

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan Nasional Mameh – Windesi merupakan ruas jalan nasional dan menjadi tanggung jawab dari Kementerian Pekerjaan Umum. Ruas jalan tersebut merupakan akses utama Trans Papua yang menghubungkan antara Provinsi Papua Barat dengan Provinsi Papua Tengah. Tidak jarang jalan pada ruas Mameh – Windesi terganggu ataupun terputus yang diakibatkan oleh kondisi alam dikarenakan medan pada ruas jalan tersebut merupakan perbukitan sehingga terdapat banyak lereng.

Lereng sisi jalan adalah bagian satu kesatuan dengan jalan itu sendiri yang merupakan bagian penting yang perlu mendapatkan perhatian khusus dan jika dibutuhkan perlu dilakukan penanganan khusus. Lereng dapat terbentuk secara alami melalui proses geologi yang terjadi akibat adanya pelapukan batuan, erosi hingga pergerakan pada lapisan tanah dan lereng dapat juga terbentuk secara buatan seperti dilakukannya pekerjaan galian dan timbunan. Lereng alami maupun buatan dapat mengalami kelongsoran yang terjadi karena berbagai faktor diantaranya topografi, geologi, hidrologi, curah hujan yang tinggi, gempa bumi, perubahan tata guna lahan dan lain-lain.

Dinding penahan tanah merupakan salah satu bangunan konstruksi vertikal yang umum digunakan untuk menahan tanah lateral untuk mencegah terjadinya longsor, menjaga kesabilan tanah, pengendali erosi, dll. Dinding penahan tanah terdapat beberapa jenis diantaranya dinding kantilever, dinding sheet pile, dll.

Aspek ini menjadi krusial karena kegagalan lereng jalan, baik pada lereng galian maupun lereng timbunan di sisi bawah badan jalan, berpotensi menurunkan kinerja struktur jalan serta membahayakan keselamatan lalu lintas. Pembangunan ruas jalan yang memenuhi aspek kekuatan dan keandalan menuntut adanya perencanaan yang terintegrasi, termasuk perencanaan sistem penanganan lereng di sepanjang sisi jalan. Dengan demikian, proses identifikasi kondisi lereng, analisis stabilitas, serta perancangan metode penanganan lereng perlu dilakukan secara menyeluruh dan selaras dengan perencanaan jalan dan struktur pendukung lainnya seperti jembatan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Berapakah nilai *safety factor* (SF) sebelum dilakukan perkuatan ?
2. Berapakah nilai *safety factor* (SF) setelah dilakukan perkuatan ?

3. Mengapa perlu dilakukannya analisis terhadap rencana penanganan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui nilai *safety factor* (SF) sebelum dilakukan perkuatan
2. Mengetahui nilai *safety factor* (SF) lereng setelah dilakukan perkuatan
3. Untuk mendapatkan desain yang sesuai dengan kondisi lapangan dan dapat diimplementasikan di lapangan

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah untuk mendapatkan desain yang sesuai untuk penanganan longsor di ruas Mameh – Windesi KM 280+600 (Kabupaten Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat)

1.5 Batasan Lingkup Penelitian

Batasan lingkup penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian berada di Ruas Mameh – Windesi KM 280+600 (Kabupaten Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat)
2. Data tanah yang digunakan untuk menganalisis adalah data tanah sekunder yang didapat dari laporan bor log paket perencanaan longsor papua barat 2 tahun 2023
3. Program yang digunakan untuk melakukan analisis adalah Plaxis 2D
4. Analisis akan dilakukan menggunakan program Plaxis 2D dan disandingkan dengan perhitungan manual

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Ni Putu Silvi (2024) pada “Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Beton Bertulang di Tumbak Bayuh, Badung – Bali”. Penelitian mengambil kasus DPT kantilever beton bertulang yang mengalami kemiringan. Tujuan dari penelitian untuk analisis perkuatan DPT kantilever beton bertulang agar memenuhi persyaratan tingkat stabilitasnya. Tingkat stabilitas yang dianalisis adalah stabilitas guling, geser dan daya dukung. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode kuantitatif dengan bantuan software Geo5. Dengan menambahkan perkuatan pelat lantai tebal 200 mm dengan lebar 1500 mm dengan kedalaman 2000 mm dari batas atas telah memenuhi persyaratan parameter stabilitas terhadap guling, geser dan daya dukung tanah. Stabilitas terhadap guling dengan safety factor $2,01 > 1,50$ (OK), stabilitas terhadap geser dengan safety factor $= 1,71 > 1,50$ (OK) dan stabilitas terhadap daya dukung tanah dengan safety factor $2,01 > 2,00$ (OK), dimana kurva stabilitas guling, geser dan daya dukung setelah perkuatan berada di atas kurva faktor ijin. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa perlu penambahan pelat beton bertulang untuk stabilitas dinding penahan tanah yang dipersyaratkan pada lokasi penelitian.

A Suhendra dkk., (2021) pada “*Analysis of Earth Retaining Walls Reinforced by Metallic Strip or Geogrid*” menyebutkan bahwa perhitungan gaya pasif pada timbunan tanah di depan dinding penahan dengan ketinggian 12 m dapat memperpendek panjang jangkar sebesar 0,25% untuk kedalaman 0,6 m; 0,38% untuk kedalaman 0,7 m; dan 0,88% untuk kedalaman 1,5 m. Oleh karena itu, gaya pasif tidak perlu dihitung karena memberikan sedikit perbedaan dalam panjang jangkar dibandingkan dengan perhitungan panjang jangkar yang mengabaikan gaya pasif. Elemen geogrid dan pelat yang digunakan untuk pemodelan strip logam di PLAXIS memberikan faktor keamanan dengan perbedaan 0,7%-3,4% dan memiliki pola longsor yang sama. Oleh karena itu, strip logam dapat dimodelkan menggunakan pendekatan elemen geogrid dan pelat. Proyek studi kasus menunjukkan faktor keamanan tulangan geogrid dan strip logam minimal 1,2. Namun, tulangan geogrid memiliki faktor keamanan 13,7%-31,4% lebih tinggi dibandingkan dengan strip logam.

Ferdinandes Dwi Jaya N dkk., (2019) pada “Analisis Perkuatan Tanah Menggunakan Dinding Penahan Beton Bertulang Tipe Kantilever dan Sheet Pile Tanah Dengan Program Plaxis 2D V.8.6 dan *Metode Fellenius* (Studi Kasus Proyek Perbaikan Lereng Sungai Cihideung, Desa Ranjeng, Kecamatan Cisitu, Kabupaten Sumedang)” menyebutkan bahwa penyebab terjadinya longsor karena adanya banjir akibat curah

hujan yang tinggi di hulu Sungai Cihideung. Lapisan tanah di Lokasi tersebut diketahui 0-9 meter adalah tanah clay, 9-12 meter tanah clay dan 12-21 meter tanah rock. Analisis dilakukan dengan menggunakan Program Plaxis 2D V.8.6 dan Metode Fellenius dengan perbandingan penahanan yang digunakan adalah dengan perkuatan dinding penahan tanah beton bertulang tipe kantilever dan perkuatan turap (*sheet pile*) baja profil WF 300.300. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stabilitas lereng sebelum dilakukan perkuatan adalah 1,094 (Plaxis) dan 1,117 (*Metode Fellenius*). Setelah dilakukan perkuatan menggunakan dinding penahan tanah, nilai *safety factor* menjadi 1,609 (Plaxis) dan 3,795 (*Metode Fellenius*), sedangkan nilai *safety factor* menggunakan perkuatan *sheet pile* menjadi 1,536 (Plaxis) dan 1,609 (*Metode Fellenius*). Dapat disimpulkan bahwa penahanan longsoran dengan menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever mendapatkan nilai *safety factor* lebih tinggi dibandingkan menggunakan *sheet pile*.

2.2 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah merupakan salah satu metode perkuatan tanah yang banyak diterapkan dalam bidang rekayasa sipil, berfungsi untuk menahan tekanan tanah baik pada kondisi vertikal maupun pada sudut kemiringan tertentu. Mereka memberikan stabilitas pada tanah atau bahan lain yang tidak memiliki kemiringan alami dan menopang timbunan tanah atau material lainnya (Bowles, 1999). Lapisan tanah dengan kondisi yang buruk dan memiliki daya dukung tanah yang rendah dapat dilakukan perkuatan salah satunya dengan menggunakan dinding penahan tanah.

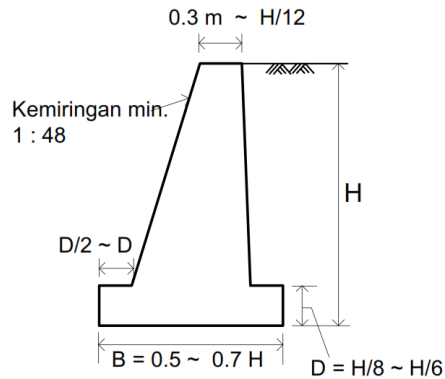
Pada umumnya dinding penahan tanah terbuat dari beton bertulang, pasangan batu, pasangan kayu, dan lain-lain dan banyak digunakan sebagai perkuatan tanah pada pekerjaan jalan raya, bangunan bawah tanah, oprit jembatan, dan lain-lain. Struktur dinding penahan tanah harus dapat menahan beban mati (berat sendiri struktur) dan beban hidup (tekanan tanah, tekanan air dan beban akibat pelaksanaan konstruksi) dengan stabil. Bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan lateral yang ditimbulkan oleh tanah urugan atau tanah asli yang labil (Sriyati Ramadhani, 2010)

2.2.1 Jenis-jenis Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah terdapat beberapa jenis, diantaranya :

1. Dinding Penahan Tanah Gravitasi

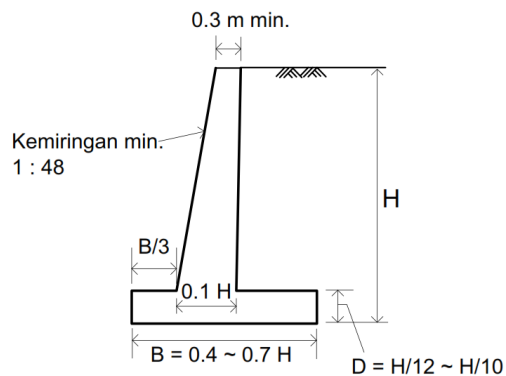
Dinding tipe ini memanfaatkan berat sendiri dalam menahan tekanan tanah. Dinding ini umumnya dibuat dari beton atau batu bata dan berbentuk trapesium untuk mendapatkan distribusi beban yang lebih optimal.



Gambar 1. Dinding penahan tanah gravitasi

2. Dinding Penahan Tanah Kantilever

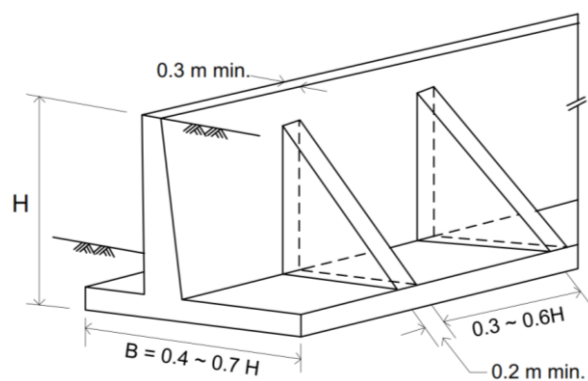
Dinding tipe ini memanfaatkan metode struktur kantilever untuk menahan tekanan tanah. Terdapat bagian dinding yang menjorok keluar yang berfungsi menahan tanah di belakangnya.



Gambar 2. Dinding penahan tanah kantilever

3. Dinding Penahan Tanah Counterfort

Counterfort atau penopang vertikal digunakan sebagai penahan dinding yang juga berfungsi untuk menahan dengan gaya dorong lateral dari tanah. Counterfort terletak pada bagian dalam dari dinding yang dapat membantu memperkuat struktur dinding sehingga dapat mengurangi gaya tekuk dan geser yang timbul dari tekanan tanah.



Gambar 3. Dinding penahan tanah *counterfort*

2.2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Dinding Penahan Tanah

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kestabilan dinding penahan tanah, diantaranya :

1. Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah aktif dan pasif merupakan faktor utama yang bekerja pada dinding penahan tanah. Tekanan tanah aktif (P_a) terjadi pada saat tanah cenderung bergerak menjauh dari dinding, sehingga menyebabkan dinding terdorong keluar. Tekanan tanah pasif (P_p) muncul ketika tanah ditekan mendekati dinding sehingga memberikan tahanan terhadap gerakan. Besarnya tekanan pasif dipengaruhi oleh jenis tanah, sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c), dan kondisi drainase.

2. Tekanan Air Tanah

Jika air tanah tidak dikendalikan dengan baik melalui sistem drainase, maka dapat menyebabkan tekanan hidrostatik menambah beban lateral pada dinding penahan tanah. Beberapa penyebab yang dapat meningkatkan tekanan hidrostatik yaitu air yang terperangkap di area belakang dinding sehingga meningkatkan gaya dorong secara signifikan dan kondisi jenuh dapat memperbesar tekanan total sehingga dapat menyebabkan stabilitas lereng berkurang.

3. Beban Tambahan di Belakang Dinding

Beban tambahan dapat berupa kendaraan, bangunan, alat berat ataupun timbunan tanah yang memberikan tekanan vertical dan horizontal. Beban tersebut secara tidak langsung dapat meningkatkan tekanan tanah lateral.

4. Kemiringan Lereng dan Dimensi Dinding

Kemiringan lereng di belakang dinding dan dimensi dinding juga memberikan pengaruh signifikan terhadap distribusi tekanan tanah. Semakin curam lereng atau semakin tinggi dinding, maka gaya dorong tanah yang bekerja juga akan semakin besar.

5. Saat Pelaksanaan

kualitas konstruksi dan metode pelaksanaan di lapangan sangat memengaruhi performa akhir dari dinding penahan tanah. Kesalahan dalam pemadatan tanah, penggunaan material yang tidak sesuai, atau deviasi dari rancangan teknis dapat menyebabkan terjadinya pergeseran, retakan, atau bahkan keruntuhan struktur.

2.2.3 Perbandingan tipe-tipe dinding penahan tanah

Terdapat beberapa tipe dinding penahan tanah yang umum digunakan diantaranya dinding penahan tanah tipe gravitasi, tipe kantilever dan tipe counterfort. Dari masing-masing tipe dinding penahan tanah tersebut tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini matriks perbandingan dari tipe-tipe dinding penahan tanah :

Tabel 1. Matriks perbandingan dinding penahan tanah

Aspek	Tipe Gravitasi	Tipe Kantilever	Tipe Counterfort
Kekuatan	Sedang – mengandalkan berat sendiri, efektif untuk tinggi rendah.	Tinggi – kuat terhadap tekanan tanah sedang hingga tinggi.	Sangat Tinggi – distribusi beban lebih merata ke counterfort, cocok untuk tekanan tinggi dan struktur besar.
Kestabilan	Tinggi terhadap guling dan geser – karena berat massal yang besar, tetapi rawan jika tanah dasar lunak atau tidak stabil.	Sedang – Tinggi – stabil jika fondasi cukup kuat, tetapi rentan jika fondasi kurang memadai.	Sangat Tinggi – momen dan gaya didistribusikan ke counterfort, stabil pada struktur tinggi dan tanah dengan tekanan tinggi.
Kemudahan pelaksanaan	Mudah – desain dan pelaksanaan sederhana, tanpa pembesian rumit.	Sedang – membutuhkan bekisting dan	Sulit – butuh keahlian tinggi, pekerjaan counterfort dan

		tulangan yang tepat.	bekisting kompleks.
Biaya	Tinggi – penggunaan beton atau batu dalam jumlah besar.	Sedang – lebih hemat material dibanding tipe gravitasi.	Tinggi – biaya tinggi karena pembesian lebih banyak dan pekerjaan lebih kompleks.

2.3 Fondasi

Fondasi suatu struktur harus direncanakan dan dibangun dengan memperhatikan faktor keamanan agar mampu menahan seluruh beban yang bekerja, baik beban vertikal maupun horizontal, tanpa mengurangi kestabilan struktur secara keseluruhan. Selain itu, fondasi juga harus mampu mencegah terjadinya deformasi berlebihan yang dapat membahayakan integritas bangunan tersebut, bangunan lain di sekitarnya, serta infrastruktur penunjang seperti jalan dan lereng di area sekitar.

Pada umumnya terdapat beberapa jenis fondasi yang sering digunakan sebagai perkuatan pada dinding penahan tanah, diantaranya fondasi cerucuk, fondasi mini pile, fondasi tiang pancang dan fondasi bore pile.

2.3.1 Fondasi Tiang Pancang

Fondasi tiang pancang adalah salah satu jenis fondasi dalam konstruksi bangunan yang digunakan untuk mentransfer beban dari struktur di atas tanah ke lapisan tanah yang lebih dalam dan lebih stabil. Fondasi ini berbentuk tiang panjang dan ramping yang ditanam atau dipancang ke dalam tanah dengan tujuan mencapai lapisan tanah keras atau batuan dasar. Fondasi tiang pancang umumnya terbuat dari beberapa material diantaranya toang pancang beton, tiang pancang baja dan tiang pancang komposit.

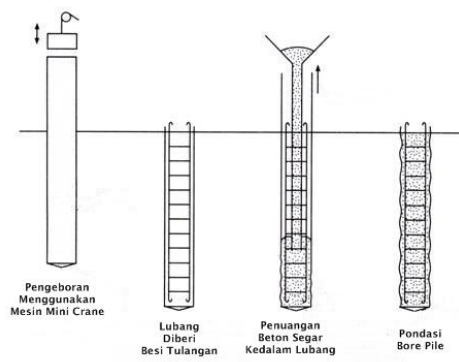


Gambar 4. Fondasi tiang pancang

2.3.2 Fondasi Bore Pile

Fondasi bore pile adalah salah satu jenis fondasi dalam (*deep foundation*) yang dibuat dengan cara mengebor atau melubangi tanah secara vertikal menggunakan alat bor khusus hingga mencapai kedalaman tertentu, yaitu lapisan tanah keras atau tanah yang memiliki daya dukung tinggi, kemudian lubang tersebut diisi dengan tulangan baja (besi beton) dan dicor dengan beton untuk membentuk elemen struktur berbentuk silinder yang berfungsi untuk menopang beban bangunan di atasnya.

Fondasi ini dirancang untuk menyalurkan beban vertikal maupun lateral dari struktur bangunan ke dalam lapisan tanah yang lebih stabil di bawah permukaan, terutama pada lokasi yang memiliki karakteristik tanah lunak di permukaan. Tidak seperti fondasi tiang pancang yang dipasang dengan metode pemukulan, bore pile dicor di tempat (*cast-in-situ*) sehingga lebih minim getaran dan kebisingan selama proses pelaksanaannya.



Gambar 5. Fondasi bore pile

2.3.3 Fondasi Mini Pile

Fondasi mini pile adalah salah satu jenis fondasi dalam (*deep foundation*) yang menggunakan tiang pancang berukuran kecil dan biasanya memiliki diameter antara 15 cm hingga 30 cm yang berfungsi untuk menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah keras atau lapisan tanah yang memiliki daya dukung tinggi di kedalaman tertentu. Mini pile umumnya terbuat dari beton bertulang pracetak (*precast reinforced concrete*) yang diproduksi di pabrik untuk menjamin mutu dan kestabilan dimensi, kemudian dipancang ke dalam tanah menggunakan peralatan pemancang berukuran kecil atau ringan, sehingga cocok diterapkan pada lokasi proyek dengan keterbatasan ruang

gerak atau lahan yang sempit, seperti di kawasan permukiman padat, jalan sempit, maupun area renovasi bangunan eksisting.



Gambar 6. Fondasi mini pile

2.3.4 Fondasi Cerucuk Kayu

Fondasi cerucuk kayu merupakan tipe fondasi dalam yang memanfaatkan tiang kayu berukuran panjang sebagai elemen struktur untuk meneruskan beban dari bangunan atas ke lapisan tanah yang lebih keras di bawah permukaan tanah. Fondasi ini biasanya memiliki diameter 10 cm hingga 60 cm dan biasa digunakan di daerah dengan tanah lunak, rawa, atau berair, di mana lapisan tanah atas tidak mampu menahan beban struktur secara langsung.

Cerucuk kayu ditanam secara vertikal ke dalam tanah menggunakan metode pemancangan sederhana (manual atau mekanis), hingga mencapai kedalaman tertentu yang dianggap cukup stabil. Kayu yang digunakan umumnya berasal dari jenis-jenis pohon lokal yang kuat dan tahan terhadap air serta pelapukan, seperti kayu ulin, bakau, nibung, atau gelam.



Gambar 7. Fondasi ceucuk kayu

2.3.5 Kelebihan dan Kekurangan Fondasi

Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan dari beberapa fondasi yang umum digunakan, diantaranya :

Tabel 2. Matriks perbandingan fondasi

Aspek	Bore Pile	Tiang Pancang	Mini Pile	Cerucuk Kayu
Kekuatan	Sangat tinggi. Dapat difungsikan sebagai soldier pile atau bagian dari dinding berstruktur (contoh: secant pile wall).	Sangat tinggi. Efektif sebagai elemen penahan gaya lateral dan vertikal. Cocok untuk dinding penahan tanah tinggi dan beban besar.	Cukup tinggi untuk dinding penahan skala kecil-menengah. Terbatas untuk kondisi tanah sangat labil.	Rendah. Tidak mampu menahan tekanan lateral signifikan. Hanya cocok untuk kondisi sangat ringan.
Stabilitas	Sangat stabil. Ideal untuk kondisi tanah sangat lunak atau jenuh air. Dapat dikombinasikan dengan tieback/anchor	Stabil terhadap gaya dorong tanah. Memerlukan perencanaan drainase agar efektif.	Stabilitas cukup jika digunakan dengan dinding kecil. Tidak cocok untuk perkuatan pada lereng yang aktif bergerak.	Tidak stabil. Mudah mengalami penurunan atau miring pada tekanan tanah aktif.
Pelaksanaan	Pelaksanaan fleksibel dan minim getaran. Cocok untuk lereng aktif dan area terbatas.	Cepat namun menimbulkan getaran. Tidak disarankan pada lereng sangat labil tanpa mitigasi awal.	Mudah dipasang, cocok untuk lokasi sempit. Minim getaran. Namun, terbatas dari sisi kapasitas beban.	Sangat mudah, bisa manual. Tidak memerlukan alat berat. Namun tidak cocok untuk aplikasi teknis berat.
Biaya	Sangat tinggi. Material, pengeboran, dan kualitas beton berpengaruh. Namun efektif untuk keamanan jangka panjang.	Tinggi. Biaya material dan alat berat besar. Sesuai untuk proyek skala besar dan permanen.	Lebih ekonomis dibanding dua sistem di atas. Cocok untuk proyek kecil hingga menengah dengan keterbatasan dana.	Sangat murah, tetapi umur pendek dan tidak menjamin kestabilan.

2.4 Faktor Keamanan

Tingkat keamanan lereng tanah dapat ditentukan menggunakan berbagai metode. Faktor Keamanan (FS) merupakan perbandingan antara gaya yang menahan dengan gaya yang menggerakkan lereng. Untuk menghitung nilai Faktor Keamanan suatu lereng, diperlukan beberapa data berikut:

- a. Data lereng (digunakan untuk pembuatan penampang lereng):
 - Kemiringan lereng
 - Tinggi atau panjang lereng dari kaki hingga puncak.
- b. Data mekanika tanah:
 - Sudut geser dalam (ϕ)
 - Berat jenis tanah (γ)
 - Kohesi (c)
 - Kadar air tanah (w)

Dalam SNI 8460-2017 Tabel 3 disyaratkan untuk melakukan analisis kestabilan pada lereng tanah didasarkan pada pertimbangan biaya dan konsekuensi kegagalan terhadap tingkat ketidakpastian kondisi analisis. Sedangkan pada Tabel 4 disyaratkan untuk lereng batuan dengan mempertimbangkan kondisi permanen atau sementara lereng batuan yang akan direncanakan.

Tabel 3. Nilai faktor keamanan untuk lereng tanah

Biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah ^a	Tinggi ^b
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,25	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih
^a Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi di lapangan.		
^b Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan.		

Tabel 4. Rekomendasi nilai faktor keamanan untuk lereng batuan

Kondisi lereng batuan	Rekomendasi nilai faktor keamanan
Kondisi permanen	1,5
Kondisi sementara	1,3

2.4.1 Stabilitas

Tujuan utama analisis stabilitas lereng adalah untuk memastikan bahwa faktor keamanan memenuhi persyaratan. Secara umum, faktor keamanan yang diinginkan lebih besar dari 1. Jika faktor keamanan kurang dari 1, itu menunjukkan bahwa lereng tidak stabil dan berpotensi longsor (C A Siregar dkk, 2024).

Untuk memastikan bahwa desain dinding penahan tanah yang akan diaplikasikan di lapangan aman, maka perlu dilakukannya perhitungan terhadap stabilitas dari dinding penahan tanah tersebut. Dinding penahan tanah harus dirancang aman terhadap stabilitas guling, stabilitas geser dan daya dukung tanah. Faktor keamanan yang disyaratkan oleh SNI 8460-2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik adalah sebagai berikut :

- a) Faktor keamanan terhadap guling minimum 2;
- b) Faktor keamanan terhadap geser lateral minimum 1,5;
- c) Faktor keamanan terhadap daya dukung minimum 3;

1. Stabilitas terhadap guling

$$SF = \frac{\sum M_p}{\sum M_a} > 2,0$$

Keterangan :

$\sum M_p$ = Momen yang menyebabkan tergulingnya suatu struktur

$\sum M_a$ = Momen yang mencegah tergulingnya suatu struktur

2. Stabilitas terhadap geser

$$SF = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} > 1,5$$

Keterangan :

$\sum R_h$ = Jumlah dari gaya-gaya horizontal yang mencegah bergesernya struktur

$\sum P_h$ = Jumlah dari gaya-gaya horizontal yang menyebabkan bergesernya struktur

3. Daya dukung tanah

$$q_{ult} = cN_c + D_f \gamma N_q + 0.5 B \gamma N_\gamma$$

Keterangan :

C = kohesi tanah (kN/m²)

D_f = kedalaman fondasi (m)

γ = berat volume tanah (kN/m³)

B = lebar fondasi DPT (m)

N_c, N_q dan N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung Terzaghi

$$q_{all} = \frac{q_u}{SF}$$

2.5 Tanah Longsor

Menurut Ardy Arsyad dkk (2019) longsor menjadi bencana alam kedua paling umum di Indonesia setelah banjir, dengan kontribusi 18% dari total kejadian bencana, sementara banjir 32% sejak tahun 1815. Pada tahun 2022 saja tercatat telah terjadi 633 kejadian longsor di Indonesia. Longsoran umumnya terjadi di wilayah yang memiliki karakteristik geologi, morfologi, hidrologi, dan iklim yang kurang mendukung kestabilan lereng. Secara alami, longsoran dapat dipicu oleh menurunnya kestabilan lereng akibat proses degradasi tanah dan batuan yang berlangsung seiring waktu dan usia formasi geologis.

Selain faktor alam, aktivitas manusia juga menjadi salah satu pemicu utama terjadinya longsoran. Kegiatan seperti pembuatan lahan pertanian berupa sawah dan kolam, pemotongan lereng untuk pembangunan, serta penggalian tanpa perencanaan yang matang sering kali mengakibatkan gangguan stabilitas lereng. Kondisi ini berpotensi memicu pergerakan tanah secara tiba-tiba, yang pada akhirnya dapat merusak infrastruktur dan fasilitas yang telah dibangun di kawasan tersebut. Penyebab utama longsor adalah adanya gaya gravitasi yang bekerja pada lereng curam. Oleh karena itu, faktor keamanan lereng sangat dipengaruhi oleh geometri lereng itu sendiri, di mana semakin curam lereng maka potensi terjadinya longsor akan semakin besar (U C Sari, 2019)

Untuk meminimalkan risiko longsoran, diperlukan upaya pengelolaan lahan yang bijak, seperti penerapan teknik konservasi tanah, pengaturan drainase yang efektif, serta pemantauan berkala terhadap kondisi lereng yang rawan. Dengan demikian, risiko bencana longsor dapat ditekan, dan dampaknya terhadap lingkungan maupun masyarakat dapat diminimalkan.

Menurut Anugrahadi dkk (2016) tanah longsor atau gerakan Tanah (landslide) didefinisikan sebagai proses yang menghasilkan pergerakan kebawah maupun kesamping dari lereng alam maupun buatan yang memiliki kandungan material tanah, batu, tanah timbunan buatan atau gabungan dari tanah dan batu. Gerakan massa tanah/batuan atau longsor juga dapat diartikan sebagai gerakan menuruni lereng oleh massa tanah atau batuan penyusun lereng tersebut.

Menurut Jacob Bokko dkk (2019) secara garis besar dikedalaman tanah terdapat tanah yang mengandung butiran berdiameter besar, seperti pasir/kerikil, batuan dan tanah berbutir halus seperti lanau, lempung. Tanah berbutir halus pada umumnya mempunyai kekuatan geser lebih rendah dari tanah berbutir besar. Tanah berbutir halus yang sering dijumpai Adalah lempung atau lanau yang mempunyai tingkat kestabilan rendah, oleh karena itu perlu diadakannya perbaikan tanah.

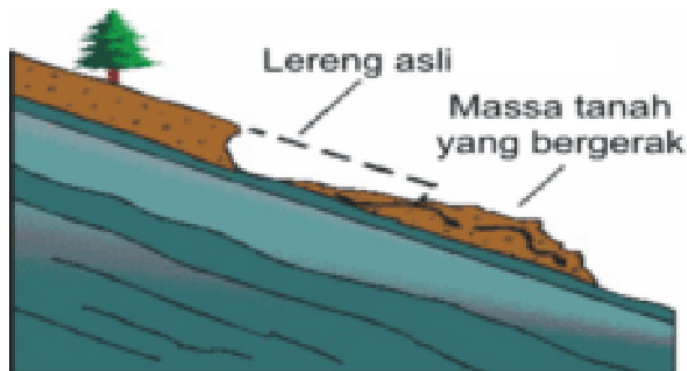
Terdapat beberapa faktor penyebab kelongsoran antara lain dapat dipengaruhi oleh geologi, topografi, proses cuaca, perubahan struktur tanah dan pengaruh air dalam tanah (Isdianto dan Dian Hastari Agustina, 2023)

2.5.1 Jenis-jenis tanah longsor

Nandi (2007) mengklasifikasikan bahwa tanah longsor terdapat beberapa jenis yaitu :

1. Longsor Translasi

Longsor translasi merupakan pergerakan massa tanah dan/atau batuan yang terjadi sepanjang bidang gelincir yang relatif datar atau berbentuk gelombang dengan kemiringan landai.



Gambar 8. Longsor translasi

2. Longsor Rotasi

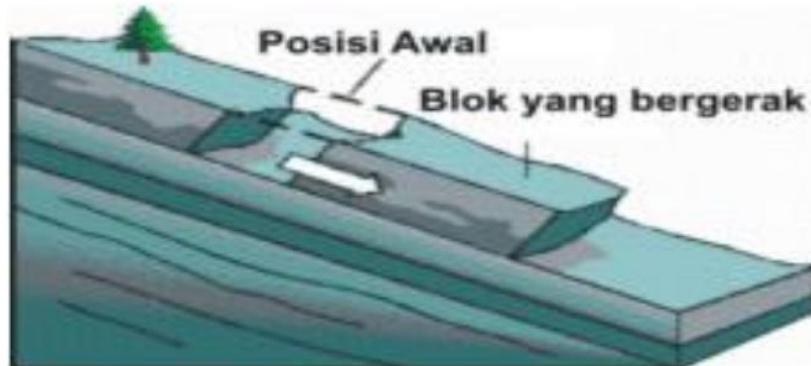
Longsor rotasi merupakan pergerakan massa tanah dan batuan yang terjadi sepanjang bidang gelincir berbentuk cekung.



Gambar 9. Longsor rotasi

3. Pergerakan Blok

Pergerakan blok merupakan jenis longsor yang ditandai oleh perpindahan massa batuan sepanjang bidang gelincir yang relatif datar. Jenis longsor ini juga dikenal sebagai longsor translasi blok batuan.



Gambar 10. Pergerakan blok

4. Runtuhan Batuan

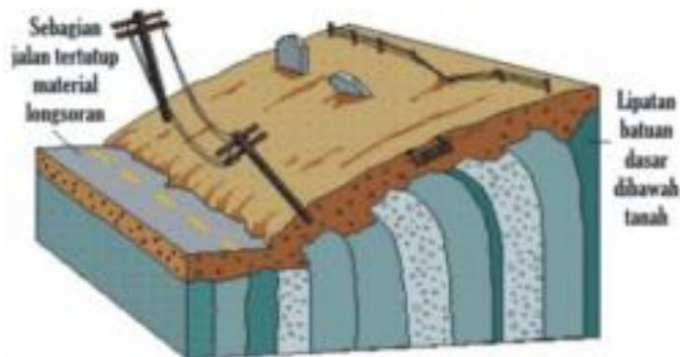
Runtuhan batu merupakan peristiwa pergerakan massa batuan atau material lainnya yang meluncur ke bawah melalui mekanisme jatuh bebas. Kejadian ini umumnya terjadi pada lereng yang sangat terjal hingga menggantung, terutama di wilayah pantai. Batu-batuan berukuran besar yang mengalami runtuhan berpotensi menimbulkan kerusakan yang signifikan.



Gambar 11. Runtuhan batuan

5. Rayapan Tanah

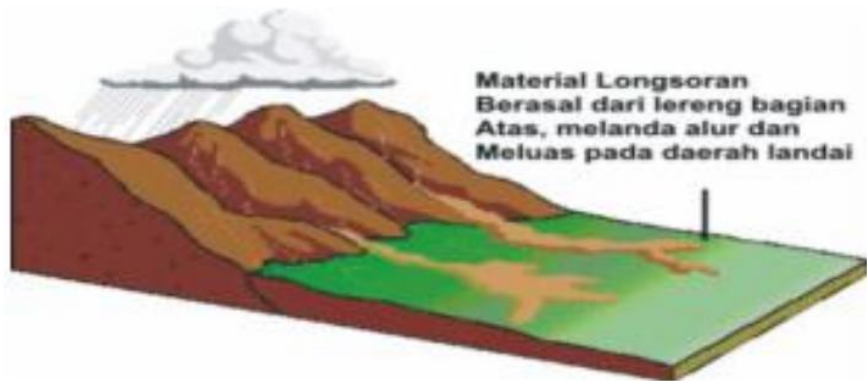
Rayapan tanah merupakan salah satu bentuk gerakan massa tanah yang berlangsung secara sangat lambat, dengan material penyusunnya berupa butiran tanah kasar maupun halus. Jenis longsoran ini umumnya sulit dikenali pada tahap awal. Namun, dalam jangka waktu yang panjang, rayapan tanah dapat menyebabkan kemiringan pada objek di atasnya, seperti tiang utilitas, pohon, maupun bangunan ke arah lereng bawah.



Gambar 12. Rayapan tanah

6. Aliran Bahan Rombakan

Jenis tanah longsor ini terjadi akibat pergerakan massa tanah yang dipicu dan didorong oleh keberadaan air. Kecepatan alirannya dipengaruhi oleh kemiringan lereng, volume serta tekanan air, dan karakteristik material penyusunnya. Pergerakan massa tanah umumnya mengikuti jalur lembah dan dapat menjangkau jarak ratusan meter, bahkan pada kondisi tertentu mencapai ribuan meter, seperti yang sering terjadi di daerah aliran sungai pada kawasan gunung api. Aliran tanah ini berpotensi menimbulkan dampak kerusakan besar serta menelan korban dalam jumlah signifikan.



Gambar 13. Aliran bahan rombakan

2.6 Program Plaxis

PLAXIS mulai dikembangkan sekitar tahun 1987 di *Technical University of Delft* atas inisiatif *Dutch Department of Public Works and Water Management*. PLAXIS merupakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga (*finite element method*) yang dirancang khusus untuk aplikasi geoteknik, dengan memanfaatkan berbagai model konstitutif tanah guna mensimulasikan perilaku mekanis tanah.

Program PLAXIS beserta model-model tanah yang terdapat di dalamnya telah dikembangkan secara cermat dan melalui berbagai tahapan pengujian serta validasi. Meskipun demikian, tidak dapat sepenuhnya dijamin bahwa program PLAXIS bebas dari kesalahan. Selain itu, simulasi permasalahan geoteknik menggunakan metode elemen hingga secara inheren mengandung ketidakpastian akibat penyederhanaan pemodelan dan kesalahan numerik yang tidak dapat dihindarkan.

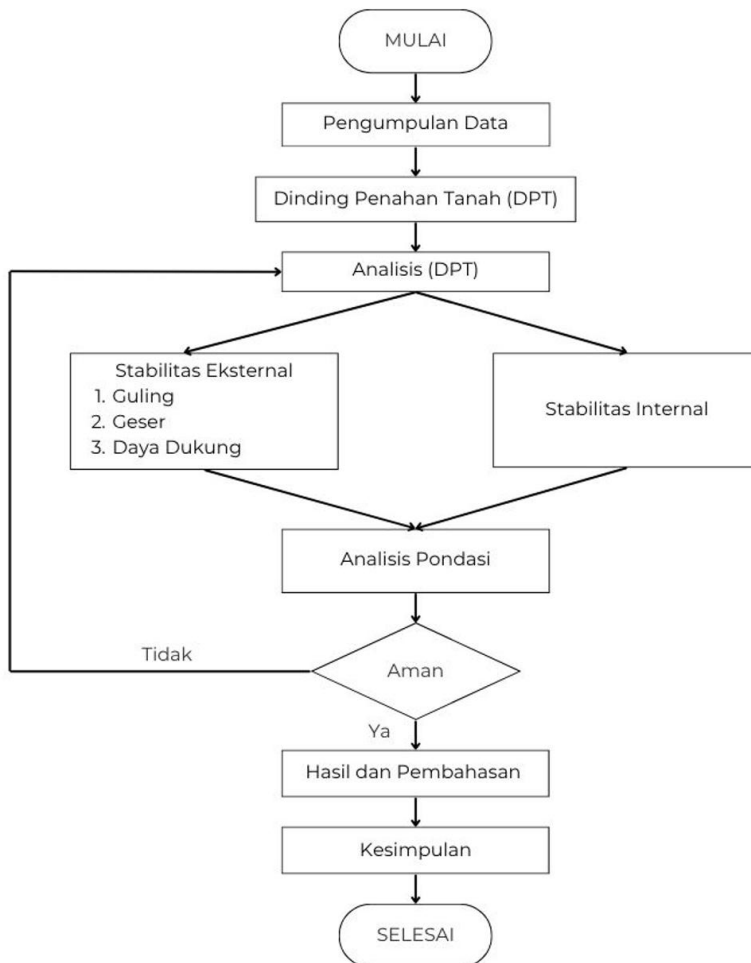
Dalam analisis, data yang dibutuhkan untuk dapat melakukan pemodelan pada program *Plaxis* diantaranya :

1. Nilai parameter tanah yang didapatkan dari hasil penyelidikan tanah di lokasi terjadinya longsor
2. Beban-beban yang terdapat di lokasi terjadinya longsor
3. Rembesan air yang terdapat di lokasi terjadinya longsor

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian

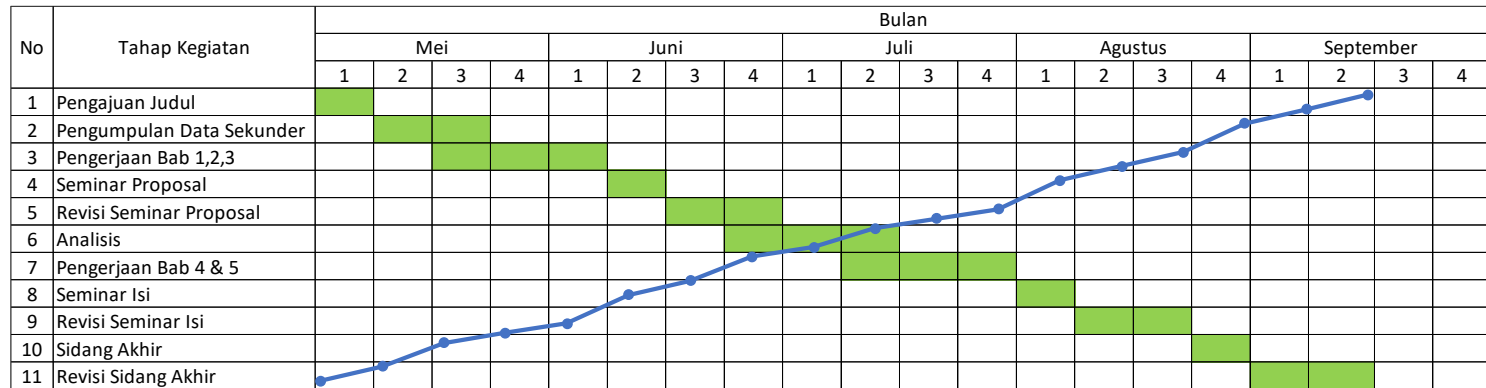
Penelitian ini menerapkan pendekatan analisis kuantitatif dan deskriptif melalui pemodelan terhadap objek yang ditinjau. Selanjutnya dilakukan analisis stabilitas lereng, di mana perhitungan dan evaluasi dilakukan menggunakan perangkat lunak PLAXIS untuk memperoleh nilai faktor keamanan. Alur penelitian dalam perencanaan dinding penahan tanah disajikan pada Gambar



Gambar 14. Alur penelitian

3.2 Jadwal Rencana Penelitian

Tabel 5. Jadwal rencana penelitian



3.4 Data Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Paket Perencanaan Longsoran Papua Barat 2 Tahun 2023, adapun data-data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Diketahui bahwa panjang longsoran adalah 20 meter dengan kedalaman 10 meter.
2. Data pengujian bor log

Tabel 6. Data bor log

[illegible]

3. Data laporan penyelidikan tanah

Tabel 7. Data laporan penyelidikan tanah

SUMMARY TEST RESULTS				
AGUSTUS 2023		SOIL INVESTIGATION REPORT No. 03 / CV-GBP / SOIL LAB / VIII / 23		
Pekerjaan		PERENCANAAN TEKNIS LONGSORAN PAPUA BARAT 2		
Lokasi		: NAMEH - WINDESI		
Kode Sampel	-	BH-01 LOC-4 UD5 1	BH-01 LOC-4 DS 1	BH-01 LOC-4 DS 2
Kedalaman	m	1.50 - 2.00	3.50 - 4.00	5.5 - 6.00
Specific Gravity (G _s)	-	2,64	2,67	2,65
Natural Water Content	%	18,15	13,79	14,79
Dry Density (γ_{dry})	gr/cm ³	1,25	1,49	1,36
Void Ratio (e)	-	1,26	1,74	1,44
Porosity (n)	-	0,44	0,37	0,41
Degree of Saturation (S _r)	%	77,58	65,37	64,61
Grain Size	Gravel	%	3,70	9,12
	Sand	%	9,12	72,96
	Silt	%	62,45	17,92
	Clay	%	24,73	0,00
	Grading Pass No. 10 (2.00 mm)	%	96,30	90,90
	Grading Pass No. 40 (0.425 mm)	%	91,00	65,50
Atterberg Limit	Liquid Limit (LL)	%	49	Non Plastis
	Plastic Limit (PL)	%	38	
	Plasticity Index (PI)	-	11	
	Shrinkage Limit (SL)	%	28	Non Plastis
USCS Classification		-	ML	SM
Triaxial UU (Cohesion)		kg/cm ²	0,40	-
Direct Shear	Cohesion (c)	kg/cm ²	1,00	0,10
	Friction Angle	degree	24	34

4. Data topografi



Gambar 17. Topografi

3.5 Pedoman

Dalam melakukan perencanaan desain terdapat beberapa pedoman yang akan digunakan dalam penelitian ini, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. Pedoman perencanaan desain

No	Jenis Perencanaan	Acuan
1	Design Penanganan	- SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2018. - Pedoman Kimpraswil No : Pt T-10-2002-B Panduan Geoteknik 4 tentang "Desain dan Konstruksi Timbunan Jalan pada Tanah Lunak". - Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. - Braja M. Das. : "Principles of Foundation Engineering : Seventh Edition", Cengage Learning, Stamford, 2007. - Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Fondasi, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. - Permen PU No.19/PRT/M/2011, Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan.
2	Perkerasan	Manual Desain Perkerasan sesuai Surat Edaran Direktorat Jendral Bina Marga Nomer 04/SE/Db/2017 dan Suplemen MDP 2020.
3	Drainase	Perencanaan Sistem Drainase Jalan (Pd.T-02-2006-B).

Tabel 9. Deskripsi kualitatif kerapatan relative tanah pasir (Terzaghi dan Peck, 1967)

N-SPT	Kepadatan Relatif, D_r
0-4	Sangat lepas
4-10	lepas
10-30	menengah
30-50	padat
Over 50	Sangat padat

Tabel 10. Nilai empiris untuk D_r , ϕ , γ dari tanah berbutir berdasarkan nilai N koreksi (Bowles, 1977)

Deskripsi	Sangat Lepas	Lepas	Sedang	Padat	Sangat Padat
Kerapatan Relatif (D_r)	0-0.15	0.15-0.35	0.35-0.65	0.65-0.85	0.85-1.00
Nilai N' -SPT terkoreksi	0-4	4-10	10-30	30-50	>50
Sudut geser dalam (ϕ)($^{\circ}$)	25-30	27-32	30-35	35-40	38-43
Berat volume tanah (γ) (kN/m^3)	11.0-15.7	14.1-18.1	17.4-20.4	17.3-22	20.4-23.6

Tabel 11. Variasi korelasi N-SPT dengan C_u tanah lempung (Terzaghi dan Peck, 1967)

Konsistensi	N	c_u (kN/m^2)
Sangat lunak	0-2	<12
Lunak	2-4	12-25
Sedang	4-8	25-50
Kaku	8-15	50-100
Sangat kaku	15-30	100-200
Keras	>30	>200

3.6 Metode Analisis

Metode analisis yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan program Plaxis 2D untuk menghitung *safety factor* (SF) pada lereng sebelum dilakukan perkuatan
2. Menggunakan program Plaxis 2D untuk menghitung *safety factor* (SF) pada lereng setelah dilakukan perkuatan

Melakukan perhitungan manual pada lereng setelah dilakukannya perkuatan sebagai sandingan terhadap perhitungan analisis dengan program plaxis