



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Jalan akses menuju Pabrik X di kawasan Bitung, Cikupa, Banten memiliki potensi longsor akibat kondisi tanah dominan lempung berlanau dengan konsistensi lunak hingga sedang. Kondisi tersebut menyebabkan daya dukung dan kestabilan lereng rendah sehingga diperlukan struktur penahan tanah berupa sheet pile beton. Penelitian ini bertujuan menentukan parameter geoteknik tanah berdasarkan hasil penyelidikan lapangan dan pengujian laboratorium serta mengevaluasi kinerja sheet pile beton sedalam 8 meter menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D. Parameter tanah yang digunakan meliputi berat isi, kohesi, sudut geser dalam, modulus elastisitas, angka Poisson, dan koefisien permeabilitas. Penentuan parameter dilakukan melalui kombinasi hasil pengujian laboratorium dan korelasi empiris berdasarkan nilai Standard Penetration Test (N-SPT). Analisis menggunakan model Mohr-Coulomb untuk memperoleh perpindahan horizontal, perpindahan total, momen lentur, dan faktor keamanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sheet pile beton dengan kedalaman 8 meter mampu menahan tekanan tanah lateral dengan baik, menghasilkan deformasi yang masih dalam batas yang diizinkan serta faktor keamanan yang memenuhi kriteria stabilitas lereng permanen. Dengan demikian, penggunaan sheet pile beton sedalam 8 meter layak diterapkan sebagai solusi penanggulangan longsor pada Jalan Pabrik X.

Kata kunci: sheet pile beton, stabilitas lereng, PLAXIS 2D, N-SPT, deformasi, faktor keamanan.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah

Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan dalam pekerjaan Teknik sipil salah satunya adalah Unified Soil Classification System (USCS). Sistem ini pertama kali dikembangkan oleh Arthur Casagrande pada tahun 1942 dan kemudian disempurnakan oleh United States Bureau of Reclamation. Secara umum, sistem USCS membagi tanah menjadi dua kelompok utama, yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Penentuan jenis tanah dilakukan melalui pengamatan visual maupun pengujian saringan, khususnya menggunakan saringan No.200.

Langkah pertama adalah menentukan apakah tanah termasuk butiran kasar atau halus. Jika lebih dari 50% material tertahan pada saringan No.200, maka tanah dikategorikan sebagai tanah berbutir kasar. Sebaliknya, jika lebih dari 50% lolos saringan No.200, maka tanah termasuk tanah berbutir halus. Pada tanah berbutir kasar, klasifikasi dilakukan lebih lanjut dengan melihat presentase material yang lolos saringan No.4. Jika butiran yang lolos kurang dari 50%, maka tanah diklasifikasikan sebagai kerikil (gravel) dengan symbol G. sedangkan jika lebih dari 50% lolos, maka tanah dikategorikan sebagai pasir (sand) dengan symbol S. Selain itu, gradasi tanah juga diperhatikan, Dimana tanah dengan distribusi ukuran butir yang baik disebut well graded(W), sedangkan distribusi yang buruk disebut poorly graded (P).

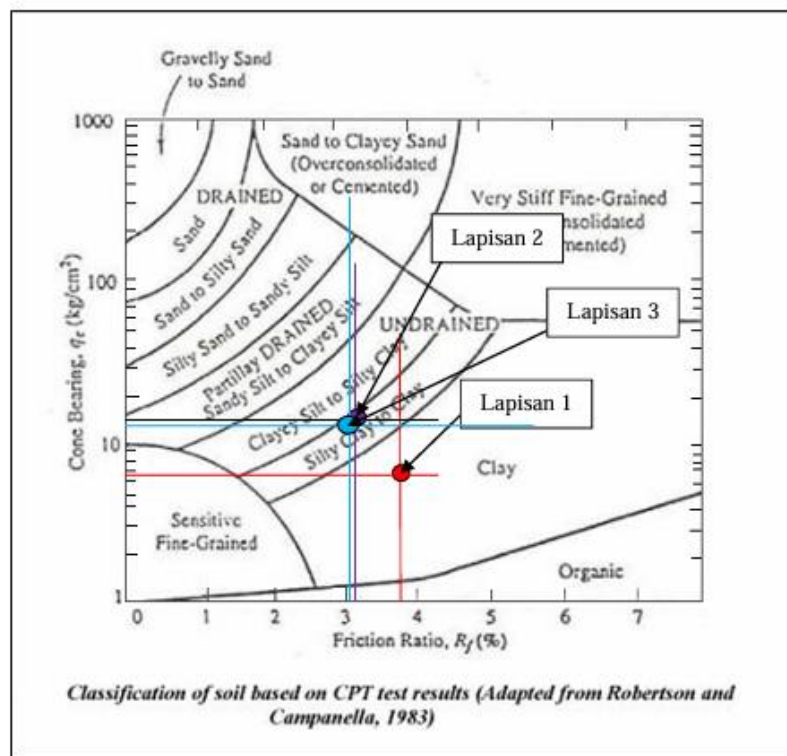
Selanjutnya, jumlah butiran yang lolos saringan No.200 juga menjadi dasar klasifikasi. Apabila kurang dari 5%, maka klasifikasi ditentukan berdasarkan distribusi ukuran butir dengan menghitung koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien kelengkungan (C_c). Tanah dengan gradasi baik diklasifikasikan sebagai GW atau SW, sedangkan yang bergradasi buruk diklasifikasikan sebagai GP atau SP. Jika presentase lolos saringan No.200 berada antara 5% hingga 12%, maka tanah memiliki symbol ganda, seperti GW-GM atau SW-SM, karena menunjukkan kombinasi sifat. Untuk tanah berbutir halus, klasifikasi didasarkan pada hasil pengujian batas Atterberg. Tanah jenis ini dibedakan menjadi lanau (silt) dengan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

symbol M, lempung (clay) dengan symbol C, serta tanah organik dengan symbol O.

Selain itu, tingkat plastisitas juga menjadi parameter penting, Dimana plastisitas rendah ditandai dengan simbol L ($LL < 50$) dan plastisitas tinggi dengan symbol H ($LL > 50$). Dengan demikian, sistem USCS memungkinkan pengelompokan tanah secara sistematis berdasarkan ukuran butir dan sifat plastisitasnya, sehingga memudahkan dalam analisis dan perencanaan pekerjaan geoteknik



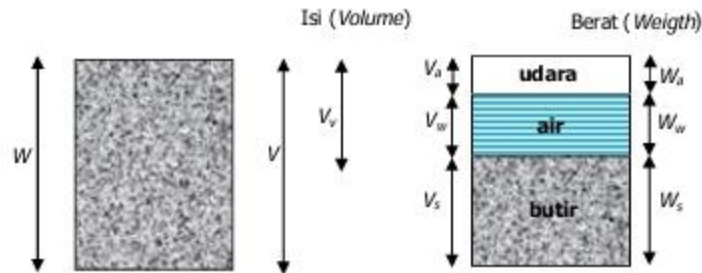
Gambar 2.1 Classification of soil 1

Sumber : Robertson and Campanella, 1983

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.1 Diagram Fasa Tanah



Gambar 2.2 Diagram Fasa Tanah 1

Sumber : Hardiyatmo 1996

Dengan :

W_s = Berat butiran padat

W_w = Berat air

V_s = Volume butiran padat

V_w = Volume air

V_a = Volume udara

a. Kadar air

Kadar air merupakan parameter yang menunjukkan banyaknya air yang terkandung di dalam tanah dibandingkan dengan berat butiran tanah dalam kondisi kering. Nilai ini dinyatakan dalam presentase dan digunakan untuk mengetahui kondisi kelembapan tanah pada saat pengujian. Secara matematis, kadar air dapat dihitung dengan membandingkan selisih berat sampel tanah sebelum dikeringkan dan sesudah dikeringkan terhadap berat tanah kering, sebagaimana ditunjukkan pada persamaan (2.2)

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\% \quad (2.1)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dengan :

W1 = berat cawan beserta tanah basah

W2 = berat cawan beserta tanah kering

W3 = berat cawan kosong

Semakin besar nilai kadar air,semakin tinggi kandungan air yang terdapat di dalam pori-pori tanah. Besarnya kadar air sangat memengaruhi sifat teknis tanah,seperti kuat geser,konsistensi, dan potensi penurunan. Pada tanah lempung,perubahan kadar air yang kecil dapat menyebabkan perubahan perilaku tanah yang cukup signifikan.

b. Berat jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis tanah (*Specific gravity*,Gs) merupakan perbandingan antara berat satuan butiran padat tanah dengan satuan air pada temperature standar. Parameter ini menggambarkan kerapatan relatif partikel tanah terhadap air dan sering digunakan dalam perhitungan sifat indeks tanah, seperti angka pori,porositas,dan derajat kejenuhan.

Secara sistematis,nilai berat jenis tanah dinyatakan sebagai berikut

$$G_s = \frac{V_s}{V_w} \dots\dots\dots (2.2)$$

Berat jenis dari berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75 biasanya digunakan. Untuk tanah-tanah tak berkohesi. Sedangkan tanah kohesi tak organic berkisar di antara 2,68 sampai 2,72. Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah diberikan dalam Tabel 1.1 berikut

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 1.1 Berat jenis Tanah

Macam Tanah	Berat jenis (Gs)
Kerikil	2,65-2,68
Pasir	2,65-2,68
Lanau anorganic	2,62-2,68
Lempung organic	2,58-2,65
Lempung anorganic	2,68-2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25-1,80

Sumber : Hardiyatmo (1996)

c. Batas konsistensi Tanah

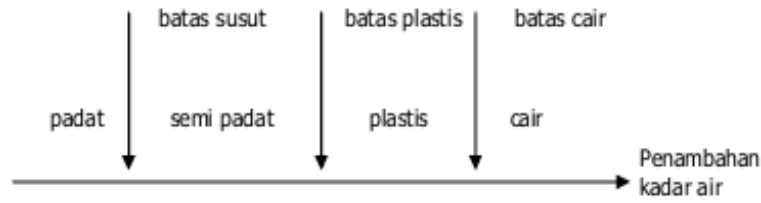
Batas konsistensi merupakan parameter yang digunakan untuk menggambarkan perubahan kondisi fisik tanah berbutir halus, terutama tanah lempung, akibat perubahan kadar air. Pada kadar air tertentu, tanah dapat mengalami perubahan sifat dari kondisi padat, semi padat, plastis, hingga cair.

Perilaku konsistensi tanah sangat dipengaruhi oleh gaya Tarik-menarik antarpartikel mineral lempung. Semakin tinggi kadar air, ikatan antarpartikel akan melemah sehingga tanah menjadi lebih lunak dan mudah berubah bentuk.

Untuk perubahan kondisi tanah kohesif berdasarkan kadar air dapat digambarkan mulai dari keadaan padat, semi padat, plastis, hingga cair. Rentang perubahan tersebut dikenal sebagai batas-batas Atterberg, yang terdiri atas batas susut (shrinkage limit), batas plastis (plastic limit), dan batas cair (liquid limit). Ilustrasi mengenai perubahan konsistensi tanah kohesif dapat dilihat pada gambar 2.3.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2.3 Keadaan Konsisten Tanah 1
Sumber : Hardiyatmo 1996

1. Batas cair (*Liquid Limit/LL*)

Batas cair adalah kadar air pada saat tanah berada tepat pada peralihan dari kondisi plastis ke kondisi cair. Pada keadaan ini, tanah mulai kehilangan kestabilannya dan mudah mengalir. Ketika diberi gangguan. Nilai batas cair ditentukan menggunakan alat Casagrande. Sampel tanah ditempatkan pada cawan alat, kemudian dibuat alur standar. Kadar air yang menyebabkan alur sepanjang 12,7 mm menutup setelah 25 kali tumbukan dinyatakan sebagai nilai batas cair tanah tersebut (Hardiyatmo 1996)

2. Batas Plastis (*Plastic Limit/PL*)

Batas Plastis merupakan kadar air ketika tanah mengalami perubahan dari kondisi semi padat ke kondisi plastis. Pada kadar air ini, tanah sudah dapat dibentuk tanpa mengalami keretakan.

Penentuan batas plastis dilakukan dengan menggulung sampel tanah hingga mencapai diameter sekitar 3 mm. Apabila gulungan tanah mulai retak atau pecah pada ukuran tersebut, kadar air yang bersangkutan ditetapkan sebagai nilai batas plastis.

3. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index/PI*)

Indeks plastisitas menunjukkan rentang kadar air di mana tanah berada dalam kondisi plastis. Nilainya diperoleh dari selisih antara batas cair dan batas plastis.

$$PI = LL - PL$$

Nilai PI yang besar menunjukkan bahwa tanah memiliki sifat plastis yang tinggi dan umumnya mengandung fraksi lempung lebih dominan. Sebaliknya, nilai PI yang kecil menunjukkan tanah memiliki plastisitas

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

rendah. Klasifikasi tingkat plastisitas,karakteristik tanah,serta derajat kohesinya berdasarkan nilai indeks plastisitas menurut Albert Atterberg dapat dilihat pada tabel 1.2

Tabel 1.2 Nilai Indeks Plastisitas tanah 1

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non kohes
<7	Plastis rendah	Lanau	Kohesif
7-17	Plastis Rendah	Lempung berlanau	Kohesif
17	Plastis tinggi	Lempung	Kohesif

Yang akan digunakan, seperti ditunjukkan pada tabel 1.3 berikut :

Tabel 1.3 Petunjuk metode stabilisasi 1 1

Indeks Plastisitas PI (%)	≤ 10	10 - 20	≥ 20	> 60 persen lolos saringan no.200 ≤ 6)	≤ 10	≥ 10
Bentuk stabilisasi :						
Semen dan campuran pengikat	Cocok	Ragu	Tidak cocok	Cocok	Cocok	Cocok
Kapur	Ragu	Cocok	Cocok	Tidak cocok	Ragu	Cocok
Aspal (bitumen)	Cocok	Ragu	Tidak cocok	Cocok	Cocok	Ragu
Aspal/semen dicampur	Cocok	Ragu	Tidak cocok	Cocok	Cocok	Ragu
Granular	Cocok	Tidak cocok	Tidak cocok	Tidak cocok	Cocok	Ragu
Lain-lain campuran	Tidak cocok	Cocok	Cocok	Tidak cocok	Ragu	Cocok

Keterangan yang disajikan pada tabel 1.3 bersifat indikatif dan dapat digunakan sebagai acuan awal dalam mengevaluasi kebutuhan perbaikan tanah. Informasi tersebut sangat bermanfaat dalam menentukan metode stabilitas yang sesuai,salah satunya dengan penambahan kapur untuk mennurunkan kadar air dan mengurangi tingkat plastisitas tanah. Secara umum, proses stabilisasi tanah bertujuan untuk meningkatkan karakteristik teknis tanah sehingga lebih layak digunakan sebagai material konstruksi. Beberapa manfaat utama dari stabilisasi tanah meliputi:

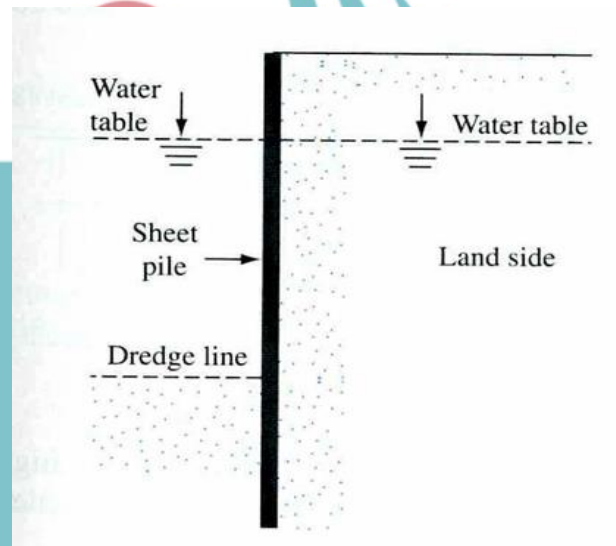
1. Meningkatkan kuat geser tanah sehingga daya dukungnya menjadi lebih baik.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Menurunkan kompresibilitas tanah agar besarnya penurunan dapat diminimalkan.
3. Mengurangi kemampuan tanah dalam meloloskan air (permeabilitas).
4. Membatasi perubahan volume akibat fluktuasi kadar air, seperti pengembangan dan penyusutan.

2.2 Pengertian Sheet Pile



Gambar 2.4 Ilustrasi Sheet Pile 1

Sumber : Hardiyatmo 2018

Dalam bidang teknik sipil, khususnya geoteknik dan konstruksi bawah tanah, *sheet pile* dikenal sebagai salah satu jenis struktur dinding penahan tanah (*retaining wall*) yang berfungsi untuk menahan tekanan lateral tanah dan air tanah. Secara umum, sheet pile berbentuk lembaran tipis yang saling terkunci satu sama lain melalui sistem sambungan (*interlock*) di kedua sisinya, sehingga membentuk dinding yang kontinu dan kedap air. Struktur ini banyak digunakan pada pekerjaan galian dalam, perlindungan tebing sungai, pelabuhan, tanggul, maupun area rawan longsor di sekitar jalan dan bangunan.

Hak Cipta :

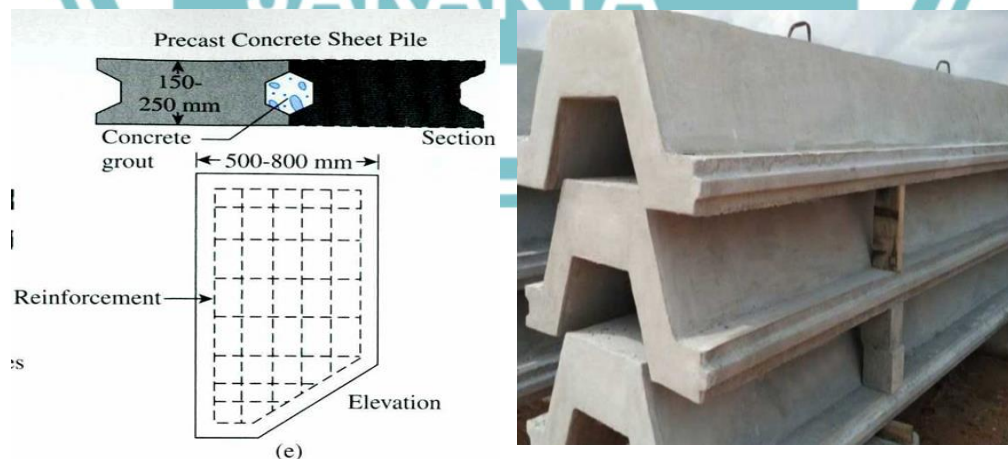
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tiang-tiang turap (*sheet pile*) sering digunakan untuk membangun sebuah dinding yang berfungsi sebagai penahan tanah, yang bisa berupa konstruksi berskala besar maupun kecil.

Tiang pancang yang terhubung atau semi-terhubung sering digunakan untuk membangun dinding kontinu pada struktur tepi air. Berbeda dengan konstruksi jenis dinding penahan lainnya, pembangunan dinding tiang pancang biasanya tidak memerlukan pengeringan lahan. Tiang pancang juga digunakan untuk beberapa struktur sementara, seperti potongan yang diberi penguat. Prinsip-prinsip desain dinding tiang pancang.

- **Sheet Pile Concrete (Beton)**

Tiang pancang beton pracetak berat dan dirancang dengan tulangan untuk menahan tekanan permanen yang akan dialami struktur setelah konstruksi dan juga untuk menangani tekanan yang dihasilkan selama konstruksi. Pada penampang melintang, tiang pancang ini memiliki lebar sekitar 500 hingga 800 mm (20 hingga 32 inci) dan tebal 150 hingga 250 mm (6 hingga 10 inci). Gambar 9.2e adalah diagram skema elevasi dan penampang tiang pancang beton bertulang. Balok-balok sheet pile dibuat saling mengkait satu sama lain. Masing-masing balok, kecuali dirancang kuat menahan beban-beban yang akan bekerja pada waktu pengangkatannya.



Gambar 2.5 Sheetpile Beton 1
Sumber : Hardiyatmo 2018

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 1.4 Klasifikasi Sheet pile 1

Jenis Sheet Pile	Kelebihan	Kekurangan	Aplikasi Umum	Sumber
Baja (Steel)	Kuat, fleksibel, mudah dipasang, dapat digunakan ulang	Mudah korosi tanpa pelapisan	Pelabuhan, sungai, dinding penahan tanah permanen	Bowles (1997)
Beton (Concrete)	Tahan korosi, kuat tekan tinggi, umur panjang	Berat, sulit dipasang, biaya tinggi	Penahan tanah permanen, kawasan industri	Hardiyatmo (2012)
Kayu (Timber)	Murah, ringan, mudah dipasang	Cepat rusak, tidak tahan lama	Galian sementara, drainase kecil	Suryolelono (2001)

Sumber: Diolah dari Bowles (1997), Hardiyatmo (2012), Suryolelono (2001)

2.2.1 Turap Kantilever

Dinding turap kantilever (Cantilever Sheet Pile Wall) adalah salah satu jenis konstruksi turap yang digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral, biasanya pada pekerjaan sipil seperti penahan tebing sungai, galian sementara, atau bangunan pelabuhan (dermaga). Dinding turap kantilever biasanya direkomendasikan untuk dinding dengan ketinggian berkisar 6 meter atau kurang dari garis atas galian.

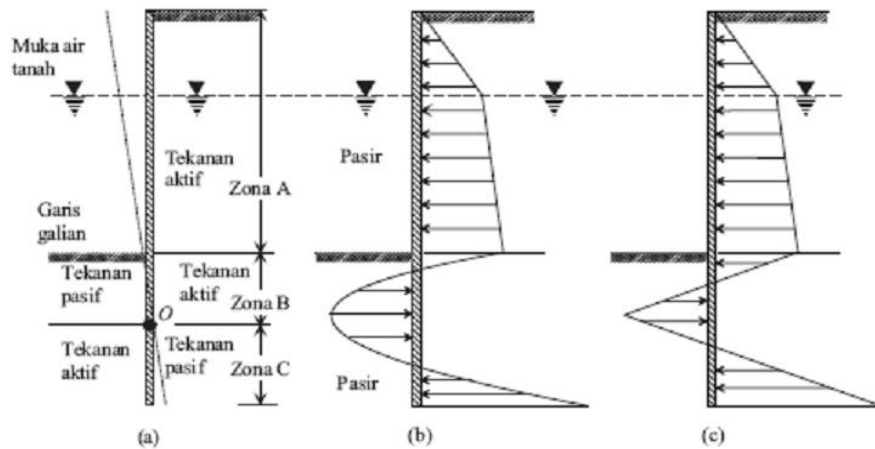
Dinding berputar pada titik O. Karena adanya tekanan hidrostatik pada masing-masing dinding, maka tekanan ini akan saling menghilangkan, dengan demikian yang diperhitungkan hanya tekanan lateral efektif saja.

- Pada zona A, tekanan lateral hanyalah tekanan tanah aktif saja yang berasal dari tanah bagian atas garis galian.
- Pada Zona B, karena adanya pelenturan dinding pada daerah ini maka bekerja tekanan tanah lateral aktif dari tanah bagian atas galian dan tekanan pasif di bawah garis galian di sebelah air.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Pada Zona C, berada dibawah titik rotasi O. Distribusi tekanan tanah bersih terlihat pada Gambar b dan untuk penyederhanaan dapat digunakan gambar c.



2.6 Distribusi Tekanan Tanah I

2.3 Stabilitas Lereng

2.3.1 Pengertian Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng adalah kondisi keseimbangan masa tanah pada suatu kemiringan terhadap kemungkinan terjadinya pergerakan atau longsoran akibat gaya gravitasi. Lereng dinyatakan stabil apabila gaya penahan (resisting forces) lebih besar dibandingkan gaya penggerak (driving forces) (Craig, 2004). Stabilitas lereng merupakan kondisi keseimbangan masa tanah pada suatu kemiringan terhadap kemungkinan terjadinya pergerakan atau kegagalan akibat gaya gravitasi. Lereng dinyatakan stabil apabila gaya penahan (resisting forces) yang bekerja pada bidang longsor. Ketidakseimbangan antara kedua gaya tersebut dapat menyebabkan terjadinya deformasi, retakan, hingga longsor.

Dalam bidang geoteknik, analisis stabilitas lereng bertujuan untuk mengevaluasi tingkat keamanan suatu lereng terhadap potensi keruntuhan. Stabilitas lereng dipengaruhi oleh karakteristik tanah, geometri lereng, kondisi muka air tanah, pembebanan eksternal, serta kondisi lingkungan seperti curah hujan dan erosi permukaan. Pada kondisi alami maupun rekayasa, kestabilan lereng menjadi aspek penting dalam perencanaan infrastruktur, terutama pada

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

jalan, timbunan, area industry, dan konstruksi penahanan tanah. Oleh karena itu, analisis stabilitas diperlukan untuk menentukan apakah suatu lereng memerlukan sistem perkuatan tambahan seperti dinding penahan tanah atau sheet pile.

2.3.2 Faktor Keamanan Lereng

Faktor keamanan lereng atau *Factor of Safety* merupakan perbandingan antara gaya penahan terhadap gaya penggerak yang bekerja pada lereng. Nilai factor keamanan digunakan untuk menunjukkan tingkat kestabilan lereng dan Risiko kegagalan yang mungkin terjadi. Secara matematis, stabilitas lereng dinyatakan dalam bentuk factor keamanan (Factor of Safety/FS) :

$$FS = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}}$$

Nilai faktor keamanan yang lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa gaya penahan masih lebih besar dibandingkan gaya penggerak, sehingga lereng dianggap stabil. Sebaliknya, nilai faktor keamanan yang mendekati atau kurang dari 1 menunjukkan bahwa lereng berada dalam kondisi kritis dan berpotensi mengalami longsor. Nilai faktor keamanan minimum untuk lereng permanen umumnya berada pada kisaran 1,3-1,5 tergantung Tingkat Risiko dan kondisi tanah. Dalam analisis geoteknik, nilai faktor keamanan dipengaruhi oleh parameter kuat geser tanah, kondisi drainase, tekanan air pori, serta geometri lereng. (Bowles, 1997)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 1.4 Nilai FS I

Nilai FS	Kondisi Lereng
$FS < 1,0$	Tidak Stabil
$1,0 \leq FS < 1,25$	Kritis
$1,25 \leq FS < 1,50$	Cukup Aman
$FS \geq 1,50$	Aman

Sumber: Bowles (1997)

Pada analisis numerik menggunakan perangkat lunak geoteknik, factor keamanan biasanya dihitung melalui pendekatan *streght reduction method*, yaitu dengan mereduksi parameter kuat geser tanah hingga terjadi kondisi runtuh. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi kestabilan lereng secara lebih realistis karena mempertimbangkan distribusi tegangan dan deformasi tanah

2.3.3 Stabilitas Lereng pada Tanah Lunak

Tanah lunak memiliki karakteristik kohesi rendah, sudut geser kecil, serta kompresibilitas tinggi. Kondisi ini menyebabkan tanah lebih rentan mengalami deformasi besar dan penurunan kuat geser apabila terjadi peningkatan kadar air atau beban tambahan.

Menurut Terzaghi, Peck, dan Mesri (1996), tanah lempung lunak memiliki potensi kegagalan geser yang tinggi apabila tegangan geser yang bekerja melampaui kuat geser tak terdrainase (undrained shear strength).

Oleh karena itu, analisis stabilitas pada tanah lunak sering dilakukan menggunakan parameter kuat geser tak terdrainase (c_u)

Pada lereng dengan tanah lunak, kenaikan tekanan pori akibat hujan atau muka air tanah dapat menurunkan tegangan efektif sehingga mengurangi kuat geser tanah (Das, 2010). Hal ini menjadi salah satu penyebab utama longsor pada lereng tanah lempung lunak. Pada area lereng jalan atau Kawasan industri, kondisi tanah lunak sering menjadi factor utama penyebab deformasi dan longsor. Oleh

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

karena itu, perkuatan lereng diperlukan untuk meningkatkan kestabilan. Salah satu metode yang umum digunakan adalah pemasangan sheet pile sebagai struktur penahan tanah untuk mengurangi pergerakan lateral dan meningkatkan keamanan lereng.

Metode analisis stabilitas lereng dapat dibedakan menjadi:

1. Metode Keseimbangan Batas (Limit Equilibrium Method)
Menghitung keseimbangan gaya pada bidang gelincir tertentu.
2. Metode Elemen Hingga (Finite Element Method/FEM)
Metode ini mampu menganalisis distribusi tegangan dan deformasi tanah secara kontinu. Keunggulan FEM adalah mampu memperhitungkan interaksi tanah–struktur secara lebih realistis dibanding metode keseimbangan batas.

Pada penelitian ini digunakan PLAXIS 2D berbasis metode elemen hingga untuk mengevaluasi stabilitas dan deformasi sheet pile pada lereng Jalan Pabrik X.

Tabel 1.5 Kelebihan dan kekurangan 1

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Limit Equilibrium Method	Perhitungan sederhana, cepat	Tidak menunjukkan distribusi deformasi detail
Finite Element Method	Akurat, dapat menganalisis deformasi dan interaksi tanah-struktur	Membutuhkan data parameter lebih lengkap

Sumber : Brinkgreve et al. (2023)

2.4 Parameter Kuat Geser Tanah

2.4.1 Konsep Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah merupakan kemampuan material tanah dalam menahan tegangan geser sebelum mengalami keruntuhan. Parameter ini menjadi aspek

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

utama dalam analisis geoteknik karena menentukan Tingkat kestabilan lereng, kapasitas dukung pondasi, serta respons tanah terhadap pembebanan eksternal. Pada kondisi tertentu, tanah akan mengalami deformasi Ketika menerima beban, namun keruntuhan baru terjadi apabila tegangan geser yang bekerja telah melampaui kekuatan internal tanah.

Menurut Craig (2004), kuat geser tanah dipengaruhi oleh interaksi antarpartikel, gaya gesek internal, serta kohesi yang terbentuk akibat ikatan antarbutiran tanah. Besarnya kuat geser sangat dipengaruhi oleh kondisi tegangan efektif, kadar air, Tingkat kepadatan, serta jenis tanah.

Dalam mekanika tanah, kuat geser sering dijadikan parameter utama untuk mengevaluasi perilaku tanah terhadap potensi longsor maupun deformasi. Pada tanah kohesif, kontribusi kohesi cenderung dominan, sedangkan pada tanah granular seperti pasir, kuat geser lebih dipengaruhi oleh gesekan antarpartikel.

2.4.2 Kohesi Tanah (c)

Kohesi merupakan salah satu komponen kuat geser tanah yang menunjukkan adanya gaya Tarik antarpartikel tanah. Parameter ini umumnya ditemukan pada tanah berbutir halus seperti lempung, Dimana ikatan antarpartikel dipengaruhi oleh gaya elektrostatis dan kandungan air. Menurut Das dan Sobhan (2018), kohesi menggambarkan kemampuan tanah untuk mempertahankan integritas massa tanpa dipengaruhi secara langsung oleh tegangan normal. Pada tanah kohesif, nilai kohesi berperan penting dalam menentukan stabilitas lereng dan kapasitas penahan tanah.

Nilai kohesi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Jenis mineral penyusun tanah
2. Kandungan kadar air
3. Struktur dan tekstur tanah
4. Tingkat konsolidasi tanah
5. Riwayat pembebanan tanah

Pada tanah lempung lunak, kohesi biasanya memiliki kontribusi signifikan terhadap kekuatan tanah. Namun, peningkatan kadar air dapat menyebabkan penurunan kohesi efektif akibat berkurangnya gaya tarik

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

antarpartikel.

Dalam analisis numerik geoteknik, parameter kohesi sering digunakan sebagai input model konstitutif untuk memperkirakan perilaku tanah terhadap pembebanan.

2.4.3 Sudut Geser Dalam (ϕ)

Sudut geser dalam atau *internal friction angle* merupakan parameter yang menggambarkan Tingkat gesekan antarpartikel tanah Ketika menerima gaya geser. Parameter ini berhubungan dengan kemampuan tanah granular untuk menahan deformasi melalui mekanisme saling mengunci antarbutiran.

Menurut Bowles (1997), sudut geser dalam mencerminkan tingkat kekasaran dan kepadatan partikel tanah. Tanah dengan kepadatan tinggi cenderung memiliki nilai sudut geser lebih besar dibandingkan tanah lepas. Beberapa factor yang memengaruhi sudut geser dalam meliputi :

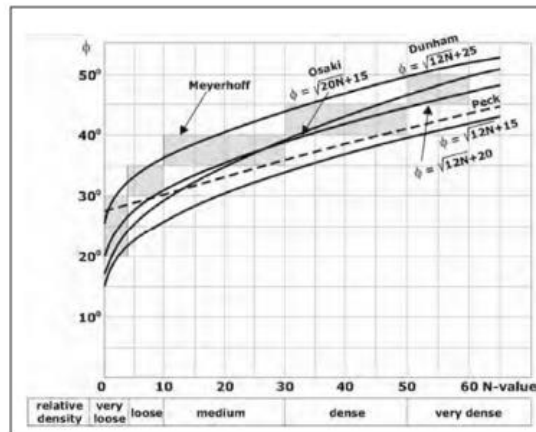
1. Distribusi ukuran butir
2. Bentuk partikel tanah
3. Kepadatan relatif
4. Kondisi drainase
5. Tegangan efektif yang bekerja

Pada tanah pasir padat, nilai sudut geser dalam umumnya lebih tinggi dibandingkan tanah lanau lempung. Nilai ini menjadi parameter penting dalam perhitungan tekanan tanah lateral dan analisis stabilitas lereng. Dalam pemodelan geoteknik, sudut geser dalam digunakan bersama kohesi untuk menggambarkan kekuatan tanah secara keseluruhan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\phi = \sqrt{12(N - SPT) + 20}$$



Gambar 2.9 Korelasi N-SPT dengan Sudut ϕ

2.4.4 Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb

Analisis stabilitas lereng umumnya menggunakan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb, yang dirumuskan sebagai :

$$\tau = c + \sigma' \tan \phi \quad (2.3)$$

Dimana :

τ = kuat geser tanah

c = kohesi tanah

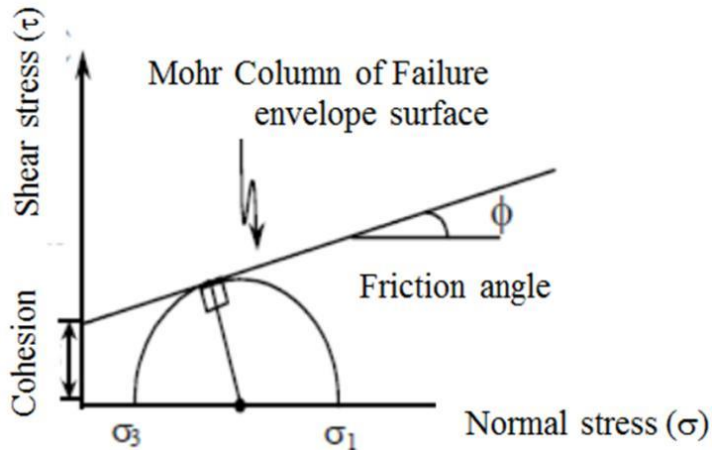
σ' = tegangan efektif

ϕ = sudut geser dalam

Menurut Terzaghi, Perck, dan Mesri (1996), model Mohr-Coulomb digunakan secara luas karena memiliki pendekatan sederhana namun cukup *representatif* untuk berbagai jenis tanah. Model ini mengasumsikan hubungan linier antara tegangan normal dan tegangan geser.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2.6 Kriteria keruntuhan Mohr

Sumber : Das (2010)

Dalam analisis menggunakan PLAXIS 2D, model konstitutif Mohr-Coulomb sering digunakan karena mampu menggambarkan perilaku elastis-plastis tanah dengan parameter yang relative sederhana. Parameter utama yang dibutuhkan meliputi kohesi, sudut geser dalam, modulus elastisitas, rasio poissin, dan berat isi tanah. Model ini sangat umum digunakan pada tahap awal desain geoteknik karena mampu memberikan estimasi deformasi dan kestabilan secara memadai.

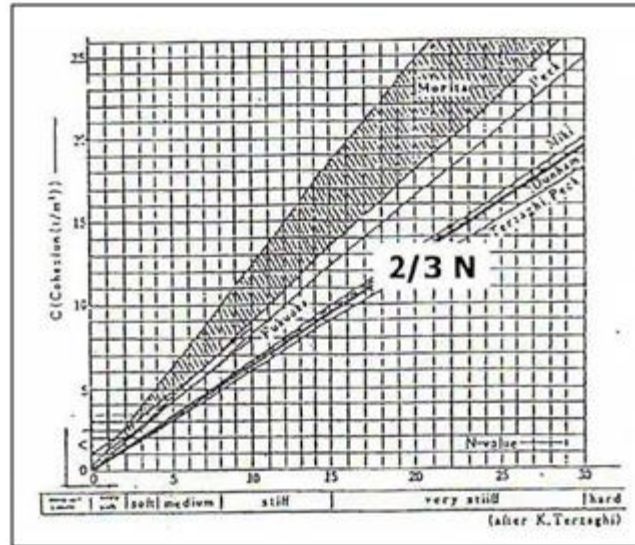
2.4.5 Undrained Shear Strength (c_u)

Undrained Shear Strength (c_u) merupakan salah satu parameter kuat geser tanah yang mempresentasikan nilai kohesi tanah pada kondisi tidak terdrainase. Dalam penelitian ini, penentuan nilai c_u dilakukan melalui pendekatan korelasi empiris dengan mengacu pada persamaan yang dikemukakan oleh Terzaghi (1943)

$$C_u = \frac{20}{3} \times N \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (2.4)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



2.8 Korelasi N-SPT dengan c_u (Terzhagi) 1

Sumber : Terzhagi (1943)

Consistency	N	C_u (kN/m^2)
Very Soft	0-2	<12
Soft	2-4	12-25
Medium	4-8	25-50
Stiff	8-15	50-100
Very Stiff	15-30	100-200
Hard	>30	>200

2.4.6 Berat Jenis (γ)

Berat jenis tanah adalah nilai yang menunjukkan perbandingan antara berat tanah dalam kondisi kering terhadap volume total tanah, termasuk ruang pori yang terdapat di dalamnya. Nilai berat jenis tanah dapat diperkirakan melalui pendekatan korelasi berdasarkan data hasil uji N-SPT.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Table 6-1 Standard penetration test (SPT) correlations

Strength correlations will be given in later chapters as needed. Values shown are primarily for "order of magnitude."

Cohesionless Soil					
N	0-10	11-30	31-50	> 50	
Unit weight γ , kN/m ³	12-16	14-18	16-20	18-23	
Angle of friction ϕ	25-32	28-36	30-40	> 35	
State	Loose	Medium	Dense	Very dense	
Relative density D_r	see Eq. (6-3) and Eq. (6-4) since depends on $p_0 = \gamma y$				
Cohesive Soil					
N	< 4	4-6	6-15	16-25	> 25
Unit weight† γ , kN/m ³	14-18	16-18	16-18	16-20	> 20
q_u , kPa†	< 25	20-50	30-60	40-200	> 100
Consistency	Very soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

† Values heavily dependent on water content.

† Values heavily dependent on water content.

2.10 Korelasi Berat Jenis untuk Non Kohe 1

Sumber : (Bowles)

2.4.7 Modulus Young/Elastisitas Tanah (E)

Modulus Young atau modulus elastisitas tanah merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kekakuan tanah dalam merespons deformasi elastis akibat pembebanan. Nilai modulus elastisitas menggambarkan hubungan antara tegangan dan regangan tanah pada daerah elastis sebelum material mengalami deformasi plastis. Semakin besar nilai modulus elastisitas, maka semakin tinggi kekakuan tanah dan semakin kecil deformasi yang terjadi akibat beban yang bekerja.

Penentuan nilai modulus elastisitas tanah dapat dilakukan melalui pengujian laboratorium, seperti uji triaxial, maupun menggunakan pendekatan korelasi empiris berdasarkan hasil pengujian lapangan. Dalam praktik analisis geoteknik, pendekatan empiris sering digunakan apabila data laboratorium terbatas atau sebagai validasi terhadap hasil pengujian.

Menurut **Bowles (1997)**, nilai modulus elastisitas tanah dapat ditentukan berdasarkan klasifikasi jenis tanah dan kondisi kepadatan atau konsistensinya. Tabel empiris tersebut disusun berdasarkan rekomendasi **Canadian Geotechnical Society**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(CGS, 1978) dan Lambe & Whitman (1969), yang banyak digunakan sebagai acuan dalam analisis geoteknik.

Pada tanah lempung (*clay*), nilai modulus elastisitas dipengaruhi oleh tingkat konsistensi tanah, seperti *soft sensitive*, *firm to stiff*, dan *very stiff*. Sementara itu pada tanah pasir (*sand*), nilai modulus elastisitas ditentukan berdasarkan tingkat kepadatan relatif, yaitu *loose*, *medium dense*, dan *dense*. Semakin padat atau semakin kaku kondisi tanah, maka nilai modulus elastisitas yang diperoleh akan semakin besar.

Dalam penelitian ini, nilai modulus elastisitas ditentukan dengan mengacu pada klasifikasi tanah hasil investigasi lapangan dan divalidasi menggunakan korelasi empiris berdasarkan nilai **Standard Penetration Test (N-SPT)**. Nilai akhir yang digunakan pada pemodelan numerik kemudian disesuaikan terhadap kebutuhan stabilitas numerik model **Mohr-Coulomb** pada perangkat lunak **PLAXIS**, sehingga hasil simulasi dapat merepresentasikan kondisi tanah secara realistis dan tetap berada pada rentang parameter empiris yang direkomendasikan.



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Material	Young Modulus E ^{***} (kg/cm ²)	Poisson Ratio, ν ***
Soils		
Clay (lapisan 1, 2 & 3)		
Soft sensitive	20 – 40 (500S _u)	0,4 – 0,5 (undrained)
Firm to stiff	40 – 80 (1000S _u)	
Very stiff	80 – 200 (1500S _u)	
Loess	150 – 600	0,1 – 0,3
Silt	20 – 200	0,3 – 0,35
Fine sand		0,25
Loose	80 – 120	
Medium dense	120 – 200	
Dense	200 – 300	0,2 – 0,35 0,3 – 0,4
Sand		
Loose	100 – 300	
Medium dense	300 – 500	0,3 – 0,4
Dense	500 – 800	
Gravel	300 – 800	0,28 – 0,29
Loose	800 – 1000	
	1000 – 2000	
Rocks		
Sound, intact igneous rock and metamorphics	6 – 10 . 10 ⁵	
Sound, intact sandstone and limestone	4 – 8 . 10 ⁵	
Sound, intact shale	1 – 4 . 10 ⁵	
Coal	1 – 2 . 10 ⁵	
Other Material		
Wood	1,2 – 1,5 . 10 ⁵	0,15 – 0,25
Concrete	2 – 3 . 10 ⁵	0,36
Ice	7 . 10 ⁵	
Steel	21 . 10 ⁵	

* After CGS (1978) and Lambe and Whitman (1969)
 ** E_s (soil) usually taken as secant modulus between a deviator stress of 0 and 1/3 to 1/2 peak deviator stress in the triaxial test (Lambe and Whitman, 1969). E_r (rock) usually taken as the initial tangent modulus (Farmer, 1968). E_c (clays) is the slope of consolidation curve when plotted on linear $\Delta h/h$ versus p plot (CGS, 1978).
 *** Poisson's ratio for soils is evaluated from the ratio of lateral strain to axial strain during triaxial compression test with axial loading. Its value varies the strain level and becomes constant only at large strains in the failure range (Lambe and Whitman, 1969). It is generally more constant under cyclic loading cohesionless soils with range from 0,25 – 0,35 and cohesive soils from 0,4 – 0,5.

Gambar 2.12 Korelasi Modulus E

Sumber : Canadian Geotechnical Society (CGS, 1978) dan Lambe & Whitman (1969).

2.4.8 Korelasi Jenis tanah dengan Poisson Ratio (ν)

Poisson ratio merupakan salah satu parameter elastisitas tanah yang menyatakan hubungan antara regangan lateral terhadap regangan aksial ketika tanah mengalami pembebanan. Parameter ini digunakan untuk menggambarkan kecenderungan deformasi tanah ke arah samping akibat adanya tegangan yang bekerja secara vertikal. Nilai Poisson ratio sangat dipengaruhi oleh jenis tanah, tingkat kepadatan, konsistensi, serta kondisi drainase tanah.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penentuan nilai Poisson ratio dapat dilakukan melalui pengujian laboratorium, seperti uji triaxial, namun dalam praktik analisis geoteknik nilai ini sering ditentukan menggunakan pendekatan empiris berdasarkan klasifikasi jenis tanah. Pendekatan empiris ini digunakan karena pengujian langsung terhadap parameter Poisson ratio tidak selalu tersedia dalam investigasi tanah lapangan.

Menurut Bowles (1997), rentang nilai Poisson ratio untuk berbagai jenis tanah disusun berdasarkan rekomendasi Canadian Geotechnical Society (CGS, 1978) dan Lambe & Whitman (1969). Pada tanah kohesif seperti lempung (*clay*), nilai Poisson ratio umumnya relatif tinggi akibat kecenderungan deformasi lateral yang besar ketika menerima pembebanan. Sebaliknya, pada tanah granular seperti pasir (*sand*), nilai Poisson ratio cenderung lebih rendah karena deformasi lateral yang terjadi relatif lebih kecil dibandingkan tanah kohesif.

Secara umum, tanah lempung dengan kondisi lunak hingga kaku memiliki rentang nilai Poisson ratio yang lebih besar dibandingkan tanah pasir dengan kepadatan sedang hingga padat. Pemilihan nilai Poisson ratio harus mempertimbangkan klasifikasi tanah hasil investigasi lapangan agar parameter yang digunakan dalam analisis numerik dapat merepresentasikan perilaku deformasi tanah secara realistis.

Dalam penelitian ini, nilai Poisson ratio ditentukan berdasarkan klasifikasi tanah hasil investigasi lapangan dan divalidasi menggunakan tabel empiris Bowles (1997). Nilai parameter yang digunakan selanjutnya disesuaikan terhadap kebutuhan stabilitas numerik model Mohr-Coulomb pada perangkat lunak PLAXIS, sehingga proses analisis dapat berjalan stabil dan menghasilkan respons deformasi tanah yang representatif terhadap kondisi aktual lapangan.

Layer 1–2 (silty clay) $\rightarrow \nu = 0,25$

Layer 3–4 (silty sand / medium dense sand) $\rightarrow \nu = 0,25$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Material	Young modulus E_s ** (kg/cm ²)	Poisson Ratio, ν ***
Soils		
Clay (lapisan 1, 2 & 3)		
Soft sensitive	20 – 40 (500 S_u)	0,4 – 0,5 (undrained)
Firm to stiff	40 – 80 (1000 S_u)	
Very stiff	80 – 200 (1500 S_u)	
Loess	150 – 600	0,1 – 0,3
Silt	20 – 200	0,3 – 0,35
Fine sand		0,25
Loose	80 – 120	
Medium dense	120 – 200	
Dense	200 – 300	0,2 – 0,35 0,3 – 0,4
Sand		
Loose	100 – 300	
Medium dense	300 – 500	
Dense	500 – 800	0,3 – 0,4
Gravel	300 – 800	
Loose	800 – 1000	
	1000 – 2000	
Rocks		
Sound, intact igneous rock and metamorphics	6 – 10 . 10 ⁵	
Sound, intact sandstone and limestone	4 – 8 . 10 ⁵	
Sound, intact shale	1 – 4 . 10 ⁵	
Coal	1 – 2 . 10 ⁵	
Other Material		
Wood	1,2 – 1,5 . 10 ⁵	0,15 – 0,25
Concrete	2 – 3 . 10 ⁵	
Ice	7 . 10 ⁵	0,36
Steel	21 . 10 ⁵	0,28 – 0,29

*After CGS (1978) and Lambe and Whitman (1969)

** E_s (soil) usually taken as secant modulus between a deviator stress of 0 and 1/3 to 1/2 peak deviator stress in the triaxial test (Lambe and Whitman, 1969). E_s (rock) usually taken as the initial tangent modulus (Farmer, 1968). E_s (clays) is the slope of consolidation curve when plotted on linear $\Delta h/h$ versus p plot (CGS, 1978).

*** Poisson's ratio for soils is evaluated from the ratio of lateral strain to axial strain during triaxial compression test with axial loading. Its value varies the strain level and becomes constant only at large strains in the failure range (Lambe and Whitman, 1969). It is generally more constant under cyclic loading cohesionless soils with range from 0,25 – 0,35 and cohesive soils from 0,4 – 0,5.

Gambar 2.12 Nilai Poisson Ratio

Sumber : Canadian Geotechnical Society (CGS, 1978) dan Lambe & Whitman (1969).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.4.9 Koefisien Permeabilitas

Koefisien permeabilitas (k) merupakan parameter tanah yang digunakan untuk memperkirakan kemampuan tanah dalam meloloskan aliran air atau rembesan melalui pori-porinya. Nilai koefisien permeabilitas diperlukan untuk mengestimasi besarnya aliran rembesan yang dapat terjadi pada massa tanah.

Tabel 1.6 Koefisien Permeabilitas

Jenis Tanah	k (cm/det)	Konsistensi
Kerikil	$> 10^{-1}$	High permeability
Kerikil halus/pasir	$10^{-1} - 10^{-3}$	Medium permeability
Pasir sangat halus Pasir lanau Lanau tidak padat	$10^{-3} - 10^{-5}$	Low permeability
Lanau padat Lanau lempung Lanau tidak murni	$10^{-5} - 10^{-7}$	Very low permeability
Lempung	$< 10^{-7}$	Impervious (rapat air)

2.5 Tekanan Tanah Lateral

2.5.1 Konsep Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral merupakan gaya horizontal yang ditimbulkan oleh massa tanah terhadap struktur penahan, seperti dinding penahan tanah, turap, maupun sheet pile. Tekanan ini muncul akibat berat sendiri tanah, pengaruh beban tambahan di permukaan, serta kondisi tegangan yang berkembang di dalam tanah. Dalam perencanaan struktur geoteknik, tekanan tanah lateral menjadi parameter penting karena secara langsung memengaruhi dimensi dan stabilitas struktur penahan.

Tekanan Tanah Lateral merupakan tekanan horizontal yang bekerja pada struktur penahan akibat berat tanah.

$$\sigma_h = K \gamma z \quad (2.4)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dimana:

σ_h = tekanan lateral tanah

K = koefisien tekanan tanah

γ = berat isi tanah

z = kedalaman tanah

Menurut Das dan Sobhan (2018), distribusi tekanan lateral dipengaruhi oleh kondisi deformasi tanah dan interaksi antara tanah dengan struktur. Ketika tanah berada dalam kondisi diam tanpa deformasi signifikan, tekanan yang bekerja disebut tekanan tanah dalam keadaan diam (*at-rest-pressure*). Namun, apabila struktur mengalami pergerakan relatif terhadap tanah, maka tekanan dapat berubah menjadi tekanan aktif atau tekanan pasif.

Dalam rekayasa geoteknik, tekanan tanah lateral umumnya dianalisis menggunakan teori klasik seperti teori Rankine dan teori Mohr-Coulomb. Kedua pendekatan tersebut digunakan untuk memperkirakan besarnya gaya horizontal yang bekerja pada struktur penahan tanah berdasarkan parameter kuat geser tanah dan kondisi geometri lereng.

1. Tekanan Tanah Diam (At-Rest Earth Pressure)

Tekanan tanah diam terjadi ketika struktur penahan tidak mengalami deformasi lateral sehingga tanah tetap berada dalam kondisi keseimbangan awal.

Persamaan tekanan tanah diam :

$$\sigma_h = K_0 \gamma z \quad (2.5)$$

koefisien tekanan tanah diam menurut Jaky (1944) :

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

2. Tekanan Tanah Aktif (Active Earth Pressure)

Tekanan tanah aktif terjadi apabila struktur bergerak menjauhi tanah sehingga tegangan lateral berkurang hingga mencapai kondisi batas aktif.

Koefisien tekanan tanah aktif menurut teori Rankine:

Hak Cipta :

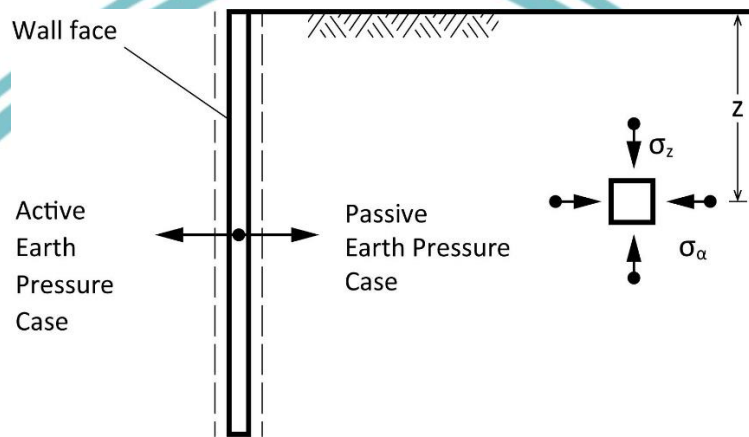
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.6)$$

3. Tekanan Tanah Pasif (Passive Earth Pressure)

Tekanan tanah pasif terjadi apabila struktur bergerak mendekati tanah sehingga tanah memberikan tahanan maksimum.

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.7)$$



Gambar 2.7 Distribusi tekanan lateral aktif-pasif 1

Sumber: (Das & Sobhan, 2018)

Dimana :

K_a = Koefisien tekanan tanah aktif

K_p = Koefisien tekanan tanah pasif

ϕ = Sudut geser dalam tanah

Menurut Bowles (1997), tekanan tanah aktif menghasilkan distribusi tekanan berbentuk segitiga yang meningkat seiring bertambahnya kedalaman tanah. Besarnya tekanan lateral aktif dapat dihitung berdasarkan berat volume tanah, tinggi timbunan, serta nilai koefisien tekanan aktif.

Teori Rankine memiliki beberapa asumsi dasar, antara lain tanah bersifat homogen, isotropic, tidak memiliki kohesi, serta permukaan tanah dianggap datar. Walaupun sederhana, teori ini masih banyak digunakan dalam tahap awal desain

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

struktur penahan tanah karena mudah diaplikasikan dan memberikan hasil yang cukup konservatif.

2.5.2 Pengaruh Tekanan Tanah Lateral Pada Sheet Pile

Pada Struktur sheet pile, tekanan tanah lateral menjadi beban utama yang harus ditahan oleh elemen struktur. Sheet pile berfungsi untuk menjaga kestabilan tanah dengan cara menahan gaya horizontal yang dihasilkan oleh massa tanah dibelakang dinding. Ketika tekanan lateral meningkat, struktur sheet pile akan mengalami deformasi berupa perpindahan horizontal dan momen lentur sepanjang kedalaman penanaman. Oleh karena itu, kedalaman penetrasi dan kekuatan sheet pile harus dirancang agar mampu menghasilkan tahanan pasif yang cukup terhadap tekanan aktif yang bekerja.

Menurut Hardiyatmo (2014), keseimbangan tekanan aktif dan pasif pada sheet pile menentukan stabilitas sistem penahan tanah secara keseluruhan. Jika tahanan pasif di bagian bawah tidak mencukupi, maka struktur dapat mengalami rotasi, pergeseran, maupun keruntuhan.

Dalam analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D, distribusi tekanan tanah lateral dapat dievaluasi secara lebih realistis karena mempertimbangkan interaksi antara tanah dan struktur. Metode numerik mampu memodelkan deformasi, redistribusi tegangan, serta perilaku tanah nonlinier yang sulit diperoleh melalui pendekatan teoritis sederhana.

Tekanan tanah lateral pada sheet pile juga dipengaruhi oleh kondisi muka air tanah, jenis tanah, dan geometri lereng. Pada tanah lunak, peningkatan tekanan pori dapat menyebabkan penurunan tegangan efektif sehingga memperbesar deformasi dan meningkatkan risiko ketidakstabilan.

2.6 Pemodelan Numerik Menggunakan PLAXIS 2D

2.6.1 Konsep Pemodelan Numerik dalam Geoteknik

Pemodelan numerik merupakan metode analisis yang digunakan untuk mensimulasikan perilaku tanah dan struktur melalui pendekatan matematis

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

berbasis computer. Dalam rekayasa geoteknik, metode ini digunakan untuk memahami respons tanah terhadap pembebanan, deformasi, distribusi tegangan, serta interaksi antara tanah dan elemen struktur.

Dalam analisis geoteknik modern, permodelan numerik menjadi salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengevaluasi kestabilan lereng, deformasi tanah, pondasi, dinding penahan tanah, serta sistem perkuatan tanah. Metode ini sangat bermanfaat Ketika kondisi tanah memiliki heterogenitas tinggi dan interaksi tanah ke struktur tidak dapat disederhanakan melalui perhitungan manual

2.7 Deformasi dan Kriteria Keamanan

2.7.1 Konsep Deformasi pada Tanah dan Struktur

Menurut Das dan Sobhan (2018), deformasi tanah terjadi akibat redistribusi tegangan internal yang menyebabkan partikel tanah bergerak dari posisi awal menuju kondisi keseimbangan baru. Besarnya deformasi dipengaruhi oleh sifat mekanik tanah, jenis pembebanan, kekakuan material, dan kondisi drainase. Dalam analisis numerik, deformasi biasanya diamati dalam arah horizontal, vertical, maupun total perpindahan yang terjadi selama proses pembebanan.

2.7.2 Perpindahan Horizontal (u_x)

Perpindahan horizontal atau horizontal displacement merupakan pergeseran tanah atau struktur pada arah sumbu horizontal akibat tekanan lateral. Pada analisis sheet pile, nilai perpindahan horizontal digunakan untuk mengevaluasi respons struktur terhadap gaya tanah aktif yang bekerja dibelakang dinding. Dalam perangkat lunak PLAXIS 2D, perpindahan horizontal ditampilkan sebagai parameter u_x , yang menunjukkan arah dan besarnya pergeseran relatif terhadap posisi awal model.

2.7.3 Perpindahan Total (u_{total})

Perpindahan total merupakan hasil kombinasi perpindahan horizontal dan vertical yang terjadi pada suatu titik dalam model analisis. Parameter ini

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

menggambarkan besar deformasi keseluruhan yang dialami tanah atau struktur.
Secara matematis, perpindahan total dapat dinyatakan sebagai :

$$u_{total} = \sqrt{(u_x^2 + u_y^2)} \quad (2.8)$$

Dimana :

u_{total} = perpindahan total

u_x = perpindahan horizontal

u_y = perpindahan vertikal



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III

METODE PEMBAHASAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada area lingkungan Jalan Pabrik X, Bitung, Cikupa, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten kode pos 15710. Letak geografis Lokasi penelitian dapat dilihat melalui peta yang ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Lokasi Pabrik X
Sumber : Google Maps

3.2. Metode Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaan penelitian ini, Teknik pengumpulan data yang digunakan meliputi beberapa metode sebagai berikut :

1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui data yang dikumpulkan langsung dari lokasi studi atau melalui pengujian lapangan/laboratorium.

Lokasi Penelitian (Studi Kasus): Jalan Pabrik X, Bitung, Cikupa, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Objek Penelitian: Lereng/tebing tanah yang mengalami atau berpotensi mengalami longsor di sepanjang Jalan Pabrik X.
- Waktu Penelitian: Dilaksanakan sebelum konstruksi.

Data yang dikumpulkan langsung dari lokasi studi atau melalui pengujian lapangan/laboratorium.

1. Survei Lapangan :

Pekerjaan penyelidikan tanah (*Soil Investigation Pembangunan Pabrik X*) di lapangan terdiri dari:

- Penyelidikan bor mesin sebanyak 2 (dua) titik, dengan kedalaman 30.45 meter.
- Pengumpulan data sekunder
- Pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) dilakukan per 02.00 meter.
- Titik bor : DB-01 dan DB-02

Pengujian Pengeboran dan *Standard Penetration Test* :

- Penyelidikan tanah dengan pengeboran ini dilakukan dengan alat bor mesin dengan A
- Tripot
- Cassing
- Mata bor (lengkap dengan core single/core barel)
- Kepala tabung
- Tabung simple
- Split spoon sample
- Hammer berat 63.5 kg
- Batang/pipa bor
- Kunci-kunci
- Slang air
- Parafin dan perlengkapan Kepala penumbuk

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengujian pengeboran bertujuan untuk membuat lobang pada lapisan tanah untuk, Mengetahui susunan lapisan tanah pendukung secara visual dan terperinci.

2. Penyelidikan Tanah (Geoteknik): Hasil Penyelidikan tanah & analisa di lapangan dan di laboratorium disajikan dalam bentuk buku laporan.

- Uji Sondir (Cone Penetration Test/CPT): Untuk mendapatkan profil tanah dan daya dukung tanah.
- Pengeboran dan SPT (*Standard Penetration Test*): Untuk mendapatkan sampel tanah (tidak terganggu/terganggu) dan parameter N-SPT pada kedalaman tertentu.

3. Uji Laboratorium Tanah: Analisis sifat fisis dan mekanis tanah dari sampel bor untuk mendapatkan parameter desain:

- Berat Volume Tanah
- Kohesi
- Sudut Gesek Dalam
- Kadar Air (w), Batas Atterberg (LL , PL , PI).

4. Data Parameter Tanah dari Hasil Pengujian Laboratorium

Data berikut diperoleh dari table hasil uji laboratorium :

A. Data Uji Triaxial UU Titik Bor DB-01

Sampel 1 (Kedalaman 1.50-2.00 m)

- Kohesi (C) = $0,220 \text{ kg/cm}^2$
- Sudut geser dalam (ϕ) = $6,204^\circ$

Sampel 2 (kedalaman 5,50-6,00 m)

- Kohesi (C) = $0,147 \text{ kg/cm}^2$
- Sudut geser dalam (ϕ) = $5,5776^\circ$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

B. Data Uji Triaxial UU Titik Bor DB-02

Sampel 1 (kedalaman 1.50-2.00 m)

- Kohesi (C) = 0,307 kg/cm²
- Sudut geser dalam (ϕ) = 7,252°

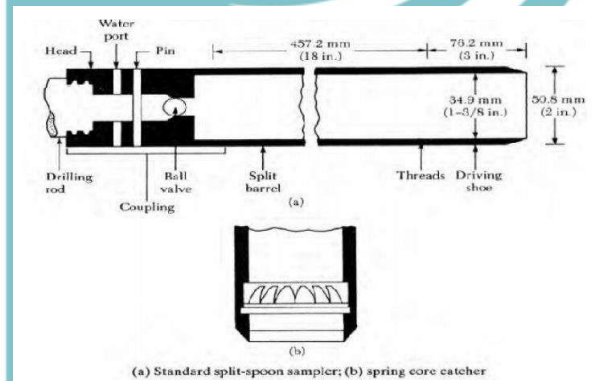
Sampel 2 (kedalaman 5.506-6.00 m)

- Kohesi (C) = 0,236 kg/cm²
- Sudut geser dalam (ϕ) = 6,148°

5. Data Standard Penetration Test (SPT)

(SPT dilakukan setiap interval 2 meter)

- Kedalaman 2 m : SPT dilakukan dengan split poon sesuai standar ASTM
- Hammer 63,5 kg, jatuh bebas 75 cm
- Nilai pukulan dicatat untuk 15-45 cm penetrasi GAMBAR BERIKUT Tabung Sampel SPT



Gambar 3.2 Tabung sampel SPT

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

6. Data Hasil Pengujian Nilai Standart Penetration

RECORD POINT STANDARD PENETRATION TEST					
ASTM D.1586-67 (1974)					
Jlh	depth	DB - 01			Σ N
SPT	m	N1	N2	N3	blows
0	0	0	0	0	0
1	2	1	2	2	4
2	4	1	1	1	2
3	6	1	1	2	3
4	8	1	2	2	4
5	10	2	2	3	5
6	12	2	3	3	6
7	14	11	21	48	>60
8	16	14	25	40	>60
9	18	16	20	42	>60
10	20	18	23	42	>60
11	22	15	26	45	>60
12	24	27	60/10cm	>	>60
13	26	27	60/7cm	>	>60
14	28	14	18	38	56
15	30	17	21	39	>60

Tabel 3.2.2. Nilai Standard Penetration Test (SPT) DB - 02.

RECORD POINT STANDARD PENETRATION TEST					
ASTM D.1586-67 (1974)					
Jlh	depth	DB - 02			Σ N
SPT	m	N1	N2	N3	blows
0	0	0	0	0	0
1	2	1	2	3	5
2	4	1	1	2	3
3	6	1	2	2	4
4	8	1	1	2	3
5	10	2	3	3	6
6	12	7	12	18	30
7	14	12	14	18	32
8	16	16	23	35	58
9	18	14	25	37	>60
10	20	17	27	40	>60
11	22	15	60/10cm	>	>60
12	24	60/7cm	>	>	>60
13	26	18	28	45	>60
14	28	10	17	16	33
15	30	8	17	30	47

Tabel 3.1 Data Hasil Pengujian Nilai SPT

Sumber : Data Proyek

Data investigasi tanah yang tersedia terdiri atas dua titik pengeboran yaitu DB-01 dan DB-02. Karena posisi pasti Sheet Pile penampang longsoran terhadap titik investigasi tidak tersedia pada dokumen penyelidikan tanah. Maka parameter geoteknik ditentukan berdasarkan interpretasi kedua borelog yang memiliki karakteristik stratigrafi yang relatif serupa. Untuk keperluan pemodelan numerik, lapisan tanah disederhanakan menjadi empat layer utama yang mewakili kondisi geoteknik lokasi penelitian.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Data Sekunder

Data sekunder ini diperoleh dari hasil sekumpulan data atau keterangan yang telah tersedia sebelumnya dan digunakan Kembali sebagai bahan data pendukung untuk melengkapi serta memenuhi kebutuhan informasi. Data tanah ini diperoleh dari PT Sondir Jaya Bersama yang sudah menyelidiki data tanah dilahan penelitian.

3.3 Tahapan Analisis Data Tanah

Tahapan analisis data tanah pada penelitian ini dilaksanakan secara terstruktur guna memperoleh parameter geoteknik yang mampu mencerminkan kondisi lapangan sebagai dasar dalam pemodelan serta perencanaan sheet pile. Proses Gambaran alur tahapan penelitian analisis diawali dengan pengolahan data hasil penyelidikan lapangan, kemudian dilanjutkan dengan pengkajian parameter tanah yang akan digunakan sebagai input dalam simulasi numerik. Adapun Langkah-langkah yang dilakukan meliputi sebagai berikut:

1. Pengolahan Data Hasil Penyelidikan Tanah

Tahap awal dilakukan dengan mengumpulkan dan menata seluruh data hasil pengeboran (DB-01 dan DB-02) , termasuk nilai Standard Penetration Test (N-SPT) pada setiap interval kedalaman. Data tersebut kemudian diklasifikasikan berdasarkan lapisan tanah untuk mengetahui variasi kondisi tanah terhadap kedalaman. Selain itu, hasil uji laboratorium seperti kadar air, berat volume, kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ) dianalisis untuk menggambarkan karakteristik mekanik tanah di lokasi penelitian.

2. Penentuan Parameter Geoteknik Tanah

Nilai N-SPT yang diperoleh dari lapangan dikorelasikan dengan parameter tanah seperti modulus elastisitas (E), kohesi efektif (c'), sudut geser dalam (ϕ'), dan berat isi tanah ditentukan berdasarkan hasil pengujian laboratorium serta referensi korelasi yang relevan.

Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan parameter input yang realistis dan sesuai dengan kondisi tanah aktual.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Penyusunan Model Lapisan Tanah

Setelah parameter tanah ditentukan, dilakukan penyusunan profil stratigrafi tanah sesuai data bor. Setiap lapisan dimodelkan berdasarkan sifat fisik dan mekaniknya. Pembagian lapisan ini penting untuk menggambarkan perilaku tanah secara lebih akurat dalam analisis stabilitas.

4. Input Data ke Perangkat Lunak Analisis

Parameter tanah yang telah diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak PLAXIS 2D dengan menggunakan model konstitutif Mohr-Coulomb. Tahapan ini mencakup pendefinisian kondisi bata (boundary condition), beban luar, serta interaksi antara tanah dan struktur sheet pile.

5. Evaluasi Hasil Analisis

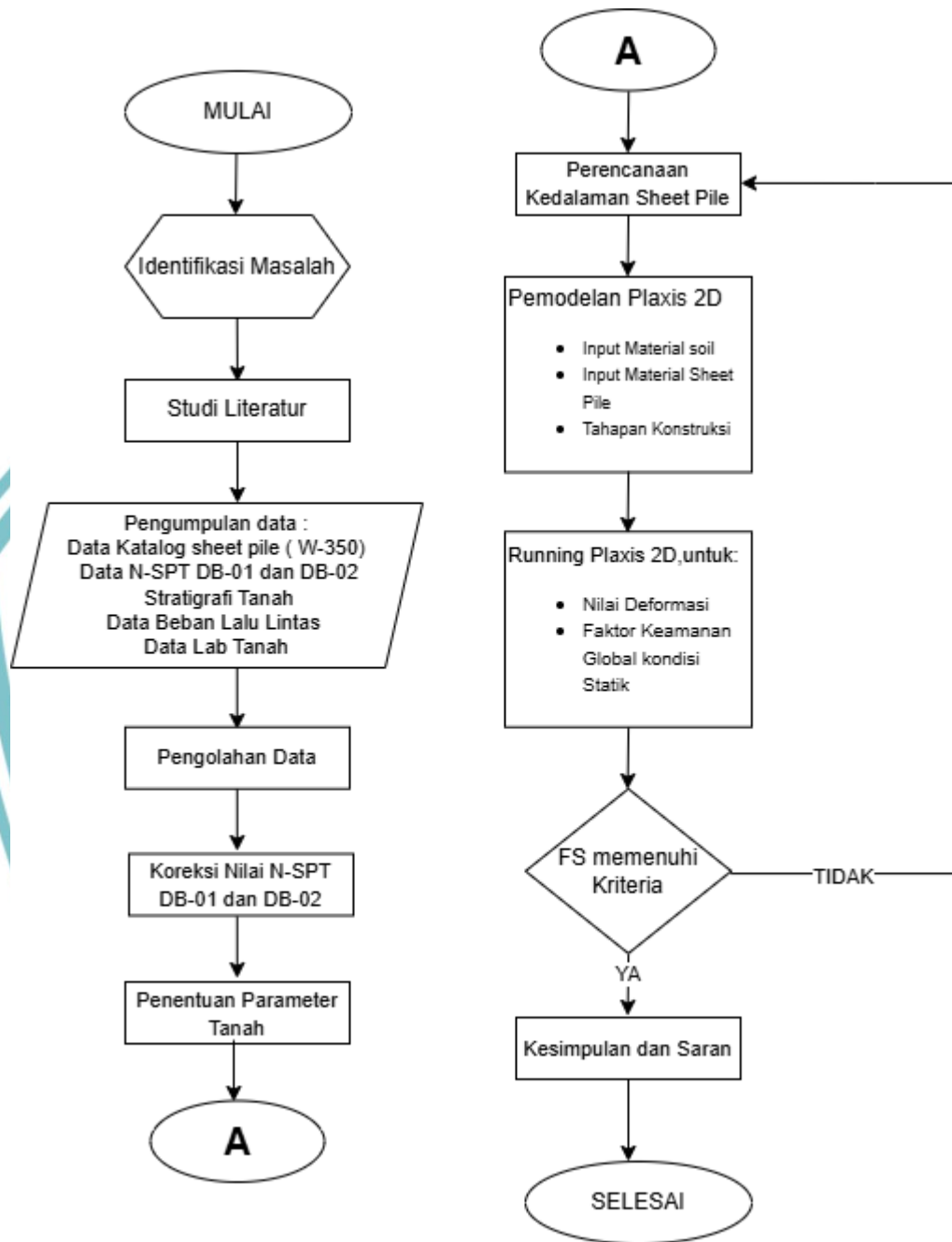
Tahap akhir adalah mengevaluasi hasil simulasi berupa deformasi horizontal (u_x), deformasi total (u_{total}), serta distribusi tekanan tanah lateral. Hasil tersebut dianalisis untuk menilai apakah detail sheet pile dengan kedalaman 8 meter telah memenuhi kriteria keamanan dan batas toleransi deformasi yang diizinkan.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

d. Diagram Alir



Gambar 3.3 Diagram Alir

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB VI

DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data

Data yang dipakai dalam perhitungan adalah data tanah yang diperoleh dari pengujian laboratorium yang dilakukan oleh PT Sondir Jayabersama Jl. Agarindo Raya km.6, Sukamantri, Kec. Pasar Kemis, Banten 15560. Data tersebut berupa hasil pengujian tanah dari sampel yang diambil melalui kegiatan pengeboran (boring) DB-01 dan DB-02 di lapangan. Selanjutnya sampel di laboratorium untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah yang menjadi dasar perhitungan kapasitas dan penurunan tanah.

4.1.1 Data Tanah (Laboratorium)

Dari data hasil penyelidikan tanah di lapangan dan laboratorium PT Sondri Jayabersama, dapat diambil dari hasil uji laboratorium dapat disimpulkan tentang deskripsi tanah yang bervariasi tergantung pada kedalamannya.

Tabel 4.1 Data Tanah 1

No	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan (m)	Deskripsi Tanah
1	00.00– 01.50	1.50	Lempung Berlanau Campur Kerikil, Abu-abu
2	01.50 – 09.50	8.00	Lempung Berlanau, Abu-abu.
3	09.50 – 13.00	3.50	Lempung Berlanau, Abu-abu Coklat.
4	13.00 – 16.00	3.00	Cadas Lanau Pasir Halus, Coklat.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5	16.00 – 18.50	2.50	Cadas Lanau Pasir Kasar ke Halus Lapis Koral
6	18.50 – 22.50	4.00	Cadas Lanau Pasir Kasar ke Halus, Coklat Abu-
7	22.50– 27.00	4.50	Cadas Lanau Pasir Kasar ke Halus, Abu-abu
9	27.00 – 30.45	3.45	Cadas Lanau Campur Pasir Kasar, Coklat.

4.1.2 Parameter Dasar Tanah

Parameter dasar tanah adalah sifat fisiktanah yang diperoleh langsung dari hasil pengujian laboratorium. Parameter ini digunakan untuk menggambarkan karakteristik umum tanah dan menjadi dasar dalam penentuan parameter geoteknik

Tabel 4.2 Parameter Dasar Tanah 1

Laye r	USC S	Gs	w (%)	γ_n (kN/m^3)	γ_d (kN/m^3)	e	n	Sr (%)	PI (%)
1	Silty Clay	2,640	0,4049	14,730	10,497	3	0,59	72,58	43,68
2	Silty Clay	2,635	0,4434	14,156	9,830	6	0,62	71,28	39,70
3	Silty Sand	2,654	0,1975	17,423	14,234	9	0,45	63,19	> 30
4	Silty Sand	2,683	0,1569	17,535	15,156	6	0,42	57,08	>30

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2 Penentuan Parameter Tanah Berdasarkan Korelasi N-SPT

Data yang digunakan dalam penentuan parameter tanah berasal dari hasil penyelidikan lapangan berupa Standard Penetration Test (SPT) dan hasil pengujian laboratorium terhadap sampel tanah. Data SPT memberikan informasi mengenai tingkat kepadatan atau konsistensi tanah pada setiap kedalaman, sedangkan pengujian laboratorium digunakan untuk menentukan parameter kuat geser dan sifat fisik tanah.

4.2.1 Penentuan Nilai Kohesi (c)

Kohesi (c) merupakan salah satu parameter kuat geser tanah yang menunjukkan kemampuan tanah dalam menahan tegangan geser akibat ikatan antarpartikel. Pada penelitian ini, nilai kohesi diperoleh dari hasil pengujian laboratorium berupa Triaxial Test dan Direct Shear Test yang dilakukan pada sampel tanah hasil investigasi lapangan. Nilai kohesi yang digunakan dalam pemodelan PLAXIS dipilih sebagai parameter representatif yang mewakili kondisi masing-masing lapisan tanah.

Tabel 4.3 Penentuan Nilai Kohesi (c)

Layer	Jenis Tanah	c Triaxial (kN/m ²)	c Direct Shear (kN/m ²)	c PLAXIS 2D (kN/m ²)
1	Silty Clay	25,841	14,563	20,2
2	Silty Clay	18,78	13,19	15,98
3	Silty Clay	65,701	-	65,7
4	Silty Sand	68,758	-	68,76

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, nilai kohesi menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya kedalaman tanah. Hal ini ditunjukkan oleh nilai kohesi pada layer 3 dan Layer 4 yang lebih besar dibandingkan lapisan tanah di atasnya.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.2 Penentuan Sudut Geser Dalam (ϕ)

Sudut geser dalam (ϕ) merupakan parameter kuat geser tanah yang menggambarkan besarnya tahanan gesek antarpartikel tanah terhadap gaya geser. Pada penelitian ini, nilai sudut geser dalam diperoleh dari hasil pengujian laboratorium berupa Triaxial Test dan Direct Shear Test yang dilakukan pada sampel tanah hasil investigasi lapangan. Nilai (ϕ) yang digunakan dalam pemodelan PLAXIS merupakan parameter representatif yang mewakili kondisi masing-masing lapisan tanah.

Tabel 4.4 Penentuan Sudut Geser Dalam (ϕ)

Layer	Jenis Tanah	ϕ Triaxial (°)	ϕ Direct Shear (°)	ϕ PLAXIS (°)
1	Silty Clay	6,728	12,502	9,61
2	Silty Clay	5,962	11,802	8,88
3	Silty Clay	20,309	-	20,31
4	Silty Sand	20,735	-	20,74

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, nilai sudut geser dalam menunjukkan peningkatan pada lapisan tanah yang lebih dalam. Hal ini menunjukkan bahwa tanah pada kedalaman yang lebih besar memiliki kepadatan dan tahanan geser yang lebih tinggi dibandingkan lapisan tanah di bagian atas.

4.2.3 Korelasi N-SPT Terhadap Modulus Elastisitas (E)

Nilai modulus elastisitas (E) pada penelitian ini ditentukan berdasarkan klasifikasi tanah dan tabel rekomendasi Bowles (1997). Lapisan 1, 2, dan 3 diklasifikasikan sebagai *firm to stiff clay*, sedangkan lapisan 4 diklasifikasikan sebagai *medium dense sand*.

Berdasarkan referensi Bowles (1997), dipilih nilai modulus elastisitas sebesar 6000 kN/m² untuk lapisan 1, 2, dan 3 serta 50000 kN/m² untuk lapisan 4. Nilai tersebut digunakan sebagai parameter kekakuan tanah dalam pemodelan PLAXIS 2D.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.5 Korelasi N-SPT terhadap Modulus Elastisitas (E)

Material	Young Modulus E** (kg/cm ²)	Poisson Ratio, ν ***
Soils		
Clay (lapisan 1, 2 & 3)		
Soft sensitive	20 – 40 (500S _u)	
Firm to stiff	40 – 80 (1000S _u)	0,4 – 0,5
Very stiff	80 – 200 (1500S _u)	(undrained)
Loess	150 – 600	0,1 – 0,3
Silt	20 – 200	0,3 – 0,35
Fine sand		
Loose	80 – 120	
Medium dense	120 – 200	0,25
Dense	200 – 300	
Sand		
Loose	100 – 300	0,2 – 0,35
Medium dense	300 – 500	
Dense	500 – 800	0,3 – 0,4
Gravel	300 – 800	
Loose	800 – 1000	
	1000 – 2000	
Rocks		
Sound, intact igneous rock and metamorphics	6 – 10 . 10 ⁵	
Sound, intact sandstone and limestone	4 – 8 . 10 ⁵	
Sound, intact shale	1 – 4 . 10 ⁵	
Coal	1 – 2 . 10 ⁵	
Other Material		
Wood	1,2 – 1,5 . 10 ⁵	
Concrete	2 – 3 . 10 ⁵	0,15 – 0,25
Ice	7 . 10 ⁵	0,36
Steel	21 . 10 ⁵	0,28 – 0,29

*After CGS (1978) and Lambe and Whitman (1969)
 ** E_s (soil) usually taken as secant modulus between a deviator stress of 0 and 1/3 to 1/2 peak deviator stress in the triaxial test (Lambe and Whitman, 1969). E_r (rock) usually taken as the initial tangent modulus (Farmer, 1968). E_c (clays) is the slope of consolidation curve when plotted on linear $\Delta v/v$ versus p plot (CGS, 1978).
 *** Poisson's ratio for soils is evaluated from the ratio of lateral strain to axial strain during triaxial compression test with axial loading. Its value varies the strain level and becomes constant only at large strains in the failure range (Lambe and Whitman, 1969). It is generally more constant under cyclic loading cohesionless soils with range from 0,25 – 0,35 and cohesive soils from 0,4 – 0,5.

Tabel 4.6 Modulus Elastisitas Tanah

Lapisan	Klasifikasi Tanah	E (kN/m ²)
1	Firm to Stiff Clay	6000
2	Firm to Stiff Clay	6000
3	Firm to Stiff Clay	6000
4	Medium Dense Sand	50000

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.4 Penentuan Nilai Poisson's Ratio (ν)

Tabel parameter empiris merupakan kompilasi yang disajikan oleh Bowles (1997) berdasarkan referensi klasik geoteknik dari CGS (1978) dan Lambe & Whitman (1969). Dari tabel ini ditemukan nilai poisson Ratio nya. Layer 1-3 (Firm to stiff clay)

Layer 4 (Medium dense sand)

Material	Young Modulus E^{**} (kg/cm^2)	Poisson Ratio, ν^{***}
Soils		
Clay (lapisan 1, 2 & 3)		
Soft sensitive	20 - 40 (500 S_u)	
Firm to stiff	40 - 80 (1000 S_u)	0,4 - 0,5
Very stiff	80 - 200 (1500 S_u)	(undrained)
Loess	150 - 600	0,1 - 0,3
Silt	20 - 200	0,3 - 0,35
Fine sand		
Loose	80 - 120	
Medium dense	120 - 200	0,25
Dense	200 - 300	
Sand		
Loose	100 - 300	0,2 - 0,35
Medium dense	300 - 500	
Dense	500 - 800	0,3 - 0,4
Gravel	300 - 800	
Loose	800 - 1000	
	1000 - 2000	
Rocks		
Sound, intact igneous rock and metamorphics	6 - 10 . 10 ³	
Sound, intact sandstone and limestone	4 - 8 . 10 ³	
Sound, intact shale	1 - 4 . 10 ³	
Coal	1 - 2 . 10 ³	
Other Material		
Wood	1,2 - 1,5 . 10 ³	
Concrete	2 - 3 . 10 ³	0,15 - 0,25
Ice	7 . 10 ³	0,36
Steel	21 . 10 ³	0,28 - 0,29

*After CGS (1978) and Lambe and Whitman (1969)
 ** E_s (soil) usually taken as secant modulus between a deviator stress of 0 and 1/3 to 1/2 peak deviator stress in the triaxial test (Lambe and Whitman, 1969). E_r (rock) usually taken as the initial tangent modulus (Farmer, 1968). E_c (clays) is the slope of consolidation curve when plotted on linear $\Delta\ln v$ versus p plot (CGS, 1978).

*** Poisson's ratio for soils is evaluated from the ratio of lateral strain to axial strain during triaxial compression test with axial loading. Its value varies the strain level and becomes constant only at large strains in the failure range (Lambe and Whitman, 1969). It is generally more constant under cyclic loading cohesionless soils with range from 0,25 - 0,35 and cohesive soils from 0,4 - 0,5.

Poisson's Ratio (ν) merupakan parameter yang menunjukkan perbandingan antara regangan lateral terhadap regangan aksial suatu material akibat pembebanan. Parameter ini digunakan dalam pemodelan PLAXIS 2D untuk menggambarkan perilaku deformasi tanah saat menerima beban.

Penentuan nilai Poisson's Ratio pada penelitian ini mengacu pada tabel empiris Bowles (1997). Berdasarkan klasifikasi tanah hasil investigasi lapangan, lapisan 1, lapisan 2, dan lapisan 3 termasuk dalam kategori *firm to stiff clay*, sedangkan lapisan 4 termasuk dalam kategori *medium dense sand*.

Menurut Bowles (1997), nilai Poisson's Ratio untuk tanah *medium dense sand* adalah sebesar 0,25. Karena data hasil pengujian laboratorium untuk menentukan nilai Poisson's Ratio tidak tersedia, maka pada penelitian ini

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

digunakan nilai $\nu = 0,25$ sebagai nilai representatif pada seluruh lapisan tanah dalam pemodelan PLAXIS 2D. Penggunaan nilai Poisson's Ratio yang seragam bertujuan untuk menyederhanakan pemodelan numerik tanpa mengurangi representasi perilaku tanah secara umum pada lokasi penelitian.

Tabel 4.7 Nilai Poisson's Ratio yang Digunakan pada Pemodelan

Lapisan	Jenis Tanah	Nilai ν
1	Firm to Stiff Clay	0,25
2	Firm to Stiff Clay	0,25
3	Firm to Stiff Clay	0,25
4	Medium Dense Sand	0,25

4.2.5 Rekapitulasi Parameter Tanah

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, korelasi empiris menurut Bowles (1997), serta validasi parameter terhadap referensi CGS (1978) dan Lambe & Whitman (1969), diperoleh parameter tanah yang digunakan sebagai input pada pemodelan numerik menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D dengan model konstitutif Mohr-Coulomb. Nilai parameter yang digunakan merupakan hasil evaluasi antara data laboratorium dan korelasi empiris dengan mempertimbangkan pendekatan konservatif (*worst-case condition*). Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh hasil analisis yang aman, realistis, dan representatif terhadap kondisi tanah di lokasi penelitian.

Rekapitulasi parameter tanah yang digunakan dalam analisis disajikan pada Tabel 4.5 Rekapitulasi Parameter Tanah

Parameter tanah yang digunakan dalam analisis diperoleh dari kombinasi hasil pengujian laboratorium, korelasi empiris berdasarkan nilai N-SPT, serta interpretasi geoteknik terhadap kondisi stratigrafi tanah. Parameter tersebut selanjutnya digunakan sebagai data masukan pada model Mohr-Coulomb dalam perangkat lunak PLAXIS 2D.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lapisan 1 : Silty clay				
N (SPT) = 4,5				
Kedalaman 0,00-2,00				
1	Mode material	-	Mohr Coulomb	
2	Jenis perilaku material	-	undrained	
3	Berat isi tanah tak jenuh	γ_{unsat}	14,71	kN/m ³
4	berat isi tanah jenuh	γ_{sat}	16,32	kN/m ³
5	Permeabilitas horizontal	k_x	$(1.296) \cdot 10^{-5}$	m/day
6	Permeabilitas vertikal	k_y	$(2.592) \cdot 10^{-5}$	m/day
7	Modulus Young	E_{ref}	6000	kN/m ²
8	Angka Poisson	ν	0.25	-
9	Kohesi	c_{ref}	20,20	kN/m ²
10	Sudut Geser	ϕ	9,61	°
11	Sudut Dilatasi	ψ	0	°
12	Faktor reduksi kuat geser antarmuka	R_{inter}	0,6	-
13	Percepatan gempa	Acc.	0,6	gal
Lapisan 2 : Silty clay				
N (SPT) = 3				
Kedalaman 2.00 - 8.50				
1	Mode material	-	Mohr Coulomb	
2	Jenis perilaku material	-	undrained	
3	Berat isi tanah tak jenuh	γ_{unsat}	14,10	kN/m ³
4	berat isi tanah jenuh	γ_{sat}	15,87	kN/m ³
5	Permeabilitas horizontal	k_x	$(1.296) \cdot 10^{-5}$	m/day

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

6	Permeabilitas vertikal	k_y	$(2.592) \cdot 10^{-6}$	m/day
7	Modulus Young	E_{ref}	6000	kN/m ²
8	Angka Poisson	ν	0.25	-
9	Kohesi	c_{ref}	15,98	kN/m ²
10	Sudut Geser	ϕ	10,12	°
11	Sudut Dilatasi	ψ	0	°
12	Faktor reduksi kuat geser antarmuka	R_{inter}	0,6	-
13	Percepatan gempa	Acc.	0,6	gal

Lapisan 3 :	Silty clay			
N (SPT) =	46			
Kedalaman	8.50 - 15.50			
1	Mode material	-	Mohr Coulomb	
2	Jenis perilaku material	-	undrained	
3	Berat isi tanah tak jenuh	γ_{unsat}	17.05	kN/m ³
4	berat isi tanah jenuh	γ_{sat}	18.68	kN/m ³
5	Permeabilitas horizontal	k_x	$(1.296) \cdot 10^{-5}$	m/day
6	Permeabilitas vertikal	k_y	$(2.592) \cdot 10^{-6}$	m/day
7	Modulus Young	E_{ref}	6000	kN/m ²
8	Angka Poisson	ν	0.25	-
9	Kohesi	c_{ref}	65,70	kN/m ²
10	Sudut Geser	ϕ	20,31	°
11	Sudut Dilatasi	ψ	0	°
12	Faktor reduksi kuat geser antarmuka	R_{inter}	0.6	-
13	Percepatan gempa	Acc.	0.6	gal

Lapisan 4 :	Sandy silt			
N (SPT) =	60			
Kedalaman	15.50 - 30.00			
1	Mode material	-	Mohr Coulomb	
2	Jenis perilaku material	-	undrained	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3	Berat isi tanah tak jenuh	yunsat	17.54	kN/m ³
4	berat isi tanah jenuh	ysat	19.32	kN/m ³
5	Permeabilitas horizontal	kx	(4.32)*10 ⁻¹	m/day
6	Permeabilitas vertikal	ky	(8.64)*10 ⁻³	m/day
7	Modulus Young	Eref	20000 - 70000	kN/m ²
8	Angka Poisson	u	0.3	-
9	Kohesi	c _{ref}	68,76	kN/m ²
10	Sudut Geser	φ	20,74	°
11	Sudut Dilatasi	ψ	0.1	°
12	Faktor reduksi kuat geser antarmuka	R _{inter}	0.7	-
13	Percepatan gempa	Acc.	0.52	gal

4.3 Desain dan Spesifikasi Sheet Pile Beton

4.3.1 Pemilihan Tipe Sheet Pile

Perkuatan lereng pada penelitian ini menggunakan Corrugated Prestressed Concrete Sheet Pile beton pracetak. Pemilihan tipe tersebut didasarkan pada ketersediaan produk di pasaran, dimensi yang sesuai dengan kebutuhan pemodelan, serta kemampuan struktur dalam menahan tekanan lateral tanah pada lokasi penelitian.

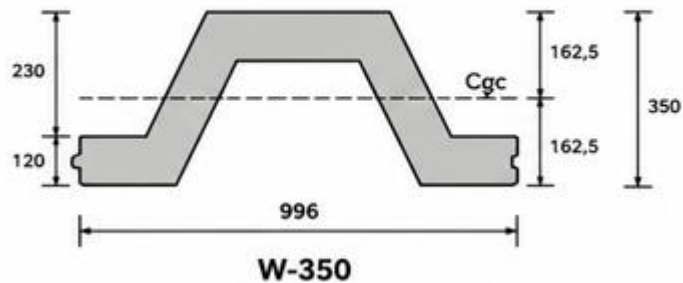
Sheet Pile beton dipilih karena memiliki kekakuan yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, umur layanan yang panjang, serta umum digunakan sebagai struktur penahan tanah pada pekerjaan geoteknik, khususnya pada area dengan kondisi tanah lunak hingga sedang. Selain itu, penggunaan sheet pile beton pracetak memberikan kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi karena proses pemasangan relatif cepat dibandingkan metode struktur penahan tanah konvensional.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.2 Spesifikasi Sheet Pile

Spesifikasi sheet pile yang digunakan mengacu pada katalog produk Corrugated Prestressed Concrete Sheet Pile Tipe W-350 Kelas A. Profil penampang sheet pile ditunjukkan pada gambar 4.1, sedangkan spesifikasi teknis yang digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 Spesifikasi Sheet Pile

Sumber : Katalog Corrugated Prestressed Concrete Sheet Pile.

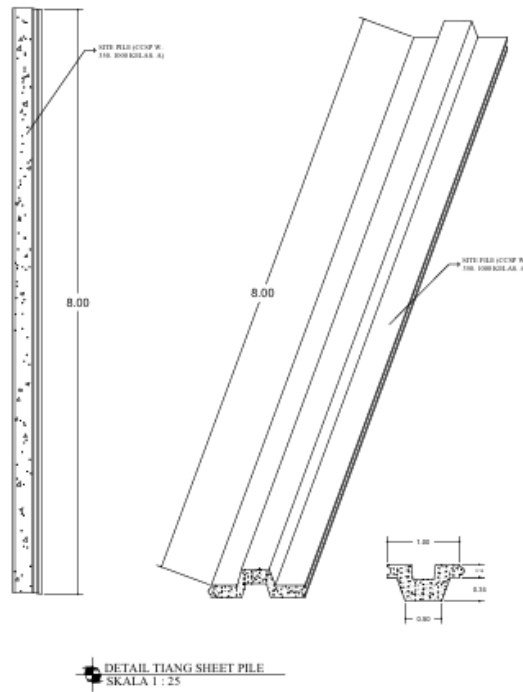
Spesifikasi utama yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian meliputi lebar efektif sebesar 996 mm, tinggi penampang 350 mm, mutu beton $f_c' = 62$ MPa, modulus elastisitas beton sebesar 25.000 MPa, nilai EA sebesar $1,47 \times 10^6$ kN/m, serta kekakuan lentur (EI) sesuai spesifikasi katalog. Parameter tersebut kemudian digunakan sebagai data input material plate pada pemodelan PLAXIS 2D.

4.3.3 Desain Sheet Pile dan Tampak Sheet Pile

Gambar kerja sheet pile disusun untuk memperjelas bentuk geometric serta posisi pemasangan sheet pile pada lokasi penelitian. Gambar tampak depan menunjukkan konfigurasi elemen sheet pile secara keseluruhan, sedangkan gambar potongan memperlihatkan hubungan antara sheet pile dengan permukaan tanah eksisting serta kedalaman penanaman yang direncanakan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

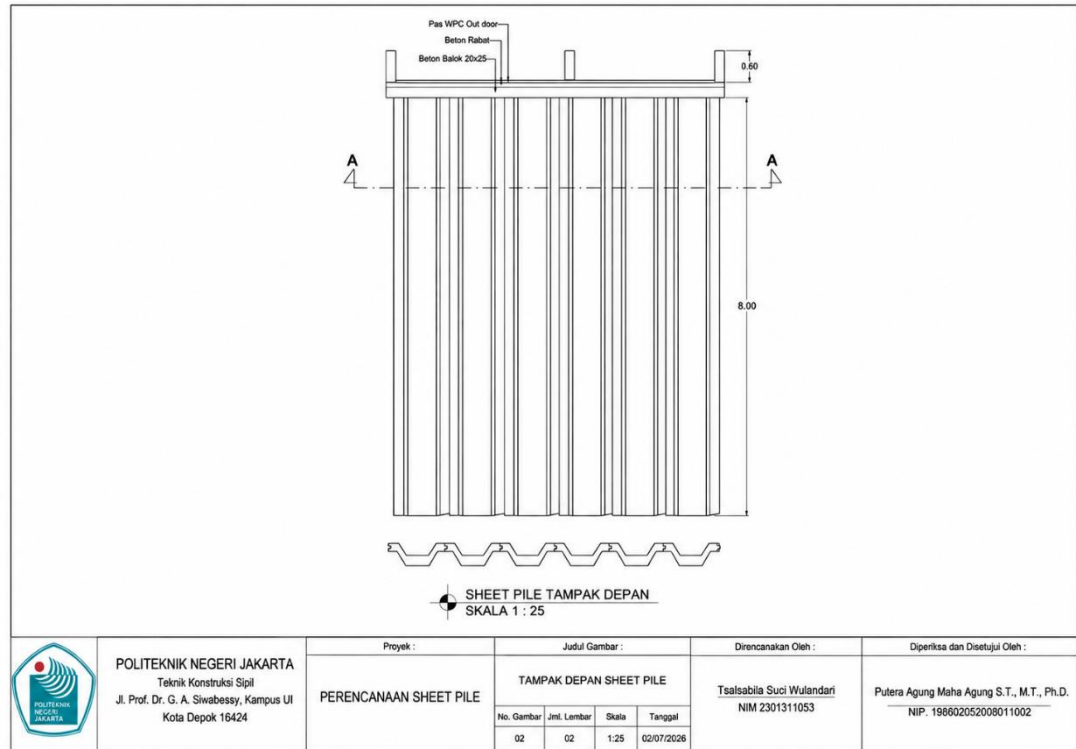


Gambar 4.3 Desain Sheet Pile

Tampak depan digunakan untuk menunjukkan panjang elemen sheet pile yang dipasang, sedangkan gambar potongan memberikan informasi mengenai posisi struktur terhadap elevasi tanah, bagian sheet pile yang tertanam, serta bagian yang berfungsi sebagai penahan perbedaan elevasi tanah.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.4 Tampak Depan Sheet Pile

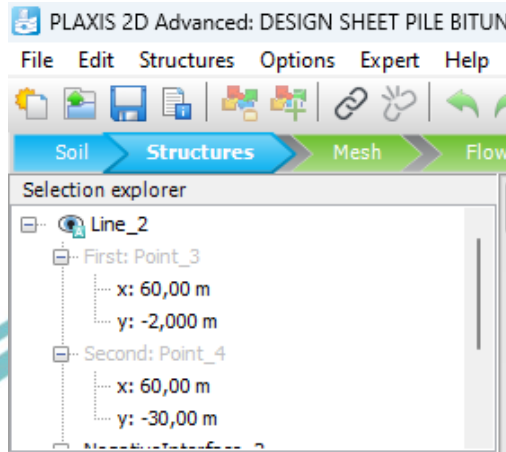
4.4 Pemodelan Numerik Menggunakan PLAXIS 2D

4.4.1 Geometri Model

Model geometri pada analisis numerik dibuat berdasarkan hasil investigasi tanah dan kondisi aktual Lokasi proyek. Permodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D dengan domain analisis berbentuk bidang dua dimensi yang mempresentasikan kondisi tanah dan struktur sheet pile pada Lokasi penelitian. Dimensi model tanah dibuat dengan lebar 60 m dan kedalaman 30 m untuk meminimalkan pengaruh batas model terhadap distribusi dan deformasi tanah selama analisis berlangsung.

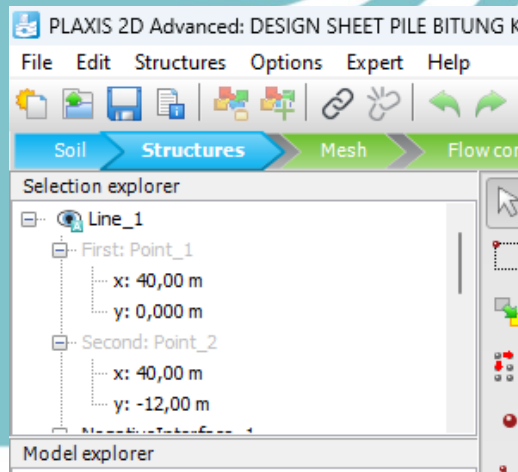
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.5 Lebar dan kedalaman Tanah

Struktur penahan tanah yang digunakan berupa sheet pile beton dengan kedalaman penetrasi 12 m dari permukaan tanah ekisting. Kedalaman tersebut dipilih agar sheet pile mencapai lapisan tanah yang lebih stabil sehingga mampu memberikan tahanan pasif yang cukup terhadap tekanan tanah lateral.



Gambar 4.6 Kedalaman sheet pile

4.4.2 Model Material

Model material merupakan pendekatan matematis yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara tegangan dan regangan tanah dalam analisis numerik. Pada penelitian ini, model konstitutif yang digunakan adalah model Mohr-Coulomb Failure Criterion yang tersedia pada PLAXIS. Model Mohr-

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Coulomb dipilih karena merupakan model elastis–plastis sederhana yang umum digunakan dalam analisis geoteknik.

Parameter material tanah yang digunakan pada model Mohr-Coulomb diperoleh dari hasil pengujian laboratorium, korelasi nilai N-SPT, serta asumsi berdasarkan literatur. Parameter tersebut meliputi berat volume tanah jenuh dan tak jenuh, modulus elastisitas, angka Poisson, kohesi, sudut geser dalam, dan sudut dilatansi. Rekapitulasi parameter input yang digunakan pada pemodelan PLAXIS disajikan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Model Material

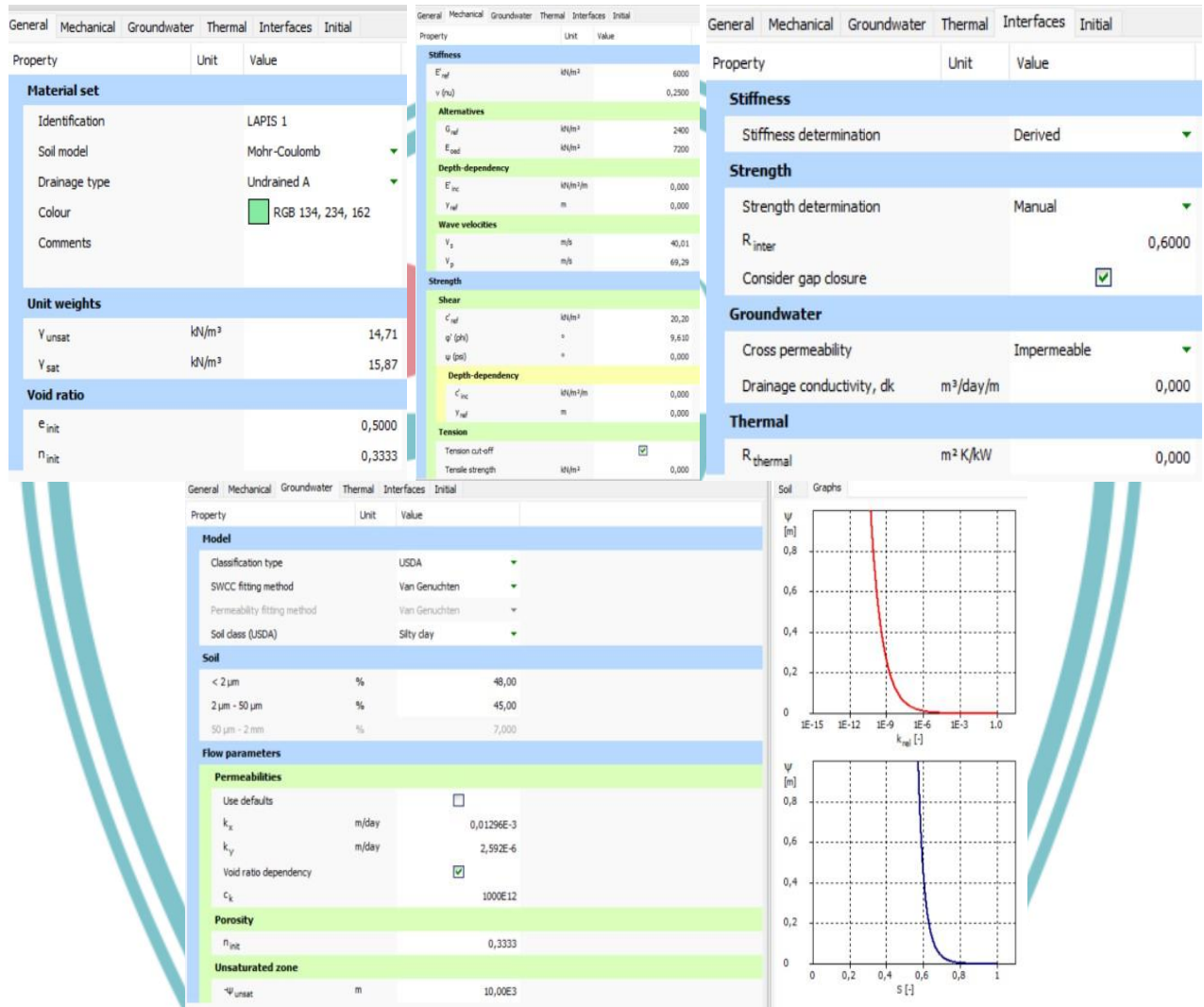
Lapisan 1:	Silty clay			
N (SPT) =	4.5			
Kedalaman :	0,00 - 2,00			
1	Model material	-	Mohr Coulomb	
2	Jenis perilaku material	-	undrained	
3	Berat isi tanah tak jenuh	γ_{unsat}	14.71	kN/m ³
4	Berat isi tanah jenuh	γ_{sat}	15.87	kN/m ³
5	Permeabilitas horizontal	k_x	$(1.296) \cdot 10^{-5}$	m/day
6	Permeabilitas vertikal	k_y	$(2.592) \cdot 10^{-6}$	m/day
7	Modulus Young	E_{ref}	6000	kN/m ²
8	Angka Poisson	ν	0.25	-
9	Kohesi	c_{ref}	20.20	kN/m ²
10	Sudut Geser	ϕ	9.61	°
11	Sudut Dilatansi	ψ	0	°
12	Faktor reduksi kuat geser antarmuka	R_{inter}	0.6	-
13	Percepatan gempa	$Acc.$	0.6	gal

A. Material Soil

1. Input Lapisan Layer 1

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

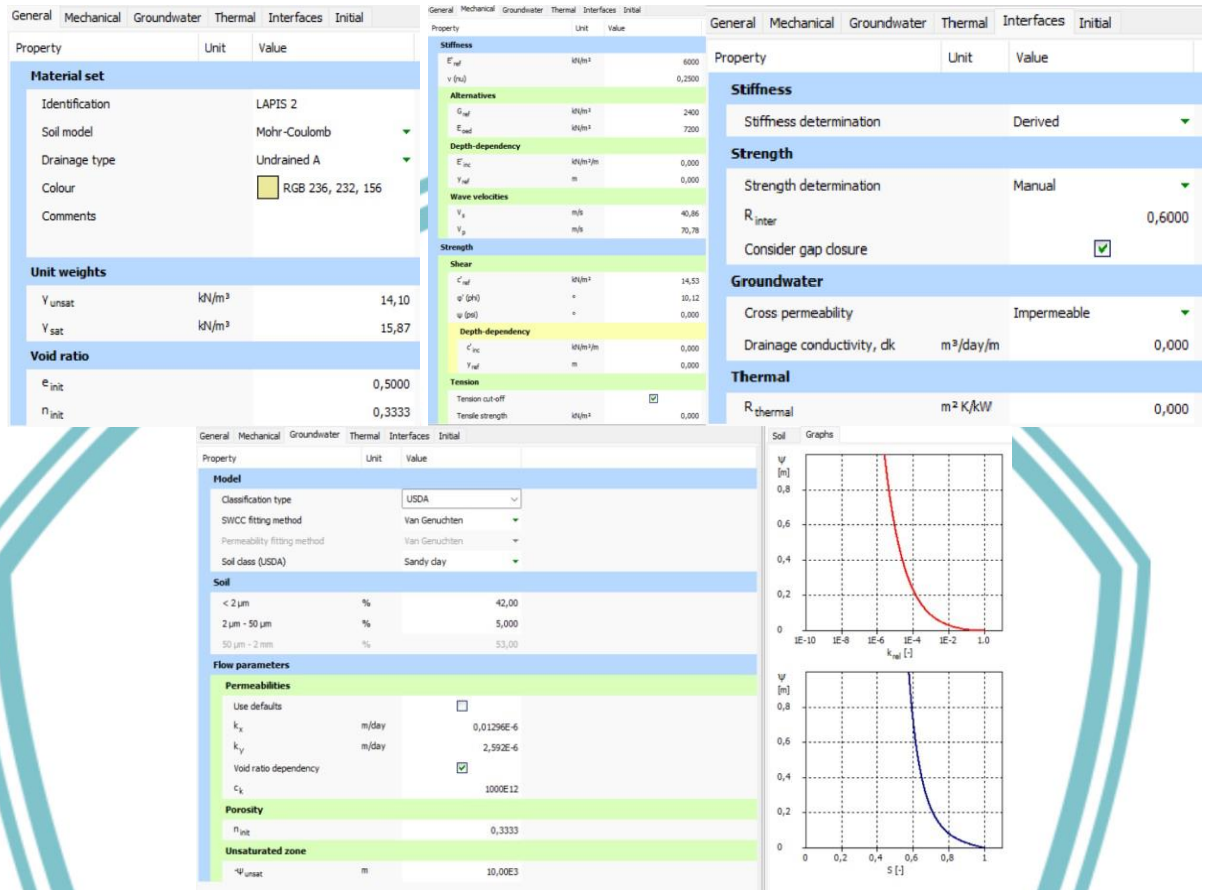


Gambar 4.7 Input Lapisan Layer 1

2. Input Lapisan Layer 2

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



The screenshot displays the input interface for Layer 2, organized into several tabs: General, Mechanical, Groundwater, Thermal, Interfaces, and Initial. The 'General' tab is active, showing the following properties:

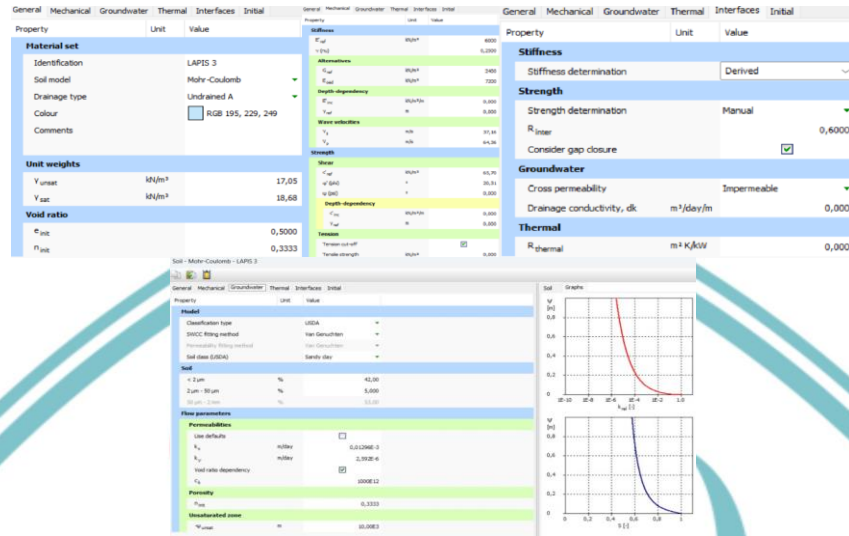
Property	Unit	Value
Material set		
Identification		LAPIS 2
Soil model		Mohr-Coulomb
Drainage type		Undrained A
Colour		RGB 236, 232, 156
Comments		
Unit weights		
γ_{unsat}	kN/m ³	14,10
γ_{sat}	kN/m ³	15,87
Void ratio		
e_{init}		0,5000
n_{init}		0,3333

The 'Mechanical' tab is also visible, showing properties such as Stiffness, Alternatives, Depth-dependency, Wave velocities, Strength, Shear, and Tension. The 'Groundwater' tab shows properties like Cross permeability and Drainage conductivity. The 'Thermal' tab shows the Thermal conductivity ($R_{thermal}$).

On the right side, there are two graphs. The top graph shows the relationship between V [m] and k_{rel} [-], with a red curve. The bottom graph shows the relationship between V [m] and S [-], with a blue curve.

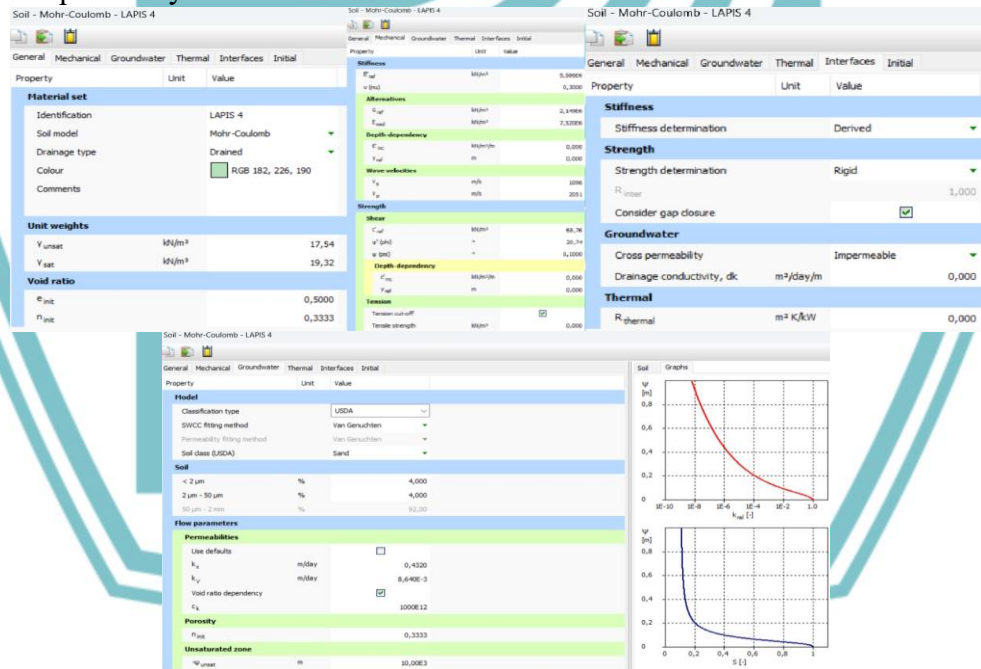
Gambar 4.8 Input Lapisan Layer 2

3. Input Lapisan Layer 3



Gambar 4.9 Input Lapisan Layer 3

4. Input Lapisan Layer 4



Gambar 4.10 Input Lapisan Layer 4

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

B.Material Sheet Pile

Plate - SHEET PILE			Plate - SHEET PILE		
General Mechanical Thermal			General Mechanical Thermal		
Property	Unit	Value	Property	Unit	Value
Material set			Properties		
Identification		SHEET PILE	Isotropic		☒
Material type		Elastic	Stiffness		
Colour		 RGB 255, 0, 47	EA ₁	kN/m	1,470E6
Comments			EA ₂	kN/m	1,470E6
Unit weights			E ₁	kN/m ²	2,122E6
w	kN/m/m	0,5500	E ₂	kN/m ²	2,122E6
Advanced			EI	kN m ² /m	58,80E3
Prevent punching		☐	v (nu)		0,2500
			d	m	0,6928

Gambar 4.11 Material Sheet Pile

Bedasarkan interpretasi data boring DB-01 dan DB-02, lapisan tanah disederhanakan menjadi empat layer utama untuk mempermudah proses pemodelan numerik tanpa menghilangkan karakteristik utama stratigrafi tanah di lokasi penelitian.

4.4.3 Boundary Conditions

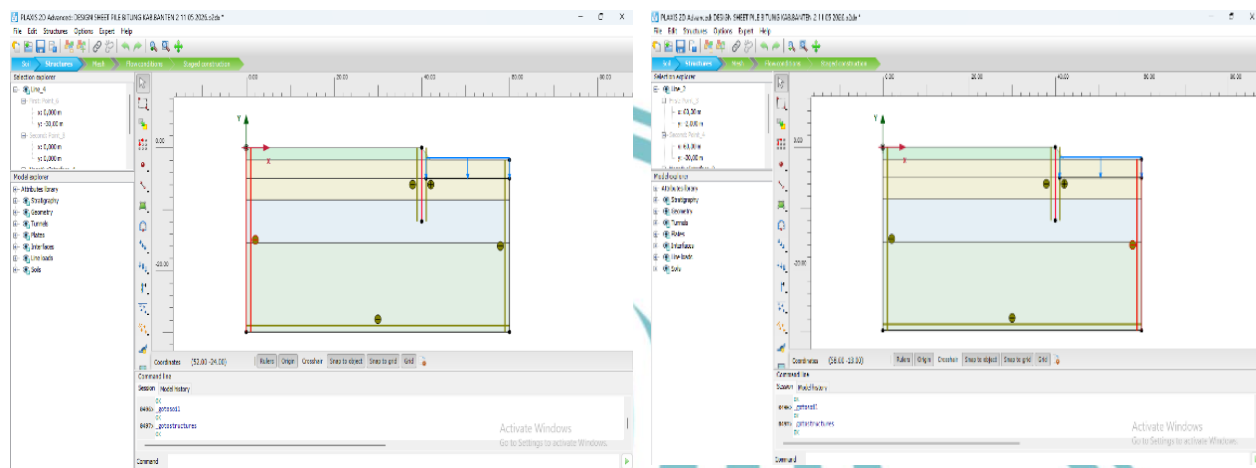
Boundary conditions pada model numerik ditetapkan untuk mempresentasikan kondisi lapangan serta mencegah pengaruh batas model terhadap hasil analisis. Domain analisis dibuat dengan lebar 60 m dan kedalaman 30 m, sehingga efek batas terhadap deformasi tanah dapat diminimalkan.

Kondisi batas yang diterapkan adalah sebagai berikut :

Hak Cipta :

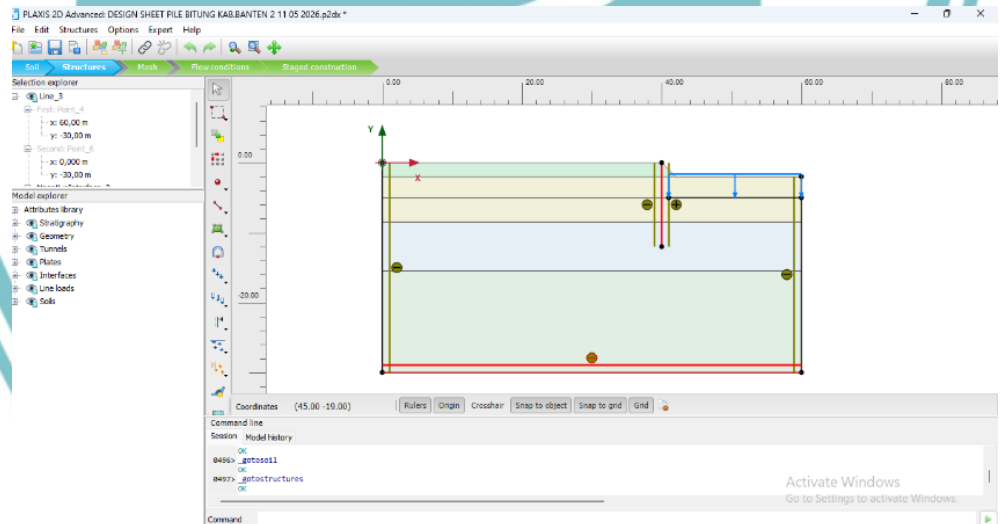
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- a. Batas kiri dan kanan model dikekang terhadap perpindahan arah horizontal ($U_x = 0$), namun tetap diizinkan arah vertikal



Gambar 4.12 Batas kiri dan kanan

- b. Batas bawah model dikekang penuh terhadap perpindahan arah horizontal dan vertikal ($U_x = 0$ dan $U_y = 0$) sehingga dianggap sebagai lapisan tanah stabil.

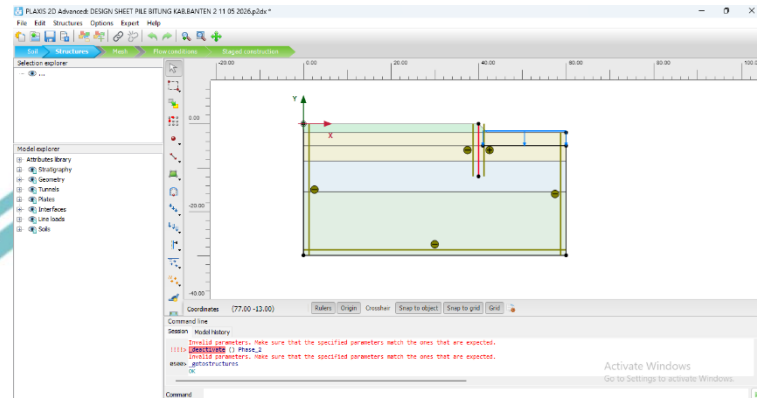


Gambar 4.13 Batas Bawah

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- c. Batas atas model dibiarkan bebas (*free boundary*) agar deformasi permukaan tanah dapat terjadi secara alami akibat pembebanan dan interaksi tanah struktur.



Gambar 4.14 Batas atas (*free boundary*)

Boundary condition tersebut dipilih agar hasil analisis numerik mendekati kondisi aktual lapangan dan menghindari distorsi akibat keterbatasan domain analisis.

4.4.4 Variasi Timbunan Jalan (Surcharge)

Pada penelitian ini dilakukan variasi tinggi timbunan jalan untuk mengetahui pengaruh pembebanan terhadap kinerja sheet pile dalam menahan tekanan tanah lateral serta menjaga kestabilan lereng. Timbunan jalan dimodelkan sebagai beban merata (*uniform surcharge*) yang bekerja pada permukaan tanah di belakang sheet pile. Beban tersebut merepresentasikan berat timbunan yang diterima tanah akibat peninggian badan jalan.

Variasi tinggi timbunan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 2,0 m; 2,5 m; 3,0 m; 3,5 m; dan 4,0 m. Pemilihan variasi tersebut bertujuan untuk mengevaluasi perubahan respons sistem tanah-sheet pile terhadap peningkatan beban vertikal yang bekerja pada permukaan lereng.

Besarnya beban timbunan dihitung berdasarkan berat isi tanah timbunan menggunakan persamaan berikut.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$q = \gamma \times H \quad (4.1)$$

dimana:

q = beban surcharge (kPa)

γ = berat isi tanah timbunan (kN/m³)

H = tinggi timbunan (m)

Pada penelitian ini digunakan berat isi tanah timbunan sebesar 18 kN/m³. Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh nilai surcharge untuk masing-masing variasi tinggi timbunan sebagaimana disajikan pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Variasi tinggi timbunan

H (m)	γ (kN/m ³)	q Timbunan (kPa)	LL (kPa)	q Total (kPa)	SF
2	18,8	37,6	30	67,6	1,86
2,5	18,8	47	30	77	1,62
3	18,8	56,4	30	86,4	1,41
3,5	18,8	65,8	30	95,8	1,25
4	18,8	75,2	30	105,2	1,01

Berdasarkan hasil analisis, variasi timbunan setinggi 4,0 m merupakan kondisi yang paling kritis. Pada variasi tersebut diperoleh nilai Safety Factor (SF) yang telah lebih kecil daripada nilai faktor keamanan minimum yang dipersyaratkan, sehingga kondisi lereng tidak lagi memenuhi kriteria keamanan untuk kondisi permanen. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan tinggi timbunan hingga 4,0 m mengakibatkan beban yang bekerja melebihi kapasitas sistem tanah sheet pile dalam mempertahankan kestabilan lereng. Oleh karena itu, variasi timbunan 4,0 m digunakan sebagai kondisi kritis dalam pembahasan hasil analisis untuk mengevaluasi batas kemampuan sheet pile dalam menahan pembebanan jalan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.4.5 Analisis Hubungan Tinggi Timbunan terhadap Safety Factor

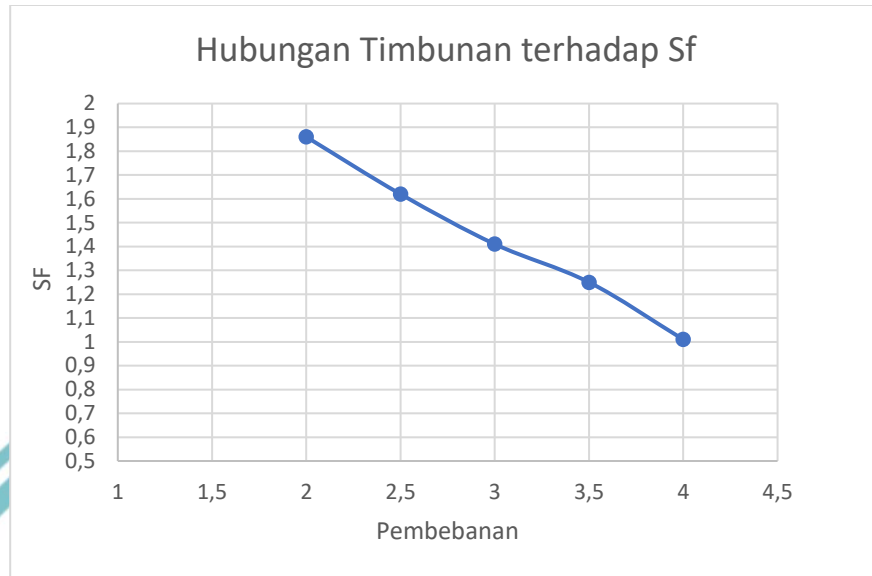
Berdasarkan hasil analisis menggunakan PLAXIS 2D, peningkatan tinggi timbunan menyebabkan nilai Safety Factor (SF) mengalami penurunan secara bertahap, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.xx. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar beban timbunan yang bekerja di atas lereng, semakin besar pula gaya penggerak yang bekerja pada massa tanah sehingga kestabilan lereng semakin berkurang. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada tinggi timbunan **2,0 m** diperoleh nilai **SF sebesar 1,86**, kemudian menurun menjadi 1,61 pada timbunan 2,5 m, 1,41 pada timbunan 3,0 m, 1,25 pada timbunan 3,5 m, dan 1,01 pada timbunan 4,0 m. Penurunan nilai SF ini menunjukkan adanya hubungan berbanding terbalik antara tinggi timbunan dengan tingkat kestabilan lereng.

Berdasarkan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, nilai faktor keamanan minimum yang direkomendasikan untuk lereng permanen adalah sebesar 1,50. Dari hasil analisis diketahui bahwa nilai tersebut berada di antara variasi timbunan 2,5 m dan 3,0 m. Berdasarkan interpolasi dari hasil analisis, tinggi timbunan maksimum yang masih memenuhi persyaratan faktor keamanan berada pada kisaran 2,7 m, dengan nilai SF mendekati 1,50.

Apabila tinggi timbunan melebihi 2,7 m, nilai faktor keamanan menjadi lebih kecil dari batas minimum yang dipersyaratkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa lereng telah memasuki kondisi yang tidak memenuhi kriteria keamanan sehingga berpotensi mengalami ketidakstabilan apabila menerima beban tambahan atau terjadi perubahan kondisi lingkungan, seperti peningkatan kadar air akibat hujan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.14 Hubungan Timbunan Terhadap SF

Variasi timbunan 4,0 m merupakan kondisi yang paling kritis karena menghasilkan Safety Factor sebesar 1,01, yang berada jauh di bawah nilai minimum yang dipersyaratkan oleh SNI 8460:2017. Nilai tersebut menunjukkan bahwa gaya penahan tanah hampir sama dengan gaya penggerak, sehingga lereng berada pada kondisi yang mendekati keruntuhan. Oleh karena itu, tinggi timbunan 4,0 m tidak direkomendasikan untuk diterapkan tanpa adanya upaya perkuatan tambahan atau modifikasi desain, karena tidak mampu memenuhi persyaratan keamanan geoteknik.

4.4.6 Tahapan Konstruksi (*Staged Construction*)

Analisis numerik dilakukan menggunakan pendekatan staged construction pada perangkat lunak PLAXIS 2D untuk mempresentasikan urutan pelaksanaan konstruksi sheet pile secara bertahap sesuai kondisi lapangan. Metode ini memungkinkan perubahan kondisi tegangan tanah dan deformasi struktur diaati pada setiap tahapan pembebanan.

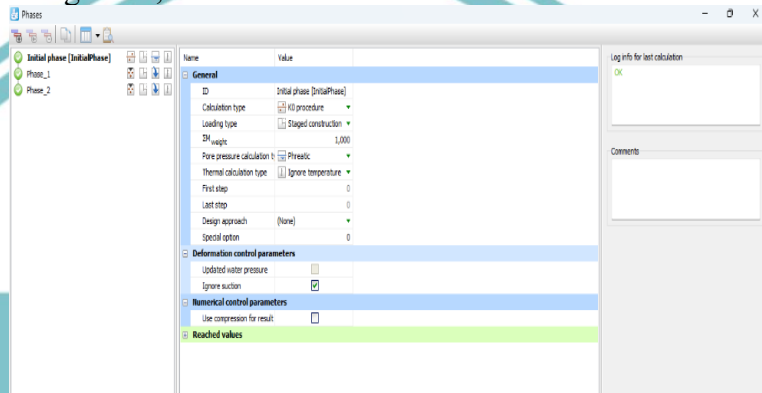
Tahap konstruksi pada penelitian ini terdiri atas tiga fase analisis, yaitu:

1. Fase Awal (*Initial Phase*)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

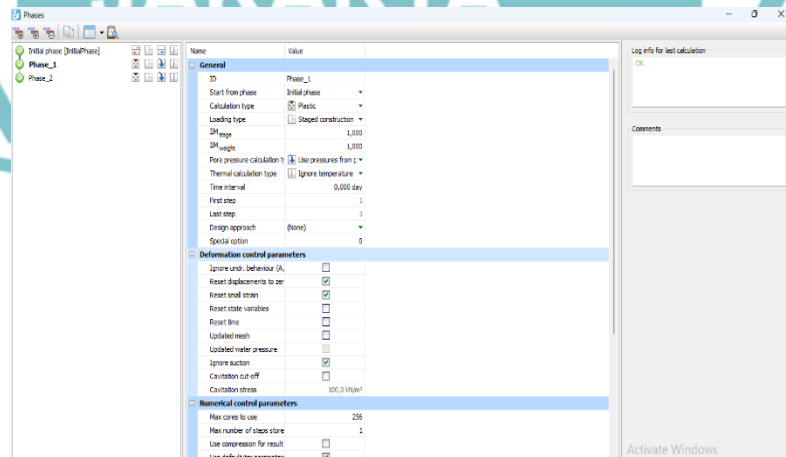
Pada Fase awal, kondisi tegangan in-situ dibangkitkan menggunakan prosedur K0 untuk mempresentasikan kondisi keseimbangan tegangan lateral tanah pada keadaan alami sebelum konstruksi dilakukan. Perhitungan tekanan air pori menggunakan pendekatan phreatic level berdasarkan muka air tanah hasil investigasi lapangan, sedangkan beban berat sendiri tanah dimodelkan secara penuh dengan faktor $\Sigma M_{weight} = 1,0$.



Gambar 4.15 Initial Phase

2. Fase Pemasangan Sheet Pile (Phase 1)

Pada fase pemasangan elemen sheet pile diaktifkan ke dalam model untuk mensimulasikan proses pemasangan struktur penahan tanah. Sebelum analisis dilakukan, perpindahan awal diatur ulang (*reset displacement to zero*) sehingga deformasi yang terukut hanya mempresentasikan respons tanah akibat aktivasi struktur. Tahap ini digunakan untuk mengevaluasi redistribusi tegangan awal akibat interaksi antara tanah dan sheet pile



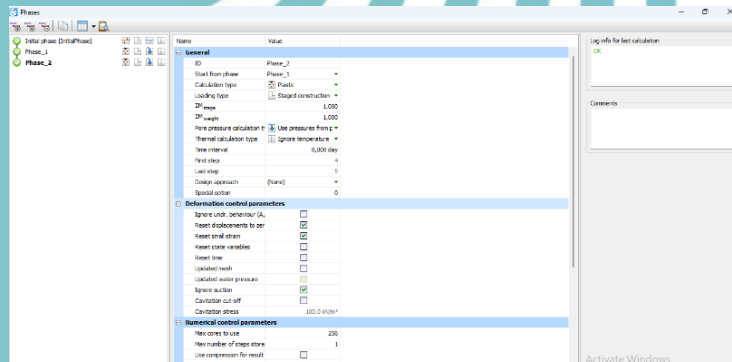
Gambar 4.16 Phase 1

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Fase Analisis Akhir (Phase 2)

Fase ini merupakan tahapan analisis lanjutan yang dimulai dari kondisi akhir fase pemasangan sheet pile. Analisis dilakukan menggunakan metode *plastic calculation* untuk mengevaluasi respons plastis tanah akibat perubahan kondisi konstruksi. Tekanan air pori pada fase ini mengacu pada distribusi tekanan dari fase sebelumnya sehingga kontinuitas kondisi hidrostatik tetap terjaga. Pada awal fase, perpindahan diatur ulang (*reset displacement to zero*) sehingga deformasi yang diperoleh hanya menunjukkan respons tambahan akibat perubahan kondisi pada tahap akhir konstruksi. Analisis ini digunakan untuk mengevaluasi deformasi lateral sheet pile, redistribusi tegangan tanah, serta kestabilan sistem penahan tanah pada kondisi operasional akhir.



Gambar 4.17 Phase 2

4. Fase Faktor Keamanan Phase 3

Pada tahap ketiga dilakukan pengecekan stabilitas menggunakan fitur **safety analysis** pada program PLAXIS 2D. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan struktur sheet pile terhadap kemungkinan terjadinya keruntuhan akibat gaya lateral tanah.

Metode yang digunakan pada tahap ini adalah **phi-c reduction**, yaitu dengan mengurangi nilai parameter kuat geser tanah secara bertahap berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) hingga model mencapai kondisi tidak stabil. Besarnya faktor keamanan diperoleh dari nilai reduksi maksimum saat kondisi batas keruntuhan tercapai.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hubungan faktor keamanan pada analisis ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

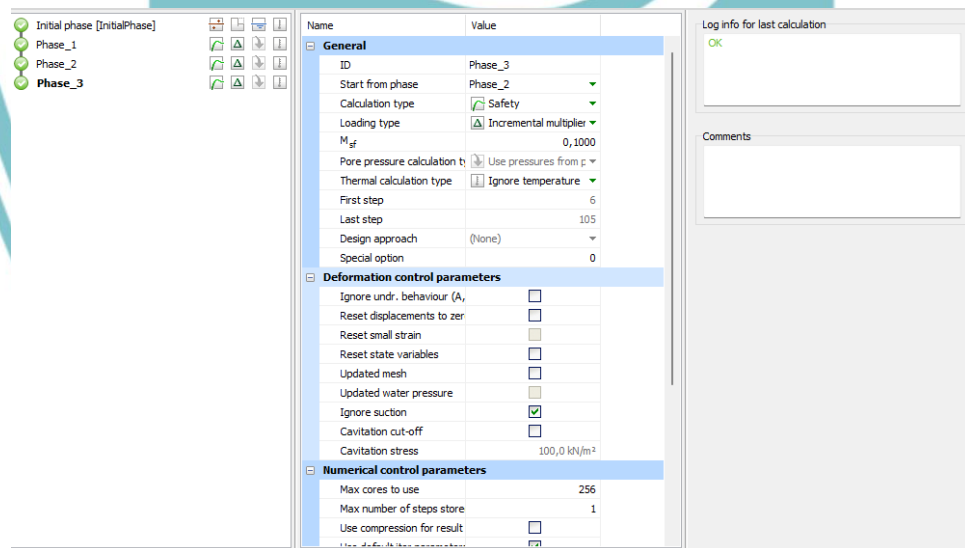
$$\Sigma Msf = \frac{c}{c_{red}} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_{red}} \quad (4.5)$$

Berdasarkan hasil analisis pada **Phase 3** dengan struktur Sheet Pile, diperoleh nilai faktor keamanan sebesar:

$$FS = 2,928$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa struktur sheet pile berada dalam kondisi stabil. Jika dibandingkan dengan nilai minimum faktor keamanan yang umumnya digunakan pada analisis geoteknik, yaitu sebesar **1,50**, maka hasil yang diperoleh telah memenuhi syarat keamanan.

Besarnya nilai faktor keamanan ini menunjukkan bahwa struktur mampu menahan tekanan lateral tanah dengan baik pada kondisi pembebanan yang dimodelkan. Selain itu, nilai tersebut juga menunjukkan bahwa parameter tanah yang digunakan dalam pemodelan telah memberikan respons stabil terhadap sistem penahan tanah.



Gambar 4.18 Phase 3

4.4.7 Mesh Elemen Hingga

Setelah geometri model selesai didefinisikan, dilakukan proses dikretisasi menggunakan metode elemen hingga melalui fasilitas *generate mesh* pada perangkat lunak PLAXIS 2D. Pada penelitian ini digunakan tingkat kerapatan

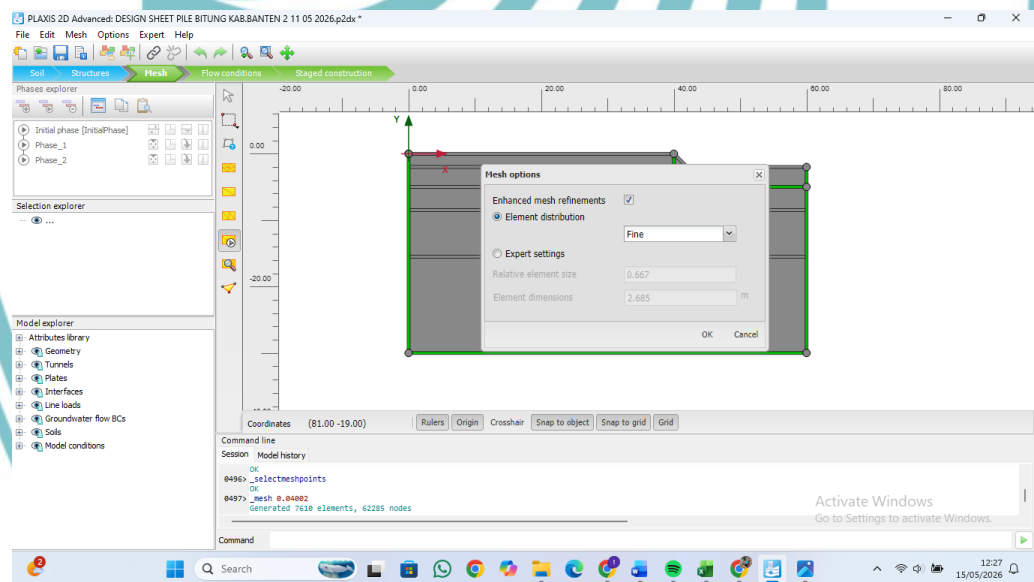
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mesh pada perangkat lunak PLAXIS 2D. Pada penelitian ini digunakan tingkat kerapatan *mesh fine* dengan fitur *enchanced mesh ferinements* untuk meningkatkan ketelitian perhitungan pada area yang mengalami konsentrasi tegangan tinggi, khususnya di sekitar elemen sheet pile dan antarmuka tanah-struktur.

Hasil Proses meshing menghasilkan 7610 elemen dan 62.285 node, sehingga distribusi tegangan, deformasi lateral, serta interaksi tanah-struktur dapat dipresentasikan secara numerik dengan tingkat akurasi yang memadai.

Pemilihan mesh harus dilakukan untuk memperoleh keseimbangan antara akurasi hasil analisis dan efesiensi waktu komputasi. Diskretisasi yang cukup rapat memungkinkan perilaku tanah di sekitar sheet pile dimodelkan secara lebih realistis selama tahapan konstruksi berlangsung.



Gambar 4.19 Mesh Elemen Hingga

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5 Hasil Analisis PLAXIS 2D

4.5.1 Distribusi Perpindahan Horizontal (U_x)

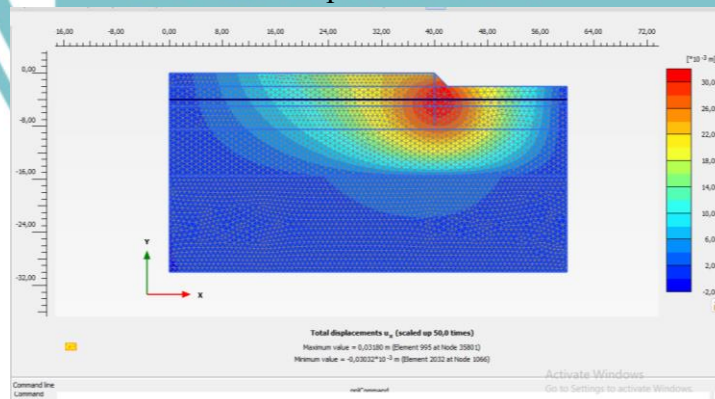
Perpindahan horizontal (U_x) merupakan pergerakan tanah ke arah sumbu horizontal akibat adanya gaya dorong tanah pada lereng. Analisis menggunakan PLAXIS 2D dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemasangan sheet pile terhadap besarnya perpindahan horizontal yang terjadi pada area penelitian.

Tabel 4.11 Distribusi U_x

Kondisi	U_x Maksimum
Tanpa sheet pile	31,8 mm
Dengan sheet pile 8 m	0,131 mm

Berdasarkan hasil analisis kondisi **tanpa sheet pile**, diperoleh nilai perpindahan horizontal maksimum (U_x) sebesar **31,8 mm**. Nilai perpindahan terbesar terjadi pada area lereng di sekitar mahkota longsor yang menunjukkan adanya kecenderungan pergerakan massa tanah ke arah luar lereng. Setelah dilakukan pemasangan **sheet pile sedalam 8 m**, nilai perpindahan horizontal maksimum menurun secara signifikan menjadi **0,131 mm**. Penurunan ini menunjukkan bahwa sheet pile mampu meningkatkan kekakuan sistem lereng sehingga pergerakan lateral tanah dapat diminimalkan.

a. Hasil U_x Tanpa Sheet Pile

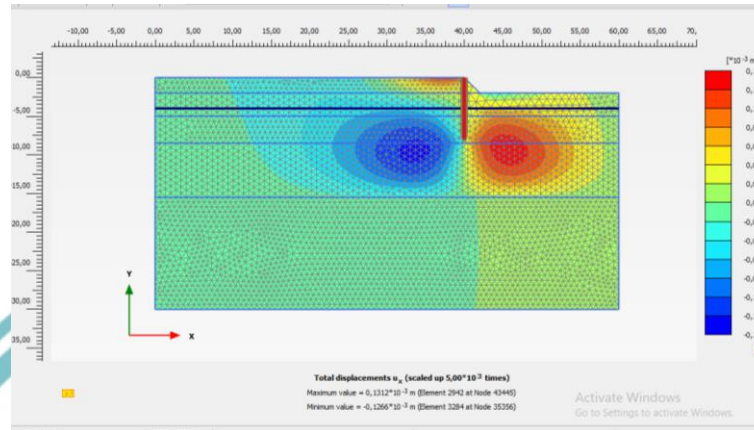


Gambar a 4.20 Hasil U_x Tanpa Sheet Pile

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

b. Hasil U_x Dengan Sheet Pile



Gambar b 4.20 Hasil U_x dengan Sheet Pile

Zona merah-oranye terlihat terkonsentrasi di sekita bagian atas-tengah sheet pile, ini normal karena tekanan aktif tanah dominan bekerja di area atas struktur.

4.5.2 Distribusi Perpindahan Total (U_{total})

Perpindahan total (U_{total}) merupakan resultan dari perpindahan tanah pada arah horizontal dan vertikal yang terjadi akibat beban serta kondisi geometri lereng. Analisis perpindahan total dilakukan untuk mengetahui besarnya deformasi keseluruhan yang terjadi pada sistem lereng setelah pemasangan sheet pile.

Berdasarkan hasil analisis PLAXIS 2D pada kondisi lereng yang diperkuat dengan sheet pile kedalaman 8 m, diperoleh nilai perpindahan total maksimum sebesar 0,535 mm. Nilai perpindahan tersebut menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi pada lereng relatif kecil dan masih berada dalam batas yang dapat diterima.

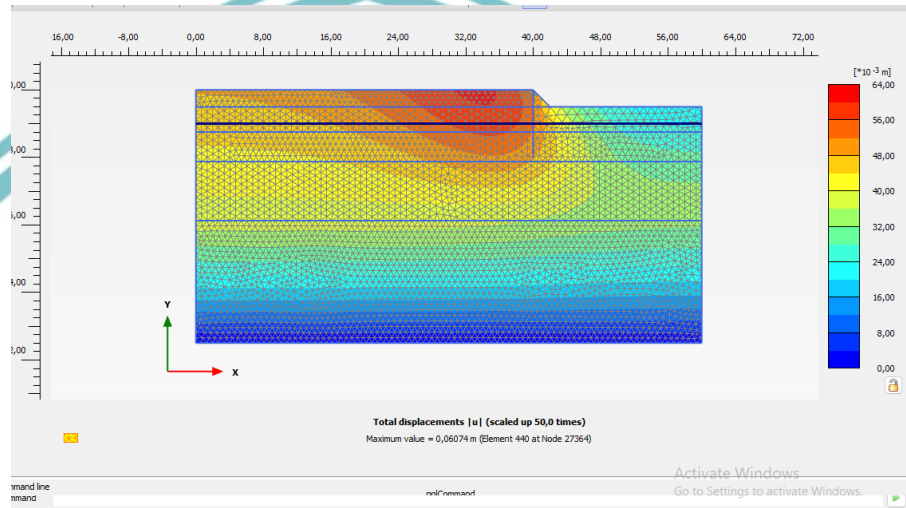
Sebagai perbandingan, pada kondisi tanpa sheet pile diperoleh nilai perpindahan total maksimum sebesar 60,74 mm. Setelah dilakukan pemasangan sheet pile, nilai perpindahan total mengalami penurunan yang sangat signifikan menjadi **0,535 mm**.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

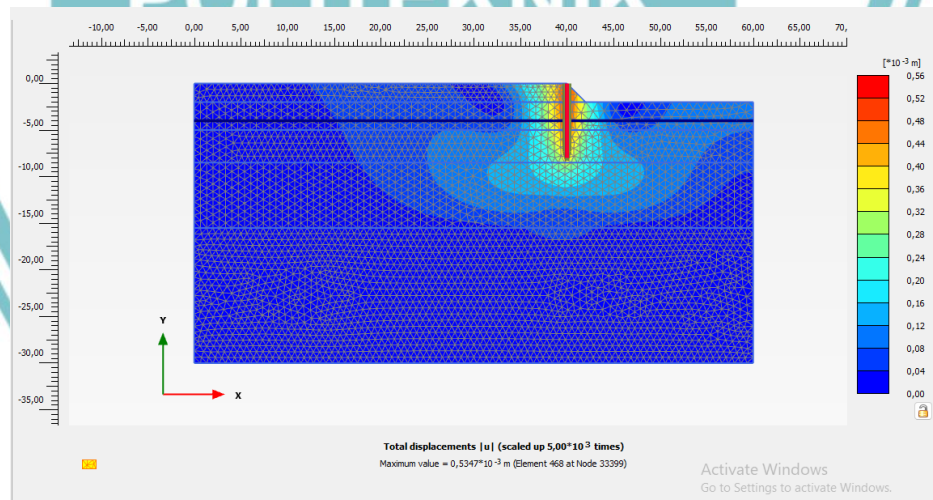
Hal ini menunjukkan bahwa sheet pile mampu meningkatkan kekakuan sistem lereng sehingga pergerakan massa tanah dapat diminimalkan.

a. Hasil Perpindahan Total (U_{total}) Tanpa Sheet Pile



Gambar a 4.21 Perpindahan (U_{total}) Tanpa Sheet pile

b. Hasil Perpindahan U_{total} Dengan Sheet Pile



Gambar b 4.22 Hasil perpindahan U_{total} Dengan Sheet Pile

Hak Cipta :

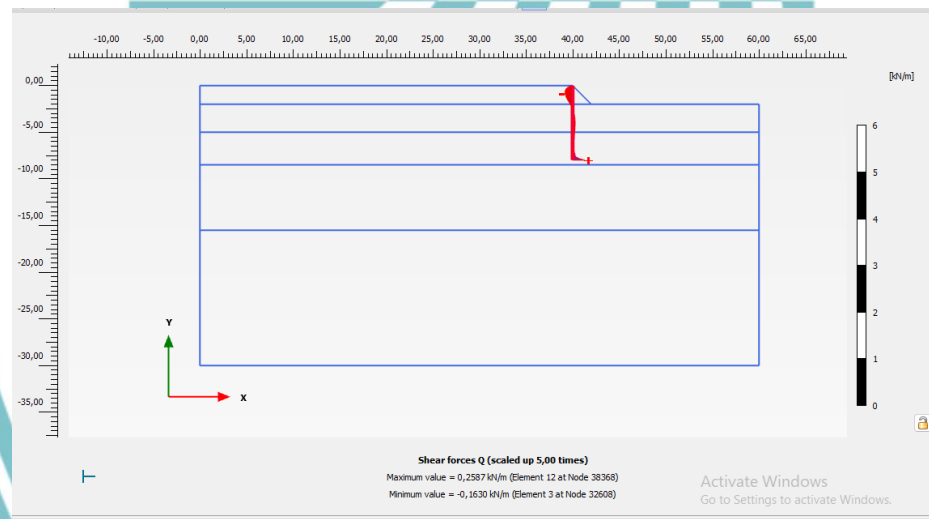
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5.3 Momen Lentur dan Gaya Geser Sheet Pile

Momen lentur dan gaya geser merupakan gaya dalam yang terjadi pada sheet pile akibat tekanan tanah lateral yang bekerja pada lereng. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui respons struktur sheet pile terhadap beban tanah serta mengevaluasi kemampuan sheet pile dalam menahan gaya yang terjadi.

A. Momen Gaya Lentur (M_{max})

Hasil analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D nilai momen lentur maksimum (M_{max}) sebesar **0,2515 kNm/m**. Nilai momen maksimum terjadi pada bagian tertentu dari sheet pile yang menerima pengaruh tekanan tanah terbesar.



Gambar 4.23 Momen Gaya Lentur

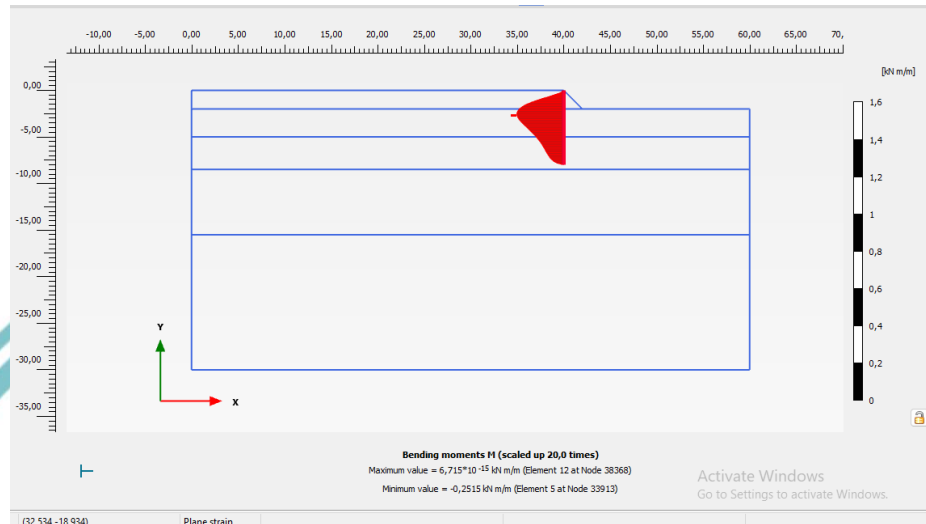
B. Momen Gaya Geser (Q_{max})

Hasil analisis menunjukkan nilai gaya geser maksimum (Q_{max}) sebesar 0,2587 kN/m. Nilai tersebut menunjukkan gaya geser yang bekerja sepanjang elemen sheet pile akibat tekanan tanah lateral yang ditahan oleh struktur. Konsetrasi gaya geser terjadi pada area transisi tekanan lateral tanah di sekitar elevasi galian. Distribusi gaya geser tersebut menunjukkan adanya transfer gaya internal akibat interaksi antara tekanan tanah aktif dan tahanan psif tanah. Nilai gaya geser yang diperoleh relative kecil sehingga elemen sheet pile masih mampu mendistribusikan gaya internal secara efektif. Dengan demikian,

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

bedasarkan distribusi gaya geser terjadi, sistem sheet pile pada kondisi analisis masih berada dalam keadaan aman dan stabil.



Gambar 4.24 Momen Gaya Geser (Qmax)

4.5.4 Faktor Keamanan (Safety Factor)

Analisis faktor keamanan dilakukan menggunakan metode *Safety Analysis* pada perangkat lunak PLAXIS 2D dengan pendekatan *phi-c reduction*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng setelah dilakukan pemasangan sheet pile sebagai struktur perkuatan.

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai faktor keamanan (*Safety Factor*) sebesar 2,928 pada kondisi lereng yang telah diperkuat menggunakan sheet pile dengan kedalaman 8 m. Nilai tersebut menunjukkan bahwa lereng berada dalam kondisi stabil karena telah memenuhi kriteria keamanan yang dipersyaratkan, yaitu $SF > 1,50$.

Hasil ini mengindikasikan bahwa desain sheet pile yang dimodelkan mampu menahan beban kerja secara efektif tanpa menunjukkan indikasi keruntuhan struktur maupun ketidakstabilan tanah di sekitar area galian.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Project description	: DESIGN SHEET PILE BITUNG KAB.BANTEN 21 06 2026			Output Version 21.1.0.479
Company	: only@ ::LAVteam::@			Date : 21/06/2026
Project filename	: DESIGN SHEET PILE BITUNG KAB.BANTEN 21 06 2026			Page : 1
Output	: Calculation information			

Step info				
Phase	Phase_3 [Phase_3]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	True			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	2,000			
Relative stiffness	0,1439E-15			
Multipliers				
Soil weight			ΣM_{Weight}	1,000
Strength reduction factor	M_{sf}	0,08544E-3	ΣM_{sf}	2,928
Time	Increment	0,000	End time	0,000
Staged construction				
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	1,000
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000

Gambar 4.25 Hasil Safety Faktor

Sebagai pembanding, pada kondisi tanpa sheet pile diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 2,921. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemasangan sheet pile tidak meningkatkan faktor keamanan secara signifikan karena kondisi lereng eksisting telah stabil. Namun demikian, pemasangan sheet pile terbukti mampu mengurangi deformasi lereng secara signifikan berdasarkan hasil analisis perpindahan horizontal (U_x) dan perpindahan total (U_{total}).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.6 Evaluasi Kinerja Sheet Pile Kedalaman 8 m

Evaluasi kinerja sheet pile dilakukan dengan membandingkan kondisi lereng sebelum dan sesudah pemasangan sheet pile beton kedalaman 8 m. Parameter yang dievaluasi meliputi perpindahan horizontal (U_x), perpindahan total (U_{total}), faktor keamanan (Safety Factor), serta respons struktur berupa momen lentur maksimum (M_{max}) dan gaya geser maksimum (Q_{max}). Hasil evaluasi ini digunakan untuk menentukan kelayakan desain sheet pile sebagai alternatif penanggulangan longsor pada Jalan Pabrik X.

4.6.1 Evaluasi Berdasarkan Perpindahan Horizontal (U_x)

Hasil analisis menunjukkan perpindahan horizontal maksimum pada kondisi tanpa sheet pile sebesar 31,8 mm, sedangkan pada kondisi menggunakan sheet pile kedalaman 8 m sebesar 0,131 mm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pemasangan sheet pile mampu mengendalikan pergerakan lateral tanah secara signifikan sehingga stabilitas lereng meningkat. Interpretasi hasil ini mengindikasikan bahwa desain sheet pile memenuhi kriteria layanan (*serviceability limit state*) dari aspek deformasi horizontal.

Tabel 4.10 Hasil perpindahan Horizontal

Kondisi	U_x Maksimum
Tanpa Sheet Pile	31,8 mm
Sheet Pile 8 m	0,131 mm

4.6.2 Evaluasi Berdasarkan Perpindahan Total (U_{total})

Perpindahan total (U_{total}) digunakan untuk mengevaluasi besarnya deformasi keseluruhan yang terjadi pada massa tanah akibat pembebanan dan kondisi geometri lereng. Nilai perpindahan total diperoleh dari hasil analisis numerik menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan hasil analisis, kondisi lereng tanpa sheet pile menghasilkan nilai perpindahan total maksimum sebesar **60,74 mm**. Setelah dilakukan pemasangan sheet pile beton dengan kedalaman 8 m, nilai perpindahan total maksimum menurun menjadi **0,535 mm**.

Tabel 4.11 Hasil Perpindahan Utotat

Kondisi Lereng	Utotal Maksimum
Tanpa Sheet Pile	60,74 mm
Dengan Sheet Pile 8 m	0,535 mm

4.6.3 Evaluasi Berdasarkan Faktor Keamanan

Faktor keamanan (*Safety Factor*) digunakan untuk mengevaluasi tingkat kestabilan lereng terhadap potensi terjadinya longsor. Pada penelitian ini, nilai faktor keamanan diperoleh melalui analisis *Safety* pada perangkat lunak PLAXIS 2D menggunakan metode *Strength Reduction Method* (SRM). Berdasarkan hasil analisis, kondisi lereng tanpa sheet pile menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 2,921, sedangkan kondisi lereng yang telah diperkuat menggunakan sheet pile beton dengan kedalaman 8 m menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 2,928, disyaratkan sebesar **1,50**, sehingga menunjukkan bahwa desain sheet pile beton dengan kedalaman 8 m berada dalam kondisi memenuhi.

Tabel 4.12 Perbandingan Hasil SF

Kondisi Lereng	Safety Factor (SF)
Tanpa Sheet Pile	2,921
Dengan Sheet Pile 8 m	2,928

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.6.4 Kesimpulan Kelayakan Desain

Berdasarkan hasil analisis numerik menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D, desain sheet pile beton dengan kedalaman 8 m menunjukkan kinerja yang baik dalam meningkatkan stabilitas lereng pada Jalan Pabrik X. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemasangan sheet pile mampu mengurangi perpindahan horizontal (U_x) dan perpindahan total (U_{total}) dibandingkan kondisi tanpa perkuatan, sehingga pergerakan massa tanah menjadi lebih terkendali. Selain itu, hasil analisis *Safety* menunjukkan nilai faktor keamanan (*Safety Factor*) sebesar **2,928**, yang telah memenuhi kriteria kestabilan lereng permanen dengan nilai minimum yang dipersyaratkan sebesar **1,50**. Nilai tersebut menunjukkan bahwa lereng berada dalam kondisi aman terhadap potensi kelongsoran.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Desain Sheet Pile

Parameter	Hasil Analisis
Kedalaman Sheet Pile	8 m
U_x Maksimum	0,131 mm
U_{total} Maksimum	0,535 mm
M_{max}	0,2515 kNm/m
Q_{max}	0,2587 kN/m
Safety Factor (SF)	2,928
Status Desain	Memenuhi Syarat

Berdasarkan hasil evaluasi deformasi, gaya dalam struktur, dan faktor keamanan, dapat disimpulkan bahwa desain sheet pile beton dengan kedalaman 8 m Memenuhi Syarat sebagai alternatif penanganan longsor pada Jalan Pabrik X karena mampu memberikan tingkat stabilitas yang memenuhi persyaratan desain serta menjaga deformasi lereng tetap terkendali.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	<i>Formulir TA-1</i>
---	--	---------------------------------

PERNYATAAN TUGAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Putera Aagung Maha Agung,S.T.M.PhD

NIP : 196606021990031002

Jabatan : Dosen

Dengan ini menyatakan bersedia memberikan data-data yang diperlukan oleh mahasiswa berikut untuk pembuatan Tugas Akhir.

Nama : Tsalsabila Suci Wulandari

NIM : 2301311053

Program Studi : D3-Konstruksi Gedung

KBK : Putera Aagung Maha Agung,S.T.M.PhD

Judul Tugas Akhir : Desain Sheet Pile Untuk Penanggulangan
Longsor Jalan Pabrik X-Studi Kasus Bitung
Banten,Cikupa

Depok,19 Februari 2026

Yang menyatakan,



(Putera Aagung Maha Agung,S.T.M.PhD)



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-3A
---	---	-------------------

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : Desain Sheet Pile Untuk Penanggulangan
Longsor Jalan Pabrik X-Studi Kasus Bitung
Banten, Cikupa

KBK : Putera Agung Maha Agung, S.T.M.PhD
Nama Mahasiswa : Tsalsabila Suci Wulandari
NIM Mahasiswa : 2301311053
Program Studi : D-3 Konstruksi Gedung

Pembimbing,


(Putera Agung Maha Agung, S.T.M.PhD)

Depok, 19 Februari 2026
Mahasiswa,


(Tsalsabila Suci Wulandari)

Mengetahui,

Kepala Program Studi
D3 Konstruksi Gedung


(Lilis Tiyani, S.T., M.Eng.)

Koordinator KBK

Depok, 19/02/2026

(Putera Agung Maha Agung, S.T.M.PhD)

Lampiran Pernyataan Calon Pembimbing 2 1



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-4
--	---	--------------------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama :

1. Tsalsabila Suci Wulandari

NIM : 2301311053

Program Studi : D-3 Konstruksi Gedung

KBK : Putera Agung Maha Agung, S.T.M.PhD

Judul Tugas Akhi : Desain Sheet Pile Untuk Penanggulangan Longsor Jalan Pabrik X
Studi Kasus Bitung, Banten Cikupa

Pembimbing : Putera Agung Maha Agung, ST., MT., Ph.D.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1	08-10-2025	Pengajuan judul tugas akhir dan konsultasi awal mengenai topik desain Sheet Pile Untuk Penanggulangan Longsor Jalan Pabrik X Studi Kasus Bitung, Banten Cikupa.	
2	20-10-2025	Konsultasi penyusunan Bab I Meliputi latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan penelitian.	
3	28-10-2025	Revisi Bab I dan penambahan referensi terkait metode perencanaan sheet pile.	
4	09-12-2025	Pembahasan tinjauan pustaka mengenai parameter tanah dan teori stabilitas tanah.	
5	08-01-2026	Konsultasi metode penelitian dan pengumpulan data tanah proyek.	
6	09-01-2026	Pembahasan hasil klasifikasi tanah dan penentuan parameter tanah untuk analisis	
7	12-02-2026	Asistensi pemodelan sheet pile menggunakan software PLAXIS 2D	
8	13-02-2026	Pembahasan hasil analisis deformasi tanah dan displacement sheet pile	
	27-02-2026	Revisi hasil analisis PLAXIS serta evaluasi faktor keamanan lereng.	
9	03-03-2026	Konsultasi penyusunan bab IV hasil analisis dan pembahasan penelitian	

Lampiran 4 Lembar Asistensi 1



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-5
--	--	--------------------------

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Putera Agung Maha Agung, S.T., M.T., Ph.D.

NIP 196606021990031002

Jabatan : Pembimbing Tugas Akhir

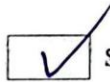
Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Tsalsabila Suci Wulandari NIM : 2301311053

Program Studi : D-3 Konstruksi Gedung

KBK : Putera Agung Maha Agung, S.T., M.T., Ph.D.

Judul Tugas Akhir : Desain Sheet Pile Untuk Penanggulangan Longsor Jalan
Pabrik X Studi Kasus Bitung, Banten Cikupa



Sudah dapat mengikuti Ujian Sidang Tugas Akhir



Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

Keterangan:



Beri tanda cek (✓) untuk
pilihan yang dimaksud

Depok, 12 Mei 2026
Yang menyatakan,

(Putera Agung Maha Agung, S.T., M.T., Ph.D.)

Lampiran 5 Persetujuan Pembimbing 1



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI	Formulir TA-13
	POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	

LEMBAR BEBAS PINJAMAN DAN URUSAN ADMINISTRASI

Untuk Persyaratan : Sidang Tugas Akhir 1 Tahun Akademik 2025/2026
 Nama Mahasiswa : Tsalsabila Suci Wulandari
 NIM : 2301311053
 Semester/Program Studi : 6/D-3 Konstruksi Gedung
 Jurusan : Teknik Sipil

Mahasiswa yang namanya terebut diatas dinyatakan bebas dari pinjaman dan urusan administrasi, sebagai berikut :

No	Koordinator	Tanggal	Tanda Tangan	Keterangan
1	Koordinator Workshop	12/5-26		
2	Koordinator Laboratorium	11/5-26		
3	Administrasi Jurusan	12/5-26		
4	Bagian Perpustakaan Jurusan Teknik Sipil	19/5-2026		
5	Bagian Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta			
6	Administrasi Pendidikan Politeknik Negeri Jakarta			
	Uang Kuliah	Inventaris	BPKP	Keterangan
	Tanggal	11/05/2026		
	Tanda Tangan			

Depok, 11 Mei 2026
 Mahasiswa,

(Tsalsabila Suci Wulandari)



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-4
--	---	--------------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama :

1. Tsalsabila Suci Wulandari

NIM : 2301311053

Program Studi : D-3 Konstruksi Gedung

KBK : Putera Agung Maha Agung, S.T.M.PhD

Judul Tugas Akhi : Desain Sheet Pile Untuk Penanggulangan Longsor Jalan
Pabrik X (Studi Kasus Bitung, Kecamatan Cikupa,
Kabupaten Tangerang, Prov. Banten)

Penguji : Yelvi, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	2/7/2016	Pengecekan flow chart	
2.	10/7/2016	ACC sudah direvisi	



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-6
--	---	--------------------------

PERSETUJUAN PENGUJI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sutikno, S.T., M.T.

NIP : 196201031985031004

Jabatan : Penguji Sidang Tugas Akhir

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Tsalsabila Suci Wulandari NIM : 2301311053

Program Studi : D3 - Konstruksi Gedung

KBK : Geoteknik

Judul Tugas Akhir : Desain Sheet Pile Untuk Penanggulangan Longsor Jalan
Pabrik X (Studi Kasus Bitung, Kecamatan Cikupa,
Kabupaten Tangerang, Prov. Banten)



Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

Keterangan:



Beri tanda cek (✓) untuk
pilihan yang dimaksud

Depok, 30/6/2026
Yang menyatakan,

(Sutikno, S.T., M.T.)



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-6
--	---	--------------------------

PERSETUJUAN PENGUJI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Istiatun, S.T., M.T.

NIP : 196605181990102001

Jabatan : Penguji Sidang Tugas Akhir

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Tsalsabila Suci Wulandari

NIM : 2301311053

Program Studi : D3 - Konstruksi Gedung

KBK : Geoteknik

Judul Tugas Akhir : Desain Sheet Pile Untuk Penanggulangan Longsor Jalan
Pabrik X (Studi Kasus Bitung, Kecamatan Cikupa,
Kabupaten Tangerang, Prov. Banten)



Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

Keterangan:



Beri tanda cek (✓) untuk
pilihan yang dimaksud

Depok, 10 Juli 2026
Yang menyatakan,

(ISTIA TUN)



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-4
LEMBAR ASISTENSI		

Nama : NIM : 2301311053
1. Tsalsabila Suci Wulandari
Program Studi : D-3 Konstruksi Gedung
KBK : Putera Agung Maha Agung, S.T.M.PhD
Judul Tugas Akhri : Desain Sheet Pile Untuk Penanggulangan Longsor Jalan
Pabrik X (Studi Kasus Bitung, Kecamatan Cikupa,
Kabupaten Tangerang, Prov. Banten)
Penguji : Istiatun, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1	2/7-2026	Dicoba dengan beban timbunan, Perkerasan dan Lelu Luntu unt mengetahui ofrm nilai SF?	
2.	7/7-2026	Tambahkan variasi Tinggi Timbunan unt mendapatkan SF yg bervariasi agar dapat grafik hub ant H hb & SF (H=1,5m, 2m, 2,5m	
3.	9/7-2026	Perhitungan Penentuan H timbunan kritis slope selesai	
4.	10/7-2026	Revisi Ace	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT					
CLIENT	:	-			
PELAKSANA	:	PT. SONDIR JAYA BERSAMA			
PROJECT	:	Proyek Pembangunan Pabrik Tirta			
LOCATION	:	Jl. Agarindo Raya km.6, Sukamantri, Kec. Pasar Kumis, Banten 15560			
DATE START	:	01 September 2025			
DATE FINIS	:	05 September 2025			
No. Point		1	2		
Bore hole, No.		DB - 02	DB - 02		
Sample Depth (m)		01,50 - 02,00	05,50 - 06,00		
Condition of sample		UDS	UDS		
INDEX & PHYSICAL PROPERTIES					
Natural Water Content	W _n (%)	37,58	40,28		
Specific gravity	G _s	2,644	2,641		
Natural Unit Weight	Y _n (gr/cc)	1,540	1,517		
Dry Density	Y _d (gr/cc)	1,120	1,082		
Degree of Saturation	S _r (%)	72,98	73,81		
Atterberg Limit Test					
Liquid Limit	LL (%)	68,60	63,79		
Plastic Limit	PL (%)	27,38	26,48		
Plastic Index	PI (%)	41,22	37,31		
Soil Classification		CH or OH	CH or OH		
Grain Size Analysis					
Gravel	%	0,00	0,00		
Sand	%	12,74	12,88		
Silt	%	17,38	17,54		
Clay	%	69,88	69,58		
ENGINEERING PROPERTIES					
Triaxial Test UU					
σ	degree	7,252	6,148		
c	kg/cm ²	0,307	0,236		
Direct Shear Test					
Cohesion (Cm)	kg/cm ²	0,167	0,159		
Angel of internal	degree	14,720	12,980		
Unconfined Comp. test					
Undisturbed Compressive Strength (Quu)	kg/cm ²	0,841	0,697		
Remolded Compressive Strength (Qur)	kg/cm ²	0,531	0,451		
Sensitivity (SI)	kg/cm ²	1,582	1,545		

Lampiran 8 Data Tanah 1

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT					
CLIENT : -					
PELAKSANA : PT. SONDIR JAYA BERSAMA					
PROJECT : Proyek Pembangunan Pabrik Trafo					
LOCATION : Jl. Agarindo Raya km.6, Sukamantri, Kec. Pasar Kemis, Banten 15560					
DATE START : 31 Agustus 2025					
DATE FINIS : 05 September 2025					
No. Point		1	2		
Bore hole, No.		DB - 01	DB - 01		
Sample Depth (m)		01,50 - 02,00	05,50 - 06,00		
Condition of sample		UDS	UDS		
INDEX & PHYSICAL PROPERTIES					
Natural Water Content	W _n (%)	43,40	48,40		
Specific gravity	G _s	2,636	2,629		
Natural Unit Weight	Y _n (gr/cc)	1,463	1,369		
Dry Density	Y _d (gr/cc)	1,020	0,922		
Degree of Saturation	S _r (%)	72,20	68,77		
Atterberg Limit Test					
Liquid Limit	LL (%)	71,67	68,69		
Plastic Limit	PL (%)	25,52	26,60		
Plastic Index	PI (%)	46,15	42,09		
Soil Classification		CH or OH	CH or OH		
Grain Size Analysis					
Gravel	%	0,00	0,00		
Sand	%	14,88	12,10		
Silt	%	14,50	23,93		
Clay	%	70,62	63,97		
ENGINEERING PROPERTIES					
Triaxial Test UU					
Ø	degree	6,204	5,776		
C	kg/cm ²	0,220	0,147		
Direct Shear Test					
Cohesion (C _m)	kg/cm ²	0,130	0,110		
Angle of internal	degree	10,283	10,624		
Unconfined Comp. test					
Undisturbed Compressive Strength (Q _{uu})	kg/cm ²	0,534	0,370		
Remolded Compressive Strength (Q _{ur})	kg/cm ²	0,283	0,208		
Sensitivity (SI)	kg/cm ²	1,886	1,777		

Lampiran 9 Data Tanah 1

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PT. SONDIR JAYA BERSAMA		Project		Proyek Pembangunan Pabrik Trato									
Location		Jl. Agarindo Raya km.6, Sukamanti, Kec. Pasar Kemis, Banten 15560											
Tested By		Imron		Checked By		Bayu Butar Butar, S.T							
INDEX PROPERTIES													
Date : 31/08/2025													
Sample type : UDS & DS													
Bore Hole No		DB - 01		DB - 01		DB - 01		DB - 01		DB - 01		DB - 01	
Depth		01.50 - 02.00		05.50 - 06.00		13.50 - 14.00		27.50 - 28.00		27.50 - 28.00		27.50 - 28.00	
SPECIFIC GRAVITY TEST (ASTM D - 854)													
Pycnometer No.		4		5		6		7		8		9	
Wt. Of dry Soil (A)		g		10		10		10		10		10	
Temperature (T)		°C		30		30		30		30		30	
Wt. Pycnometer + Water + Soil (B)		g		168.73		169.63		172.35		178.08		177.95	
Wt Pycnometer + Water at T °C (C)		g		162.51		163.41		168.15		171.87		171.71	
A+(C-B)		g		3.785		3.782		3.796		3.793		3.757	
Specific Gravity (Gs)		2.635		2.637		2.628		2.629		2.655		2.654	
SPECIFIC GRAVITY Average (Gs)		2.636		2.629		2.629		2.654		2.681		2.684	
MOISTURE CONTENT TEST (BS 1377 : 1975)													
No. Container		K		C1		D		J1		X		Y	
Wt. Container + Wet Soil		g		65.65		63.58		60.83		65.90		57.54	
Wt. Container + Dry Soil		g		49.73		48.17		45.08		48.48		50.00	
Wt. Container		g		12.80		12.90		12.40		12.68		12.70	
Wt. Water		g		15.918		15.409		15.746		17.416		7.543	
Wt. Dry Soil		g		36.930		35.270		32.680		35.620		37.300	
Moisture Content (w)		%		43.104		43.698		48.181		48.621		20.222	
MOISTURE CONTENT Average (w)		%		43.40		48.40		19.75		16.92		14.47	
DENSITY TEST (BS 1377 : 1975)													
No. Ring		X		X		X		X		X		X	
Wt. Ring + Wet Soil		g		148.00		142.88		163.01		165.13		166.35	
Wt. Ring		g		68.17		68.17		68.17		68.17		68.17	
Vol. Wet Soil (= Vol. Ring)		cm ³		54.585		54.585		54.585		54.585		54.585	
BULK DENSITY (gm)		g/cm ³		1.463		1.369		1.738		1.776		1.799	
DRY DENSITY (gd)		g/cm ³		1.020		0.922		1.451		1.519		1.571	
VOID RATIO (e)		1.585		1.850		0.829		0.764		0.708		0.708	
POROSITY (n)		0.613		0.649		0.453		0.433		0.415		0.415	
DEGREE OF SATURATION (Sr)		%		72.195		68.766		63.198		69.326		64.850	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PT. SONDIR JAYA BERSAMA		Project		Proyek Pembangunan Pabrik Trafo	
Location		Jl. Agarlindo Raya km.6, Sukamanti, Kec. Pasar Kemeis, Banten 15560			
Tested By		Imron		Checked By	
Bayu Butar Butar, S.T					

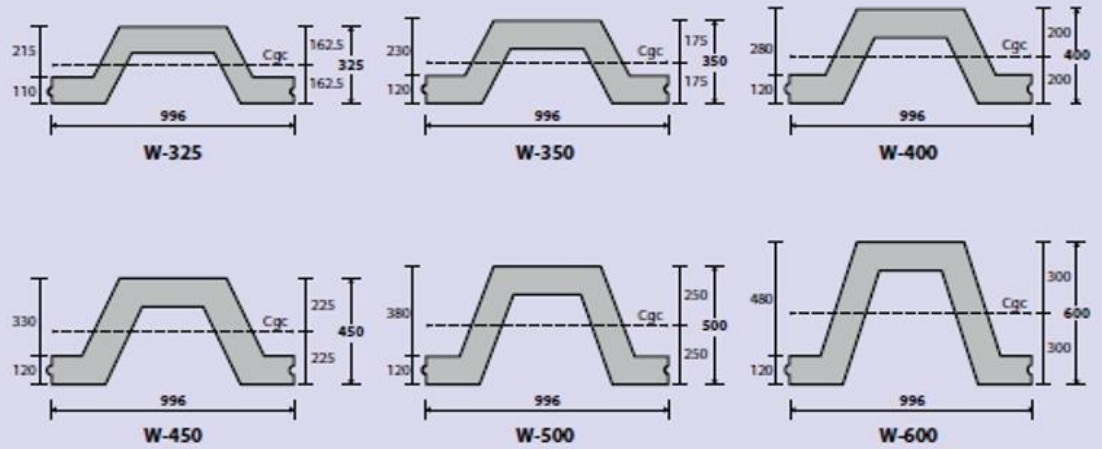
INDEX PROPERTIES									
Bore Hole No		DB - 02		DB - 02					
Depth		01.50 - 02.00		05.50 - 06.00					
SPECIFIC GRAVITY TEST (ASTM D - 854)									
Pycnometer No.	1	2	3	4					
Wt. Of Dry Soil (A)	g	10	10	10					
Temperature (T)	°C	30	30	30					
Wt. Pycnometer + Water + Soil (B)	g	163.97	171.18	168.97	168.73				
Wt Pycnometer + Water at T °C (C)	g	167.74	164.95	162.75	162.51				
A+(C-B)	g	3.774	3.771	3.778	3.778				
Specific Gravity (Gs)		2.643	2.645	2.640	2.641				
SPECIFIC GRAVITY Average (Gs)		2.644							
MOISTURE CONTENT TEST (BS 1377 : 1975)									
No. Container	10	11	12	13					
Wt. Container + Wet Soil	g	67.37	53.23	54.97	54.39				
Wt. Container + Dry Soil	g	52.27	42.30	42.80	42.48				
Wt. Container	g	12.86	12.80	12.47	12.95				
Wt. Water	g	15.099	10.927	12.173	11.930				
Wt. Dry Soil	g	39.610	29.500	30.330	29.510				
Moisture Content (w)	%	38.119	37.039	40.137	40.427				
MOISTURE CONTENT Average (w)	%	37.98							
DENSITY TEST (BS 1377 : 1975)									
No. Ring	X	X							
Wt. Ring + Wet Soil	g	152.25	151.00						
Wt. Ring	g	68.17	68.17						
Vol. Wet Soil (= Vol. Ring)	cm³	54.585	54.585						
BULK DENSITY (gm)	g/cm³	1.540	1.517						
DRY DENSITY (gd)	g/cm³	1.120	1.082						
VOID RATIO (e)		1.361	1.441						
POROSITY (n)		0.577	0.590						
DEGREE OF SATURATION (Sr)	%	72.979	73.811						

Lampiran II Data Tanah I

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | CORRUGATED PRESTRESSED CONCRETE SHEET PILES



CPC SHEET PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 62 \text{ MPa}$ (Cube 700 kg/cm^2)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment (ton.m)	Allow. Service Moment (ton.m)	Length* (m)
W-325	996	1,315	134,264	329	A	11.40	10.07	8 - 15
					B	13.30	11.97	8 - 16
W-350	996	1,468	169,432	368	A	15.60	14.04	9 - 17
					B	17.00	15.44	10 - 18
W-400	996	1,598	248,691	400	A	20.10	18.10	10 - 18
					B	23.40	21.40	11 - 20
W-450	996	1,835	353,363	459	A	26.90	24.37	11 - 20
					B	30.70	28.17	12 - 21
W-500	996	1,818	462,373	455	A	35.20	32.22	12 - 22
					B	40.40	37.42	13 - 24
W-600	996	2,078	765,907	520	A	50.60	46.48	14 - 25
					B	59.60	55.48	15 - 27

Note : * Length of Concrete Corrugated Sheet Piles may exceed usual standard whenever lifted in certain position

October - 2017

Lampiran 12 Katalog Sheet Pile 1