulang, serta diameter tiang yang direncanakan. Dimensi yang ditentukan di langkah awal juga dapat disesuaikan kembali untuk mendapatkan kekuatan dinding penahan tanah yang optimal.

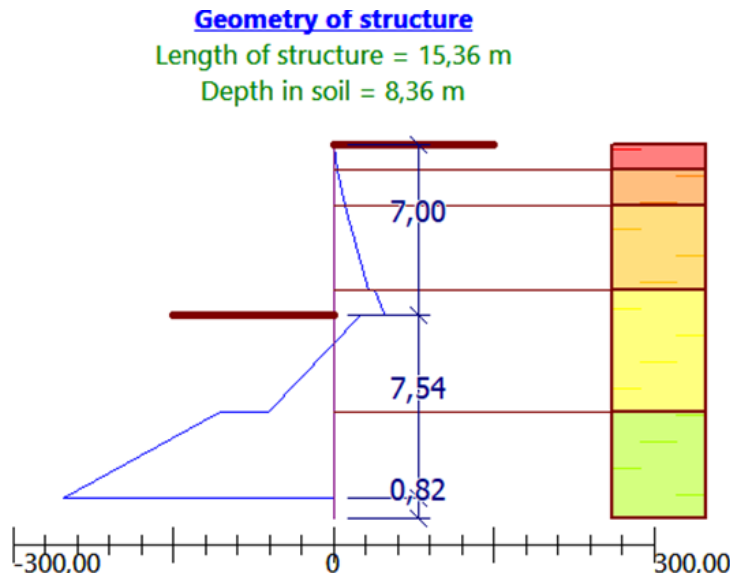
Dinding penahan tanah dalam perencanaan ini dirancang dengan

menggunakan metode *secant pile*, di mana diameter *pile* divariasikan sebesar 70 cm, 80 cm, 90 cm, dan 100 cm untuk mengetahui pengaruh ukuran terhadap stabilitas dan deformasi dinding. Pemilihan variasi diameter ini bertujuan untuk menentukan desain optimal yang mampu menahan gaya lateral tanah secara efektif sekaligus mempertimbangkan aspek keekonomisan proyek. Kedalaman dinding penahan tanah dalam simulasi awal ditetapkan sejauh 20 meter berdasarkan referensi perhitungan dari program bantu, dengan mempertimbangkan kondisi tanah setempat.

Berdasarkan data *input* yang ditampilkan pada Gambar 5, struktur dinding *secant pile* memiliki total panjang efektif sebesar 15.36 meter, dengan bagian penetrasi ke dalam tanah sedalam 8.36 meter. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian struktur dinding berfungsi sebagai elemen penahan di atas muka tanah, sementara sebagian lainnya berfungsi sebagai elemen penahan gaya geser dan momen di bawah permukaan. Secara stratigrafi pada gambar 2, tanah dibagi menjadi beberapa lapisan berdasarkan kedalaman dan karakteristik geoteknisnya,

yaitu lapisan pertama sedalam 7.00 meter, lapisan kedua sedalam 7.54 meter, dan lapisan ketiga sedalam 0.82 meter. Setiap lapisan tanah ini memiliki sifat fisik dan mekanik yang berbeda-beda, sehingga mempengaruhi perhitungan tekanan tanah lateral, kapasitas dukung, serta kebutuhan perkuatan tambahan pada dinding.

Penentuan faktor keamanan dari kedalaman tiang dilakukan dengan program bantu Plaxis. Berdasarkan hasil pemrograman Geo5, kedalaman tiang dinding penahan tanah optimum didapatkan sebesar 15.36 m. Kedalaman tiang tersebut dicoba untuk diketahui faktor keamanan lerengnya dengan menggunakan program Plaxis. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan yang dihasilkan adalah sebesar 1.0519. Nilai faktor keamanan ini menunjukkan nilai keamanan yang cukup, namun masih berada di bawah standar minimum yakni 1.5. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kedalaman tiang 15.36 m merupakan kedalaman minimal rancangan dinding penahan tanah.



Gambar 6.
 Hasil Kedalaman di Geo5

3.3. Analisis Hasil Perancangan Dinding Penahan Tanah

Analisis hasil perancangan dinding penahan tanah dilakukan menggunakan program Plaxis dengan data perancangan.

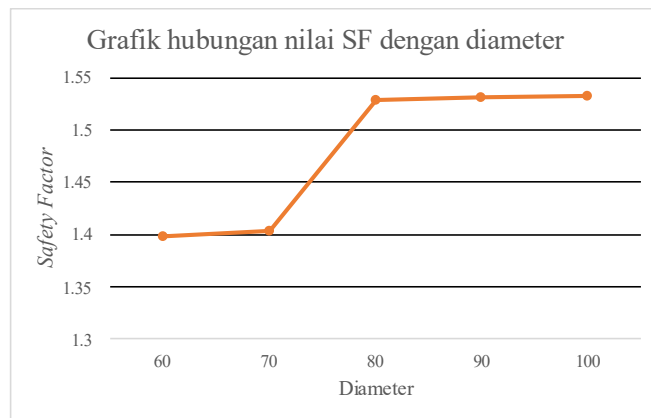
Hasil analisis program Plaxis dapat dilihat pada Tabel 4. Setelah dimensi ditentukan, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis tekanan tanah terhadap dinding penahan tanah.

Tabel 4.
Rekapitulasi Hasil Analisis Dinding Penahan Tanah

Diameter (cm)	Nilai <i>Safety Factor</i>	Pergeseran (m)
60	1.3984	1.22
70	1.4032	0.85
80	1.5282	0.3
90	1.5309	0.26
100	1.5321	0.25

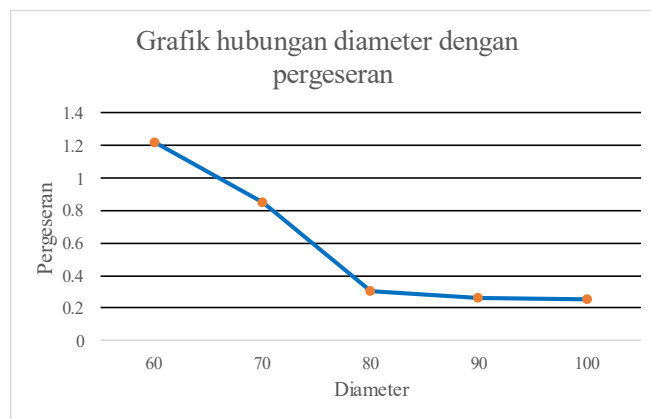
Berdasarkan tabel rekapitulasi hasil analisis perencanaan Dinding Penahan Tanah, didapatkan hubungan yang terjadi antara

perbesaran diameter dinding penahan tanah dengan *safety factor* dan pergeseran yang dapat dilihat pada gambar 6 dan 7.



Gambar 7.

Grafik Hubungan Nilai *Safety Factor* dengan Diameter



Gambar 8.

Grafik Hubungan Nilai Pergeseran dengan Diameter

Berdasarkan grafik 6 dan 7 tersebut, dapat dilihat bahwa nilai *safety factor* akan berangsur-angsur meningkat seiring dengan perbesaran diameter dinding penahan tanah. Demikian sebaliknya, pergeseran tanah turut menurun seiring dengan perbedaan diameter dinding penahan tanah yang digunakan. Angka pergeseran akan bertambah kecil seiring dengan bertambahnya besar diameter dinding penahan tanah (Amariansah dan M. Doni Febriansah, 2021). Dengan demikian, upaya optimalisasi dinding penahan tanah dengan perbesaran diameter dapat memberikan hasil yang positif dalam segi nilai *safety factor* maupun pergeseran. Mengacu pada hasil analisa, diameter efektif untuk diterapkan pada lokasi pembangunan adalah 80 cm, dengan nilai *safety factor* sebesar 1.5282 dan pergeseran sebesar 0.3 meter.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan mengenai evaluasi pekerjaan konstruksi galian tanah, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil output pemrograman, desain awal *secant pile* dengan diameter 60 cm sedalam 20 meter masih dapat pergeseran sebesar 1.11 meter dengan nilai *safety factor* sebesar 1.3984. Nilai *safety factor* masih tergolong aman, namun masih berada dibawah ketentuan desain menurut SNI 8460:2017 yakni sebesar 1.5.
2. Optimalisasi rancangan secant pile dilakukan melalui simulasi variasi diameter 70 cm, 80 cm, 90 cm, dan 100 cm menggunakan program Geo5. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan diameter tiang menghasilkan kenaikan *safety factor* dan pengurangan deformasi lateral dinding. Pada diameter 70 cm, faktor keamanan masih di bawah standar 1.5 dengan pergeseran lateral sekitar 0.5 meter. Diameter 80 cm menghasilkan faktor keamanan sekitar 1.52 dan deformasi berkurang menjadi 0.3 meter,

memenuhi standar minimum yang disyaratkan. Diameter 90 cm dan 100 cm menghasilkan faktor keamanan lebih tinggi, namun dengan pertimbangan keekonomisan, diameter 80 cm dipilih sebagai diameter efektif. Berdasarkan output grafik hubungan diameter dengan faktor keamanan dan deformasi lateral dari Geo5, diameter 80 cm dinilai optimal karena memenuhi aspek stabilitas struktur dan efisiensi biaya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, D. R. H., & MH, S (2003). "Pembangunan Berkelanjutan Dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam Indonesia." In Seminar Pembangunan Hukum Nasional Viii,
- Amariansah, Widayat, Apriyanto Apriyanto, and M. Doni Febriansah (2021). "Optimalisasi Daya Dukung Kelompok Tiang Di Tanah Lunak." *Neo Teknika* 7.2: 32-36.
- Bowles, E Joseph . (1989). "Sifat-sifat fisis dan Geoteknis Tanah.", Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M (1985). "Mekanika Tanah (Jilid 1)", Jakarta: Erlangga.
- Harjadi, Beny, and Paimin Paimin (2013). "Teknik Identifikasi Daerah Yang Berpotensi Rawan Longsor Pada Satuan Wilayah Daerah Aliran Sungai." *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 10.2, 163-174.
- Hawabi, M., Shaikh, S., Naik, D. A., Talekar, V., Prathamesh, M., Gawas, D., Joy, M. L., Dantas, M. A., Sawant, S. V., & Yash, S. (2023). "Analysis And Design Of A Retaining Wall". *International Research Journal Of Modernization In Engineering Technology And Science*. <https://doi.org/10.56726/irjmets43900>
- Medina, J. (2023). "Analysis of Stability and Earth Thrust Against Retaining Walls" (pp. 32–44). <https://doi.org/10.9734/bpi/eieges/v5/6983c>

- Muntohar, A. S (2009). *“Mekanika Tanah”*. Yogyakarta: Omah Buku.
- Nurshinta, H., Putra, P. P., & Nurtjahjaningtyas, I (2021). *“Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Terhadap Drawdown Pada Lereng Sungai Area Dam Badeng Kecamatan Songgon, Banyuwangi.”* In Fropil (Forum Profesional Teknik Sipil) (Vol. 9, No. 2, Pp. 86-94).
- Rajapakse, R. (2016). *“Geotechnical engineering software”*. (pp. 269–276). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804698-2.00026-X>
- Seo, S. I., Park, J., Ko, Y., Kim, G., & Chung, M. (2023). Geotechnical factors influencing earth retaining wall deformation during excavations. *Frontiers in Earth Science*. <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1263997>
- Suroso, Suroso, Harimurti Harimurti, and Meddy Harsono (2008). *“Alternatif perkuatan tanah lempung lunak (soft clay), menggunakan cerucuk dengan variasi panjang dan diameter cerucuk.”* *Rekayasa Sipil 2.1*: 47-62.
- Tomar, A., Lohar, J., & Shrivastava, N. (2024, Juni). *“Parametric Study of Mechanically Stabilised Earth Wall using PLAXIS”*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1326, No. 1, p. 012126). IOP Publishing.
- Yadav, P., Singh, D. K., Dahale, P. P., & Padade, A. H. (2020). *“Analysis of retaining wall in static and seismic condition with inclusion of geofom using Plaxis 2D”*. *Geohazards: Proceedings of IGC 2018* (pp. 223-240). Singapore: Springer Singapore.



Copyright© by the authors. Licensee Jurnal Ilmiah MITSU, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Halaman ini sengaja dikosongkan