

Analisis Deep Excavation: Perbandingan Secant Pile Dan Open Cut Basement Hotel Grand Jambo Jember
Deep Excavation Analysis: Comparison of Secant Pile and Open Cut Basement Hotel Grand Jambo Jember

Muhammad Abrar Azmi¹⁾, Arief Alihudien²⁾, Pujo Priyono³⁾

¹Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember
email: azmi07079@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember
email: muhtar@unmuhjember.ac.id

³Dosen Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember
email: totok@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Dinding penahan tanah adalah konstruksi yang dirancang dan dibangun guna menahan tekanan lateral dari tanah, baik itu tanah asli atau tanah urug yang tidak stabil, sehingga aman dari penggulingan, pergeseran dan kegagalan kapasitas daya dukung tanah. *Basement* adalah struktur atau lapisan bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah atau lantai dasar sebuah bangunan. Basement biasanya digunakan sebagai ruang tambahan untuk penyimpanan, utilitas, atau ruang hidup. Dalam teknik sipil, fungsi utama basement adalah untuk memberikan ruang tambahan atau fungsi khusus yang mungkin tidak praktis atau diinginkan di lantai atas bangunan. Tujuan pada penelitian ini untuk analisis eksisting Basement Hotel Grand Jambo Jember dengan menggunakan metode Software PLAXIS 8.6, untuk mendapatkan hasil yang lebih efektif ketika data yang digunakan hanya data primer dengan metode tak terhingga. Pada analisa plaxis yang telah dilakukan diketahui kedalaman secant pile yang harus tertanam didalam tanah sebesar 8 meter. Untuk nilai safety factor yang didapatkan dari penggunaan secant pile sebesar 2.878, dapat dikatakan aman karena batas keamanan lereng sebesar 1,5.

Kata Kunci: *Basement*, Dinding Penahan Tanah, Plaxis,

Abstract

A retaining wall is a structure planned and constructed to resist lateral earth pressures generated by unstable soil or native soil, in order to be safe against shifting, overturning and collapse of the soil bearing capacity). Basement is a structure or layer of building located below ground level or the ground floor of a building. Basements are typically used as additional space for storage, utilities, or living space. In civil engineering, the main function of a basement is to provide additional space or special functions that may not be practical or desirable on the upper floors of a building. The aim of this research is to analyze the existing Basement of Grand Jambo Jember Hotel using the PLAXIS 8.6 Software method, to get more effective results when the data used is only primary data with the infinity method. In the plaxis analysis that has been carried out, it is known as the depth of the secant pile that must be embedded in the ground is 8 meters. For the safety factor value obtained from the use of secant pile of 2.878, it may be said to be safe because the safety limit of the slope is 1.5.

Keywords: *Basement*, Retaining wall, Plaxis,

1. PENDAHULUAN

Kegiatan pembangunan infrastruktur berkembang lebih cepat sebagai akibat dari bertambahnya jumlah penduduk. Keterbatasan lahan adalah masalah utama dalam pembangunan infrastruktur ini. Kantor, mall, hotel, dan apartemen yang dibangun dengan tujuan menampung banyak orang memerlukan lahan dan ruang yang besar. Membangun gedung bertingkat dapat dibangun vertikal ke atas dan ke bawah adalah solusi untuk kebutuhan ruang yang besar. Biasanya, basement dibangun untuk tempat parkir mobil dan gudang barang. Membangun basement memerlukan pembangunan dinding penahan tanah untuk melindungi tanah di sekitar basement dari longsor.

Dinding penahan tanah adalah konstruksi yang dirancang dan dibangun guna menahan tekanan lateral dari tanah, baik itu tanah asli atau tanah urug yang tidak stabil, sehingga aman dari penggulingan, pergeseran dan kegagalan kapasitas daya dukung tanah (Ariyani dan Asrulfa, 2012).

Konstruksi dinding penahan tanah harus mempertimbangkan kestabilan dan aspek keamanan karena kesalahan dapat mengakibatkan kerugian materi dan korban jiwa. Dalam proyek pembangunan, pemilihan jenis dinding penahan tanah sangat penting karena mempengaruhi biaya, kualitas, dan waktu pelaksanaan. Berbagai jenis dinding penahan tanah dapat dipilih berdasarkan kondisi lapangan, bangunan, tanah, geoteknik, muka air, dan daya dukung, seperti dinding penahan tanah cantilever, gravitasi, beton blok, secant, diaphragm, dan contiguous pile (Zulfikar, 2020).

Dinding penahan tanah dibangun untuk mempertahankan dua muka elevasi tanah (Coduto, 2001). Pekerjaan ini harus dilakukan sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan oleh konsultan perencana dan diatur dalam kontrak. Persyaratan yang harus dipenuhi meliputi toleransi pergeseran vertikal dan horizontal, kualitas campuran beton, kualitas besi beton, dan tingkat kebocoran selama penggalian dinding penahan tanah dan basement (Alatas, 2023).

Salah satu metode konstruksi yang digunakan untuk membangun dinding penahan tanah di bangunan bawah tanah, seperti basement, adalah secant pile. Metode ini menggunakan dua jenis pondasi pancang beton bertulang, yaitu pondasi primer dan sekunder. Pondasi primer dipasang terlebih dahulu, kemudian pondasi sekunder dimasukkan di antara pondasi primer setelah betonnya mengeras, membentuk celah "secant" yang memungkinkan dinding penahan menjadi lebih stabil dan kedap air (Maulida dkk, 2023).

Penelitian kali ini bertujuan untuk menganalisis eksisting Basement Hotel Grand Jambo Jember dengan menggunakan metode Software PLAXIS 8.6 karena lebih efektif

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Basement*

Basement adalah struktur atau lapisan bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah atau lantai dasar sebuah bangunan. Basement biasanya digunakan sebagai ruang tambahan untuk penyimpanan, utilitas, atau ruang hidup. Dalam teknik sipil, fungsi utama basement adalah untuk memberikan ruang tambahan atau fungsi khusus yang mungkin tidak praktis atau diinginkan di lantai atas bangunan. Basement juga dapat digunakan sebagai perlindungan dari gempa bumi, cuaca ekstrim, atau kondisi lainnya.

Dalam perancangan dan konstruksi, aspek-aspek seperti drainase, penyegelan, dan kekuatan struktural basement sangat diperhatikan untuk memastikan bahwa ruang bawah tanah tersebut dapat berfungsi dengan baik dan aman. Selain itu, penerapan teknik-teknik konstruksi dan material yang sesuai menjadi kunci dalam membangun basement yang efisien dan andal dalam proyek teknik sipil.

Dalam metode konvensional, konstruksi basement dibangun setelah semua pekerjaan galian selesai dan mencapai elevasi yang direncanakan. Untuk membuat fondasi raft, pelat basement paling bawah dicor terlebih dahulu dengan metode papan catur. Kemudian, scaffolding digunakan untuk menyelesaikan basement mulai bawah ke atas. Pada kolom, balok, dan slab dapat dicor di tempat. Dengan

penerapan metode ini, galian tanah dapat dilakukan secara terbuka dan seringkali tidak menggunakan pelepasan air. Sebaliknya, sistem predrainage dan struktur dinding penahan tanahnya dibangun dengan balok baja stainless yang dapat bertahan lama atau sementara dengan kekuatan *strutting*, *free cantilever*, atau *ground anchor*.

B. Diafragma wall

Nama lain untuk dinding diafragma adalah dinding campuran. Metode ini telah digunakan secara luas di seluruh dunia sejak digunakan pertama kali di Italia pada tahun 1950. Jumlah teknik dan peralatan konstruksi baru terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi. Contohnya termasuk metode dinding basement (BW) dan metode Impresa Costruzioni Opera Specializzate (ICOS), yang dikembangkan oleh dua perusahaan dari Jepang dan Italia. Beberapa negara di Asia menggunakan metode ini dengan sering (Ou, 2006).

C. Secant Pile

Dinding secant pile adalah dinding menerus yang merupakan pengembangan dari dinding bor. Dibuat dengan cara yang sama seperti dinding bor, yaitu dengan mengebor tanah hingga mencapai kedalaman tertentu yang direncanakan, kemudian dilakukan pengecoran. Secant pile terdiri dari rangkaian dinding bored pile yang saling tersambung. Dinding secant pile terdiri dari dua jenis tiang: tiang utama (primary pile) dan tiang kedua (secondary pile). Pada sebagian besar proyek yang menggunakan interlocking secant pile, pada tiang kedua dipasang tulangan, tetapi pada beberapa proyek, tulangan dipasang pada kedua tiang utama dan primary pile. Pile secant kini banyak digunakan sebagai dinding penahan tanah karena proses pembuatannya yang relative mudah dan cepat. Selain itu, pemasangannya secant pile tidak menimbulkan polusi suara, tidak mengganggu struktur bangunan di sekitarnya. Dinding ini juga efektif dalam membentuk dinding yang terus menerus yang kedap. (RH Harahap 2015)

D. Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng banyak diterapkan pada perancangan berbagai bangunan seperti

jalan raya, jalan, kereta api, bandara, saluran, bendungan, urugan tanah, dan jalan lainnya. Menurut Hardiyatmo (2003), stabilitas lereng biasanya digunakan untuk menilai keamanan lereng alam, galian, dan urugan tanah. Lereng dapat mengalami longsor jika gaya pendorong melebihi gaya penahan sehingga dapat menyebabkan ketidakseimbangan gaya. Menurut Tergazhi (1950) kelongsoran lereng diakibatkan oleh dua kategori: pengaruh dalam atau internal dan pengaruh luar atau eksternal. Aspek keamanan didefinisikan sebagai rasio meliputi gaya penahan dan gaya pendorong (Hardiyatmo, 2014). Rumus untuk menentukan faktor keamanan dapat ditemukan pada persamaan berikut

(2.1) Nilai faktor keamanan untuk perancangan lereng

Tabel 1. Nilai faktor keamanan untuk perencanaan lereng.

Faktor keamanan (F)	Keadaann lereng
$F < 1,00$	Lereng dalam kondisi tidak mantap (lereng <i>labil</i>)
$1,00 < F < 1,20$	Lereng dalam kondisi kemantapan diragukan
$1,30 < F < 1,40$	Lereng dalam kondisi memuaskan
$1,50 < F < 1,170$	Lereng dalam kondisi mantap (lereng <i>stabil</i>)

Sumber: Sosrodarsono, 2003.

Keterangan:

SF = Faktor aman

T = Tegangan geser yang dapat dilakukan tanah (kN/m²)

τ_d = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor (kN/m²)

Tabel 2. Hubungan nilai faktor keamanan dengan intensitas longsor.

Nilai Faktor Keamanan	Kemungkinan longsor
$F < 1,07$	Longsor Terjadi Biasa / Sering (lereng <i>labil</i>)
$1,07 < f < 1,25$	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
$f > 1,25$	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

Sumber: Bowles, 1989.

Untuk melakukan analisis stabilitas lereng dibagi dalam beberapa metode yang sering digunakan, seperti analisis metode stabilitas lereng lempung dan analisis stabilitas tanah kohesif dengan memakai diagram (Taylor 1948). Pada kasus tanah yang non homogen dan mempunyai arus air tanah yang tidak selalu memakai teknik irisan (Method of slice). Ada beberapa metode yang termasuk kedalam metode irisan meliputi sistem Diagram Spenser (1967), Diagram Morgenstern (1963), Diagram Bishop dan Morgenstern (1960), Simplified Bishop Method (1955), dan Fellenius (1927).

E. Dinding Penahan Tanah

Dibangun untuk menstabilkan jenis tanah tertentu, dinding penahan tanah biasanya dipasang di wilayah tebing yang tidak stabil. Jenis konstruksi termasuk pasangan batu dengan kayu, mortar, beton, pasangan batu kosong, dll. Konstruksi penahan tanah bertujuan untuk mencegah tanah di bawahnya longsor karena:

- Berat tanah
- Benda-benda yang ada atas tanah (kendaraan, perkerasan & konstruksi jalan, jembatan, dll).
- Berat air.

Dinding penahan tanah merupakan konstruksi yang berfungsi agar dapat menahan tekanan horizontal tanah saat terjadi perbedaan elevasi yang berada di atas sudut kemiringan tanah. Tekanan tanah lateral yang terletak di akhir dinding penahan tanah berkaitan dengan kohesi tanah (c') dan sudut geser dalam tanah (ϕ').

F. Jenis Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan merupakan rangkaian sipil yang dibuat agar dapat menopang tanah yang memiliki kemiringan atau gradien di mana stabilitas tanah tidak dapat dipastikan oleh tanah tersebut, begitu juga dalam mempertahankan permukaan yang tegak lurus. Stabilitas dinding penahan dipengaruhi oleh berat struktur dan tanah di atas pelat pondasi. Ada berbagai jenis dinding penahan yang dapat digunakan tergantung pada kondisi dan kebutuhan kemiringan tertentu di lokasi. Dinding penahan gravitasi adalah jenis dinding penahan yang umumnya dipergunakan yang lereng yang lebih

pendek. Dinding tersebut terbuat dari beton atau batu tanpa tulangan dan menopang lereng dengan beratnya sendiri. Untuk lereng yang tingginya kurang dari 6 m, dinding penahan gravitasi sebagian besar digunakan.

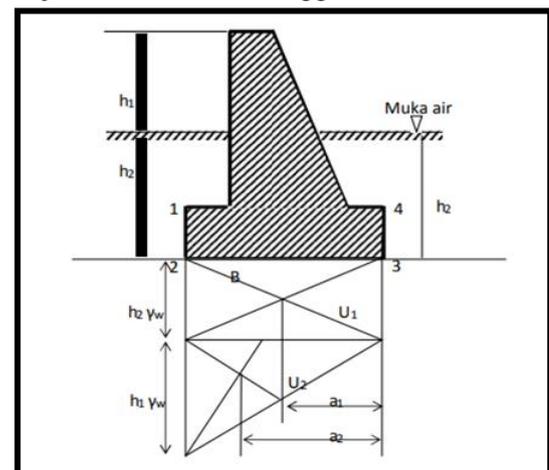
- Dinding contiguous bored pile,
- Dinding diafragma,
- Dinding secant pile,
- Dinding soldier pile,
- Dinding sheetpile baja,
- Dinding sheetpile beton, corrugated dan flat.

G. Tanah

Tanah adalah bahan yang meliputi dari kombinasi butiran dengan atau tanpa bahan organik. Sifat teknis tanah, kecuali diakibatkan melalui karakteristik pembantu induk, juga terefek dari materi eksternal dapat menyebabkan pelapukan batuan.

H. Gaya Angkat (Uplift)

“Uplift” adalah gaya apung karena tekanan air tanah, yang akan menyebabkan kebutuhan untuk melakukan studi tentang stabilitas. Untuk struktur di wilayah yang menampung air atau memiliki permukaan air yang tinggi, terjadi tekanan hidrostatik, yang memperkecil ukuran angka keselamatan (SF). Tekanan air dapat berpengaruh di gaya vertikal dan mengakibatkan hambatan pada bantalan menjadi lebih rendah, sehingga berpotensi terjadi bantalan lebih tinggi.



Gambar 1. Pengaruh gaya angkat pada dinding penahan tanah.

Sumber: Robydiansyah, 2012.

I. Beban Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

Beban merupakan suatu gaya yang dibawa oleh konstruksi bangunan. Macam beban yang bekerja pada konstruksi bangunan sebagai berikut:

a. Beban Mati

Beban mati merupakan beban yang memiliki besaran tetap dengan dalam posisi yang tidak berubah. Beban ini meliputi bobot mati yang struktur serta beban lainnya yang menempel secara permanen pada konstruksi.

b. Beban Hidup

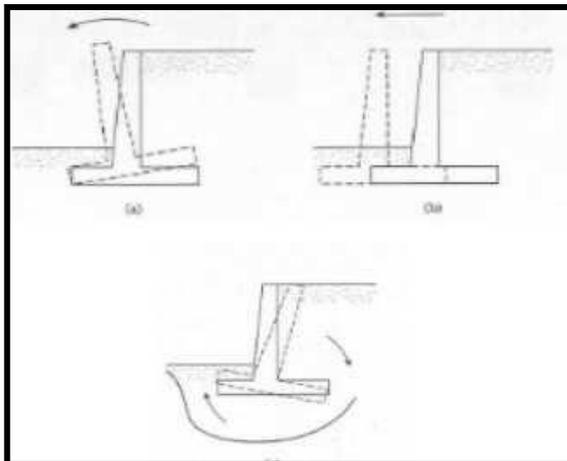
Beban hidup merupakan beban yang tidak konstan yang mampu memengaruhi beban konstruksi atau komponen lainnya. Macam beban hidup lainnya termasuk tekanan air, beban lumpur, angin, tekanan tanah, hingga beban yang disebabkan oleh pekerjaan struktur.

J. Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Terdapat berbagai faktor yang dapat mengakibatkan keruntuhan pada dinding penahan tanah, diantaranya yaitu:

- keruntuhan daya dukung
- penggulingan
- penggeseran

Oleh karena itu, saat merancang dinding penahan tanah, tindakan awal yang harus dilakukan yaitu menentukan ukuran dinding penahan untuk memastikan keseimbangan dinding penahan. Dinding penahan harus stabil terhadap penyangga dan daya dukung beban tanah.

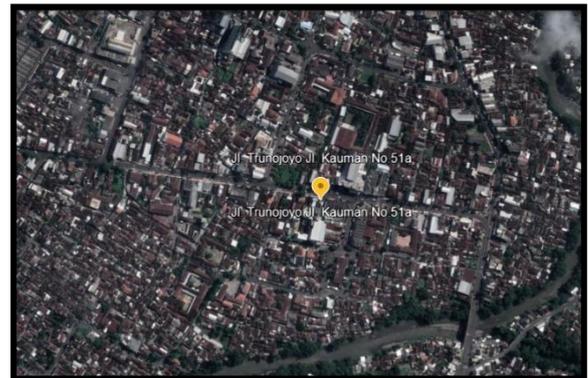


Gambar 2. Jenis-jenis keruntuhan dinding penahan tanah

Sumber: Irwan Soewandi, 2012.

3. METODE PENELITIAN

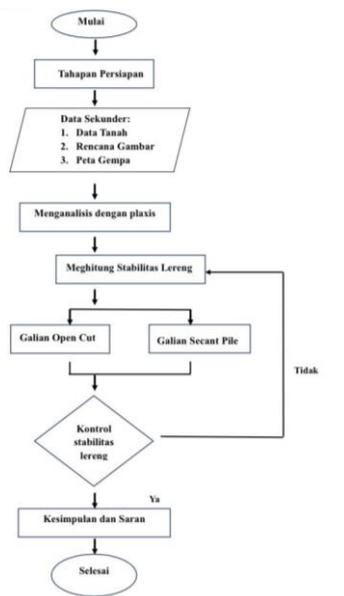
Secara administrasi Lokasi penelitian Proyek Hotel Grand Jambo berada di Jl.Trunojoyo 51a , Kecamatan Kaliwates, Kabupaten. Jember, Jawa Timur. Secara geologis lokasi penelitian seperti yang ditampilkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Lokasi Proyek Hotel Grand Jambo

Sumber: Google Earth, 2024.

Dalam perencanaan penyusunan tugas akhir ini, maka diperlukan suatu metodologi/diagram alur bertujuan untuk menganalisis eksisting Basement Hotel Grand Jambo Jember dengan menggunakan metode Software PLAXIS 8.6 dikarenakan lebih akurat dan efektif apabila data yang digunakan berasal dari data primer saja dan menggunakan metode tak terhingga agar berjalan sesuai dengan harapan. Adapun tahapan penelitian disajikan secara sistematis.



Gambar 4. Rancangan penelitian
 Sumber: Data Penelitian, 2024.

Data yang diperoleh merupakan data yang berasal dari Testana Engineering. Data yang diperoleh adalah data tanah (Sondir, SPT, uji laboratorium), data layout bangunan (denah lantai, tampak, potongan bangunan, preliminary dinding penahan). Data yang dibutuhkan yaitu:

a. Data Geoteknik Tanah

Data tes tanah lapangan dan laboratorium yang dilakukan oleh CV. Testana Engineering., yang terdiri dari data N-SPT. Selain data Sondir terdapat data uji laboratorium, Indeks properties tanah dan Engineering properties tanah. Data tanah dicari untuk mengetahui besaran parameter, sifat fisis dan sifat teknis dari tanah. Berikut hasil pengujian tanah yang di peroleh dari laboratorium.

b. Secant Pile

Tabel 3. Spesifikasi Secant Pile

Parameter Secant Pile	Nilai	Satuan
D Primary Pile	0,8	m
D Secondary Pile	0,6	m
Luas Penampang DPP	0,5024	m
Luas Penampang DSP	0,20096	m ²
Mutu Beton	40	MPa
Mutu Baja Tulangan	400	MPa
Modulus Elastisitas Beton	31,528,558	Kn/m ²
Modulus Elastisitas Betonite	23500000	Kn/m ²
EA	15,839,948	Kn/m ²
EI	63,369,791	Kn/m ²
W	120,576	Kn/m

Sumber: Hasil Analisis, 2024.

Penelitian ini akan menggunakan Secant pile yang dimana menggunakan spesifikasi yang tertera dibawa.

Dalam metoda analisis dilakukan dalam beberapa tahan antara lain:

- Menghitung stabilitas lereng sebenarnya menggunakan program plaxis
- Menghitung stabilitas lereng dengan menggunakan dinding penahan secant pile

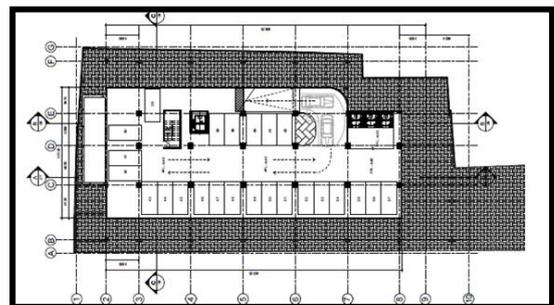
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Stabilitas Lereng Asli

Agar dapat melakukan proses perhitungan analitis tekanan lateral tanah yang terjadi pada suatu dinding penahan tanah, pertama-tama perlu mengetahui parameter tanah di lokasi tersebut. Data tentang parameter tanah ini dapat diperoleh dari hasil pengujian lapangan dan laboratorium, serta dari deskripsi dan parameter tanah. Untuk melengkapi data yang tidak ada pada kedua pengujian tersebut, studi parameter tanah dilakukan secara jelas.

a. Stabilitas Eksisting Basement Hotel Grand Jambo Jember

Dalam penelitian ini, lebih efektif untuk analisis yang ada dari Basement Hotel Grand Jambo Jember dengan software PLAXIS 8.6 jika data yang digunakan hanya data primer dengan menggunakan metode tak hingga. basement tanah pertama kali dibuat menggunakan perangkat lunak Autocad guna memperoleh titik koordinat yang dapat dimasukkan ke dalam perangkat lunak Plaxis 8.6. Kondisi eksisting Basement dari Hotel Grand Jambo dapat dilihat Gambar 4.1

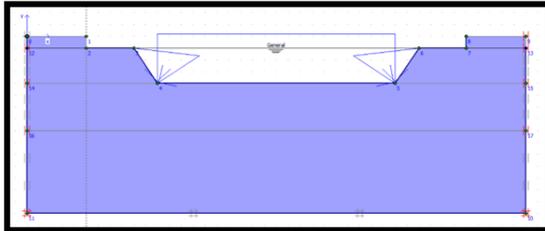


Gambar 5. Gambar Existing

Sumber: Data Proyek, 2024.

b. Tata Letak Muka Air Sungai

Didapatkan dari hasil survei lapangan ketinggian maksimum muka air Basement Grand Jambo Jember terletak pada ketinggian 1 m dibawah eksisting seperti yang terlihat pada **Gambar 6**.

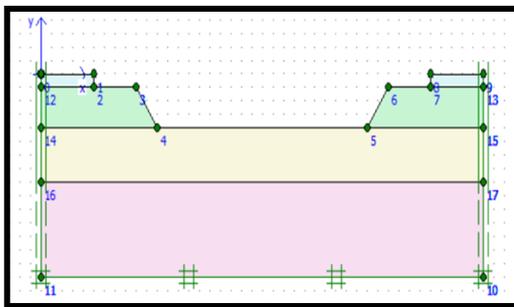


Gambar 6. Gambar Muka Air Tanah

Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

B. Permodelan Open Cut Menggunakan Program Plaxis

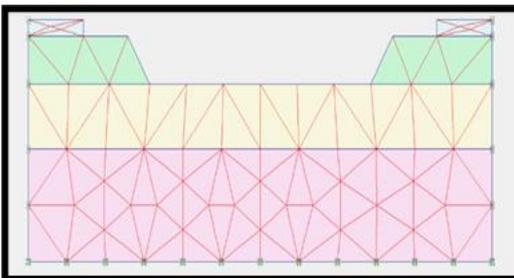
Pada tahap pemodelan seluruh parameter tanah yang telah didapat pada uji sondir dan uji borlog dimasukkan ke program plaxis untuk mengetahui nilai stabilitas lereng asli tersebut. Input pemodelan lereng asli seperti yang terlihat pada **Gambar 7** berikut ini:



Gambar 7. Pemodelan Melintang *Open Cut*

Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

a. Pembuatan Jaring Elemen



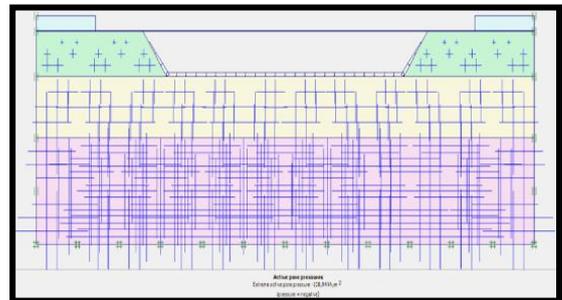
Gambar 8. Jaring-jaring Elemen

Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

Setelah kondisi batas diaplikasikan pada model, hal yang dilakukan berikutnya yaitu membagi model geometri menjadi beberapa elemen imajiner (mesh). Pembentukan jaring-jaring elemen pada program plaxis yang telah dibuat seperti yang terlihat pada **Gambar 8**.

b. Perhitungan Tegangan Awal

Pada fase awal perhitungan tegangan, dihitung dengan plastis, di mana penggali tanah yaitu 1. Perhitungan ini dikatakan dengan beban gravitasi dan hanya mencakup struktur tanah dan batuan yang membentuk lereng pada fase perhitungan.



Gambar 9. Perhitungan Tegangan Awal

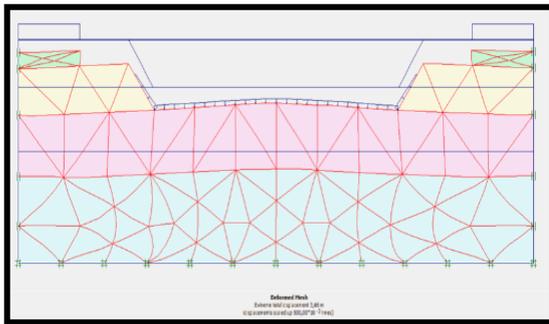
Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

c. Tahap Calculation

Fase ini dilakukan ketika seluruh parameter tanah selesai dimasukkan dan dilakukan perhitungan seperti pada Bab III, selanjutnya barulah tahap calculation dapat dilakukan. Pada langkah ini digunakan sebagai langkah untuk melakukan perhitungan selanjutnya. Dimana tahap ini dimulai dari memasukkan berat sendiri hingga pada tahap perhitungan sehingga memperoleh nilai angka keamanan atau safety factor.

d. Hasil Output Program plaxis

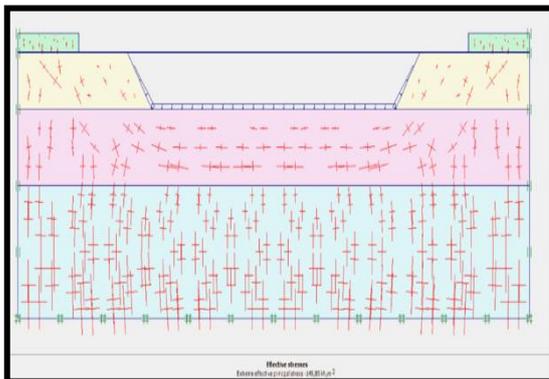
Selesaiya dilakukan perhitungan diatas dan dianalisis, tahap berikutnya yaitu untuk mengetahui besarnya perpindahan runtuhnya lereng serta angka keamanan lereng. Hasil yang didapat dianalisis dengan aplikasi plaxis seperti yang tertera pada gambar berikut.



Gambar 10 Deformed Mesh Open Cut

Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

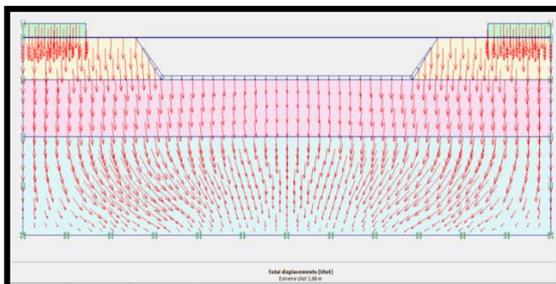
Untuk hasil deformed mesh terlihat pada gambar 4.6, dimana didapatkan Extreme total displacement dengan hasil sebesar 500,00 x 10⁻³ m. Besarnya nilai *effective stress* sebesar -149,85 kN/m² seperti pada **Gambar 11** dibawah ini.



Gambar 11. *Effective Stress* galian open cut

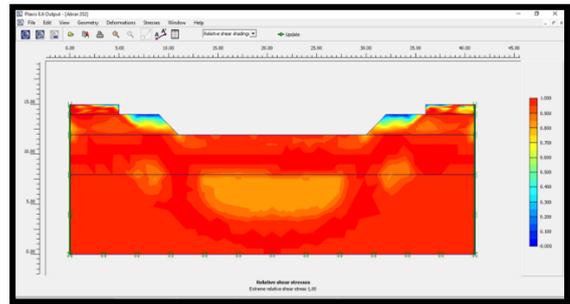
Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

Untuk arah pergerakan potensial longsor dapat dilihat dari **Gambar 12** dan **13** dibawah ini.



Gambar 12. Pergerakan Tanah Lereng Asli

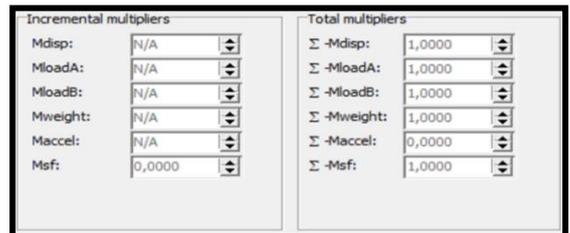
Sumber: Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 13. Daerah Potensial Keruntuhan Open cut

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Saat menentukan stabilitas lereng, ini disebut sebagai faktor keamanan, faktor keamanan adalah perbandingan antara gaya pendorong dan gaya penahan. Gaya tarik merupakan gaya yang mencegah tanah longsor, sedangkan gaya dorong adalah gaya yang menyebabkan tanah longsor. Perbandingan antara kedua gaya tersebut dikenal sebagai faktor keamanan (FC). Keadaan kemiringan dapat dinyatakan stabil jika nilai faktor keamanan yang dihasilkan lebih besar dari 1 ($FK > 1$). Bowles (1989) menggambarkan kondisi lereng berdasarkan faktor keamanan (SF). Besarnya angka keamanan atau safety factor yang dapat dilihat dari **Gambar 14** didapatkan angka keamanan sebesar 1,0000.

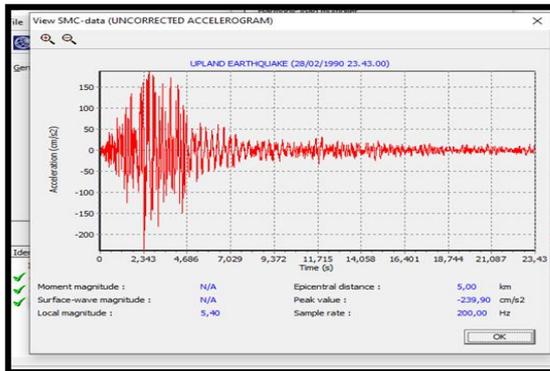


Gambar 14. Angka Keamanan Atau *Safety Factor*

Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

e. Hasil Output Program Plaxis Open Cut Setelah Gempa

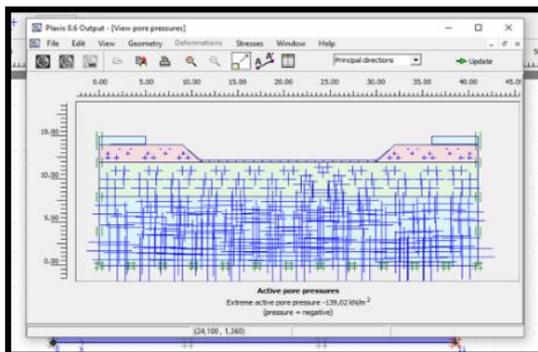
Pada case satu ini berbeda dari case satu sebelumnya dikarenakan ada penambahan data gempa. Nantinya dapat diketahui kelongsoran yang mungkin akan terjadi bagaimana jika ada penambahan beban gempa. Berikut merupakan beban gempa yang akan digunakan.



Gambar 15. Hubungan Antara Percepatan Gempa Dan Waktu.

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

f. Perhitungan tegangan Awal Open Cut Setelah Gempa

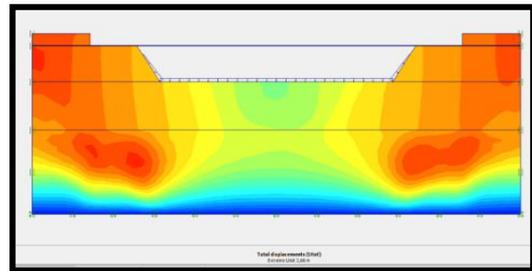


Gambar 16. Perhitungan Tegangan Awal Open Cut Setelah Gempa.

Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

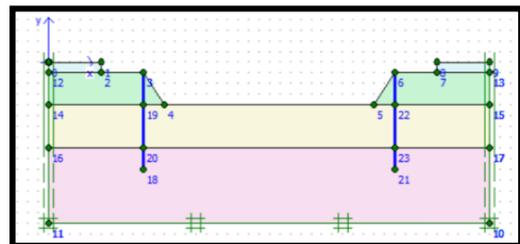
C. Analisis Stabilitas Secant Pile

Pada tahap perhitungan tegangan awal, dihitung menggunakan plastis dimana faktor pengali tanah adalah 1. Perhitungan ini diketahui sebagai beban gravitasi (gravity load) dan dari tahap perhitungan hanya melibatkan struktur tanah dan batuan pembentuk lereng. Gambar tegangan dapat dilihat pada gambar 17 berikut. Dari gambar 18 didapatkan *active pore pressure* setelah gempa yaitu sebesar -139,02 kN/m².



Gambar 17. Daerah Potensial Keruntuhan Open Cut Setelah Gempa

Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

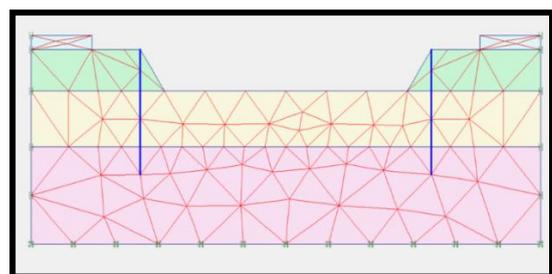


Gambar 18. Pemodelan Melintang Secant Pile Input Plaxis

Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

a. Pembuatan Jaring Elemen

Setelah menrapkan kondisi batas pada model, langkah berikutnya yaitu membagi elemen sebagai unsur-unsur imajiner (meshing). Hasil jaring- jaring elemen pada program plaxis ini digunakan jenis fine. Jaring-jaring elemen yang dibuat seperti yang tertera dari **Gambar 19**.



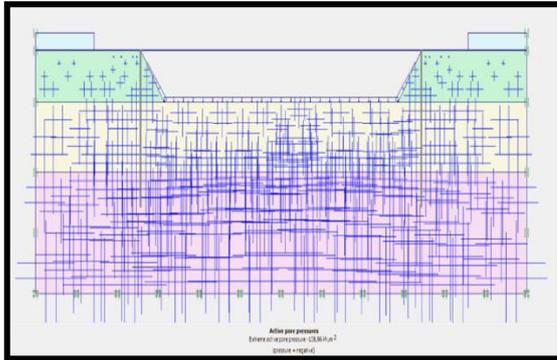
Gambar 19. Jaring-jaring Elemen

Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

b. Perhitungan Tegangan Awal

Tegangan awal dapat dikalkulasi menggunakan plastis dimana faktor pengali tanah adalah 1. Perhitungan ini disebut beban gravity dan hanya mencakup struktur batuan dan tanah yang membentuk kemiringan pada fase perhitungan. Diagram tegangan dapat dilihat pada **Gambar 20** dimana menunjukkan

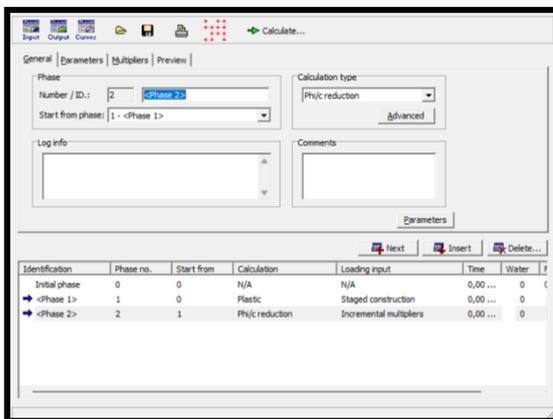
nilai tekanan pori aktif -128.96 kN/m².



Gambar 20. Perhitungan Tegangan Awal
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

c. Tahap calculation

Setelah pemodelan dilakukan pada fase entri data, fase perhitungan mengikuti. Pada fase ini, analisis dilakukan sesuai dengan ketentuan model yang ditentukan dalam entri data. Ada beberapa jenis perhitungan, yaitu konsolidasi, tipe plastis, reduksi phi/c, dan analisis dinamis. Langkah selanjutnya, setelah semua parameter telah dimasukkan dan perhitungan telah dilakukan seperti pada Bab III, maka dilakukan fase perhitungan seperti yang ditunjukkan pada gambar.

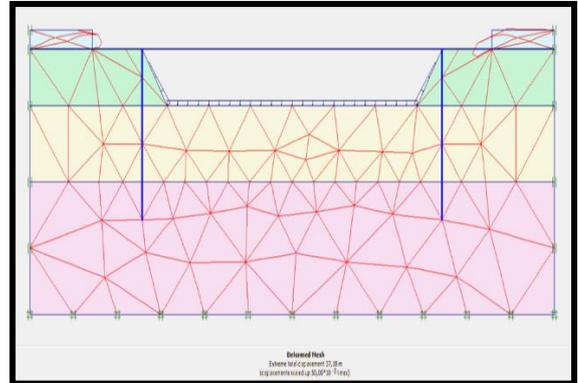


Gambar 21. Analisis Perhitungan Secant Pile
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

d. Hasil Output dengan Program Plaxis

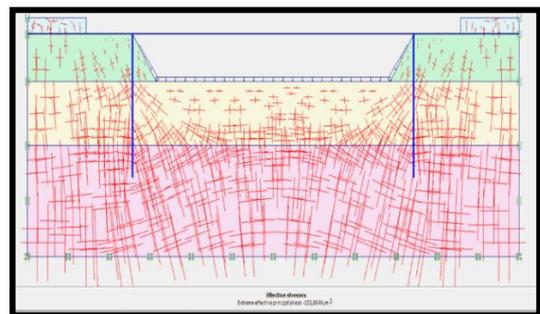
Selanjutnya setelah dilakukan perhitungan selesai dilakukan analisis lalu tahap berikutnya dapat diperoleh angka displacement keruntuhan lereng dan angka keamanan lereng. Hasil perhitungan analisis menggunakan program plaxis seperti pada gambar- gambar berikut ini.

Untuk hasil deformed mesh seperti yang tertera pada gambar 4.18. Dari gambar 4.18 diperoleh Extreme total displacement sebesar 50,00 x 103 m.



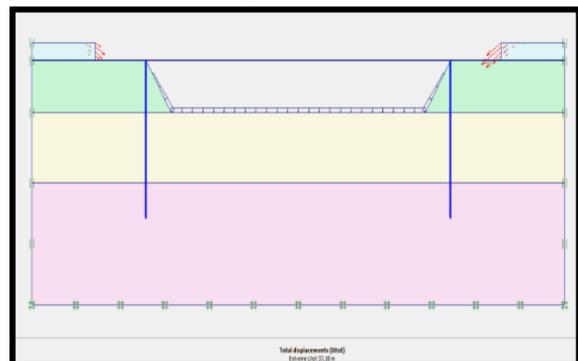
Gambar 22. Deformed Mesh Secant Pile
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

Besarnya nilai effective stress sebesar -133,00 kN/m² seperti pada gambar 4.19 dibawah ini.



Gambar 22. Effective Stress Secant Pile
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024

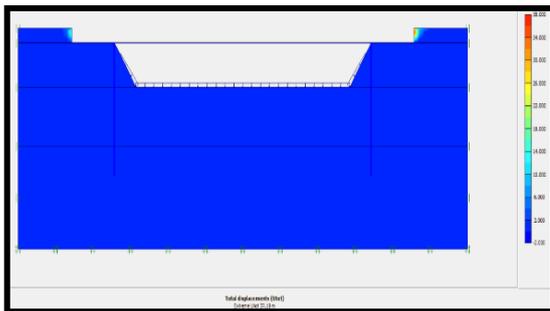
Mengenai arah pergerakan dan wilayah potensial longsor dapat dilihat dari **Gambar 23**.



Gambar 23. Arah Pergerakan Tanah
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

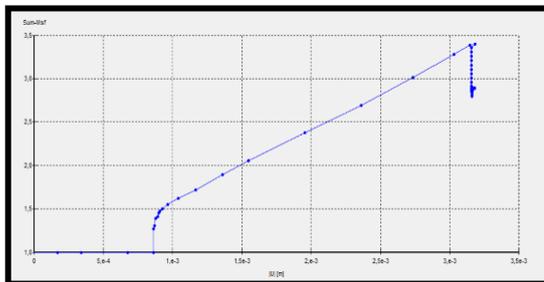
Untuk mendapatkan keseimbangan lereng,

diketahui dengan nama faktor keamanan (safety factor), faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan terhadap gaya penggerak. Gaya penahan (resisting force) adalah gaya yang menahan sehingga tidak menimbulkan kejadian tanah yang longsor, sedangkan gaya penggerak (driving force) adalah gaya yang mengakibatkan kejadian longsor pada tanah. Perbandingan antara kedua gaya tersebut yang diketahui sebagai faktor keamanan (FK).

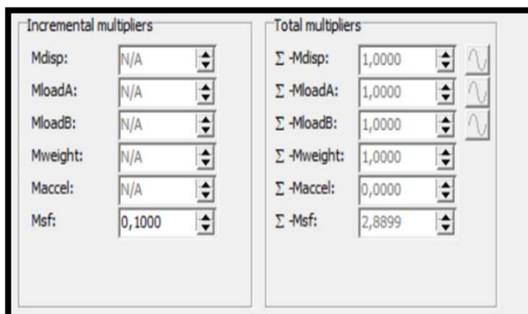


Gambar 24. Daerah Potensial Keruntuhan
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

Besarnya angka keamanan atau safety factor yang dapat dilihat dari Gambar 25 berikut ini, didapatkan angka keamanan sebesar 2,8899.



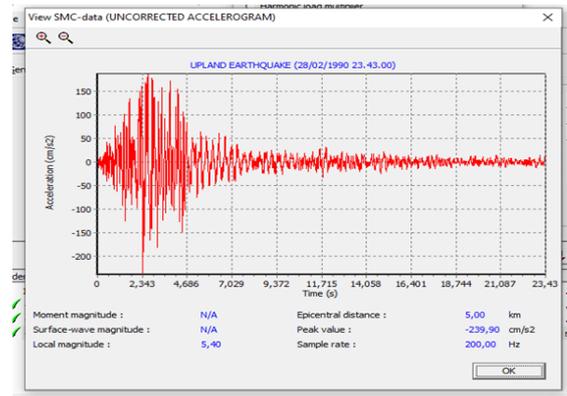
Gambar 25 Nilai Safety Factor
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024.



Gambar 26 Nilai Safety Factor
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

5. Hasil Output Program Plaxis Secant Pile Setelah Gempa

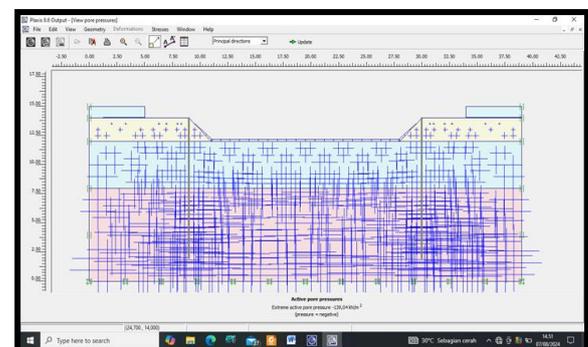
Pada case satu ini berbeda dari case satu sebelumnya dikarenakan ada penambahan data gempa. Nantinya dapat diketahui kelongsoran yang mungkin akan terjadi bagaimana jika ada penambahan beban gempa. Berikut merupakan beban gempa yang akan digunakan.



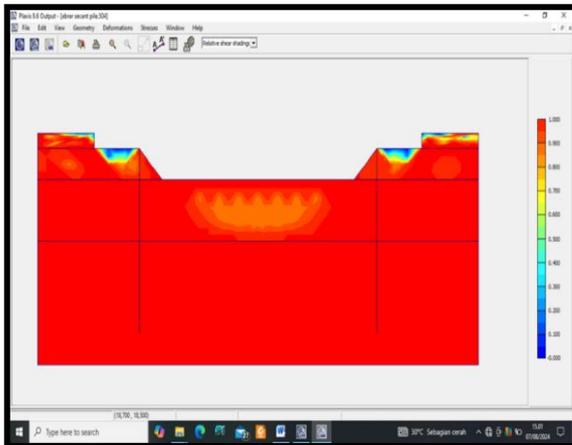
Gambar 27. Hubungan Antara Percepatan Gempa Dan Waktu
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

e. Perhitungan Tegangan Awal Setelah Gempa

Pada tahap perhitungan tegangan awal, dilakukan perhitungan menggunakan plastis dan ditemukan faktor pengali tanah adalah 1. Perhitungan ini disebut beban gravitasi (gravity load) dan tahap perhitungan meliputi struktur tanah dan batuan pembentuk lereng. Gambar tegangan seperti yang tertera pada gambar 27 berikut. Dari gambar 4.24 didapatkan active pore pressure setelah gempa yaitu sebesar -139,02 kN/m².

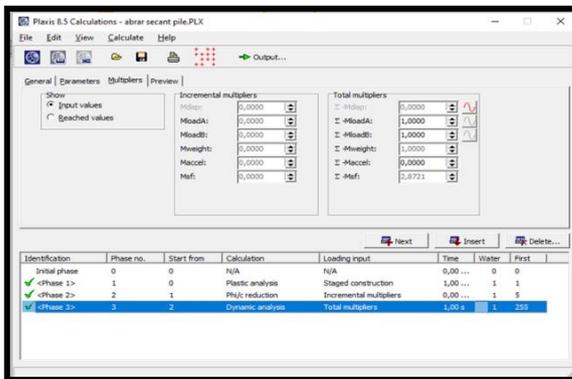


Gambar 28. Perhitungan Tegangan Awal Secant Pile Setelah Gempa
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024.



Gambar 29. Daerah potensial keruntuhan secant pile setelah gempa

Sumber: Hasil Penelitian, 2024



Gambar 30. Nilai Safety Factor Secant Pile

Sumber: Hasil Penelitian, 2024.

D. Analisis Kebutuhan dan Biaya

Tujuan dari analisis kebutuhan dan biaya ini adalah memberikan gambaran yang jelas dan komprehensif mengenai apa saja yang dibutuhkan serta berapa besar biaya yang harus dikeluarkan. Dengan demikian, diharapkan dapat membantu dalam perencanaan anggaran yang lebih efektif dan efisien, serta mengurangi risiko terjadinya kekurangan dana atau sumber daya di tengah pelaksanaan proyek. Rencana anggaran biaya secant pile ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Rancangan anggaran biaya Secant Pile

No	Item	Keliling	Volume	Harga	Total
1	Beton	138.2	1382	Rp1,005.000	Rp1,388,910.000
2	Baja	138.2	124380	Rp19.000	Rp2,363,220.000
Total					Rp3,752,130.000

Sumber : Hasil Perhitungan, 2024.

Pada tabel 5 ini merupakan hasil perhitungan koefisien pekerja dan alat berat galian open cut.

Tabel 5. Perhitungan Koefisien Pekerja Dan Alat Berat Galian Open Cut

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Vol galian	Jml tenaga/alat
1	Pekerja	hok	0.0073	2955	21.5715
2	Mandor	hok	0.003657	2955	10.806435
3	Excavator	jam	0.0256	2955	75.648
4	Dump truck	jam	0.3344	2955	988.152

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024.

Setelah perhitungan koefisien pekerja dan alat berat mendapatkan hasil, langkah selanjutnya adalah mengalikan koefisien dengan harga dan volume. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6. Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya Galian Open Cut

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Tenaga				
2	Pekerja	HOK	22	Rp100.000	Rp2,200.000
3	Mandor	HOK	11	Rp120.000	Rp1,320.000
4	Harga Tenaga Peralatan				Rp3,520.000
5	Excavator	Jam	76	Rp370.000	Rp28,120.000
6	Dump Truck	Jam	989	Rp210.000	Rp207,690.000
7	Harga Peralatan				Rp235,810.000
8	Total				Rp239,330.000

Sumber : Hasil Perhitungan, 2024.

Dari hasil tabel 6 dapat diketahui hasil dari penggunaan metode galian open cut menghabiskan dana Rp 239,330,000.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan. Kondisi tanah yang berada di lapangan dapat dikatakan stabil, karena berdasarkan hasil uji N Spt didapatkan tanah keras pada kedalaman. Pada analisa plaxis yang telah dilakukan diketahui kedalaman secant pile yang harus tertanam didalam tanah sebesar 8 meter. Untuk nilai safety factor yang didapatkan dari penggunaan secant pile sebesar 2.878, dapat dikatakan aman

karena batas keamanan lereng sebesar 1,5. Utuk nilai safety factor lereng asli sebesar 1,0000. Berdasarkan standar yang ditetapkan, nilai 1,000 dapat dikatakan kurang aman karena berada dibawah standar keamanan lereng. Berdasarkan hasil perhitungan dapat diambil kesimpulan bahwa Desain Secant Pile Wall Diameter 80 adalah yang paling efisien. Tetapi memiliki kekurangan dari segi harga dan biaya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alatas, I. M. 2023 Studi perencanaan alternatif dinding penahan tanah pada basement 3 lantai (Studi Kasus: Apartement Di Bintaro). *Jurnal Teknik Sipil. XII(2)*.1-9.
- Alihudien, A., & Priyono, P. 2023. Identifikasi Jenis Tanah Wilayah Dekat Pantai Puger Menggunakan Bagan Klasifikasi Tanah Robertson 1990.: Identifikasi Jenis Tanah Wilayah Dekat Pantai Puger Menggunakan Bagan Klasifikasi Tanah Robertson 1990. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 8(2), 133-143.
- Apriliani, N. R., Priyono, P., & Alihudien, A. 2020. Tinjauan Kapasitas Abutmen Jembatan Sengkaling Malang Dengan Beban Gempa. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 5(1), 14-2S8.
- Budiasih, T., Alihudien, A., & Ahmad, H. H. 2023. Analisis pengaruh Batas Cair dan Angka Pori Terhadap Indeks Pemampatan Primer (Studi Kasus: Tanah Lempung di Kranjingan, Kabupaten Jember). *Jurnal Smart Teknologi*, 4(6), 827-833.
- Choiriyah, S. 2015. Analisis Pekerjaan Basement (Pekerjaan Galian Dan Diaphragm Wall) Pada Metode Top-Down Dengan Alat Berat Ditinjau Dari Aspek Teknik, Waktu, Dan Biaya. *Jurnal Teknik Sipil UNTAG Surabaya*, 7(2), 163-168.
- Djunaedi, R. R. 2020. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (Studi Kasus: SDN Lio, Kecamatan Cireunghas). *Jurnal Student Teknik Sipil*, 8(2), 55–64.
- Erick, K., & Susilo, A. J. 2022. Studi Parametrik Dengan Respons Spektrum Terhadap Deformasi Dinding Diafragma Pada Basement Dengan Metode Elemen Hingga. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 5(1),359–372.
<https://doi.org/10.24912/jmts.v5i2.16659>
- Handayana, R., Dharmawansyah, D., Kurniati, E., & Mawardin, A. 2020. Analisis dinding penahan tanah pada sungai Brang Biji. *Jurnal Teknik Dan Sains*, 1(2), 23–32
- Harahap, R. H. 2015. Analisis Penggunaan Secant Pile Dengan Metode Elemen Hingga Pada Proyek Hotel Sapadia Medan. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 1(3), 82–91.
- Maulida, D. H., Muhtar, M., & Alihudien, A. 2023. Studi Alternatif Penanganan Stabilitas Tebing Sungai Menggunakan Tembok Penahan Tipe Kantilever Wall (Studi Kasus: Kawasan Sungan Indragiri, Desa Kampung Baru, Kecamatan Cerenti, Kabupaten Kuantan Singingi). *Jurnal Smart Teknologi*, 4(4), 496-512.
- Sabina, N., & Makarim, C. A. 2020. Proses Analisa Dinding Galian Basement 7 Lantai Dengan Metode Elemen Hingga. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(1), 49.
<https://doi.org/10.24912/jmts.v3i1.6980>
- Silvianengsih, S., Misriani, M., Natalia, M., Ihdini, G., & Fadila, J. 2023. Analisa Perbandingan Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Dinding Penahan Tanah Secant Pile Dengan Diaphragm Wall Pada Proyek Revitalisasi Taman Ismail Marzuki. *FROPIL (jurnal Teknik Sipil)*, 11(2).102–111.
<https://doi.org/10.33019/fropil.v11i2.5021>
- Wijaya, C., Iskandar, A., & Prihatiningsih, A. 2020. Analisis Dinding Diafragma Pada Konstruksi Basement Di Jakarta Dengan Menggunakan Program Elemen Hingga 3 Dimensi. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 5(4),479–486.