ANALISA PENGGUNAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE GRAVITASI DALAM MENINGKATKAN FAKTOR KEAMANAN LERENG MENGGUNAKAN BANTUAN *SOFTWARE PLAXIS*

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Ujian Skripsi

Program Studi Teknik Sipil

Pada Fakultas Teknik Universitas IBA

OLEH :

DEVI PERMATA SARI

NPM. 22310011

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA PALEMBANG

2026

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA PENGGUNAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE GRAVITASI DALAM MENINGKATKAN FAKTOR KEAMANAN LERENG MENGGUNAKAN BANTUAN *SOFTWARE PLAXIS*

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Ujian Skripsi

Program Studi Teknik Sipil

Pada Fakultas Teknik Universitas IBA

Palembang, Juli 2026

Mengetahui,	Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik	Ketua Program studi
	Teknik Sipil
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA	
Dr. Ir. Hardayani Haruno, M.T	Robi Sahbar, S.T.,M.T
(NIDN 99 009944 92)	(NIDN 02 030173 02)

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA PENGGUNAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE GRAVITASI DALAM MENINGKATKAN FAKTOR KEAMANAN LERENG MENGGUNAKAN BANTUAN *SOFTWARE PLAXIS*

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Sipil
Pada Fakultas Teknik Universitas IBA

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I	Pembimbing II
Universitas IBA	Universitas IBA
Eka Wisnu Sumantri, S.T.,M.T	Amelia Rajela, S.T.,M.T
(NIDN. 20 7036901)	(NIDN. 00 22077401)

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama	: Devi Permata Sari
NPM	22310011
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Analisa Penggunaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi Dalam Meningkatkan Faktor Keamanan Lereng Menggunakan Bantuan *Software Plaxis*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik universitas IBA.

DEWAN PENGUJI

1. Robi sahbar, S.T, M.T (.....)
   NIDN. 02 030173 02
2. Dr.Ir.Hj.Ramadhani, S.T, M.T, IPM (.....)
   NIDN. 02 241072 01
3. Ir.Sapta, S.T, M.T, Ipu, Asean Eng (.....)
   NIDN. 02 060969 01

Ditetapkan : Palembang

Tanggal : Juli 2026

SURAT PERNYATAAN
BEBAS PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Devi Permata Sari
NPM	22310011
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Analisa Penggunaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi Dalam Meningkatkan Faktor Keamanan Lereng Menggunakan Bantuan *Software Plaxis*

Dengan ini menyatakan hasil penulisan skripsi yang saya buat ini merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila kemudian hari ternyata penulisan skripsi ini merupakan plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan tata tertib di Universitas IBA.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaaan dari siapapun dan oleh siapapun.

Palembang, Juli 2026

Yang membuat pernyataan,



(Devi Permata Sari)

NPM. 22310011

ABSTRAK

ANALISA PENGGUNAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE GRAVITASI DALAM MENINGKATKAN FAKTOR KEAMANAN LERENG MENGGUNAKAN BANTUAN *SOFTWARE PLAXIS*

Devi Permata Sari*, Eka Wisnu Sumantri, Amelia Rajela****

*) Alumni Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas IBA

****)** Dosen Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas IBA

Lereng tepian Sungai Majo, Kecamatan Betung, Kabupaten Banyuasin menunjukkan indikasi ketidakstabilan berupa longsoran, retakan tanah, dan erosi tebing akibat pengaruh aliran air, curah hujan, dan karakteristik tanah setempat. Kondisi ini berpotensi mengancam keselamatan masyarakat serta infrastruktur di sekitar bantaran sungai apabila tidak segera ditangani. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai Faktor Keamanan (FK) lereng pada kondisi awal, merencanakan dan menganalisis stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi terhadap guling, geser, dan daya dukung, serta mengetahui peningkatan FK lereng setelah pemasangan dinding penahan. Penelitian ini merupakan penelitian analitis kuantitatif dengan pendekatan perhitungan geoteknik, menggunakan data hasil pengujian tanah lapangan dan laboratorium yang dianalisis dengan teori Rankine untuk tekanan tanah lateral dan dibantu *software* Plaxis untuk pemodelan numerik. Hasil penelitian menunjukkan FK lereng pada kondisi awal sebesar 1,145 (kategori kritis). Setelah direncanakan dinding penahan tanah gravitasi, diperoleh nilai stabilitas terhadap penggulingan (Fgl) sebesar 2,2, terhadap penggeseran (Fgs) sebesar 2,48, dan terhadap keruntuhan daya dukung sebesar 3,36, seluruhnya memenuhi syarat keamanan yang disyaratkan. Analisis menggunakan Plaxis menunjukkan FK lereng meningkat menjadi 1,589 setelah pemasangan dinding penahan, atau meningkat sebesar 39% dari kondisi awal, sehingga lereng dinyatakan dalam kondisi aman.

Kata kunci: dinding penahan tanah, gravitasi, faktor keamanan, stabilitas lereng, Plaxis

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE USE OF GRAVITY-TYPE RETAINING WALLS TO INCREASE SLOPE SAFETY FACTORS USING PLAXIS SOFTWARE

Devi Permata Sari*, Eka Wisnu Sumantri, Amelia Rajela****

*) *Alumni of the Faculty of Engineering, Civil Engineering Study Program, IBA University*

**) *Lecturers of the Faculty of Engineering, Civil Engineering Study Program, IBA University*

The riverbank slope of the Majo River, Betung District, Banyuasin Regency, shows signs of instability, including landslides, ground cracks, and bank erosion caused by water flow, high rainfall, and local soil characteristics. If left unaddressed, this condition could threaten public safety and nearby infrastructure. This study aims to determine the initial Safety Factor (SF) of the slope, to design and analyze the stability of a gravity-type retaining wall against overturning, sliding, and bearing capacity failure, and to determine the increase in slope SF after the retaining wall is installed. This research is a quantitative analytical study using a geotechnical calculation approach, based on field and laboratory soil test data, analyzed using Rankine's lateral earth pressure theory and assisted by Plaxis software for numerical modeling. The results show that the initial slope SF was 1.145 (critical category). After designing the gravity retaining wall, the stability values obtained were 2,2 against overturning (Fgl), 2,48 against sliding (Fgs), and 3,96 against bearing capacity failure, all of which met the required safety criteria. Plaxis analysis showed that the slope SF increased to 1.589 after the retaining wall was installed, an increase of 39% from the initial condition, indicating that the slope is now in a safe condition.

Keywords: *retaining wall, gravity, safety factor, slope stability, Plaxis*

MOTTO

"Setiap orang pasti mempunyai mimpi, begitu juga saya, namun bagi saya yang paling panting adalah bukan seberapa besar mimpi yang kamu punya, tapi adalah seberapa besar usaha kamu untuk mewujudkan mimpi itu"

Man Jadda Wa Jadda

" Barang siapa yang bersungguh - sungguh akan mendapatkannya.

"Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah apa yang ada pada diri mereka sendiri."

(*QS. Ar-Ra'd: 11*)

"Sesungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar."

(*QS. Al-Baqarah: 153*)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim……

"Tiada lembar yang paling indah dalam laporan skripsi ini kecuali lembar persembahan, skripsi ini saya persembahkan sebagai tanda bukti kepada orangtua tercinta, sahabat, pasangan, dan teman-teman yang selalu memberi support untuk menyelesaikan skripsi ini"

Dengan rasa syukur yang mendalam kepada Allah SWT, skripsi dan gelar Sarjana Teknik (S.T.) ini saya persembahkan dengan sepenuh hati untuk mereka yang menjadi alasan saya untuk tidak pernah menyerah:

1. Kepada kedua orang tua saya ,papa dan mama tercinta, yang telah menjadi tempat yang nyaman, yang telah mendoakan, serta menyayaiku, meskipun ayuk tau seberapa besar perjuangan mama papa yang sudah membesarkan ayuk, sesulit apa mencari uang ,dan sesulit apa untuk bisa makan sesehari-hari, semoga dengan adanya ayuk semoga bisa mengangkat derajat mama dan papa, ayuk bersyukur banget sudah bisa berada dititik ini, dulu ayuk kira gak bakalan bisa sekolah tinggi seperti anak anak kaka dan adek mama ,ternyata alhamdulillah sekarang ayuk bisa mendapatkan sebuah gelar di belakang nama ayuk, semoga gelar itu akan menjadi perubahan dalam hidup ayuk dan kebahagian buat mama papa nanti aamiin yarobbal'alamin, dan semoga papa mama bangga dengan perjuangan ayuk selama 4 tahun kuliah, terus ayuk cuma mau kasih tau papa mama jangan pernah untuk diambil hati terhadap orang yang tidak tau seberapa besar perjuangan ayuk yang bisa diposisi ini, bangga la wahai orang tua ku, karna ayuk bisa berbeda dari ke 3 saudaraku yg lain, alhamdulillah papa mama jangan malu lagi ya dengan perkataan orang yang sukanya menilai orang dari luar, sehat selalu ma pa agar bisa lebih lama menikmati keberhasilan anak perempuan mu satu-satu ini aamiin. Dan terima kasih pa ma, I love you keluarga ku.

2. Kepada kaka Faisal dan kaka davi, adek pati terima kasih telah menjadi saudara yang baik, dan saling membantu, terkadang aku kepengen lo punya ayuk perempuan biar ada temannya kalo dirumah, tapi mau gimana lagi hhehe, biarpun ayuk satu-satunya tapi bisa hidup mandiri, udah bisa kerja dari kelas 1 smp hehe ,masyaallah perjuangan ayuk dulu pas masih smp berjualan gorengan menempuh sekolah aja harus jalan 3 meter baru sampai ,dan sampai bisa mendapatkan beasiswa kuliah ini. dan alhamdulilallah tidak menyusahkan kalian, tetaplah menjadi saudara yang saling merangkul ya ka, adek.
3. Kepada sahabat-sahabatku tercinta, (Hana Riskina Sari, maryani) terima kasih telah menjadi tempat berbagi cerita, keluh kesah, dan tawa selama ini. Kalian adalah keluarga yang saya pilih sendiri, yang selalu ada baik dalam keadaan susah maupun senang, sungguh mulia kalian bedua yang telah sabar menghadapi saya telah membantu saya untuk meminjamkan uang disaat saya kesulitan, Terima kasih atas setiap dukungan disetiap saya butuh, semangat, dan doa yang tak pernah putus hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Kepada diriku sendiri, terim kasih sudah berjuang selama ini akhirnya bisa sampai dititik ini , saya bangga pada diri saya yang bisa melewati ini dengan susah payah, dengan perjuangan saya yang dari smp sampai kuliah yang sudah memulai berjualan tuh tidak banyak anak-anak yang tidak malu buat berjualan, meskipun suka kerja sampingan juga, tapi alhamdulilah berkat tekat dan semangat akhirnya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan susah payah dan keringatku sendiri, serta teman dan pembimbing yang turut membantu saya dan saya ucapkan terima kasih.
5. Kepada orang yang saya sayangi, terima kasih sudah mau menjadi tempat bercerita, penyemangat saya, dan terima kasih sudah membantu keuangan disaat sulitnya menjalankan hidup, terima kasih sudah selalu ada maupun senang dan duka, buat mamak bapak terima kasih sudah menjadi kan saya anak kalian, saya bangga bisa mengenal kalian sejauh ini, kalian orangtua saya yang kedua yang saya sayangi, buat abang maaf jika saya terlalu banyak merepotkan kamu dalam hal yang tidak bisa saya lakukan, dan terima kasih sudah menyempatkan untuk selalu menjemputku di perkuliahan ,waktumu berharga

buatku, sehat-sehat ya orang baik, semoga dilancarkan rezekimu, tetapla menjadi versi terbaikmu yang aku kenal hehe, Semoga setiap langkah ke depan tetap bisa kita perjuangkan bersama. aamiin

6. Kepada Geo Girls, Nurreli Aprilia Kinanti dan Desti Aulia, terima kasih telah menjadi keluarga kedua selama masa perkuliahan ini. Suka duka, tawa dan tangis, begadang mengerjakan tugas bersama, hingga saling menyemangati di kala down, semua akan menjadi kenangan yang tak terlupakan. terima kasih sudah menjadi teman seperjuangan yang selalu ada, saling mendukung, dan saling mengingatkan untuk terus maju meski lelah menghampiri. Semoga pertemanan kita tidak berhenti sampai di bangku kuliah saja. sukses selalu teman
7. Kepada Himpunan Mahasiswa Sipil (IMS), terima kasih telah menjadi rumah kedua selama masa perkuliahan, yang telah menjadi wadah bagi saya untuk belajar berorganisasi, mengembangkan diri, dan menambahkan relasi selama menjalankan masa perkuliahan, banyak pengalaman berharga, ilmu, dan kenangan yang saya dapatkan, pengalaman ini menjadi bekal berharga yang selalu saya kenang. Semoga kekeluargaan yang telah terjalin tetap terjaga meski kelak kita berpisah jalan. Semoga IMS terus berkembang dan mencetak generasi-generasi hebat di masa mendatang, Semangat buat kepengurusan yang menjalankan kewajiban semoga bisa lebih berkembang dan maju himpunan IMS universitas IBA.
8. Kepada Forum Komunikasi Teknik Sipil Indonesia (FKMTSI WILAYAH IV) yang telah memberikan kesempatan bagi saya untuk berkembang, belajar, dan berkontribusi Bersama mahasiswa Teknik sipil dari Sumsel,Bengkulu,dan Bangka Belitung, terima kasih sudah menjadi tempat yang nyaman serta kehangatan. dan terima kasih kepada teman seperjuangan FK (Alya Indriawati), (M.Aditya) serta adik adikku IMS, semoga forum ini terus menjadi wadah yang bermanfaat dan melahirkan insinyur-insinyur sipil yang berkualitas di masa depan. I love you FKMTSI WIL-IV. akan selalu ku kenang semua proses yang telah saya lalui diforum fk ini.

KATA PENGANTAR

Assalamua'laikum Wr.Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, Segala puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "**Analisa Penggunaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi Dalam Meningkatkan Faktor Keamanan Lereng Menggunakan Bantuan *Software Plaxis*".**

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas IBA Palembang.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu **Dr. Ir. Hardayani Haruno, MT,** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang.
2. Bapak **Robi Sahbar, S.T., M.T,** selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas IBA Palembang.
3. Bapak **Eka Wisnu Sumantri, S.T., M.T,** selaku Dosen Pembimbing I, yang telah dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan memberikan banyak masukan berharga selama proses penyusunan skripsi.
4. Ibu **Amelia Rajela, S.T., M.T,** selaku Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan waktu untuk memberikan koreksi dan saran demi kebaikan skripsi ini.
5. Seluruh jajaran Dosen dan Staf Administrasi Program Studi Teknik Sipil Universitas IBA Palembang, atas ilmu dan pelayanan yang diberikan selama penulis menempuh perkuliahan.

6. Pihak Pemerintah Kecamatan Betung, Kabupaten Banyuasin, yang telah memberikan izin dan kemudahan akses dalam pengumpulan data penelitian di lapangan.
7. Papa dan mama serta kaka, adik yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan menjadi motivasi semangat bagi ayuk dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Diri saya sendiri, DEVI PERMATA SARI, yang telah berusaha keras, sabar, dan kemudahan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
9. Abang, yang telah sabar mendengarkan setiap keluh dan kesah, memberikan dukungan moral tiada henti, dan senantiasa menjadi support system terbaik selama proses penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas perhatian, waktu yang selalu diberikan tanpa Lelah, baik dalam suka maupun duka selama masa perkuliahan.
10. Angkatan 22 Program Studi Teknik Sipil, serta semua pihak yang telah turut membantu, kebersamaan, motivasi selama masa perkuliahan, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan dan kesempurnaan karya tulis ini di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga karya skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palembang, juli 2026

Penulis

DEVI PERMATA SARI

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**

SURAT PERNYATAAN..... **v**

BEBAS PLAGIAT..... **v**

ABSTRAK..... **vi**

ABSTRACT..... **vii**

PERSEMBAHAN..... **ix**

KATA PENGANTAR ..... **xii**

DAFTAR ISI..... **xiv**

DAFTAR GAMBAR ..... **xvii**

DAFTAR TABEL..... **xix**

BAB I PENDAHULUAN **1**

10.1 Latar Belakang..... 1

10.2 Rumusan Masalah 3

10.3 Tujuan Penelitian..... 3

10.4 Batasan Masalah..... 3

10.5 Manfaat Penelitian..... 4

10.6 Sistematika Penulisan..... 4

BAB II..... **6**

TINJAUAN PUSTAKA **6**

2.1 Lereng dan Stabilitas Lereng 6

2.1.1 Definisi Lereng..... 7

2.1.2 Klarifikasi Lereng..... 8

2.1.3 komponen Geometri Lereng..... 9

2.2 Stabilitas Lereng 9

2.2.1 Faktor Keamanan 10

2.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Stabilitas Lereng.....10
2.2.3 Metode Analisis Stabilitas Lereng 11
2.2.4 Angka keamanan Lereng.....12
2.3 Tekanan Tanah Lateral 13
2.3.1 Tekanan Tanah Saat Diam, Aktif, Pasif.....13
2.3.2 Pengaruh Regangan Lateral.....17
2.3.3 Teori Rankine.....19
2.3.4 Teori Coulomb 27
2.3.5 Pengaruh Beban di atas Tanah Urug.....30
2.3.6 Analisis Gaya Resultan dan Dekomposisi Komponen Gaya 33
2.4 Analisis stabilitas.....34
2.5 jenis Sheet Pile.....35
2.6 Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi.....37
2.7 Karakteristik Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi.....38
2.7.1 Material 38
2.7.2 Stabilitas Tinggi 40
2.8 Program *PLAXIS*.....43
2.8.1 Pengertian dan Fitur Program *PLAXIS*.....43
2.8.2 Model Konstitutif Tanah pada Program *PLAXIS*.....44
2.9 Fungsi *Software PLAXIS* dalam Pengolahan Data 44
2.10 Prinsip kerja *PLAXIS*.....45
2.11 Jenis Analisis pada *PLAXIS*.....45
2.11.1 Analisis Deformasi (*Deformation Analysis*) 46
2.11.2 Analisis Stabilitas Lereng (*Slope Stability Analysis*) 46
2.11.3 Analisis konsolidasi.....46
2.12 Model Material Tanah Pada *PLAXIS*.....47
2.13 Kelebihan Software PLAXIS.....47
BAB III 48
METODOLOGI PENELITIAN 48
3.1 Jenis Penelitian.....48

3.2 Lokasi Penelitian 48
3.3 Data Penelitian 50
3.4 Tahap Penelitian 50
3.5 Langkah-langkah sistematis dalam menggunakan *PLAXIS* untuk analisis stabilitas lereng. 51
3.5.1 Pemodelan Geometri dan Kondisi Awal (*Geometry Input*) 51
3.5.2 Input Parameter Material (Material Properties) 52
3.5.3 Pembuatan Jaring Elemen (Mesh Generation) 52
3.5.4 Kondisi Awal (*Initial Conditions*) 53
3.5.5 Konfigurasi Tahapan Konstruksi (*Calculation Phases*) 53
3.5.6 Proses Running & Analisis Hasil (*Calculation & Output*) 54
3.5.7 Evaluasi Visual Bidang Gelincir 54
BAB IV **55**
ANALISA DAN PEMBAHASAN **55**
4.1 Faktor Keamanan (FK) Lereng pada Kondisi Awal 55
4.2 Data Tanah & Geometri pada Analisa Dinding Tipe Gravitasi 57
4.3 Perencanaan Penampang Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi 58
4.4. Perhitungan Stabilitas Terhadap Guling 60
4.5. Cek Stabilitas Terhadap Geser 62
4.6 Cek Terhadap Daya Dukung Tanah 63
4.7 Faktor Keamanan Lereng Sesudah Perkuatan 66
4.8 Pembahasan 67
BAB V **68**
PENUTUP **68**
5.1 Kesimpulan 68
5.2 Saran 68
DAFTAR PUSTAKA **70**
LAMPIRAN .....

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Driving force dan resisting force 6
Gambar 2.2 Longsoran dan keruntuhan lereng 7
Gambar 2.3 Tekanan tanah 14
Gambar 2.4 Tekanan tanah lateral 14
Gambar 2.5 Tekanan tanah lateral dan lingkungan Mohr yang mewakili kedudukan tegangan didalam tanah 16
Gambar 2.6 Distrubusi tekanan tanah aktif pada dinding penahan menurut tipe Gerakan dinding 18
Gambar 2.7 Diagram tekanan tanah aktif Rankine 20
Gambar 2.8 Diagram tekanan tanah aktif Rankine (Ka1>Ka2) 26
Gambar 2.9 Diagram tekanan tanah aktif Rankine (Kp1>Kp2) 26
Gambar 2.10 Diagram tekanan tanah aktif Rankine (c>0 dan 0) ..... .28
Gambar 2.11 Tekanan tanah lateral menurut teori Coulomb ..... .30
Gambar 2.12 Diagram tekanan tanah aktif akibat beban terbagi rata q untuk teori Rankine 31
Gambar 2.13 Tekanan tanah pada dinding akibat beban, beban titik beban garis dan beban terbagi rata memanjang 32
Gambar 2.14 *Sheet pile baja* 35
Gambar 2.15 *Sheet pile beton* 36
Gambar 2.16 *Sheet pile kayu* 36
Gambar 2.17 *Mechanically Stabilized Earth/MSE Wall* 37
Gambar 2.18 Beton tidak betulang 39
Gambar 2.19 Pasangan batu kali 40
Gambar 2.20 Stabilitas terhadap guling 41
Gambar 2.21 Stabilitas terhadap geser 42
Gambar 2.22 Stabilitas terhadap daya dukung tanah 43
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian 49

Gambar 3.2 Kondisi di sekitar lereng sungai majo, kec. betung, keb.banyuasin 49
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian.....51
Gambar 4.1 Kondisi lereng awal.....55
Gambar 4.2 Posisi muka air tanah.....56
Gambar 4.3 Hasil Analisa (*Run*) Lereng sebelum perkuatan DPT.....56
Gambar 4.4 Hasil Output Faktor Keamanan Lereng Awal.....57
Gambar 4.5 Distrubusi gaya beban penahan.....59
Gambar 4.6 Gaya-gaya momen guling.....60
Gambar 4.7 Gaya-gaya terhadap gaya geser.....62
Gambar 4.8 Tampilan hasil Analisa plaxis pada kondisi akhir.....66
Gambar 4.9 Nilai factor keamanan lereng kondisi akhir..... 66
Gambar 4.10 Dimensi dalam satuan meter.....67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Angka Keamanan Lereng 12

Tabel 2.2 Macam tanah dan translasi saat tanah dalam kondisi aktif 17

Tabel 2.3 Ko untuk berbagai jenis tanah tanah 18

Tabel 2.4 Nilai-nilai kisaran koefisien tekanan tanah diam, aktif dan pasif untuk tanah kohesif dan tanah tak kohesif 19

Tabel 2.5 Koefisien tekanan tanah lateral 24

Tabel 2.6 Analisis Stabilitas.....34

Tabel 3.1 Parameter tanah analisis perencanaan.....50

Tabel 4.1 Data tanah dalam perencanaan.....57

Tabel 4.2 Data tanah (Lanjutan).....58

Tabel 4.3 Data Dimensi DPT.....58

Tabel 4.4 Momen Penahan.....59

Tabel 4.5 Distribusi Beban Guling.....62

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lereng merupakan salah satu bentuk permukaan tanah yang memiliki kemiringan tertentu dan terbentuk baik secara alami maupun akibat aktivitas manusia, seperti kegiatan pemotongan tanah (*cut*) dan penimbunan (*fill*) pada pekerjaan konstruksi jalan, permukiman, maupun infrastruktur sungai. Kestabilan lereng menjadi faktor penting yang harus diperhatikan karena kegagalan lereng dapat menimbulkan kerugian besar, baik berupa kerusakan infrastruktur, terganggunya aktivitas masyarakat, hingga hilangnya nyawa manusia.

Sungai Majo yang terletak di Kecamatan Betung merupakan salah satu badan air yang memiliki peran penting bagi masyarakat sekitar, baik sebagai sumber air, sarana transportasi, maupun penunjang aktivitas ekonomi. Namun demikian, kondisi tepian Sungai Majo saat ini menunjukkan indikasi ketidakstabilan lereng yang cukup signifikan. Hal ini terlihat dari adanya gejala longsoran, retakan tanah, serta erosi pada tebing sungai akibat pengaruh aliran air, curah hujan yang tinggi, karakteristik tanah setempat, serta beban di sekitar area lereng. Apabila kondisi ini dibiarkan tanpa penanganan, dikhawatirkan akan terjadi longsoran yang lebih besar sehingga dapat mengancam keselamatan masyarakat, merusak lahan produktif, serta mengganggu infrastruktur yang berada di sekitar bantaran sungai.

Dinding penahan tanah tipe gravitasi merupakan solusi structural yang banyak diterapkan untuk meningkatkan stabilitas lereng dan bahan jalan pada wilayah rawan longsor. Berbagai studi menunjukkan bahwa kinerja dinding penahan tanah tipe ini sangat dipengaruhi oleh analisis tekanan tanah lateral, karakteristik tanah dasar, serta evaluasi stabilitas terhadap gaya geser, guling, dan keruntuhan daya dukung. **Yusuf et al. (2024)** menunjukkan bahwa penerapan metode Rankine untuk tekanan tanah lateral dan Terzaghi untuk daya dukung

menghasilkan factor keamanan yang memenuhi persyaratan teknis pada ruas jalan rawan longsor. Hasil serupa dilaporkan oleh **Maulidah et al. (2023)**, yang menegaskan bahwa ketepatan penentuan parameter geoteknik, seperti berat volume tanah, sudut geser dalam, dan kohesi, berperan penting dalam mengurangi risiko longsor dan menjaga fungsi jaringan jalan.

Pendekatan analisis numerik semakin banyak digunakan untuk melengkapi perhitungan analitis. **Kanisius et al. (2025)** menunjukkan bahwa kombinasi analisis manual dan pemodelan numerik menggunakan *Plaxis 2D* memberikan hasil yang konsisten dalam evaluasi stabilitas dinding penahan tanah pada lereng sungai yang mengalami gerusan. Selain itu, **Aisah et al. (2025)** dan **Maitimu et al. (2025)** menyatakan bahwa dinding penahan tanah tipe gravitasi tetap menunjukkan kinerja yang andal pada kondisi pembebanan normal maupun ekstrem, dengan faktor keamanan berada pada kategori aman.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan ketidakstabilan lereng tersebut adalah dengan menerapkan konstruksi perkuatan lereng menggunakan dinding penahan tanah (*retaining wall*). Dinding penahan tanah tipe gravitasi (*gravity retaining wall*) dipilih karena memiliki konstruksi yang relatif sederhana, mengandalkan berat sendiri struktur untuk menahan gaya dorong tanah (*lateral earth pressure*), serta cocok diterapkan pada kondisi lereng dengan ketinggian sedang. Selain itu, dinding penahan tipe gravitasi umumnya lebih ekonomis dan mudah dalam pelaksanaan konstruksinya dibandingkan dengan tipe dinding penahan lainnya.

Dalam merencanakan konstruksi dinding penahan tanah, diperlukan analisis yang komprehensif terhadap parameter tanah, geometri lereng, serta kondisi pembebanan yang bekerja, sehingga dimensi dan bentuk dinding penahan yang direncanakan mampu memberikan tingkat keamanan yang memadai terhadap potensi kelongsoran.

PLAXIS merupakan salah satu perangkat lunak geoteknik berbasis metode elemen hingga yang banyak digunakan dalam analisis stabilitas lereng, deformasi tanah, serta interaksi tanah dengan struktur penahan. Dengan menggunakan *PLAXIS*, proses analisis dapat dilakukan secara lebih efisien dan hasil yang

diperoleh berupa nilai faktor keamanan, pola bidang longsor (*slip surface*), serta besarnya deformasi yang terjadi pada lereng sebelum dan sesudah pemasangan dinding penahan tanah.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bermaksud untuk menganalisis pengaruh penggunaan dinding penahan tanah tipe gravitasi terhadap peningkatan faktor keamanan lereng dengan bantuan *software PLAXIS*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **"Analisa Penggunaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi Dalam Meningkatkan Faktor Keamanan Lereng Menggunakan Bantuan *Software Plaxis***

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang diatas, maka diperoleh rumusan masalah yaitu:

1. Berapa nilai faktor Keamanan (FK) kondisi awal lereng?
2. Apakah dinding penahan tanah yang direncanakan memenuhi syarat stabilitas (geser, guling, daya dukung)?
3. Apakah terjadi peningkatan nilai Faktor Keamanan (FK) lereng setelah diberi perkuatan dinding penahan tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan maslah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui stabilitas dari sebuah lereng sehingga bisa diambil keputusan memerlukan perkuatan.
2. Mengetahui bagaimana menganalisis stabilitas terhadap guling, geser, dan daya dukung dari dinding penahan tanah yang akan dibuat.
3. Mengetahui stabilitas global lereng setelah diberi perkuatan dinding panahan tanah gravitasi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan - batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian stabilitas lereng pada area tepian Sungai Majo, Kecamatan Betung, Kabupaten Banyuasin.
2. Analisis yang dilakukan difokuskan pada penggunaan dinding penahan tanah tipe gravitasi sebagai solusi perkuatan lereng.
3. Perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan teori Rankine.
4. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan bantuan *software PLAXIS*.
5. Penelitian Tanah pada model diasumsikan homogen.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah wawasan dan referensi ilmiah mengenai analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah tipe gravitasi.
2. Menjadi bahan masukan dalam penerapan teori mekanika tanah pada kasus nyata di lapangan.
3. Memberikan gambaran perencanaan dinding penahan tanah tipe gravitasi yang dapat digunakan pada area lereng sungai rawan longsor.
4. Membantu pihak terkait, khususnya perencana dan engineer, dalam mengevaluasi kestabilan lereng secara lebih efektif.
5. Menjadi referensi tambahan dalam upaya merencanakan konstruksi yang aman, stabil, dan efisien pada lokasi dengan kondisi tanah serupa.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini disusun agar pembahasan dalam skripsi menjadi lebih terarah, sistematis, dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Secara umum, penulisan skripsi ini dibagi menjadi lima bab, yaitu dapat dideskripsikan sebagai berikut:

a. Bagian Pendahuluan Skripsi

Bagian ini berisi halaman judul, halaman persetujuan pembimbing, halaman persetujuan dewan penguji, halaman pernyataan bebas plagiat, abstrak, *abstract,* motto, persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftart tabel, daftar gambar

b. Bagian Isi Skripsi, berisi tentang :

BAB I Pendahuluan

Pada bab pendahuluan akan membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan secara keseluruhan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini memuat teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian, seperti teori tentang lereng, stabilitas lereng, dinding penahan tanah tipe gravitasi, tekanan tanah lateral, faktor keamanan, dan *software PLAXIS*. Uraian pada bab ini menjadi landasan ilmiah untuk mendukung analisis pada bab berikutnya.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi jenis penelitian, lokasi penelitian, data yang digunakan, tahapan penelitian, serta langkah-langkah analisis menggunakan *PLAXIS*. Bab ini juga memaparkan prosedur pengolahan data yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian.

BAB IV Analisa dan Pembahasan

Bab ini berisi hasil pengolahan data dan analisis stabilitas lereng kondisi awal, perencanaan dimensi dinding penahan tanah tipe gravitasi, serta analisis stabilitas lereng setelah pemasangan dinding penahan tanah. Pada bab ini juga dibahas hasil simulasi dan perbandingan nilai faktor keamanan sebelum dan sesudah perkuatan.

BAB V Penutup

Pada bab penutup berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan.

c. Bagian Akhir Skripsi

Bagian ini dilengkapi dengan daftar pustaka dan lampiran yang memuat data pendukung untuk memvalidasi hasil penelitian secara komprehensif.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lereng dan Stabilitas Lereng

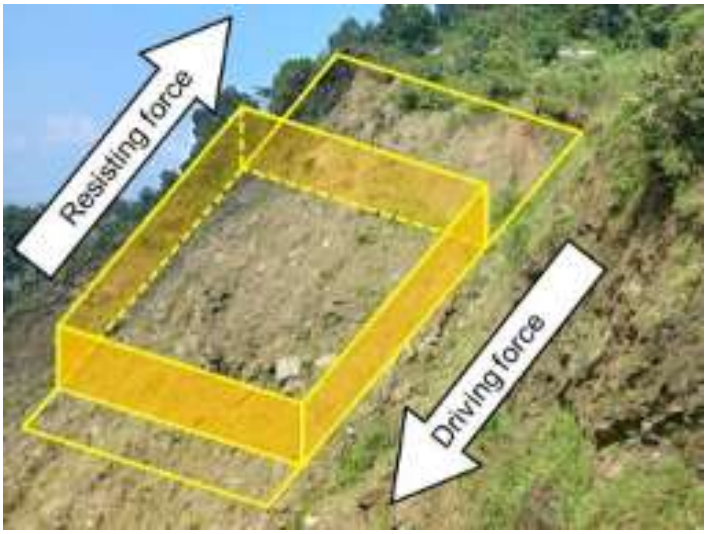
Stabilitas lereng adalah kondisi keseimbangan antara gaya yang menahan (*resisting force*) dan gaya yang mendorong/menggerakkan (*driving force*) suatu massa tanah pada lereng. Selama gaya penahan masih lebih besar dari gaya penggerak, lereng dikatakan stabil. Namun ketika gaya penggerak melebihi gaya penahan, akan terjadi pergerakan massa tanah yang dikenal sebagai longsor. Faktor keamanan (FK) digunakan untuk mengevaluasi kestabilan.

1. Gaya penggerak (*driving force*)

   berasal dari berat massa tanah itu sendiri, ditambah beban luar seperti bangunan, kendaraan, air, atau getaran gempa. Gaya ini cenderung menarik tanah untuk bergerak ke bawah mengikuti gravitasi. Gambar driving force dapat dilihat pada gambar 2.1

2. Gaya penahan (*resisting force*)

   berasal dari kekuatan geser tanah (*shear strength*), yang ditentukan oleh dua komponen utama tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ). Gaya ini yang membuat tanah "menempel" dan tidak mudah bergerak. Gambar resisting force dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 *Driving force* dan *resisting force.*
Sumber : Researchgate

3. Faktor Keamanan

Tingkat kestabilan lereng dinyatakan secara kuantitatif melalui faktor keamanan, yaitu perbandingan antara gaya/momen penahan dan gaya/momen penggerak:

$$FK = \frac{Gaya\ Penahan}{Gaya\ Penggerak} \quad \text{(2.1)}$$

2.1.1 Definisi Lereng

Lereng merupakan suatu permukaan tanah atau batuan yang membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal. Menurut **Hardiyatmo (2006)**, lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang mendatar. Lereng apat terbentuk secara alami melalui proses geologi maupun dibuat oleh manusia dalam rangka keperluan teknik sipil, seperti pada konstruksi jalan raya, bendungan, dan pertambangan.

Bowles (1984) mendefinisikan lereng sebagai massa tanah atau batuan yang memiliki permukaan bebas yang tidak horizontal. Permukaan bebas ini dikenal sebagai permukaan lereng, yang dapat membentuk sudut tertentu baik terhadap bidang horizontal maupun vertikal, tergantung pada jenis material penyusunnya dan kondisi lingkungan sekitar.

Das (2010) juga mengemukakan bahwa lereng merupakan suatu bidang miring yang menghubungkan dua permukaan tanah yang berbeda elevasinya. Dalam konteks geoteknik, lereng sering dikaitkan dengan potensi terjadinya pergerakan massa tanah yang disebut sebagai longsoran (*landslide*) atau keruntuhan lereng (*slope failure*). Gambar Longsoran dan Keruntuhan lereng pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Longsoran dan keruntuhan lereng
Sumber : Rahmawati, 2009

dibuat oleh manusia dalam rangka keperluan teknik sipil, seperti pada konstruksi jalan raya, bendungan, dan pertambangan.

Bowles (1984) mendefinisikan lereng sebagai massa tanah atau batuan yang memiliki permukaan bebas yang tidak horizontal. Permukaan bebas ini dikenal sebagai permukaan lereng, yang dapat membentuk sudut tertentu baik terhadap bidang horizontal maupun vertikal, tergantung pada jenis material penyusunnya dan kondisi lingkungan sekitar.

Das (2010) juga mengemukakan bahwa lereng merupakan suatu bidang miring yang menghubungkan dua permukaan tanah yang berbeda elevasinya. Dalam konteks geoteknik, lereng sering dikaitkan dengan potensi terjadinya pergerakan massa tanah yang disebut sebagai longsoran (*landslide*) atau keruntuhan lereng (*slope failure*).

2.1.2 Klarifikasi Lereng

Berdasarkan proses pembentukannya, lereng dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu lereng alam (*natural slope*) dan lereng buatan (*man-made slope)*. Menurut **Varnes (1978)**, lereng alam terbentuk akibat proses geomorfologi seperti erosi, sedimentasi, tektonik, dan pelapukan batuan dalam jangka waktu yang sangat panjang. Lereng jenis ini umumnya dijumpai di daerah pegunungan, perbukitan, lembah sungai, dan tebing pantai.

Sementara itu, lereng buatan merupakan lereng yang sengaja dibentuk oleh aktivitas manusia dalam rangka memenuhi kebutuhan infrastruktur. Menurut **Abramson et al. (2002)**, lereng buatan meliputi timbunan (*embankment*), galian (*cut slope*), tanggul (*levee*), dan bendungan urugan (*earth dam*). Perbedaan mendasar antara lereng alam dan lereng buatan terletak pada tingkat kendali yang dapat dilakukan selama proses pembentukan dan pemantauan kondisi lereng.

Berdasarkan material penyusunnya, lereng dibedakan menjadi lereng tanah (*soil slope*) dan lereng batuan (*rock slope*). Lereng tanah tersusun dari material tanah lepas yang lebih rentan mengalami pergerakan, sementara lereng batuan tersusun dari massa batuan padat dengan mekanisme keruntuhan yang berbeda, seperti keruntuhan planar, baji (*wedge*), dan gulingan (*toppling*) **(Hoek dan Bray, 1981).**

2.1.3 komponen Geometri Lereng

Geometri lereng merupakan aspek mendasar yang perlu dipahami dalam analisis kestabilan lereng. Menurut **Hardiyatmo (2006)**, komponen geometri lereng terdiri atas beberapa unsur utama, yaitu: (1) tinggi lereng (H), yaitu jarak vertikal antara kaki lereng (*toe*) dan puncak lereng (*crest*); (2) sudut kemiringan lereng (β), yaitu sudut yang dibentuk antara permukaan lereng dengan bidang horizontal; serta (3) kaki lereng (*toe*) dan puncak lereng (*crest*) sebagai batas bawah dan atas dari massa lereng

Craig (2004) menambahkan bahwa dalam analisis lereng dikenal juga istilah lereng tak terhingga *(infinite slope*) dan lereng terhingga (*finite slope*). Lereng tak terhingga merupakan lereng dengan panjang yang jauh lebih besar dibandingkan kedalaman bidang longsor, sehingga kondisi tegangan di setiap titik dianggap seragam. Sebaliknya, lereng terhingga memiliki dimensi terbatas sehingga geometri dan kondisi batas harus diperhitungkan secara lebih detail.

2.2 Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng merupakan kemampuan suatu massa tanah atau batuan untuk mempertahankan posisinya terhadap pengaruh gaya-gaya yang bekerja padanya tanpa mengalami keruntuhan. Menurut **Hardiyatmo (2006)**, stabilitas lereng adalah kondisi keseimbangan antara gaya penggerak (*driving force*) yang cenderung menyebabkan pergerakan massa lereng dan gaya penahan (*resisting force*) yang menahan terjadinya pergerakan tersebut.

Das (2010) mendefinisikan stabilitas lereng sebagai kemampuan suatu lereng untuk bertahan dari keruntuhan geser di sepanjang bidang longsor potensial. Keruntuhan lereng terjadi apabila tegangan geser yang bekerja pada bidang longsor melampaui kuat geser tanah atau batuan di sepanjang bidang tersebut. Oleh karena itu, analisis stabilitas lereng pada dasarnya merupakan analisis perbandingan antara kuat geser tanah dengan tegangan geser yang bekerja.

Abramson et al. (2002) menyatakan bahwa stabilitas lereng dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain geometri lereng, sifat fisik dan mekanik material

penyusun lereng, kondisi air tanah, serta beban-beban tambahan yang bekerja pada lereng. Interaksi antara faktor-faktor tersebut menentukan tingkat keamanan suatu lereng terhadap potensi keruntuhan.

2.2.1 Faktor Keamanan

Dalam analisis stabilitas lereng, tingkat keamanan suatu lereng dinyatakan dengan parameter faktor keamanan (FK). Menurut **Craig (2004)**, faktor keamanan didefinisikan sebagai perbandingan antara kuat geser rata-rata yang tersedia di sepanjang bidang longsor dengan tegangan geser rata-rata yang dibutuhkan untuk mempertahankan keseimbangan.

Secara matematis, faktor keamanan dirumuskan sebagai berikut:

$$FK = \tau f / \tau d \quad \text{.....(2.2)}$$

di mana τf adalah kuat geser tanah dan τd adalah tegangan geser yang bekerja. Berdasarkan kriteria yang dikemukakan oleh **Bowles (1984)**, lereng dinyatakan dalam kondisi stabil apabila nilai $FK \geq 1{,}5$ untuk lereng permanen, dan $FK \geq 1{,}25$ untuk lereng sementara. Apabila $FK = 1{,}0$, lereng berada dalam kondisi kritis (*limit equilibrium*), sedangkan $FK < 1{,}0$ menunjukkan bahwa lereng telah mengalami keruntuhan.

Hardiyatmo (2006) menambahkan bahwa nilai faktor keamanan yang disyaratkan dapat bervariasi tergantung pada tingkat konsekuensi keruntuhan, keandalan data yang digunakan, dan metode analisis yang diterapkan. Untuk lereng dengan konsekuensi keruntuhan yang besar, seperti lereng yang berada di atas permukiman atau infrastruktur penting, nilai FK yang lebih tinggi umumnya dipersyaratkan.

2.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berinteraksi. Menurut **Varnes (1978)**, faktor-faktor tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal meliputi jenis dan sifat material penyusun lereng, struktur geologi, dan kondisi hidrogeologi, sedangkan faktor eksternal meliputi curah hujan, gempa bumi, erosi, dan aktivitas manusia.

Curah hujan merupakan salah satu faktor eksternal yang paling berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Menurut **Fredlund dan Rahardjo (1993)**, infiltrasi air hujan ke dalam lereng dapat meningkatkan tekanan air pori (*pore water pressure*) dan menurunkan tegangan efektif tanah, yang pada akhirnya akan mengurangi kuat geser tanah. Kondisi ini menjadi penyebab utama terjadinya longsor pada musim hujan, khususnya di daerah tropis seperti Indonesia.

Sifat fisik dan mekanik tanah, terutama kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ), merupakan parameter utama yang menentukan kuat geser tanah. Berdasarkan kriteria kegagalan *Mohr-Coulomb*, kuat geser tanah (τf) dinyatakan sebagai fungsi dari tegangan normal efektif (σ'), kohesi (c'), dan sudut geser dalam efektif (φ') sebagai berikut:

$$\tau f = c' + \sigma' \tan \varphi' \quad \text{.....(2.3)}$$

Persamaan ini, yang dikenal sebagai persamaan *Mohr-Coulomb*, menjadi dasar dari hampir seluruh metode analisis stabilitas lereng yang digunakan dalam praktik geoteknik **(Das, 2010)**.

2.2.3 Metode Analisis Stabilitas Lereng

Berbagai metode analisis telah dikembangkan untuk mengevaluasi stabilitas lereng. Secara umum, metode-metode tersebut dapat dikelompokkan menjadi metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium method*), metode elemen hingga (*finite element method*), dan metode probabilistik.

Metode kesetimbangan batas merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam praktik karena kemudahan penerapannya. Metode ini mengasumsikan bahwa keruntuhan lereng terjadi secara bersamaan di sepanjang bidang longsor yang berbentuk tertentu, dan kondisi kesetimbangan ditinjau terhadap seluruh massa tanah di atas bidang longsor tersebut. Beberapa metode kesetimbangan batas yang populer di antaranya adalah Metode Fellenius (1936), Metode Bishop yang Disederhanakan (1955), Metode Janbu (1954), dan Metode Morgenstern-Price (1965) (**Abramson et al., 2002**).

Metode elemen hingga (FEM) memberikan pendekatan yang lebih komprehensif karena mampu memodelkan perilaku tegangan-regangan tanah secara lebih realistis. Menurut **Griffiths dan Lane (1999)**, metode ini memungkinkan analisis deformasi lereng sebelum dan sesudah keruntuhan, sehingga memberikan informasi yang lebih lengkap dibandingkan metode kesetimbangan batas. Namun, penerapan metode ini membutuhkan data parameter tanah yang lebih lengkap dan keahlian pemodelan yang lebih tinggi.

2.2.4 Angka keamanan Lereng

Angka keamanan atau faktor keamanan (*FK*) merupakan perbandingan antara gaya atau momen penahan (*resisting force/moment*) dengan gaya atau momen penggerak (*driving force/moment*) pada bidang gelincir, yang dirumuskan sebagai berikut:

FK = Gaya Penahan / Gaya Penggerak.....(2.4)

Suatu lereng dinyatakan dalam kondisi stabil apabila nilai FK lebih besar dari 1. Berdasarkan berbagai pedoman geoteknik, kriteria angka keamanan lereng dapat diklasifikasikan sebagaimana disajikan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Klasifikasi Angka Keamanan Lereng

Nilai SF	Kondisi Lereng
SF < 1,07	Lereng labil, sering terjadi longsoran
1,07 ≤ SF < 1,25	Lereng kritis, pernah terjadi longsoran
1,25 ≤ SF < 1,50	Lereng relatif stabil, jarang terjadi longsoran
SF ≥ 1,50	Lereng stabil

(Sumber: **Hardiyatmo, 2012**, dengan penyesuaian)

Dalam praktik perencanaan geoteknik, umumnya digunakan nilai FK minimum sebesar 1,25 hingga 1,50 untuk lereng permanen agar diperoleh tingkat keamanan yang memadai terhadap beban-beban yang bekerja, termasuk beban gempa dan kondisi muka air yang bervariasi.

Dalam merancang dinding penahan tanah diperlukan pengetahuan mengenai tekanan tanah lateral. Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah sangat bergantung pada regangan lateral tanah relatif terhadap dinding. Dalam beberapa hal, hitungan tekanan tanah lateral ini didasarkan pada kondisi regangannya. Jika analisis tidak sesuai dengan apa yang sebenamya terjadi, maka dapat mengakibatkan kesalahan perancangan. Untuk itu, pengertian tentang hubungan regangan lateral dengan tekanan tanah pada dinding sangat dibutuhkan.

2.3.1 Tekanan Tanah Saat Diam, Aktif, Pasif

Ditinjau suatu dinding penahan tanah dengan permukaan tanah mendatar, mula-mula dinding dan tanah urug di belakangnya pada kondisi diam, sehingga tanah pada kedudukan ini masih dalam kondisi elastis. Pada posisi ini tekanan tanah pada dinding akan berupa tekanan tanah saat diam (*earth pressure at rest*) dan tekanan tanah lateral (horisontal) pada dinding, pada kedalaman tertentu (z), dinyatakan oleh persamaan 2.4.

$$\sigma_h = K_o \sigma_v = K_o z \gamma \qquad (2.5)$$

dengan,

K_O = koefisien tekanan tanah saat diam

γ = berat volume tanah (kN/m^3).

Kedudukan tegangan di dalam tanah yang dinyatakan oleh lingkaran Mohr saat tanah pada kondisi diam (disebut juga pada kondisi Ka) ini diwakili oleh lingkaran A. Perhatikan bahwa pada kedudukan Ko lingkaran A tidak menyinggung garis kegagalan OP

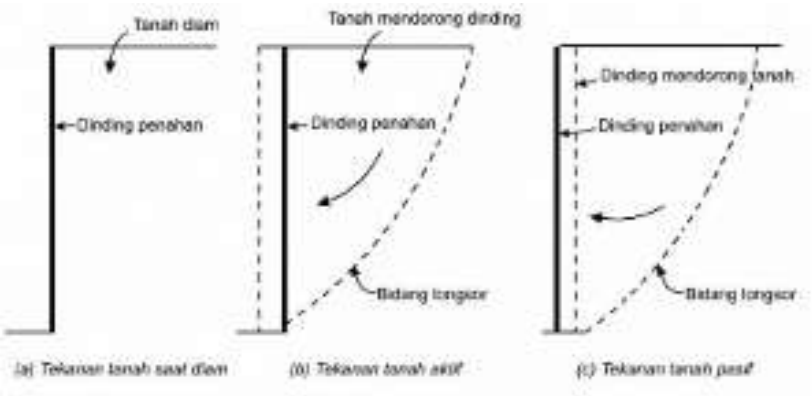
Jika kemudian dinding penahan tanah bergeser menjauhi tanah timbunannya dan jika gerakan ini diikuti oleh gerakan tanah di belakang dinding, maka tekanan tanah lateral pada dinding akan berangsur-angsur berkurang yang diikuti dengan berkembangnya tahanan geser tanah secara penuh. Pada suatu saat, gerakan dinding selanjutnya mengakibatkan terjadinya keruntuhan geser tanah dan tekanan tanah pada dinding menjadi konstan pada tekanan minimumnya. Tekanan

tanah lateral minimum, yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah oleh akibat gerakan dinding menjauhi tanah di belakangnya disebut tekanan tanah aktif (*active earth pressure*).

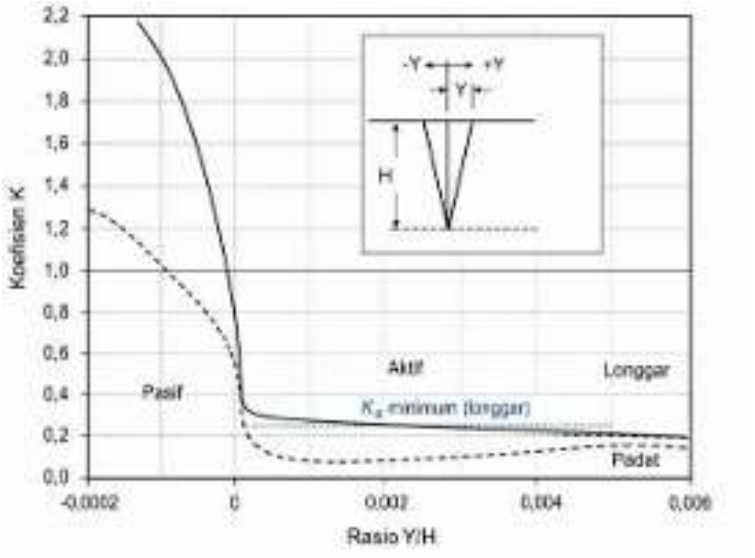
Kedudukan tegangan saat tanah pada kedudukan keseimbangan limit aktif terjadi diwakili oleh lingkaran B yang menyinggung garis kegagalan OP. Jika tegangan vertikal (σ_v) di titik ter-tentu di dalam tanah dinyatakan oleh cr, = y z, maka tekanan tanah lateral pada saat tanah runtuh adalah:

$$\sigma_h = k_a \sigma_v = k_a \, \gamma \, z \qquad (2.6)$$

Tekanan tanah dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tekanan tanah



Gambar 2.4 Tekanan tanah lateral
Sumber : Hardiyatmo, 2003

Dari memperhatikan lingkaran Mohr pada Gambar 2.4, dapat ditentukan bahwa:

$$K_a = \frac{\sigma_{h(aktif)}}{\sigma_v} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{(1 - \sin\varphi)}{(1 + \sin\varphi)} = \tan^2 \frac{(45° - \varphi}{2} \qquad (2.7)$$

Pada kondisi keseimbangan limit aktif ini tegangan utama minor 03 = 0h dan iegangan utama mayor $\sigma_1 = \sigma_v 0$.

Sebaliknya, jika regangan lateral yang terjadi pada kondisi tekan, yaitu bila tanah tertekan sebagai akibat dinding penahan mendorong tanah (Gambar 9.2c), maka gaya yang dibutuhkan untuk menyebabkan kontraksi tanah secm·a lateral sangat lebih besar daripada besarnya tekanan tanah menekan ke dinding. Besarnya gaya ini bertambah dengan bertambahnya regangan dalam tanah seiring dengan bergeraknya dinding, hingga sampai suatu regangan tertentu, tanah mengalami kenmtuhan geser akibat desakan dinding penahan, saat mana gaya lateral tanah mencapai nilai yang konstan yaitu pada nilai maksimumnya. Tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan kemntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah umg, disebut tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*).

Kedudukan tegangan-tegangan saat tanah pada kedudukan limit pasif tercapai diwakili oleh lingkaran C yang menyinggung garis kegagalan OP. Jika tegangan vcrtikal (σ_v) titik tertentu di dalam tanah dinyatakan oleh $\sigma_v = \gamma . z$, maka tekanan tanah lateral pada saat tanah pada kondisi runtuh:

$$\sigma_h = k_p \sigma_v = k_p \, z \, \gamma \qquad (2.8)$$

Dari memperhaiikan lingkaran Mohr pada, dapat ditentukan bahwa:

$$K_p = \frac{\sigma_{h(pasif)}}{\sigma_v} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{(1 + \sin\varphi)}{(1 - \sin\varphi)} = \tan^2 \frac{(45° - \varphi}{2} \qquad (2.9)$$

Perhatikan bahwa pada kondisi pasif, tegangan uiama minor $\sigma_3 = \sigma_{v\,(pasif)}$ dan tegangan utama mayor $\sigma_1 = \sigma_{h\,(pasif)}$

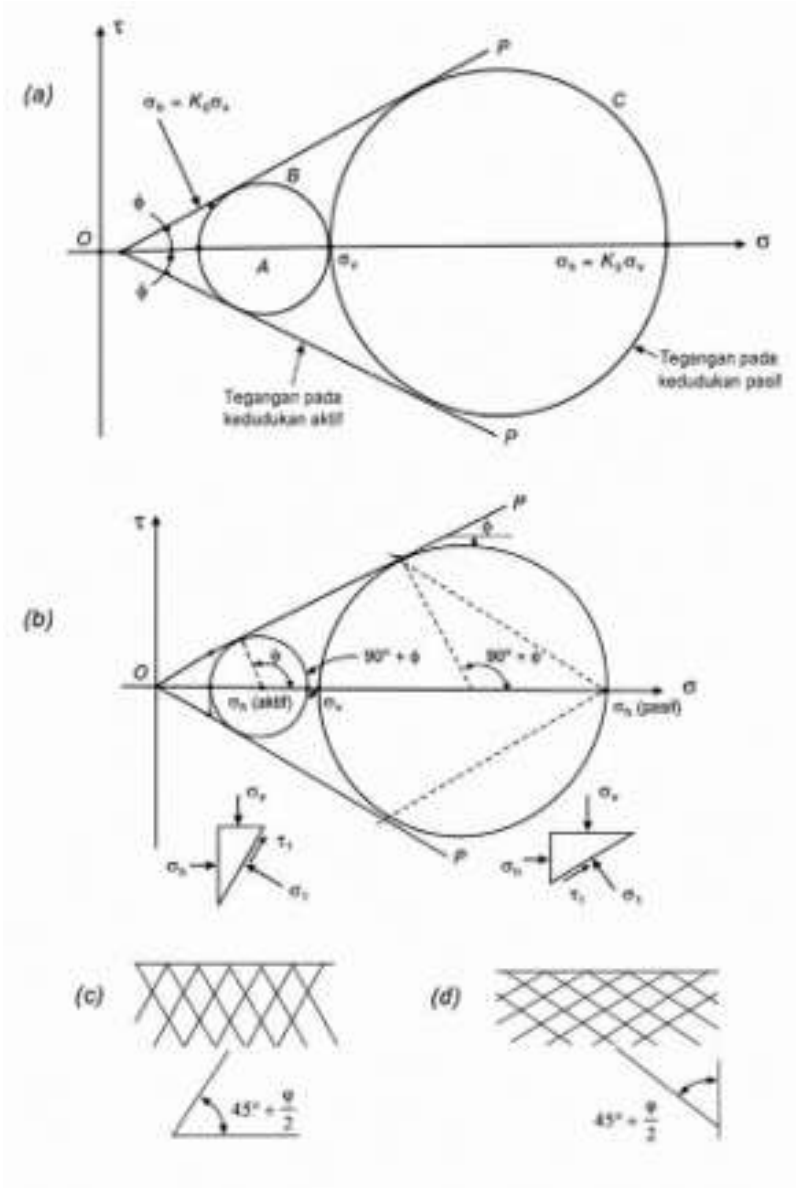
Dari Persamaan-persamaan (2.7) dan (2.9) untuk kondisi pennukaan tanah horisontal seperti pada Gambar 2.3 dapat diperoleh hubungan:

$$K_p = \frac{1}{k_a} \qquad (2.10)$$

Dimana:

K_a = Koefisien tekanan tanah lateral aktif

K_p = Koefisien tekanan tanah lateral pasif



Gambar 2.5 Tekanan tanah lateral dan lingkaran Mohr yang mewakili kedudukan tegangan di dalam tanah.

(a) Tegangan-tegangan pada kedudukan Rankine

(b) Orientasi garis-garis keruntuhan teori Rankine pada:

(i) Kedudukan aktif.

(ii) Kedudukan pasif.

2.3.2 Pengaruh Regangan Lateral

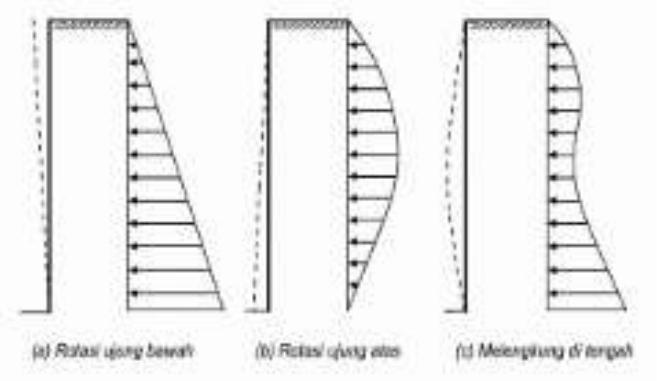
Seperti yang telah dipelajari, tekanan tanah lateral pada dinding bergantung pada regangan yang terjadi pada tanah atau gerakan dinding relatif terhadap tanah urug di belakangnya. Gambar 2.5 d memperlihatkan hubungan antara regangan lateral ! gerakan dinding dan koefisien tekanan tanah lateral (K) pada tanah pasir basil penelitian Terzaghi (1 948). Dalam gambar tersebut, $k = \frac{\sigma_h}{\gamma}.z$ (γ = berat volume tanah, z = kedalaman dan σ_h = tekanan tanah lateral pada ke- dalaman z). Terlihat bahwa regangan lateral (gerakan dinding pena- han) yang dibutuhkan untuk mencapai kedudukan tekanan tanah aktif lebih kecil dibandingkan dengan gerakan dinding penahan yang dibu- tuhkan untuk mencapai kedudukan tekanan tanah pasif. Perhatikan pula bahwa koefisien tekanan tanah aktif (K_a) lebih besar untuk tanah pasir longgar daripada tanah pasir padat, sedang untuk koefisien tekanan tanah pasif (K_p) kebalikannya.

Tabel 2 . 2 Macam tanah dan translasi saat tanah dalam kondisi aktif

Macam tanah	Translasi yang dibutuhkan (H = tinggi dinding penahan)
Tanah tak kohesif, padat	0,00 1 sampai 0,002H
Tanah tak kohesif, tak padat	0,002 sampai 0,004H
Tanah kohesif, kaku	0,0 1 sampai 0,02H
Tanah kohesif, lunak	0,02 sampai 0,05H

Sumber: Bowles,1977

Hasil penelitian Lambe dan Whitman (1969) pada tanah pasir yang diuj i pada alat triaxial menunjukkan bahwa tanah akan mencapai kedudukan aktif pada regangan kira-kira 0,5%, sedang untuk kedudukan pasif kira-kira 2%. Bila gerakan dinding penahan berupa translasi, nilai-nilai tipikal mulai bekerjanya tekanan tanah aktif ditunjukkan dalam Tabel 2.2 (Bowles, 1977). Diagram tekanan tanah aktif yang berbentuk segitiga hanya akan terjadi hila keruntuhan tanah diakibatkan oleh menggulingnya (rotasi terhadap kaki) dinding penahan sehingga regangan di dalam tanah sama atau lebih besar dari regangan minimumnya (Gambar 2.5) Untuk struktur penahan tanah yang melengkung akibat tekanan tanah, atau bergerak menurut model yang lain, distribusi tekanan tanahnya akan berbeda, seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.5 b dan 2.5 c



Gambar 2.6 Distribusi tekanan tanah aktifpada dinding penahan menurut tipe gerakan dinding.

Sumber: Hardiyatmo, 2003

Jika bagian atas struktur penahan tanah dicegah bergerak, dan di bagian bawahnya bebas, maka tekanan tanah lateral yang terjadi akan mendekati tekanan tanah saat diam pada bagian atasnya, dan berkurang sampai mendekati nol pada bagian bawahnya (Gambar 2.4 b). Dalam praktek, hal ini terjadi pada dinding penahan pada galian tanah yang terbuka. Tipe gerakan dinding yang berupa lengkung, diperlihatkan dalam Gambar 2.4c. Disini, dinding penahan tanah berupa turap flek- sibel yang diangker pada ujung atas dan di pancang pada bagian bawahnya. Tekanan tanah lateral yang terjadi mengecil pada bagian tengah-tengah dinding akibat defleksi lateral dinding turap yang fleksibel. Nilai-nilai Ka yang diperoleh dari pengamatan beberapa peneliti, disimpulkan oleh Teng (1 962) sebagai berikut:

Ko = 0,35 - 0,6 untuk pasir dan kerikil

= 0,45 - 0,75 untuk lempung dan lanau

= untuk lempung terkonsondasi berlebihan (overconsolidated)

Ko untuk berbagai jenis tanah tanah seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.3

Jenis tanah	Ko
Pasir tak padat	0,4
Pasir padat	0,6
Pasir dipadatkan per lapis	0,8
Lempung lunak	0,6
Lempung keras	0,5

Sumber:Hardiyatmo, 2003

Nilai-nilai kisaran koefisien tekanan tanah diam, aktif dan pasif untuk tanah kohesif dan tanah tak kohesif pada umumnya, ditunjukkan dalam Tabel 2.4

Koefisien K	Tanah granuler	Tanah kohesif
KP	3 - 14	1 - 2
Ko	0,4 - 0,6	0,4 - 0,8
Ka	0,33 - 0,22	1- 0,5

Sumber: Bowles,1977

2.3.3 Teori Rankine

Teori Rankine (1857) dalam analisis tekanan tanah lateral dilakukan dengan asumsi-asumsi scbagai berikut:

1. Tanah dalam kedudukan keseimbangan plastis, yaitu sembarang elemen tanah dalam kondisi tepat akan runtuh.
2. Tanah urug tidak berkohesi (c = 0).
3. Gesekan antara dinding dan tanah urug diabaikan atau permukaan dinding dianggap licin sempuma (8 = 0).

2.3.3.1 Tekanan Tanah Lateral pada Tanah Tak Kohesif

1. Permukaan tanah urug horizontal

Tanah tak kohesif atau tanah granuler adalah tanah-tanah yang tidak mempunyai kohesi (c = 0) seperti pasir, kerikil. Bila permukaan tanah urug horizontal (Gambar 9.5a), tekanan tanah aktif (pa) pada sembarang kedalaman z dari permukaan tanah urug atau puncak dinding penahan dinyatakan oleh persamaan:

$$P_a = k_a z \gamma \qquad (2.11)$$

Dengan,

Tekanan tanah aktif total (Pa) untuk dinding penahan tanah setinggi H dinyatakan oleh persamaan:

$$K_a = \frac{(1 - \sin\varphi)}{(1 + \sin\varphi)} = \tan^2 \frac{(45° - \varphi}{2} \qquad (2.12)$$

dengan titik tangkap gaya pada H/3 dari dasar dinding penahan.

Keterangan:

Pa = Tekanan tanah aktif (kN/m)

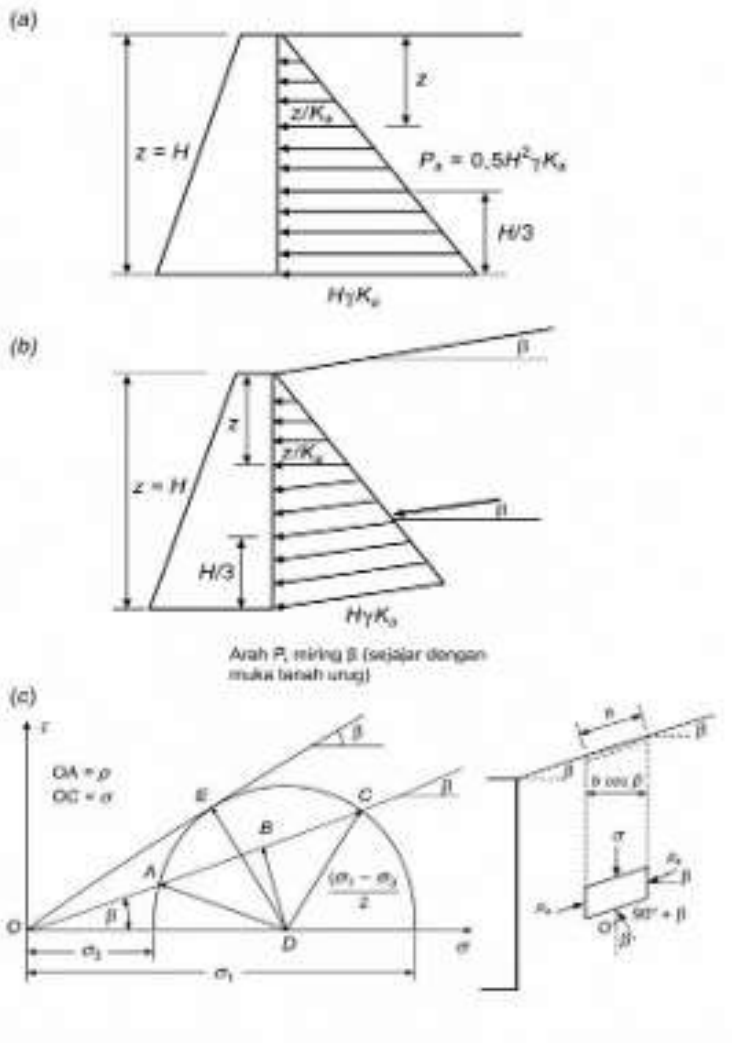
Ka = Koefisien tekanan tanah lateral aktif

γ = Berat volume tanah (kN/m^3)

H = Kedalam tanah (m)

2. Permukaan tanah urug miring

Ditinjau untuk kasus tanah urug tidak berkohesi (c = 0) yang permukaannya miring di belakang dinding penahan tanah, dengan permukaan dinding belakang licin. Tegangan lateral bekerja pada bidang vertikal dari elemen tanah (bidang yang elemen tanah (bidang yang paralel dengan bagian permukaan dinding belakang) paralel dengan bagian permukaan dinding belakang) akan sejajar dengan permukaan tanah urug.



Gambar 2.7 Diagram tekanan tanah aktif Rankine.

(a) Diagram tekanan untuk permukaan tanah urug horisontal.

(b) Diagram tekanan untuk permukaan tanah urug miring.

(c) Lingkaran Mohr untuk permukaan tanah urug miring.

Jadi pada bidang-bidang ini, kecuali bekerja tegangan normal juga tegangan geser. Dengan demikian, kedua bidang ini bukan lagi bidang-bidang utama seperti pada kasus permukaan tanah urug horisontal. Tekanan tanah pada dinding dengan permukaan tanah urug miring dapat ditentukan dengan pertolongan lingkaran Mohr atau dengan memperhatikan keseimbangan tanah yang akan longsor. Berikut ini hanya akan diperlihatkan cara menentukan tekanan pada dinding dengan lingkaran Mohr. Ditinjau suatu elemen tanah di belakang dinding penahan tanah dengan bagian dinding belakang vertikal, licin dan permukaan tanah urug miring sebesar p. Lingkaran Mohr saat elemen tanah pada kedudukan aktif diperlihatkan dalam Gambar 9.5c. Tegangan vertikal (cr) ditunjukkan oleh jarak OC, sedang tegangan lateral (p) yang bekerja pada bidang miring dinyatakan oleh jarak OA . Tegangan cr dan p merupakan tegangan-tegangan conjugate dengan arah cr vertical dan p sejajar dengan permukaan tanah miring. Tegangan-tegangan cr dan p ini merupakan resultan tegangan pada masing-masing bidang di elemen tanah yang ditinjau (keduanya bukan tegangan-tegangan utama). Bila cr1 dan cr3 berturut-turut adalah tegangan utama mayor dan tegangan utama minor pada elemen tanah, untuk tanah tak berkohesi dapat diperoleh:

$$\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{(\sigma_1 + \sigma_3)} = \sin\varphi \qquad (2.13)$$

Karena sudut yang dibentuk antara cr dan p adalah p (lihat Gambar 9.5c sebelah kanan), maka garis dari titik 0 bersudut p terhadap absis akan memotong lingkaran Mohr pada titik-titik A dan C. Garis OA menyatakan resultan tegangan p dan garis OC menyata- kan resultan tegangan cr. Gambar 9.5c memperlihatkan OA = p dan OC = cr, sedang cr1 dan cr3 merupakan titik-titik potong lingkaran Mohr dengan sumbu-x. Bila digambarkan DB tegak lurus A C, maka

$$OB = OD\cos\beta = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2\cos\beta}$$

$$BD = OD\sin\beta = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2\sin\beta}$$

$$AB = BC = \sqrt{((AD)^2 - (BD)^2)} = \sqrt{(((\sigma_1-\sigma_3)/2)^2 - ((\sigma_1+\sigma_3)/2)^2 \sin^2\beta)}$$

$$AB = BC = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2\sqrt{(\sin^2\varphi - \sin^2\beta)}}$$

Karena $(\sigma_1 - \sigma_3) = (\sigma_1 + \sigma_3)\sin\varphi$ dari Persamaan (9.10), dapat diperoleh:

$$AB = BC = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2}\sqrt{sin^2\varphi + sin^2\beta} \qquad (2.14)$$

Tegangan $\sigma = OB + BC$

$$= \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} cos\beta + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\sqrt{sin^2\varphi + sin^2\beta} \qquad (2.15)$$

Tegangan ρ=OB-AB

$$K = \frac{p}{\sigma} = \frac{\cos\beta - \sqrt{Sin^2\varphi - \sin^2\beta}}{\cos\beta + \sqrt{\sin^2\varphi - sin^2\beta}} \qquad (2.16)$$

$$\text{atau} \quad K = \frac{p}{\sigma} = \frac{\cos\beta - \sqrt{cos^2\varphi - \cos^2\beta}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\varphi - cos^2\beta}}$$

Rasio K adalah rasio *conjugate* atau rasio tekanan tanah lateral Rankine. Untuk kasus ini,

$$\sigma = \gamma\, z\cos\beta$$

p = tekanan tanah lateral = p_a

Substitusi ke Persamaan (2.21), diperoleh:

$$\gamma\, z\cos\beta\frac{\cos\beta - \sqrt{cos^2\varphi - \cos^2\beta}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\varphi - cos^2\beta}} \qquad (2.17)$$

Atau

$$p_a = K_a\, \gamma\, z \qquad (2.18)$$

Dalam persamaan tersebut,

$$K_a=\cos\beta.\frac{\cos\beta-\sqrt{\cos^2\beta-\cos^2\varphi}}{\cos\beta+\sqrt{\cos^2\beta-\cos^2\varphi}} \quad (2.19)$$

Dengan

□ = sudut kemiringan pem1Ukaan tanah urug terhadap horisontal

φ = sudut gesek dalam tanah

Tekanan tanah aktif total (Pa) untuk dinding penahan tanah setinggi H dinyatakan oleh persamaan:

$$P_a = 0.5\ H^2\ \gamma\ K_a \quad (2.20)$$

Dengan arah garis kerja tekanan yang sejajar permukaan tanah urug dan bekerja pada ketinggian H/3 dari dasar dinding penahan. Tekanan tanah pasif untuk permukaan tanah miring ditentukan dengan cara yang sama. Pada kedudukan pasif, tekanan tanah pasif (pp) pada kedalaman z dari puncak dinding penahan dinyatakan oleh:

$$P_p = K_p\ z\ \gamma \quad (2.21)$$

Tekanan tanah pasif total (Pp) untuk dinding penahan setinggi H, dinyatakan oleh persamaan:

$$P_p = 0.5\ H^2\ \gamma\ K_p \quad (2.22)$$

Dengan

$$K_p=\cos\beta.\frac{\cos\beta+\sqrt{\cos^2\beta-\cos^2\varphi}}{\cos\beta-\sqrt{\cos^2\beta-\cos^2\varphi}} \quad (2.23)$$

Titik tangkap gaya tekanan tanah pasif terletak pada H/3 dari dasar dinding penahan dan arahnya sejajar dengan permukaan tanah urug. Koefisien tekanan tanah lateral aktif dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Koefisien Tekanan Tanah Lateral (ka)

α (deg)	ϕ' (deg) →												
	28	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**
0	0.3610	0.3470	0.3333	0.3201	0.3073	0.2948	0.2827	0.2710	0.2596	0.2486	0.2379	0.2275	0.2174
1	0.3612	0.3471	0.3335	0.3202	0.3074	0.2949	0.2828	0.2711	0.2597	0.2487	0.2380	0.2276	0.2175
2	0.3618	0.3476	0.3339	0.3207	0.3078	0.2953	0.2832	0.2714	0.2600	0.2489	0.2382	0.2278	0.2177
3	0.3627	0.3485	0.3347	0.3214	0.3084	0.2959	0.2837	0.2719	0.2605	0.2494	0.2386	0.2282	0.2181
4	0.3639	0.3496	0.3358	0.3224	0.3094	0.2967	0.2845	0.2726	0.2611	0.2500	0.2392	0.2287	0.2186
5	0.3656	0.3512	0.3372	0.3237	0.3105	0.2978	0.2855	0.2736	0.2620	0.2508	0.2399	0.2294	0.2192
6	0.3676	0.3531	0.3389	0.3253	0.3120	0.2992	0.2868	0.2747	0.2631	0.2518	0.2409	0.2303	0.2200
7	0.3701	0.3553	0.3410	0.3272	0.3138	0.3008	0.2883	0.2761	0.2644	0.2530	0.2420	0.2313	0.2209
8	0.3730	0.3580	0.3435	0.3294	0.3159	0.3027	0.2900	0.2778	0.2659	0.2544	0.2432	0.2325	0.2220
9	0.3764	0.3611	0.3463	0.3320	0.3182	0.3049	0.2921	0.2796	0.2676	0.2560	0.2447	0.2338	0.2233
10	0.3802	0.3646	0.3495	0.3350	0.3210	0.3074	0.2944	0.2818	0.2696	0.2578	0.2464	0.2354	0.2247
11	0.3846	0.3686	0.3532	0.3383	0.3241	0.3103	0.2970	0.2841	0.2718	0.2598	0.2482	0.2371	0.2263
12	0.3896	0.3731	0.3573	0.3421	0.3275	0.3134	0.2999	0.2868	0.2742	0.2621	0.2503	0.2390	0.2281
13	0.3952	0.3782	0.3620	0.3464	0.3314	0.3170	0.3031	0.2898	0.2770	0.2646	0.2527	0.2412	0.2301
14	0.4015	0.3839	0.3671	0.3511	0.3357	0.3209	0.3068	0.2931	0.2800	0.2674	0.2552	0.2435	0.2322

15	0.4086	0.3903	0.3729	0.3564	0.3405	0.3253	0.3108	0.2968	0.2834	0.2705	0.2581	0.2461	0.2346
16	0.4165	0.3975	0.3794	0.3622	0.3458	0.3302	0.3152	0.3008	0.2871	0.2739	0.2612	0.2490	0.2373
17	0.4255	0.4056	0.3867	0.3688	0.3518	0.3356	0.3201	0.3053	0.2911	0.2776	0.2646	0.2521	0.2401
18	0.4357	0.4146	0.3948	0.3761	0.3584	0.3415	0.3255	0.3102	0.2956	0.2817	0.2683	0.2555	0.2433
19	0.4473	0.4249	0.4039	0.3842	0.3657	0.3481	0.3315	0.3156	0.3006	0.2862	0.2724	0.2593	0.2467
20	0.4605	0.4365	0.4142	0.3934	0.3739	0.3555	0.3381	0.3216	0.3060	0.2911	0.2769	0.2634	0.2504
21	0.4758	0.4498	0.4259	0.4037	0.3830	0.3637	0.3455	0.3283	0.3120	0.2965	0.2818	0.2678	0.2545
22	0.4936	0.4651	0.4392	0.4154	0.3934	0.3729	0.3537	0.3356	0.3186	0.3025	0.2872	0.2727	0.2590
23	0.5147	0.4829	0.4545	0.4287	0.4050	0.3832	0.3628	0.3438	0.3259	0.3091	0.2932	0.2781	0.2638
24	0.5404	0.5041	0.4724	0.4440	0.4183	0.3948	0.3731	0.3529	0.3341	0.3164	0.2997	0.2840	0.2692
25	0.5727	0.5299	0.4936	0.4619	0.4336	0.4081	0.3847	0.3631	0.3431	0.3245	0.3070	0.2905	0.2750

Sumber: Braja M Das, 2002

Pada kedalaman z = 0:

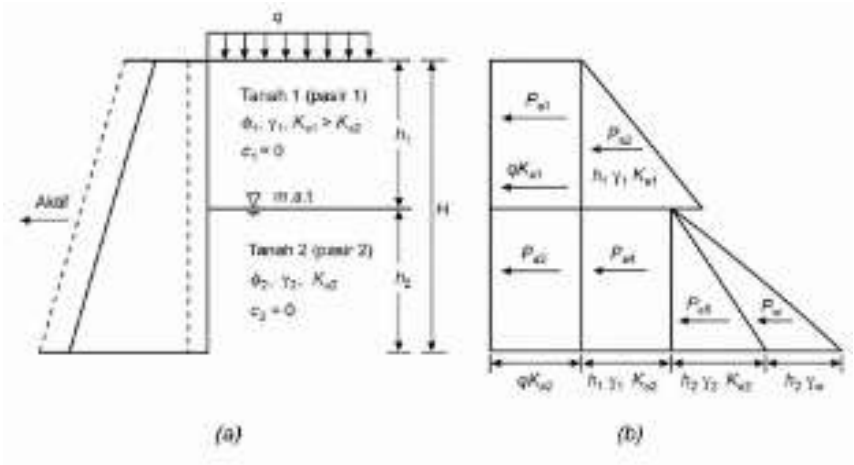
Tekanan aktif efektif terhadap dinding $p_a = k_{a1} \times q$. Pada kedalaman z = h1, karena tanah tidak terendam air, tekanan vertikal total sama dengan tekanan vertikal efektif, atau:

$$\sigma_v = \sigma_v' = (q + \gamma_1 h_1) \quad (2.24)$$

Tekanan tanah aktif pada bagian dinding setinggi h1 adalah

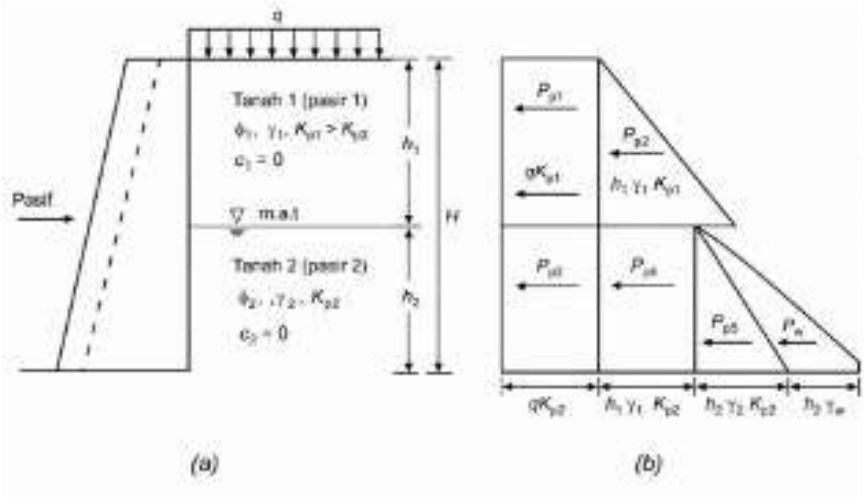
$$p_a = p_a' = k_{a1}\sigma_v' = k_{a1}(q + \gamma_1 h_1) \quad (2.25)$$

Pada kedalaman z = h1 + h2 = H, karena tanah setebal h2 terendam air, maka pada bagian ini dipakai berat volume efektif (y2'):



$$\sigma_v' = (q + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2) \quad (2.26)$$

Gambar 2.8 Diagram tekanan tanah aktif Rankine (Ka1 > Ka2).
Sumber: Hardiyatmo, 2003



Gambar 2.9 Diagram tekanan tanah pasif Rankine (Kp1 > Kp2).

2.3.3.2 Tekanan Tanah Lateral pada Tanah Kohesi

Bila tanah urug mempunyai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (φ), maka pada kedudukan Rankine, tekanan tanah aktif (pa) dinyatakan oleh persamaan:

$$P_a = \gamma . z . tan^2 \frac{(45^\circ - \varphi)}{2} - 2c . tan \frac{(45^\circ - \varphi)}{2} \quad (2.27)$$

Karena $k_a = tan^2 \frac{(45° - \varphi)}{2}$ maka,

$$p_a = \gamma . k_a - 2c\sqrt{k_p} \quad (2.28)$$

Dalam persamaan tersebut, terlihat bahwa terdapat kemungkinan Pa negatif, yang berarti ada gaya tarik yang bekerja pada tanah. Pada bagian tanah yang menderita gaya tarik tersebut, tanah menjadi retak-retak. Retakan bila terisi oleh air hujan selain mengurangi kohesi juga mengakibatkan tambahan tekanan tanah lateral akibat tekanan hidrostatis. Besarya gaya-gaya tekanan tanah aktif dan pasif pada dinding penahan tanah dengan tanah urug yang kohesif, dinyatakan oleh persamaan-persamaan sebagai berikut:

1) Tekanan tanah aktif total:

$$p_a = 0{,}5 . \gamma . h^2 . k_a - 2c . h\sqrt{k_a} \quad (2.29)$$

2) Tekanan tanah pasif total:

$$p_p = 0{,}5 . \gamma . h^2 . k_a + 2c . h\sqrt{k_p} \quad (2.30)$$

dengan,

Pa = tekanan tanah aktif total (kN)

PP = tekanan tanah pasif total (kN)

H = tinggi dinding penahan tanah (m)

γ = berat volume tanah urug (kN/m3)

c = kohesi tanah urug (kN/m2)

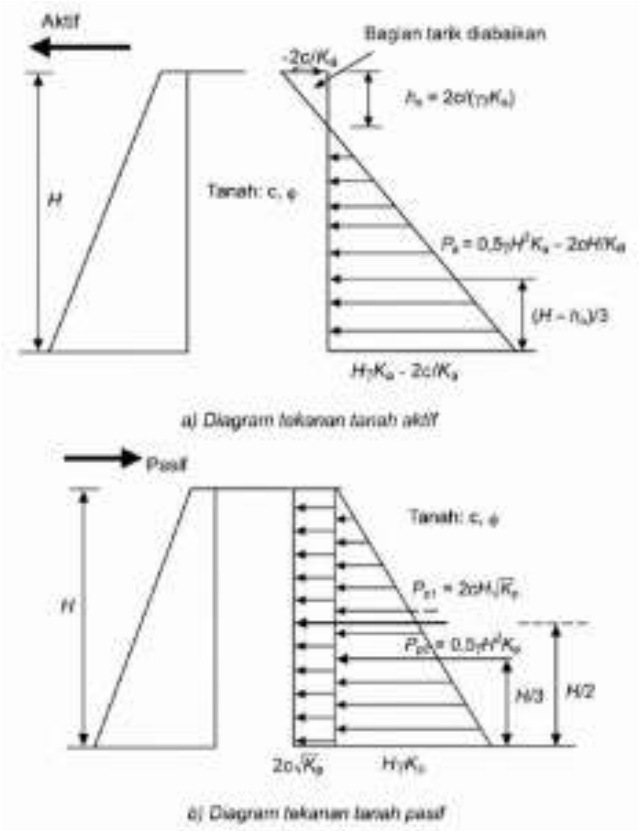
2.3.4 Teori Coulomb

Pada hitungan tekanan tanah lateral teori Coulomb (1776), pengaruh gesekan antara dinding dan tanah urug di belakangnya diperhitungkan. Sudut gesek antara dinding dan tanah (φ) bergantung pada kekasaran dinding dan regangan

lateral pada waktu dinding bergerak. Dalam menghitung tekanan tanah lateral tcori Coulomb, terdapat beberapa anggapan-anggapan sebagai berikut:

1) Tanah adalah bahan yang isotropis dan homogen yang mempunyai sudut gesek dan kohesi.
2) Bidang longsor dan permukaan tanah urug adalah rata.
3) Gaya gesek didistribusikan secara sama di sepanjang bidang longsor dan koefisien gesek f= tg φ.
4) Tanah yang longsor berbentuk baji, dan merupakan satu kesatuan.
5) Terdapat gesekan antara dinding penahan dan tanah urug. Tanah yang longsor bergerak turun di sepanjang dinding belakang mengembangkan gesekan.
6) Keruntuhan dinding penahan tanah dianggap masalah dua dimensi dengan memperhatikan dinding penahan tanah yang panjang nya tak terhingga.

Ditinjau struktur dinding penahan tanah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.9.



Gambar 2.10 Diagram tekanan aktif dan pasif pada tanah kohesif (c > 0 dan 0).

Persamaan umum Ka Coulomb untuk permukaan miring β dirumuskan dalam Persamaan:

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha+\varphi)}{\sin^2\alpha \sin(\alpha-\delta)\left(1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\sin(\varphi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta)\sin(\alpha+\beta)}}\right)^2} \quad (2.31)$$

$$K_p = \frac{sin^2(\alpha-\varphi)}{sin^2\alpha\ sin(\alpha+\delta)\left(1-\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\ \sin(\varphi+\beta)}{\sin(\alpha+\delta)\sin(\alpha+\beta)}}\right)^2} \quad (2.32)$$

dengan,

α =sudut kemiringan dinding penahan tanah terhadap garis horizontal (derajat)

δ = sudut gesek antara dinding dan tanah (derajat) umumnya bernilai $\frac{1}{2}\phi$ hingga $\frac{2}{3}\phi$

β = sudut kemiringan permukaan tanah urug (derajat)

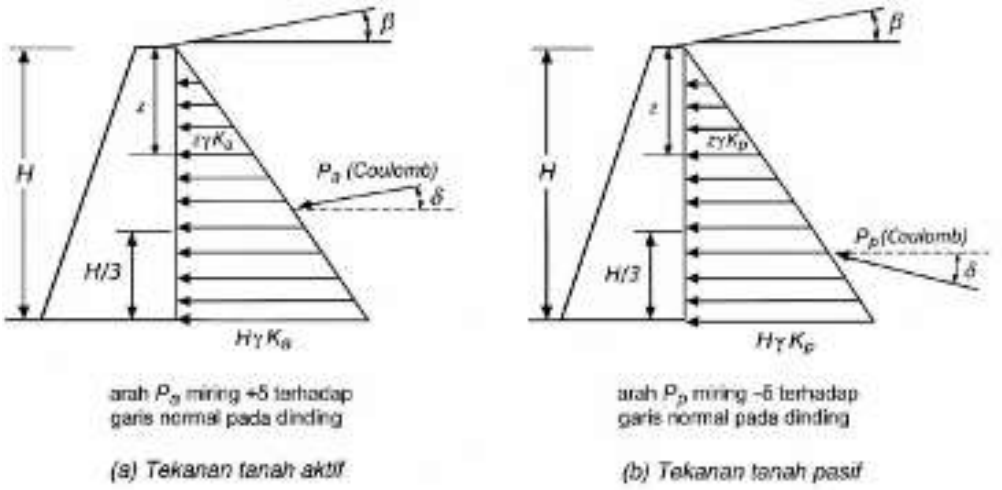
φ =sudut gesek dalam tanah (derajat)

Untuk dinding penahan tanah gaya tekanan tanah aktif total pada dinding dengan tinggi H, dinyatakan oleh persamaan:

$$p_a = 0{,}5.h^2.\gamma.k_a \quad (2.33)$$

Dengan Ka ditunjukkan dalam Persamaan (2.36), H = tinggi dinding penahan tanah dan γ = berat volume tanah. Tekanan tanah aktif total (Pa) arahnya miring sebesar +δ terhadap garis normal pada dinding. Secara sama, untuk dinding penahan tanah setinggi H, gaya tekanan tanah pasif total dinyatakan oleh persamaan:

$$p_p = 0{,}5.h^2.\gamma.k_p \quad (2.34)$$



Gambar 2.11 Tekanan tanah lateral menurut teori Coulomb.

2.3.5 Pengaruh Beban di atas Tanah Urug

1) Beban Terbagi Rata

Beban terbagi rata (q) di atas tanah urug dapat dianggap sebagai beban tanah setebal hs dengan berat volume (γ) tertentu. Dengan demikian tinggi h, = q/γ. Tekanan tanah aktif pada kedalaman hs dari tinggi tanah anggapan tersebut adalah:

$$p_a = h_s . \gamma . k_a \qquad (2.35)$$

Jadi, akibat beban terbagi tanah aktif (pa) sebesar:

$$p_a^{'} = q . k_{a.} . H \qquad (2.36)$$

Dengan,

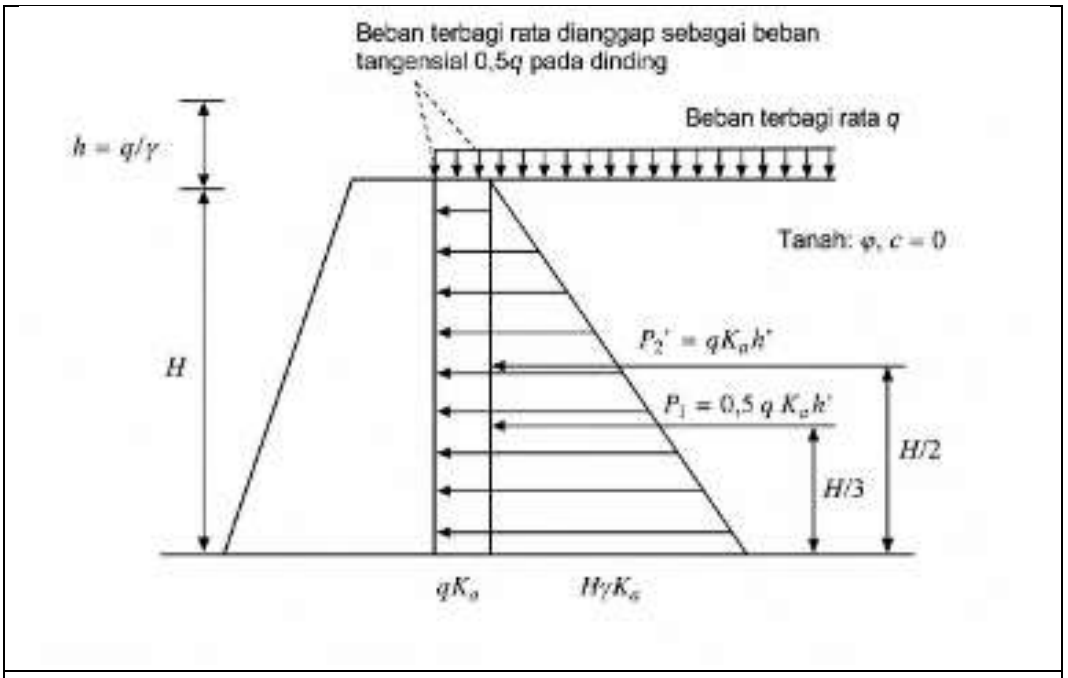
q = beban terbagi rata (kN/m2)

H =tinggi dinding penahan (m)

K_a =koefisien tekanan tanah aktif

γ =berat volume tanah (kN/m3)

Diagram tekanan tanah aktif, hila dinding penahan tanah di pengaruhi oleh beban terbagi rata di atas tanah urug ditunjukkan dalam Gambar 9.13.



Gambar 2.12 Diagram tekanan tanah aktif akibat beban terbagi rata q untuk teori Rankine

2) Beban Titik

Tekanan tanah lateral akibat beban titik P yang bekerja di atas tanah urug, dapat dihitung dengan persamaan Boussinesq, yaitu dengan menganggap angka Poisson (μ) sama dengan 0,5. Untuk pengaruh beban titik, tekanan tanah lateral di kedalaman z pada dinding dinyatakan oleh persamaan:

$$\sigma_h = \frac{1{,}77p}{h^2} \cdot \frac{m^2n^2}{(m^{2+}n^2)^3} \; untuk \; m > 0{,}4 \qquad (2.37)$$

$$\sigma_h = \frac{0{,}28p}{h^2} \cdot \frac{n^2}{(0{,}16 + n^2)^3} \; untuk \; m < 0{,}4 \qquad (2.38)$$

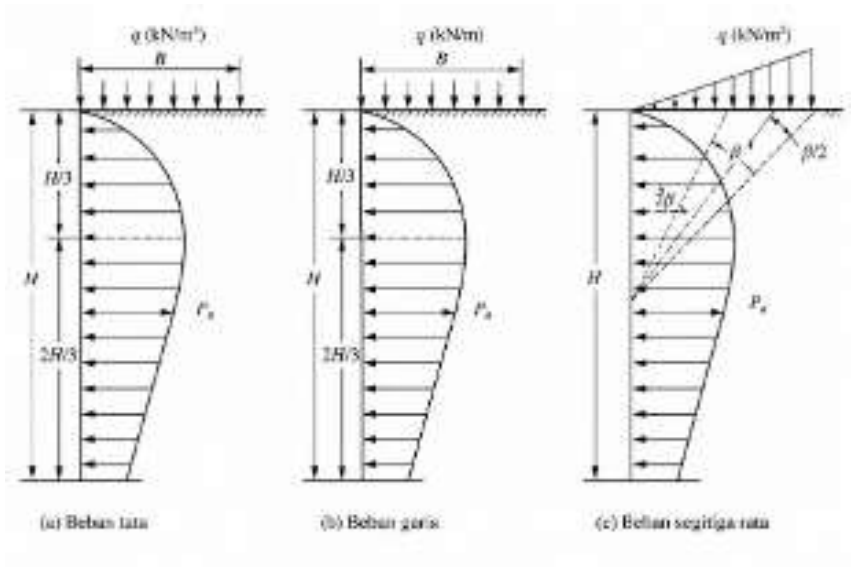
3) Beban Garis

Dalam praktek, beban garis dapat berupa dinding beton, pagar, saluran, dan lain-lain.Tekanan tanah lateral akibat beban garis per satuan lebar (q) nilai-nilai yang diperoleh lebih mendekati kenyataan menjadi:

$$\sigma_h = \frac{4q}{\pi H} \cdot \frac{m^2n}{(m^{2+}n^2)^2} \text{ untuk } m > 0{,}4 \qquad (2.39)$$

$$\sigma_h = \frac{q}{H} . \frac{0{,}203n}{(0{,}16 + n^2)^2} \text{ untuk } m \leq 0{,}4 \quad (2.40)$$

Diagram tekanan tanah lateral untuk pengaruh beban garis dapat dilihat pada Gambar 2.13b.



Gambar 2.13 Tekanan tanah pada dinding akibat beban, beban titik beban garis dan beban terbagi rata memanjang.

4) Beban Terbagi Rata Memanjang

Dalam praktek, beban terbagi rata memanjang (q) dapat berupa jalan raya, jalan kereta api, timbunan tanah dan lain-lain. Tekanan tanah lateral akibat beban tersebut dapat dihitung dengan persamaan Terzaghi (1943), sebagai berikut:

$$\sigma_h = \frac{2q}{\pi}(\beta - sin\beta . cos2\alpha) \quad (2.41)$$

Dengan a dan β adalah sudut (dalam radian).

2.3.6 Analisis Gaya Resultan dan Dekomposisi Komponen Gaya

2.3.6.1 Perhitungan Gaya Resultan

Gaya resultan aktif total (P_{total}) yang bekerja pada dinding penahan tanah merupakan gabungan dari komponen akibat beban merata (P_{aq}) dan komponen akibat berat sendiri tanah (P_{γ}).

1. Gaya akibat beban merata (P_{aq}):

$$P_{aq} = q \times K_a \times H \tag{2.42}$$

Titik tangkap gaya (γ_1) terletak pada (γ_1) = $\frac{1}{2}$H dari dasar dinding.

2. Gaya akibat berat sendiri tanah (P_{γ})

$$P_{\gamma} = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times k_a \tag{2.43}$$

Titik tangkap gaya (γ_2) terletak pada (γ_2) = $\frac{1}{3}$H dari dasar dinding.

3. Gaya Resultan Total (P_{total}):

$$P_{total} = P_{aq} + P_{\gamma} \tag{2.44}$$

4. Titik Tangkap Total ($\bar{y}$):

Berdasarkan prinsip Momen Varignon, lokasi titik tangkap resultan total dari dasar dinding (($\bar{y}$) dirumuskan:

$$\bar{y} = \frac{(P_{ag} \times y1) + (P_{\gamma} \times y2)}{P_{total}} \tag{2.45}$$

Untuk analisis stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling (*overturning*) dan geser (*sliding*), gaya resultan miring (P_{total}) harus diuraikan menjadi komponen horizontal (P_h) dan vertikal (P_v).

a) Untuk Metode Rankine (miring sudut β):

$$P_h = P_{total} \times cos\beta \tag{2.46}$$

$$P_v = P_{total} \times sin\,\beta \tag{2.47}$$

b) Untuk Metode Coulomb dinding vertikal (miring sudut δ):

$$P_h = P_{total} \times cos\delta \tag{2.48}$$

$$P_v = P_{total} \times sin\delta \tag{2.49}$$

Komponen P_h bertindak sebagai gaya pendorong yang menimbulkan momen guling ($M_o = P_h \times \bar{y}$), sedangkan komponen P_v bertindak sebagai penambah

beban vertikal yang membantu menahan guling dan memperbesar tahanan geser dasar dinding.

2.4 Analisis stabilitas

Dalam perancangan geoteknik, evaluasi keamanan dinding penahan tanah wajib memenuhi kriteria batas stabilitas eksternal. Evaluasi tersebut meliputi analisis terhadap potensi kegagalan guling (*overturning*), stabilitas geser di sepanjang dasar fondasi (*sliding*), dan kecukupan kapasitas dukung tanah (*bearing capacity*) dalam menahan beban vertikal maupun eksentrisitas.

Perhitungan dilakukan dengan membandingkan total momen atau gaya penahan terhadap total momen atau gaya penggerak untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan yang memenuhi standar teknis nasional. Selain itu, pada kasus lereng sungai, analisis tambahan mengenai stabilitas global (*global stability*) perlu dilakukan untuk memastikan bahwa bidang gelincir tidak melewati bagian bawah atau belakang struktur yang telah direncanakan. Tabel 2.6 menunjukan analisis stabilitas beserta angka keamanan minimumnya.

Tabel 2.6 Analisis Stabilitas

Moda Kegagalan	Simbol	Angka Keamanan Minimum (SF_{min})	Catatan Kontrol
Stabilitas Guling	SF_{guling}	≥ 1,5 - 2,0	$\frac{\sum M_R}{\sum M_O}$
Stabilitas Geser	SF_{geser}	≥ 1,5	$\frac{\Sigma F_{R'}}{\Sigma F_d}$
Kapasitas Dukung Tanah	$SF_{\text{dukung tanah}}$	≥ 3,0	$\frac{q_u}{q_{max}}$

Sumber: Braja M. Das, 2002

2.5 jenis Sheet Pile

Jenis sheet pile atau yang biasa juga dikenal dengan nama Turap jika dibedakan berdasarkan bahan pembuatnya ada tiga macam:

1. Sheet Pile Baja

Sheet pile baja atau steel sheet pile merupakan salah satu jenis turap yang diproduksi dari bahan baja pilihan dan berkualitas tinggi. Penggunaan turap baja sering diaplikasikan untuk berbagai proyek pembuatan dinding penahan tanah. Sheet pile baja pada gambar 2.14



Gambar 2.14 ***Sheet pile baja***
Sumber : mutuutamageoteknik.co.id

Beberapa contoh penggunaan turap baja yaitu untuk penahan konstruksi jalan, reklamasi pantai, pemecah gelombang, dinding pelindung dermaga, perkuatan tanggul, perkuatan lereng untuk penanganan tanah longsor dan berbagai jenis konstruksi yang membutuhkan dinding penahan tanah secara permanen atau sementara. Turap baja menjadi jenis sheet pile yang paling populer untuk dijadikan material dinding penahan tanah, selain kuat, turap baja mudah dalam pemasangan atau pemancangannya. Keunggulan lainnya yaitu jika digunakan untuk dinding penahan tanah diarea perairan air tidak mudah rembes atau bocor ke dalam area kerja atau konstruksi.

2. Sheet Pile Beton

Sheet pile yang dicetak dari beton bertulang ini memiliki beragam bentuk dan ukuran yang bisa disesuaikan dengan konstruksi.

Turap beton banyak diaplikasikan untuk beragam kebutuhan proyek untuk dinding penahan tanah. Sheet pile beton pada gambar 2.15



Gambar 2.15 ***Sheet pile beton***
Sumber : mutuutamageoteknik.co.id

sheet pile beton yaitu untuk material pembuatan dinding penahan tanah seperti tebing sungai, jalan raya tebing galian untuk proyek basement. Selain itu turap beton juga digunakan dinding penahan di proyek area pelabuhan seperti dinding dermaga dan dok kapal.

Namun turap beton memiliki banyak kekurangan diantaranya sulit dalam pemasangannya, selain itu turap berbahan beton ini sering mengalami kebocoran air atau rembes jika dipasang pada proyek perairan.

3. Sheet Pile Kayu

Sheet pile kayu yaitu berbagai jenis kayu yang berbentu papan, balok dan gelondongan difungsikan difungsikan untuk pembuatan turap atau dinding penahan tanah. Sheet pile kayu pada gambar 2.16



Gambar 2.16 ***Sheet pile kayu***
Sumber : mutuutamageoteknik.co.id

Penggunaan kayu untuk turap ini biasanya hanya digunakan sebagai dinding penahan tanah sementara. Karena sifat kayu yang mudah rapuh, patah dan membusuk menjadikan jenis turap dari kayu ini tidak diproduksi oleh pabrik, melainkan bisa mengambil langsung dari lingkungan sekitar.

4. Dinding Penahan Bertulang (*Mechanically Stabilized Earth/MSE Wall*)

Sistem MSE memanfaatkan elemen perkuatan berupa geotekstil, geogrid, atau tulangan baja yang ditanam dalam lapisan timbunan tanah untuk meningkatkan kekuatan tarik dan kestabilan massa tanah. Teknologi ini dinilai lebih ekonomis dan fleksibel terhadap deformasi dibandingkan tipe konvensional **(FHWA, 2009)**. Gambar *Mechanically Stabilized Earth/MSE Wall* pada gambar 2.17



Gambar 2.17 ***Mechanically Stabilized Earth/MSE Wall***
Sumber : mutuutamageoteknik.co.id

2.6 Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi

Dinding penahan tanah (DPT) adalah suatu struktur yang dibangun untuk menahan massa tanah yang berada pada elevasi berbeda sehingga tidak terjadi longsor atau keruntuhan lateral. Menurut **Hardiyatmo (2017)**, dinding penahan tanah berfungsi untuk menjaga kestabilan lereng buatan maupun alami dengan cara menahan tekanan tanah lateral yang bekerja pada bidang vertikal atau hampir vertikal.

DPT digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi teknik sipil, antara lain pada pembangunan jalan, jembatan, terowongan, bangunan bertingkat dengan basement, serta proyek pengendalian erosi dan banjir.

2.7 Karakteristik Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi

Dinding penahan tanah tipe gravitasi memiliki karakteristik yang khas dan membedakannya dari tipe dinding penahan tanah lainnya. Menurut **Das (2011)**, karakteristik tersebut mencakup dimensi yang besar, penggunaan material masif, serta tingkat stabilitas yang tinggi akibat pengaruh berat sendiri struktur.

Penampang dinding umumnya berbentuk trapesium dengan bagian bawah lebih lebar dari bagian atas. Bentuk ini bertujuan untuk memperluas bidang tumpu di dasar dinding sehingga distribusi tegangan ke tanah pondasi lebih merata dan momen pengguling akibat tekanan tanah dapat dilawan secara efektif oleh momen penahan dari berat dinding itu sendiri.

Hardiyatmo (2017) menyatakan bahwa dinding gravitasi paling efisien digunakan untuk tinggi dinding kurang dari 3 meter. Apabila tinggi dinding melebihi batas tersebut, volume material yang dibutuhkan akan meningkat secara signifikan sehingga penggunaan tipe gravitasi menjadi tidak ekonomis dan kurang efisien dibandingkan tipe dinding kantilever maupun counterfort.

2.7.1 Material

Karena stabilitasnya bergantung sepenuhnya pada berat sendiri, material yang digunakan pada dinding penahan tanah tipe gravitasi dipilih berdasarkan pertimbangan densitas tinggi, kekuatan tekan yang memadai, serta ketersediaan di lapangan. Material yang paling umum digunakan adalah beton tidak bertulang dan pasangan batu kali.

1. Beton Tidak Bertulang (*Plain Concrete*)

Beton tidak bertulang merupakan material yang paling banyak digunakan pada dinding gravitasi modern. Beton memiliki berat jenis berkisar antara 22 hingga 24 kN/m³ sehingga menghasilkan berat yang besar pada volume yang relatif lebih kecil dibandingkan material lain. Kekuatan tekan beton yang tinggi menjadikannya mampu menahan tegangan vertikal yang bekerja pada dasar dinding akibat berat sendiri dan tekanan tanah. Namun demikian, beton tidak bertulang memiliki kelemahan berupa kekuatan tarik yang sangat rendah, sendiri dan tekanan tanah.

Namun demikian, beton tidak bertulang memiliki kelemahan berupa kekuatan tarik yang sangat rendah,dinding gravitasi beton harus selalu memastikan bahwa resultan gaya jatuh di dalam inti kern penampang dasar agar tidak timbul tegangan tarik yang dapat menyebabkan retak pada badan dinding **(Das, 2011)**. Gambar Beton tidak bertulang pada gambar 2.18



Gambar 2.18 Beton tidak bertulang
Sumber : perwirasteel.com

2. Pasangan Batu Kali (*Rubble Masonry*)

Pasangan batu kali merupakan material tradisional yang telah lama digunakan dalam konstruksi dinding penahan tanah tipe gravitasi, terutama di Indonesia dan negara-negara berkembang lainnya. Material ini dipilih karena ketersediaan batu alam yang melimpah, biaya yang relatif murah, serta kemampuan tenaga kerja lokal yang memadai dalam pengerjaannya. Berat jenis pasangan batu kali berkisar antara 20 hingga 22 kN/m³, sedikit lebih rendah dibandingkan beton, namun masih cukup besar untuk menghasilkan gaya tahanan yang memadai.

Kekuatan pasangan batu kali sangat bergantung pada kualitas mortar semen yang digunakan sebagai pengikat antarbatu serta keterampilan dan ketelitian tenaga pelaksana di lapangan. Menurut **Hardiyatmo (2017)**, pasangan batu kali cocok digunakan pada proyek-proyek skala kecil hingga menengah di mana ketersediaan batu alam mudah diperoleh dari lingkungan sekitar lokasi konstruksi.



Gambar 2.19 Pasangan batu kali
Sumber **:** id.wikipedia.org

2.7.2 Stabilitas Tinggi

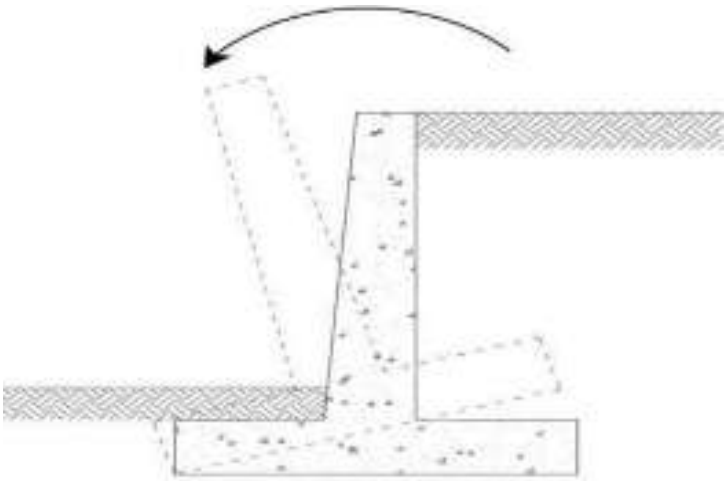
Dinding penahan tanah tipe gravitasi dikenal memiliki tingkat stabilitas yang tinggi apabila direncanakan dan dilaksanakan dengan benar. Stabilitas tersebut ditinjau dari tiga aspek utama, yaitu stabilitas terhadap penggulingan, stabilitas terhadap pergeseran, dan stabilitas terhadap keruntuhan daya dukung tanah di bawah dasar dinding.

1. Stabilitas Terhadap Penggulingan **(***Overturning***)**

Stabilitas terhadap penggulingan diperoleh dari momen penahan yang dihasilkan oleh berat sendiri dinding terhadap titik tumpu di ujung kaki dinding bagian depan (*toe*). Semakin besar berat dan semakin lebar dasar dinding, semakin besar pula momen penahan yang dihasilkan. Faktor keamanan terhadap penggulingan dinyatakan sebagai:

$$FKguling = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma Mo} \geq 1{,}5\ s.d.\ 2{,}0 \quad \text{.....(2.50)}$$

Nilai faktor keamanan minimal 2,0 biasanya digunakan untuk memastikan kestabilan struktur terhadap gaya guling. . Gambar stabilitas terhadap guling pada gambar 2.20



Gambar 2.20 Stabilitas terhadap guling
Sumber : repository.unidha.ac.id

2. Stabilitas Terhadap Pergeseran (Sliding)

Stabilitas terhadap pergeseran diperoleh dari gaya gesekan antara dasar dinding dengan tanah pondasi di bawahnya. Berat dinding yang besar menghasilkan gaya normal yang besar pula pada bidang kontak dasar, sehingga gaya gesekan yang mampu menahan pergeseran horizontal juga semakin besar. Faktor keamanan terhadap pergeseran dirumuskan:

$$FKgeser = \frac{\mu \Sigma v + cd \cdot B}{\Sigma H} \geq 1{,}5\ldots \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.51)$$

$$\Sigma Rh = c.B + \Sigma W.\tan\emptyset \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.52)$$

ΣRh = tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran,

ΣPh = jumlah tekanan gaya horisontal.

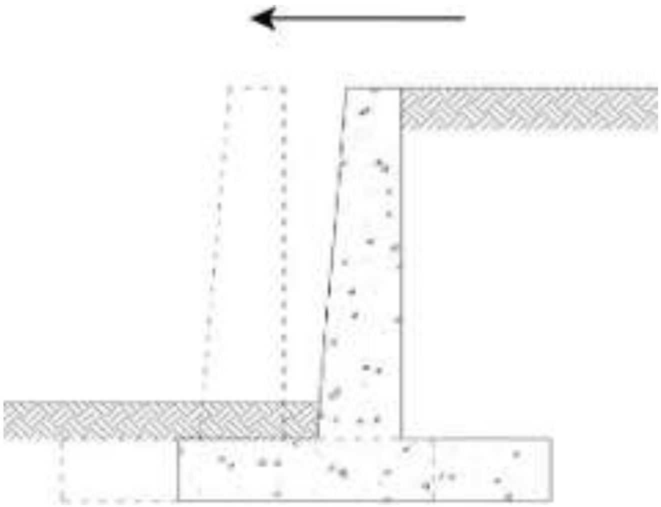
C = kohesi (kN/m2),

B = lebar dasar pondasi (m),

ΣW = jumlah gaya berat sendiri dinding penahan tanah (kN),

Ø = sudut gesek internal tanah (°).

Dinding penahan tanah dikatakan aman terhadap gaya guling jika nilai FK ≥ 1,5. Gambar stabilitas terhadap geser pada gambar 2.21



Gambar 2.21 Stabilitas terhadap geser
Sumber : repository.unidha.ac.id

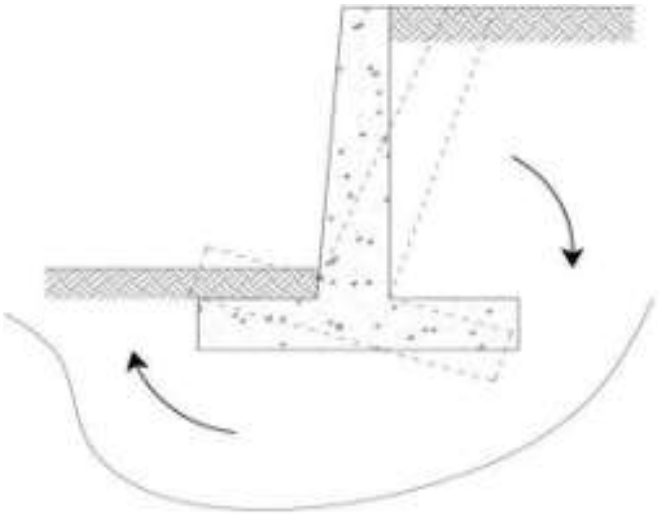
3. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah (*Bearing Capacity*)

Stabilitas terhadap daya dukung tanah dipenuhi dengan memastikan bahwa tegangan maksimum yang terjadi di dasar dinding tidak melampaui daya dukung tanah yang diizinkan. Distribusi tegangan di dasar dinding dihitung dengan persamaan:

$$Qmax/min = \frac{\Sigma v}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (2.53)$$

Syarat yang harus terpenuhi adalah eksentrisitas resultan gaya tidak boleh melebihi e ≤ B/6 agar seluruh dasar dinding tetap dalam kondisi tekan dan tidak terjadi tegangan tarik yang dapat menurunkan stabilitas keseluruhan struktur.

Berdasarkan ketiga tinjauan stabilitas tersebut, dinding penahan tanah tipe gravitasi mampu memberikan tingkat keamanan yang tinggi karena massanya yang besar secara simultan berkontribusi pada peningkatan momen penahan, gaya gesekan dasar, dan distribusi tegangan yang merata ke tanah pondasi **(Bowles, 1997)**. Gambar stabilitas terhadap daya dukung tanah pada gambar 2.22



Gambar 2.22 Stabilitas terhadap daya dukung tanah
Sumber : repository.unidha.ac.id

2.8 Program *PLAXIS*

2.8.1 Pengertian dan Fitur Program *PLAXIS*

PLAXIS (*Plasticity Axisymmetric*) merupakan salah satu perangkat lunak berbasis metode elemen hingga yang dikembangkan secara khusus untuk analisis deformasi dan stabilitas pada berbagai permasalahan geoteknik, seperti stabilitas lereng, perencanaan dinding penahan tanah, pondasi, terowongan, dan galian dalam (*deep excavation*). Program ini banyak digunakan oleh praktisi maupun akademisi di bidang geoteknik karena kemampuannya dalam memodelkan perilaku tanah secara non-linear serta interaksi tanah dengan struktur secara dua dimensi (*PLAXIS 2D*) maupun tiga dimensi (*PLAXIS 3D*).

Beberapa fitur utama yang terdapat pada program *PLAXIS* antara lain kemampuan untuk memodelkan tahapan konstruksi secara bertahap (*staged construction*), analisis pengaruh muka air tanah, analisis dinamik, serta analisis phi-c reduction untuk memperoleh angka keamanan *global* suatu lereng atau struktur geoteknik.

2.8.2 Model Konstitutif Tanah pada Program *PLAXIS*

Model konstitutif merupakan model matematis yang digunakan untuk mendekati hubungan tegangan-regangan tanah. Program *PLAXIS* menyediakan beberapa pilihan model konstitutif, di antaranya:

1. Model Mohr-Coulomb (MC), merupakan model elastis-plastis sempurna (*linear elastic perfectly plastic*) yang paling sederhana dan umum digunakan pada tahap awal analisis geoteknik. Model ini membutuhkan lima parameter utama, yaitu modulus elastisitas (E), angka Poisson (ν), kohesi (c), sudut geser dalam (φ), dan sudut dilatansi (ψ).
2. Model Hardening Soil (HS), merupakan model tingkat lanjut yang memperhitungkan pengerasan tanah (*hardening*) baik akibat geser maupun kompresi, sehingga lebih representatif dalam menggambarkan perilaku tanah pada kondisi pembebanan dan pembongkaran (*loading-unloading*).
3. Model Soft Soil (SS) dan Soft Soil Creep (SSC), digunakan khusus untuk memodelkan perilaku tanah lunak, seperti tanah lempung dan gambut, yang memiliki kompresibilitas tinggi.

Pada penelitian ini, model Mohr-Coulomb dipilih sebagai model konstitutif tanah dengan pertimbangan keterbatasan data parameter tanah lanjutan serta kesesuaiannya untuk analisis stabilitas lereng dan dinding penahan tanah pada tahap perencanaan.

2.9 Fungsi *Software PLAXIS* dalam Pengolahan Data

PLAXIS berfungsi sebagai perangkat lunak yang mengolah data geoteknik menjadi model numerik sehingga perilaku tanah dapat dianalisis secara lebih akurat. Data masukan yang digunakan meliputi parameter tanah hasil penyelidikan lapangan maupun pengujian laboratorium, seperti berat isi tanah, kohesi (c), sudut geser dalam (φ), modulus elastisitas (E), rasio Poisson (ν), permeabilitas, dan parameter lainnya.

Melalui proses analisis numerik, *PLAXIS* menghasilkan berbagai informasi yang diperlukan dalam perencanaan teknik sipil, antara lain:

1. Besarnya deformasi atau penurunan tanah.
2. Distribusi tegangan dalam tanah.
3. Faktor keamanan lereng (FK).
4. Tekanan air pori.
5. Pola keruntuhan tanah.
6. Interaksi antara tanah dan struktur.

Hasil analisis tersebut disajikan dalam bentuk grafik, kontur warna, vektor perpindahan, maupun tabel numerik sehingga memudahkan proses interpretasi data.

2.10 Prinsip kerja *PLAXIS*

PLAXIS bekerja menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*). Pada metode ini, suatu massa tanah dibagi menjadi elemen-elemen kecil (*mesh*) sehingga setiap elemen dapat dihitung perilakunya berdasarkan sifat material yang dimiliki. Tahapan analisis menggunakan *PLAXIS* meliputi:

1. Membuat geometri model sesuai kondisi lapangan.
2. Menentukan lapisan tanah beserta parameter mekaniknya.
3. Memasukkan beban dan kondisi batas (*boundary condition*).
4. Membentuk mesh (jaringan elemen hingga).
5. Menentukan tahapan konstruksi (*staged construction*).
6. Melakukan proses perhitungan (*calculation*).
7. Mengevaluasi hasil analisis berupa deformasi, tegangan, maupun faktor keamanan.

Dengan pendekatan tersebut, *PLAXIS* mampu mensimulasikan kondisi tanah secara lebih realistis dibandingkan metode analisis sederhana.

2.11 Jenis Analisis pada *PLAXIS*

PLAXIS memiliki berbagai jenis analisis yang dapat digunakan sesuai kebutuhan penelitian, antara lain:

2.11.1 Analisis Deformasi (*Deformation Analysis*)

Analisis deformasi digunakan untuk mengetahui besarnya perpindahan atau penurunan tanah akibat pembebanan. Analisis ini umum digunakan pada perencanaan pondasi, tanggul, maupun galian.

2.11.2 Analisis Stabilitas Lereng (*Slope Stability Analysis*)

Analisis stabilitas lereng digunakan untuk menentukan faktor keamanan (FK) suatu lereng terhadap potensi longsor. Perhitungan dilakukan menggunakan metode Strength Reduction Method (SRM) sehingga memberikan hasil yang lebih representatif terhadap kondisi aktual.

2.11.3 Analisis konsolidasi

Analisis konsolidasi digunakan untuk mengetahui penurunan tanah akibat keluarnya air pori selama periode waktu tertentu. Analisis ini penting pada tanah lunak yang mengalami pembebanan bertahap.

2.11.4 Analisis Aliran Air Tanah

PLAXIS mampu menganalisis aliran air tanah baik dalam kondisi tunak (*steady state*) maupun tidak tunak (*transient*). Analisis ini diperlukan dalam desain bendungan, tanggul, maupun sistem drainase.

2.11.5 Analisis Dinamik

Analisis dinamik digunakan untuk mempelajari respons tanah terhadap beban gempa, getaran mesin, ataupun beban dinamis lainnya.

2.12 Model Material Tanah Pada *PLAXIS*

PLAXIS menyediakan beberapa model konstitutif tanah yang dapat dipilih sesuai karakteristik material, di antaranya:

1. Linear Elastic Model, digunakan untuk material yang masih berperilaku elastis.
2. Mohr-Coulomb Model, merupakan model elastis-plastis sederhana yang paling banyak digunakan dalam analisis geoteknik.
3. Hardening Soil Model, digunakan untuk memodelkan perilaku tanah yang lebih realistis karena mempertimbangkan kekakuan tanah yang berubah terhadap tingkat tegangan.
4. *Soft Soil Model*, digunakan untuk tanah lunak yang mengalami konsolidasi.
5. *Soft Soil Creep Model*, digunakan pada tanah lunak yang mengalami deformasi akibat waktu (*creep*).
6. Pemilihan model material sangat memengaruhi tingkat ketelitian hasil analisis.

2.13 Kelebihan Software PLAXIS

PLAXIS memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

1. Menggunakan metode elemen hingga yang memiliki tingkat akurasi tinggi.
2. Mampu memodelkan kondisi tanah yang kompleks.
3. Menyediakan berbagai model perilaku tanah.
4. Dapat mensimulasikan tahapan konstruksi secara bertahap (*staged construction*).
5. Menampilkan hasil analisis dalam bentuk grafik, kontur, dan animasi sehingga mudah dipahami.
6. Banyak digunakan oleh praktisi maupun akademisi dalam bidang geoteknik.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian analitis kuantitatif dengan pendekatan perhitungan geoteknik. Penelitian analitis kuantitatif dilakukan dengan menggunakan data numerik yang dianalisis secara matematis untuk memperoleh hasil yang objektif dan terukur. Pendekatan ini bertujuan untuk menganalisis kondisi tanah serta menghitung parameter-parameter geoteknik yang berpengaruh terhadap perencanaan dan stabilitas konstruksi.

Dalam penelitian ini, data yang digunakan berupa data hasil pengujian tanah di lapangan maupun laboratorium, seperti nilai kuat geser tanah, berat isi tanah, kadar air, kohesi, sudut geser dalam, dan parameter geoteknik lainnya. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode perhitungan geoteknik sesuai standar dan teori yang berlaku.

Pendekatan perhitungan geoteknik digunakan untuk mengevaluasi karakteristik tanah dan menentukan tingkat keamanan serta kelayakan konstruksi berdasarkan hasil analisis teknis. Perhitungan dilakukan secara sistematis dengan mengacu pada rumus, parameter, dan prosedur geoteknik yang relevan sehingga diperoleh hasil analisis yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada analisis perkuatan stabilitas lereng dan perencanaan dinding penahan tanah tipe gravitasi. Lokasi tinjauan penelitian ini terletak di Sungai Majo, Kelurahan Betung, Kecematan Betung, Kabupaten Banyuasin dengan koordinat (-2.7800955,104.24889395), Provinsi sumatera selatan. Lokasi penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

Sumber : Google Earth (-2.7800955, 104.24889395)

Kondisi eksisting di sekitar lokasi penelitian menunjukkan kerentanan geoteknik yang cukup tinggi. Lereng Sungai Majo di kawasan Betung ini berbatasan langsung dengan jalan akses. Ditambah dengan karakteristik tanah lempung setempat yang sensitif terhadap perubahan kadar air, kombinasi antara beban atas dan gerusan air sungai di bagian bawah menjadikan lereng ini berada dalam kondisi kritis yang memerlukan perkuatan struktur sesegera mungkin. Kondisi disekitar lereng sungai dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kondisi di Sekitar Lereng sungai majo, kec. Betung, kab. banyuasin, sumatera selatan.

Sumber : Dokumentasi 2026

3.3 Data Penelitian

Pengumpulan data-data untuk penelitian berasal dari sampel tanah yang diambil dari lapangan yang selanjutnya dilakukan uji pada laboratorium, setelah data yang diperlukan terkumpul kemudian dilakukan perhitungan pada perencanaan DPT. Data-data penelitian berupa :

Tabel 3. 1 Paramater tanah analisis perencanaan

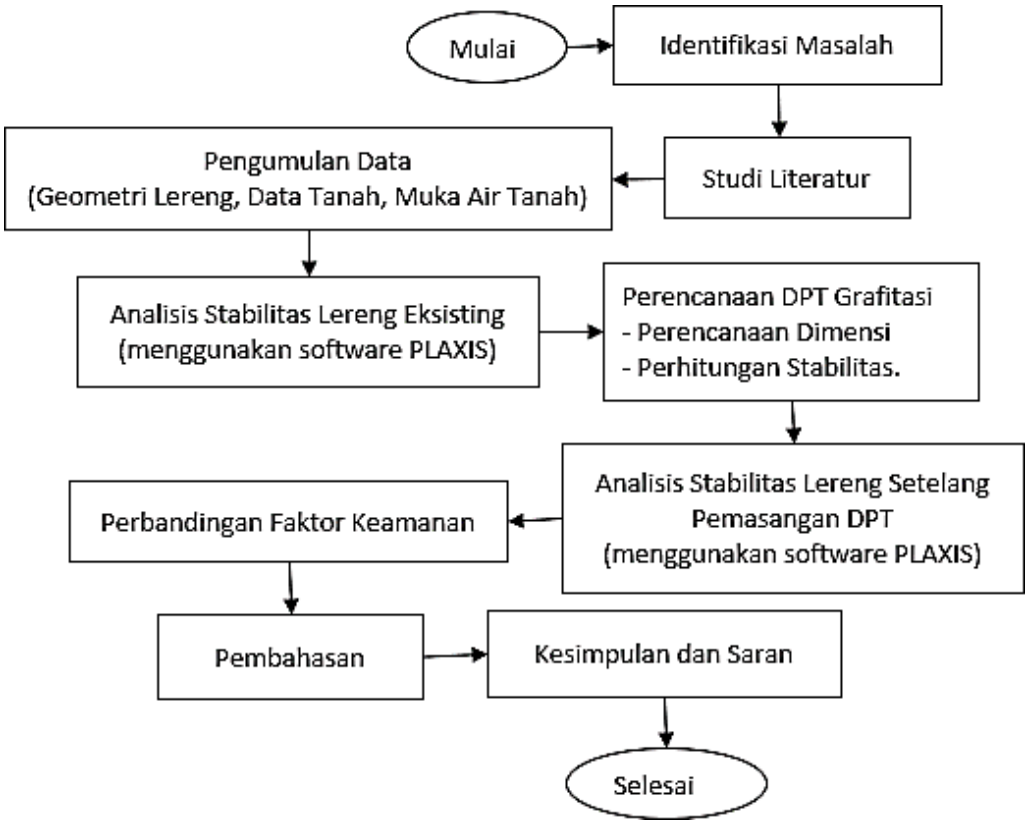
Paramater	Jenis Tanah		Satuan
	Timbunan	Dibawah Pondasi DPT	
Kohesi Tanah (c)	0	19,61	kN/m^2
Sudut Gesek Dalam (φ)	30	23	°
Berat volume tanah (γ)	18	25,9	kN/m^3

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

3.4 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian ini disusun secara sistematis dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) untuk menjamin validitas hasil analisis. Penelitian diawali dengan tahap identifikasi masalah dan studi literatur mengenai teori stabilitas lereng serta perencanaan dinding penahan tanah tipe gravitasi, yang kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data berupa geometri lereng, data tanah, dan muka air tanah pada lokasi studi. Selanjutnya, dilakukan analisis kestabilan lereng eksisting menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method*) melalui software Plaxis untuk mengetahui faktor aman (FK) lereng sebelum dilakukan perkuatan. Berdasarkan hasil tersebut, dilakukan perencanaan dinding penahan tanah tipe gravitasi, meliputi penentuan dimensi struktur beserta perhitungan stabilitasnya. Setelah desain DPT diperoleh, dilakukan kembali analisis stabilitas lereng menggunakan Plaxis untuk mengetahui faktor aman setelah pemasangan DPT. Hasil faktor keamanan sebelum dan sesudah perkuatan kemudian dibandingkan untuk mengevaluasi efektivitas struktur penahan yang direncanakan, sebelum

akhirnya dituangkan dalam bentuk pembahasan serta kesimpulan dan saran. Dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian
Sumber : Dokumentasi 2026

3.5 Langkah-langkah sistematis dalam menggunakan *PLAXIS* untuk analisis stabilitas lereng.

3.5.1 Pemodelan Geometri dan Kondisi Awal (*Geometry Input*)

Langkah pertama adalah mendefinisikan dimensi lereng dan kondisi lingkungan di sekitarnya.

1. Menentukan Batas Area (*Contour*): Atur luas area kerja (*Boundary*) yang cukup luas agar efek batas (*boundary effects*) tidak memengaruhi zona keruntuhan lereng.

2. Menggambar Geometri: Buat garis horizontal, vertikal, atau miring untuk membentuk profil lereng, lapisan-lapisan tanah (*stratigrafi*), serta struktur perkuatan jika ada (seperti geotektil, dinding penahan tanah, atau soil nailing).
3. Menentukan Kondisi Batas (*Boundary Conditions*): Secara otomatis *PLAXIS* akan mengatur tumpuan fixity (misal: jepit-jepit pada dasar model, dan rol pada sisi kanan-kiri).
4. Menentukan Muka Air Tanah (*Water Levels*): Gambarkan garis phreatik (*borehole water level* atau *phreatic line*) jika lereng dipengaruhi oleh tekanan air pori atau kondisi jenuh air.

3.5.2 Input Parameter Material (Material Properties)

Memasukkan data laboratorium atau lapangan ke dalam model material *PLAXIS.*

1. Memilih Model Tanah: Untuk analisis stabilitas lereng standar, model Mohr-Coulomb (MC) sering digunakan karena kesederhanaannya. Namun, untuk tanah lunak yang mengalami konsolidasi, model Soft Soil (SS) atau Hardening Soil (HS) akan lebih akurat.
2. Input Parameter Utama:
   a. Berat isi tanah (*γunsat* dan *γsat*).
   b. Parameter kekuatan geser: Kohesi (*c* atau *c′*) dan Sudut Geser Dalam (ϕ atau ϕ').
   c. Parameter kekakuan: Modulus Young (*E*) dan Poisson's Ratio (*v*).
   d. Permeabilitas tanah (*kx*,*ky*) jika menganalisis pengaruh aliran air (*seepage*).
3. Assign Material: Tarik (*drag and drop*) material yang sudah dibuat ke masing-masing lapisan tanah yang sesuai pada geometri.

3.5.3 Pembuatan Jaring Elemen (Mesh Generation)

PLAXIS menggunakan Metode Elemen Hingga (FEM), sehingga geometri harus dibagi menjadi elemen-elemen kecil.

1. Generate Mesh: Pilih tingkat kerapatan mesh (*Very Coarse, Coarse, Medium, Fine, atau Very Fine*). Untuk stabilitas lereng, tingkat Medium hingga Fine biasanya direkomendasikan.
2. Refinement (Penggalangan): Lakukan mesh refinement (perapatan jaring) khusus pada area kritis, yaitu di sepanjang bidang gelincir potensial lereng, agar hasil distribusi tegangan dan regangan lebih presisi.

3.5.4 Kondisi Awal (*Initial Conditions*)

Sebelum beban atau perubahan lereng diaplikasikan, tegangan asli tanah di lapangan harus dihitung terlebih dahulu.

1. Tegangan Efektif Geostatik: Biasanya dihitung menggunakan prosedur K0-procedure (untuk permukaan tanah datar/horizontal) atau Gravity Loading (untuk pemodelan yang memiliki permukaan miring/lereng sejak awal).
2. Tekanan Air Pori Awal: Dihitung berdasarkan garis muka air tanah yang telah ditentukan (*Phreatic*) atau melalui analisis Steady-state groundwater flow.

3.5.5 Konfigurasi Tahapan Konstruksi (*Calculation Phases*)

Ini adalah inti dari simulasi runut waktu atau tahapan pekerjaan di *PLAXIS.*

1. Phase 0 (*Initial Phase*): Menghitung tegangan awal tanah (kondisi alami sebelum lereng digali atau dibebani).
2. Phase 1 (*Construction/Excavation - opsional*): Jika lereng terbentuk karena galian atau timbunan, aktifkan/nonaktifkan klaster tanah yang sesuai pada fase ini dengan jenis kalkulasi Plastic Analysis.
3. Phase Selanjutnya (*Safety Analysis*):

   Buat fase baru khusus untuk mencari Faktor Keamanan.

   a. Ubah Calculation Type dari Plastic menjadi Safety.
   b. Secara otomatis, sistem Loading Input akan berubah menjadi Incremental Drained Shear Strength Reduction (Σ*Msf*).

3.5.6 Proses Running & Analisis Hasil (*Calculation & Output*)

1. Memilih Titik Tinjau (*Select Points for Curves*): Pilih satu atau beberapa titik (simpul/node) di area kritis lereng (misalnya di puncak lereng) untuk memplot grafik perpindahan (*displacement*) terhadap Faktor Keamanan (Σ*Msf*).
2. Running Calculation: Klik tombol *Calculate* dan tunggu hingga proses iterasi konvergen selesai.
3. Membaca Output FK: Faktor Keamanan lereng dapat dilihat pada akhir kalkulasi fase Safety pada nilai Σ*Msf*. Jika nilai Σ*Msf* adalah 1.35, maka Faktor Keamanan lereng tersebut adalah 1.35.

3.5.7 Evaluasi Visual Bidang Gelincir

Buka menu Output *PLAXIS* untuk mengevaluasi mekanisme keruntuhan lereng:

1. Total Displacements / Total Incremental Strains: Lihat kontur atau bayangan perpindahan. Daerah dengan regangan inkremental tertinggi menunjukkan letak bidang gelincir (*slip surface*) lereng.
2. Kondisi Kritis: Periksa apakah bidang gelincir tersebut termasuk keruntuhan kaki lereng (*toe failure*), keruntuhan lereng (*face failure*), atau keruntuhan dasar (*base failure*) untuk menentukan
3. metode perkuatan yang paling tepat nantinya.

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa

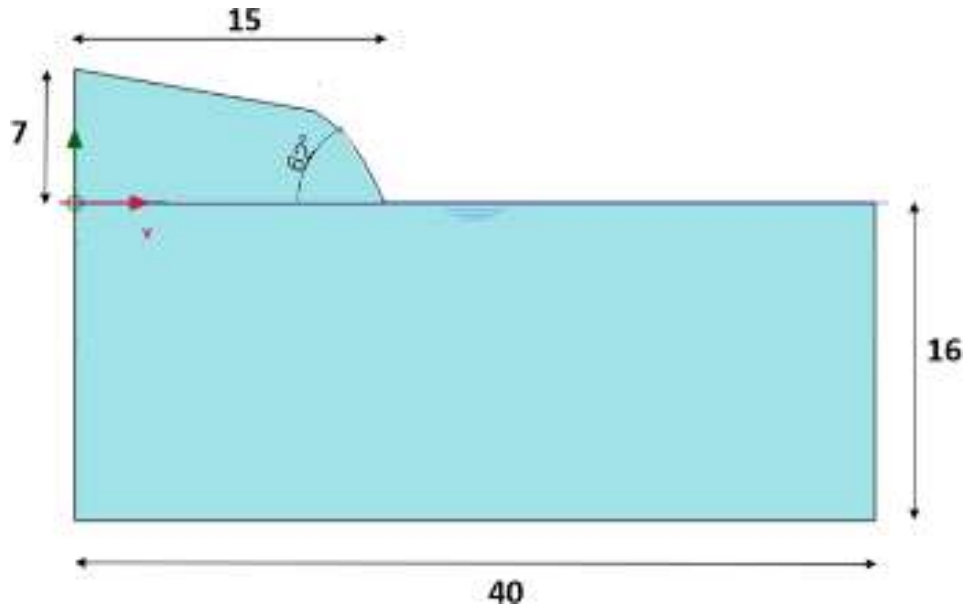
Analisa dibagi menjadi tiga tahap:

a) Menghitung Faktor Keamanan (FK) lereng pada kondisi lereng awal.
b) Menghitung dimensi dinding penahan tanah (DPT) gravitasi.
c) Menghitung Faktor Keamanan (FK) lereng setelah dibangun dinding penahan tanah.

Langkah pertama dalam diatas adalah akan dijelaskan pada sub bab 4.1.

4.1 Faktor Keamanan (FK) Lereng pada Kondisi Awal

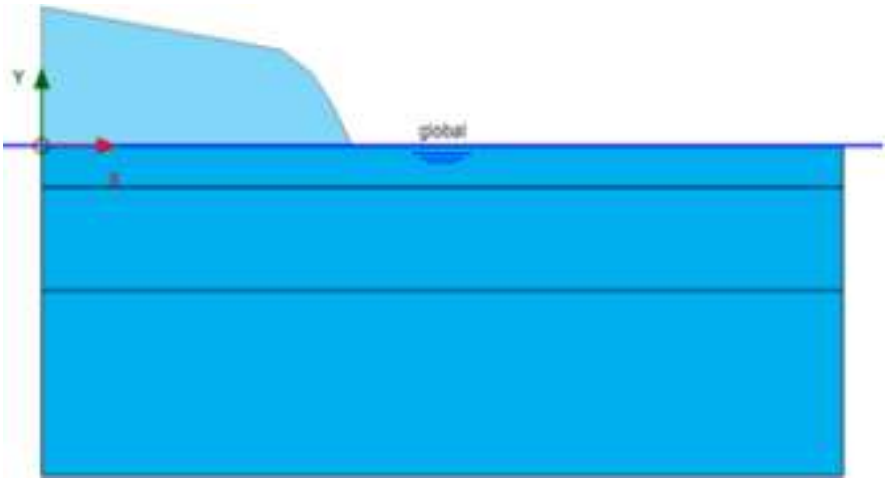
Sebelum dilakukan analisa stabilitas dan perencanaan dinding penahan tanah (DPT) jenis gravitasi, langkah pertama yang harus dilakukan adalah membuat model bentuk lereng asli (baseline/existing). Bentuk beserta ukuran lereng sebelum perkuatan dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini



Gambar 4.1 kondisi lereng awal
Sumber: Hasil Analisa

Diketahui lereng memiliki ketinggian 7 m dengan sudut kemiringan 62°. Posisi muka air tanah (MAT) disesuaikan dengan kondisi nyata di Sungai Majo,

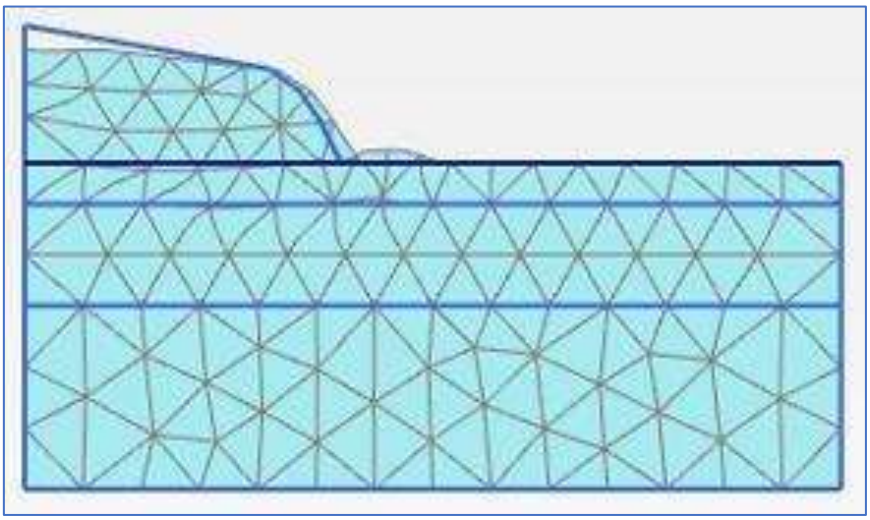
yaitu berada pada elevasi tetap yang sejajar dengan kaki lereng, tepatnya pada kedalaman 16 m dari dasar model. Posisi ini digambarkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Posisi muka air tanah
Sumber: Hasil Analisa

Posisi muka air tanah terletak pada bagian bawah lereng.

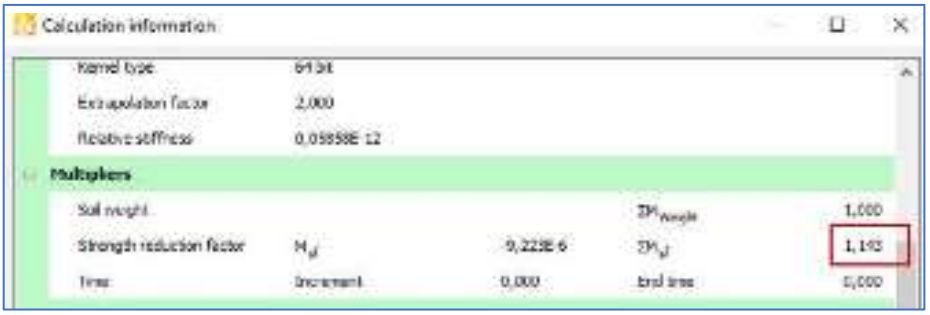
Setelah geometri lereng eksisting dan dua lapisan tanah selesai didefinisikan, tahap berikutnya dalam PLAXIS 2D adalah melakukan *meshing*, yaitu proses membagi model menjadi elemen-elemen kecil (finite element mesh) agar analisis dapat dilakukan. Hasil proses ini ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hasil Analisa (Run) Lereng Sebelum Perkuatan DPT

Sumber: Hasil Analisa

Tampilan hasil analisa plaxis dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4. 4 Hasil Output Faktor Keamanan Lereng Kondisi Awal
Sumber: Hasil Analisa

Pada akhir tahap perhitungan, PLAXIS secara otomatis menghasilkan nilai Faktor Keamanan (Safety Factor/SF) dari lereng yang dianalisis. Berdasarkan SNI 8460:2017, nilai SF yang disyaratkan untuk stabilitas lereng umumnya adalah 1,25 atau 1,5. Karena hasil perhitungan menunjukkan SF hanya sebesar 1,143 (masih di bawah batas aman), maka lereng ini dinyatakan dalam kondisi kurang stabil atau kritis. Oleh karena itu, diperlukan perkuatan berupa Dinding Penahan Tanah (DPT) tipe kantilever pada lereng tersebut.

4.2 Data Tanah & Geometri pada Analisa Dinding Tipe Gravitasi

a) Data perhitungan dimensi dinding penahan tanah (DPT)

Dalam proses perencanaan dinding penahan tanah (DPT), diperlukan sejumlah data sebagai dasar untuk melakukan perhitungan dan analisis. Data-data tersebut digunakan dalam perencanaan dinding penahan tanah tipe gravitasi, sehingga diperoleh dimensi. Data -data tersebut dikumpulkan dalam tabel 4.1 dibawah.

Tabel 4.1 Data Tanah dalam Perencanaan

No	Parameter	Nilai
1	Kohesi Tanah (C'_1)	0
2	Berat Volume Tanah (γ_1)	18 kN/m^3
3	Sudut Geser Dalam Tanah (φ'_1)	30°

Dimana selanjutnya data -data tanah akan disajikan pada tabel lanjutan.

Tabel 4.2 Data Tanah (Lanjutan)

No	Parameter	Nilai
4	Berat Volume Tanah (γ_2)	25,9 kN/m^3
5	Sudut Geser Dalam Tanah (φ'_2)	23°
6	Kohesi Tanah (C'_2)	19,61
7	Berat Volume Beton (γ_c)	23,58 kN/m^3
8	Sudut Kemiringan Permukaan Tanah Timbunan (α)	10°
9	Tekanan Tanah Aktif (Ka)	0,3495

Tabel 4.3 Data Dimensi DPT

NO	NILAI	NILAI
1	Tinggi DPT (H)	3,8 m
2	Berat Volume Tanah urug ($\gamma 1$)	18 Kn/m3
3	Sudut geser dalam tanah urug ($\varphi' 1$)	30 derajat
4	Kohesi tanah urug (C'1)	0
5	Berat volume tanah dasar ($\gamma 2$)	25,9 Kn/m3
6	Sudut geser dalam tanah dasar ($\phi 2$)	23 derajat
7	Kohesi tanah dasar (C'2)	19,6
8	Sudut tanah diatas DPT	10 derajat
9	Tekanan tanah aktif (Ka)	0,3495
10	Lebar dasar DPT (B)	2,3 m
11	Berat volume pasangan batu	20 Kn/m3
12	Faktor adhesi	0,67

Sumber: Hasil Analisa

4.3 Perencanaan Penampang Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi

1. Nilai H:

   H= 4,4 m.

2. Tekanan Tanah Lateral:

   Gaya aktif rankie per satuan panjang dinding adalah $P_a = \frac{1}{2} \gamma_1 H'^2 K_a$ Untuk φ'_1 =

30° dan α= 10° nilai K_a adalah sama dengan 0.3495. Dengan demikian,

Pa = 60,9 kN/m

Karena α= 10° , maka :

$P_v = P_a \sin 10°$

=60,9 (sin 10°)

=10,6 kN/m

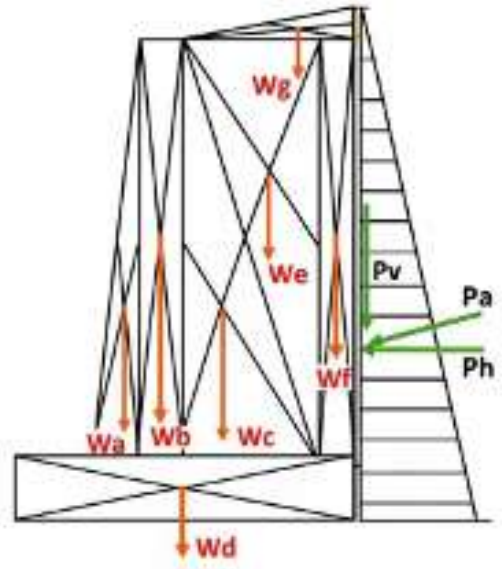
$P_h = P_a \cos 10°$

=60,9 (cos 10°)

=60,0 kN/m

3. Menghitung momen penahan

Momen penahan (*resisting moment*) adalah akumulasi dari momen-momen gaya yang bekerja untuk menjaga struktur atau massa tanah tetap berada di tempatnya (stabil) dan melawan kecenderungan untuk terguling atau longsor.



Gambar 4.5. Distribusi Gaya Beban Penahan

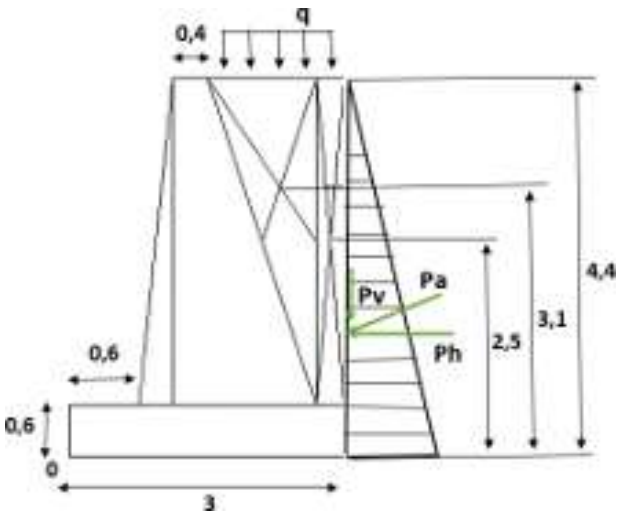
Tabel 4.4 Momen Penahan

No.	Luas Bidang	Berat Volume	Gaya Vertikal (kN)	Jarak ke O (m)	momen ke O (kN.m)	Lebar (m)	Tinggi (m)
A	0,76	20	15,2	0,87	13,224	0,4	3,8
B	1,52	20	30,4	1,2	36,48	0,4	3,8
C	2,413	20	48,26	1,82	87,8332	1,27	3,8
D	1,92	20	38,4	1,5	57,6	3,2	0,6
E	2,413	20	48,26	2,25	108,585	1,27	3,8
F	1,254	18	22,572	2,84	64,10448	0,33	3,8
G	0,224	18	4,032	2,84	11,45088	1,6	0,28
			207,124		379,2776		

$\gamma_{pasangan.batu} = 23{,}58\ kN/m^3$

4.4. Perhitungan Stabilitas Terhadap Guling

Bila angka keamanan hasil perhitungan lebih besar dari 2 maka dinding penahan tanah dianggap aman.



Gambar 4.6. Gaya-Gaya Momen Guling

1. Perhitungan Beban Merata (q)

q=γ× H^1

=18 kN/m^3 × 0,353 m

=6,354 kN/ m^2

b) Menghitung Komponen Akibat Tanah Urug tas

gaya resultan miring (P_{aq}):

$P_{aq} = q \times K_a \times H$

$P_{aq} = 6{,}354\ \text{kN}/m^2 \times 0{,}3495 \times 4{,}4\ m$

$P_{aq} = 9{,}79\ kN/m$

Lengan momen (y_1)

$y_1 = \frac{1}{2} \times h$

$y_1 = \frac{1}{2} \times 4{,}4$

$y_1 = 2{,}2\ m$

Momen guling akibat urugan atas (M_{o1})

$M_{o1} = P_{aqx} \times y_1$

$M_{o1} = 9{,}79\ kN/m \times 2{,}2\ m$

$M_{o1} = 21{,}54$ kN/m.m

c) Akibat Berat Sendiri Tanah (H = 4,4 m)

Gaya resultan miring (P_{ah})

$$P_{ah} = \frac{1}{2}(\gamma)(H)^2(ka)$$

$$P_{ah} = \frac{1}{2}(18\ \text{kN}/m^3)(4{,}4\ m)^2(0{,}3495)$$

$P_{ah} = 60{,}896$ kN/m

Lengan momen (y_2)

$$y_2 = \frac{1}{3} \times h$$

$$y_2 = \frac{1}{3} \times 4{,}4$$

$y_2 = 1{,}47\ m$

Momen guling akibat berat sendiri tanah (M_{o2})

$M_{o2} = P_{ah} \times y_2$

$M_{o2} = 60{,}896\ \frac{kN}{m} \times 1{,}47\ m$

$M_{o2} = 89{,}517$ kN.m/m

Rekapitulasi total gaya horizontal dan momen guling:

a. Total gaya horizontal

$P_{total\,x} = P_{aq} + P_{ah}$

$P_{total\,x} = 9{,}79\ kN/m + 60{,}896$ kN/m

$P_{total\,x} = 70{,}686\ kN/m$

b. Total momen guling

$M_o = M_{o1} + M_{o2}$

$M_o = 21{,}54\ kN.\frac{m}{m} + 89{,}517 kN.m/m$

$M_o = 111{,}057\ kN.m/m$

Tabel 4.5 Distribusi Beban Guling

No	Kompenen beban	Gaya horizontal $(P)_x$	Lengan Momen (y)	Momen guling (M_o)
1	Urugan atas (q=6,354 kN/m3)	9,79 kN/m	2,4 m	23,496 $kN.m/m$
2	Berat sendiri tanah (H=4,4 m)	60,896 kN/m	2,6 m	158,34 $kN.m/m$
	ΣH			181,84 $kN.m/m$

Cek faktor keamanan terhadap Momen guling:

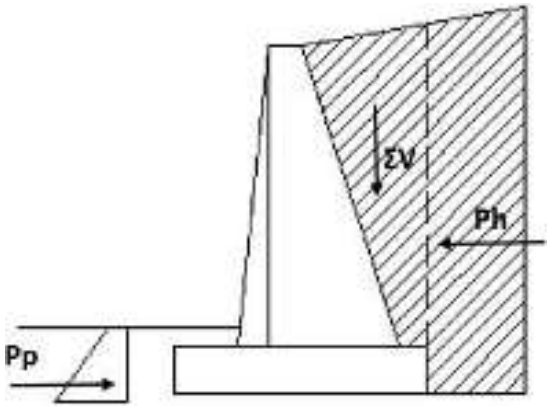
$$FK_{guling} = \frac{\Sigma M_R}{M_o}$$

$$= \frac{379{,}2776}{181{,}34}$$

$$= 2{,}2 > 2 \qquad \textbf{(aman)}$$

4.5. Cek Stabilitas Terhadap Geser

Syarat aman adalah jika angka keamanan di dapat lebih besar dari 1,5.



Gambar 4.7. Gaya -gaya Terhadap Geser

Cek faktor keamanan terhadap geser:

Dari persamaan yang diguakan:

$$FK_{geser} = \frac{(\Sigma V)\tan(k_1\varphi_2) + BK_2C'_2 + P_p}{P_a \cos\alpha}$$

Perhitungan koefisien tanah dan tekanan tanah :

Misalkan $K_1 = K_2 = \frac{2}{3}$

Menghitung K_p

$K_p=\tan^2(45+\frac{\varphi'_2}{2})$

$=\tan^2(45+11,5)$

$=2,28$

Menghitung P_p

$P_p=\frac{1}{2}K_p\gamma_2 D^2+2c'_2\sqrt{K_p}D$

$P_p=\frac{1}{2}(2,28)(25,9)(1)^2+2(19,61)(\sqrt{2,28})(1)$

$P_p=29,53+59,22$

$P_p=88,8$ kN/m

Oleh karena itu:

$FK_{geser}=\frac{(\Sigma V)\tan(k_1\varphi_2)+BK_2C'_2+P_p}{P_a\cos\alpha}$

$FK_{geser}=\frac{(207,124)\tan^2(\frac{1}{3}\times 23)+(2,8)^2(19,61)+88,8}{69,97}$

$FK_{geser}=\frac{173,74}{69,97}$

$FK_{geser}=2,4831 > 1,5$ (**aman**)

4.6 Cek Terhadap Daya Dukung Tanah

Dinding penahan tanah dikategorikan aman terhadap keruntuhan jika angka keamanannya lebih besar dari pada 3.

Perhitungan stabilitas daya dukung tanah sebagai berikut:

Pertama, perlu dihitung nilai eksentrisitas beban . Apabila diperoleh nilai $e \leq B/6$ atau $e \geq B/6$ maka perhitungan nilai q dengan cara mayerhof (1963) yaitu:

$q=\frac{V}{B}(1 \pm 6e/B)$ bila $e \leq B/6$

$q=\frac{2V}{3(B-2e)}$ bila $e \geq B/6$

Berikut perhitungan nilai eksentrisitas:

$$e = \frac{B}{2} \frac{\Sigma M_R - \Sigma M_O}{\Sigma V}; \; e = \frac{3}{2} - \frac{379,28 - 181,84}{207,124} = 0,447$$

Diperoleh:

$$e \leq \frac{B}{6}$$

$$0,447 \leq \frac{3}{6}$$

$$0,447 \leq 0,5$$

Kembali, dari Pers. (2.66) dan (2.67)

$$q^{toe}_{heel} = \frac{\Sigma V}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$$

$$q^{toe}_{heel} = \frac{207,124}{3}\left(1 \pm \frac{6(0,447)}{3}\right)$$

$$= 129,86 \text{ (toe)}$$

$$= 18,213 \text{ (heel)}$$

Untuk $\varphi'_2 = 23°$ maka diperoleh nilai *general shear* sebagai berikut :

$N_C = 18,05$

$N_q = 8,66$

$N_\gamma = 8,2$

a) Menghitung Tegangan Efektif Pondasi

$q = \gamma_2 D$

$q = (25,9)(1)$

$q = 25,9 \text{ kN/m}^2$

b) Menghitung lebar efektif

$B' = B - 2e$

$B' = 3 - 2(0,447)$

$B' = 2,247 \text{ m}$

Menghitung Faktor Kedalaman

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan\varphi'_2 (1 - \sin\varphi'_2)^2 \left(\frac{D}{B'}\right)$$

$$F_{qd} = 1 + (2 \times 0,4244) \times (1 - 0,390)^2 \times \left(\frac{1}{3}\right) = 1,153 \text{ m}$$

$$F_{cd}=F_{qd}-\frac{1-F_{qd}}{N_C\tan\varphi'_2}$$

$$F_{cd}=1{,}166-\frac{1-1{,}153}{(18{,}05)(\tan 23°)}=1{,}173$$

$$F_{\gamma d}=1$$

Menghitung Faktor Kemiringan

$$\psi=\tan^{-1}\left(\frac{P_a\cos\alpha}{\Sigma V}\right)=\tan^{-1}\left(\frac{69{,}97}{207{,}124}\right)=17{,}49°$$

$$F_{ci}=F_{qi}=\left(1-\frac{\psi°}{90°}\right)^2$$

$$F_{ci}=F_{qi}=\left(1-\frac{17{,}49°}{90°}\right)^2$$

$$F_{ci}=F_{qi}=0{,}6492$$

$$F_{yi}=\left(1-\frac{\psi°}{\varphi'_2}\right)^2$$

$$F_{yi}=\left(1-\frac{17{,}49}{23}\right)^2=0$$

Sehingga, didapatkan nila qu sebagai berikut:

Kapasitas dukung ultimit tanah dapat ditentukan dari Persamaan dibawah ini:

$$q_u=C'_2N_CF_{cd}F_{ci}+qN_qF_{qd}F_{qi}+\frac{1}{2}\gamma_2B'N_\gamma F_{\gamma d}F_{yi}$$

$$q_u=(19{,}61)(18{,}05)(1{,}173)(0{,}6492)+(25{,}9)(8{,}66)(1{,}153)(0{,}6492)$$
$$+\frac{1}{2}(25{,}9)(2{,}065)(8{,}2)(1)(0)$$

$$q_u=269{,}5+167{,}8+0$$

$$q_u=437{,}3\text{kN/m}^2$$

Cek faktor keamanan daya dukung tanah

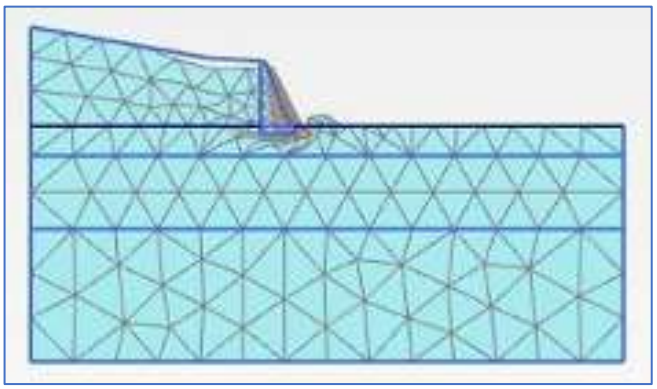
$$FS_{\text{daya dukung tanah}}=\frac{q_u}{q_{toe}}$$

$$FS_{\text{daya dukung tanah}}=\frac{437{,}3}{129{,}86}$$

$FS_{\text{daya dukung tanah}}=3{,}36>3$ **(aman)**

4.7 Faktor Keamanan Lereng Sesudah Perkuatan

Setelah dilakukan analisis terhadap kondisi lereng eksisting yang menunjukkan status kritis, langkah selanjutnya adalah proses *mesh generation* ulang. Langkah diskretisasi ini bertujuan untuk membagi seluruh domain material baik tanah maupun struktur beton menjadi elemen-elemen segitiga (*finite element mesh*) berskala kecil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8. Tampilan dibawah menunjukkan hasil analisa Plaxis.



Gambar 4.8 Tampilan Hasil Analisa Plaxis pada Kondisi Akhir

Sumber: Hasil Analisa

Setelah dibuat perkuatan dinding penahan tanah grafitasi, dilakukan perhitungan Faktor Keamanan (FK) lereng kembali. Gambar diatas memperlihatkan tampilan hasil analisa Plaxis pada kondisi setelah ditambahkan dinding perkuatan pada lereng.



Gambar 4.9 Nilai Faktor Keamanan Lereng Kondisi Akhir Hasil Analisa Plaxis

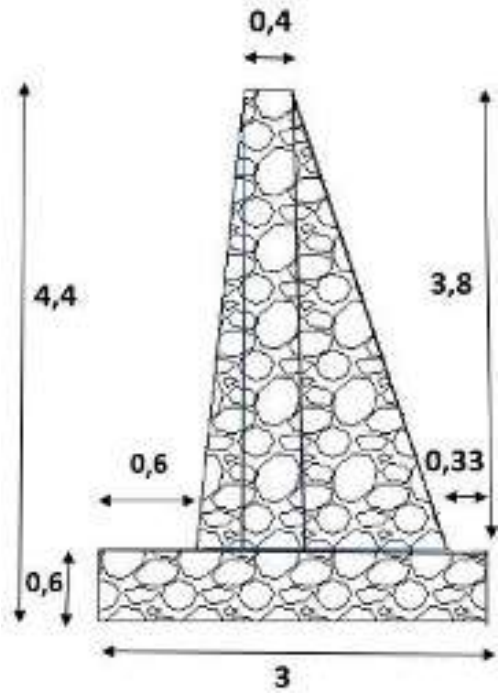
Sumber: Hasil Analisa

Gambar diatas memperlihatkan Faktor Keamanan lereng setelah diperkuat menggunakan dinding penahan tanah gravitasi sebesar 1,583.

4.8 Pembahasan

Dari analisa yang dilakukan diketahui bahwa:

Berdasarkan hasil analisis, kondisi awal lereng di tepian Sungai Majo memiliki faktor keamanan sebesar 1,145, sehingga termasuk kategori kritis dan berpotensi mengalami kelongsoran. Dimensi Dinding Penahan Tanah dapat dilihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10 Dimensi dalam satuan meter
Sumber: Hasil Analisa

Gambar diatas adalah dinding penahan tanah dengan ukuran yang telah memenuhi persyaratan pendisainan yaitu:

a) Cek Stabilitas Terhadap Penggulingan (Fgl) = 2,2 (memenuhi syarat, lebih besar dari 1,5).
b) Cek stabilitas terhadap penggeseran (Fgs) = 2,48 (memenuhi syarat, lebih besar dari 1,5).
c) Cek stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung: Faktor Keamanan = 3,36 (memenuhi syarat, lebih besar dari 3).
d) Kondisi lereng akhir (setelah perkuatan) mempunyai Faktor Keamanan (FK) lereng sebesar = 1,585, hal ini menunjukkan lereng dalam kondisi aman.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa dan pembahasan terhadap hasil perencanaan dinding penahan tanah tipe gravitasi, dapat diambil hasil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis, kondisi awal lereng di tepian Sungai Majo memiliki faktor keamanan sebesar 1,145, sehingga termasuk kategori kritis dan berpotensi mengalami kelongsoran.
2. Perencanaan dinding penahan tanah tipe gravitasi menghasilkan nilai stabilitas yang memenuhi syarat, yaitu faktor keamanan terhadap penggulingan sebesar 2,2, terhadap penggeseran sebesar 2,48, dan terhadap keruntuhan daya dukung sebesar 3,36.
3. Hasil pemodelan menggunakan software Plaxis menunjukkan bahwa setelah pemasangan dinding penahan tanah tipe gravitasi, faktor keamanan lereng meningkat menjadi 1,589.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan Analisa peningkatan factor keamanan dinding penahan tanah gravitasi, maka penulis memberikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk mempertimbangkan pengaruh muka air tanah, fluktuasi muka air sungai, serta beban gempa agar hasil analisis stabilitas lereng lebih mendekati kondisi yang terjadi di lapangan.
2. Penelitian selanjutnya dapat membandingkan efektivitas dinding penahan tanah tipe gravitasi dengan tipe dinding penahan lainnya, seperti dinding kantilever, sheet pile, atau sistem perkuatan menggunakan geotekstil, sehingga dapat diperoleh alternatif desain yang lebih efektif dan ekonomis.
3. Penggunaan parameter tanah sebaiknya didasarkan pada hasil penyelidikan tanah yang lebih lengkap dan detail, baik melalui pengujian laboratorium

maupun pengujian lapangan, sehingga hasil analisis numerik menggunakan *PLAXIS* menjadi lebih akurat.

4. Dalam pelaksanaan pembangunan dinding penahan tanah, perlu diperhatikan kualitas material, dimensi konstruksi, serta sistem drainase di belakang dinding agar tekanan air pori tidak meningkat dan stabilitas lereng tetap terjaga.
5. Instansi terkait disarankan untuk melakukan pemantauan dan pemeliharaan secara berkala terhadap kondisi lereng dan dinding penahan tanah, terutama setelah terjadi hujan dengan intensitas tinggi atau banjir, guna mengantisipasi terjadinya kerusakan maupun penurunan tingkat keamanan lereng.
6. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dalam perencanaan penanganan lereng pada kawasan tepian sungai yang memiliki karakteristik tanah dan kondisi geoteknik yang serupa.

DAFTAR PUSTAKA

" Badan Standardisasi Nasional Standar Nasional Indonesia Persyaratan perancangan geoteknik. (2017). www.bsn.go.id

Aisah, E., Nasrullah, A., Sipil, T., Teknologi, I., Alam, P., Siagim, J. M., Mbacang, S., Dempo, K., & Kota, T. (2025). Analisis Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, *11*(1).

El Sawy, O. A. . (2001). *Redesigning enterprise processes for e-business*. Irwin/McGraw-Hill.

Kanisius, P., Banda, K., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Kusuma, U. W., Surabaya, K., & Timur, J. (2025). *TIPE GRAVITY WALL DI SUNGAI MANIKIN KABUPATEN KUPANG*. *13*(2), 211–219.

L Braja, J. 1, Bahasa, A., & Noor, L. (n.d.). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*.

Maitimu, A., Pellu, S., & Latar, S. (2025). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Pada Area Longsor di Desa Hunuth, Kecamatan Teluk Ambon Kota Ambon. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, *2*(3), 660–670. https://doi.org/10.59837/jpnmb.v2i3.574

Maulidah, Y., Imron, Diantoro, W., Khamid, A., & Wahidin. (2023). Analisis Perencanaan terhadap Kinerja Dinding Penahan Tanah di Dukuh Padanama, Desa Mendala, Kecamatan Sirampog, Kabupaten Brebes. *Era Sains: Jurnal Penelitian Sains, Keteknikan Dan Informatika*, *1*(3), 48–65.

Yusuf, D., Hutubessy, V. R. R., & Soumokil, M. D. (2024). Perencanaan Dinding Penahan Badan Jalan Tipe Gravitasi Studi Kasus : Peningkatan Jalan Haruku-Oma Ruas JalanAboru-Haruku. *Journal Agregate*, *3*(1), 43–53.

LAMPIRAN



Proses pengambilan *sample* tanah untuk diuji di laboratorium



Proses Pengujian Tanah menggunakan alat *Hydraulic Cone Penetration Test* (CPT).



Pengukuran elevasi tanah menggunakan GPS RTK (*Real-Time Kinematic*)



Kondisi *eksisting* lereng

CV. RIDHO REGINA BERJAYA
PENGUJIAN SAMPEL UNDISTURBED
Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin

CV. GEOTEKNIK PRATAMA JALAN ALAMSYAH RATU PRAWIRANEGARA, KELURAHAN KARANG JAYA, KECAMATAN GANDUS PALEMBANG 30139
geoteknikpratama.cv@gmail.com
0811 7193 206 0811 7193 206

CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK LR. PERSATUAN NO. 6 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN KODE POS 30139
geoteknikpratama.cv@gmail.com

Pelanggan	:	CV. RIDHO REGINA BERJAYA
Proyek	:	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin
Lokasi	:	Sungai Majo
Registrasi	:	419/GP-PLB/IX/2025

RESUME PENGUJIAN TANAH

Tanggal Terima Sampel	:	01 September 2025	Kode Sampel	:	Ex. Sungai Majo
Tanggal Preparasi	:	08 - 09 September 2025	Di Kerjakan	:	Muhammad Aji
Tanggal Pengujian	:	09 Sep - 16 Sep 2025	Di Periksa	:	Yudi Hartanto, S.T, M.T

Sifat Tanah	No.	Parameter	Simbol	Ex. Talang Jambe	Satuan	Metode Standar
FISIK	1]	Kadar Air	ω	52,88	%	SNI 1965 2008
	2]	Berat Jenis	Gs	2,64	-	SNI 1964 2008
TEKSTUR TANAH	3]	Analisa Saringan				SNI 3423 2008
		Persentase Lolos				
		19,00 mm	3/4"	100,00	%	
		9,50 mm	3/8"	100,00	%	
		4,75 mm	No. 4	100,00	%	
		2,00 mm	No. 10	100,00	%	
		0,85 mm	No. 20	100,00	%	
		0,425 mm	No. 40	100,00	%	
		0,25 mm	No. 60	99,91	%	
		0,15 mm	No. 100	99,75	%	
		0,075 mm	No. 200	99,43	%	
		Koefisien Keseragaman	C_u (D_{60} / D_{10})	30,50	-	
		Koefisien Kelengkungan	C_c D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})	0,41	-	
	4]	Komposisi Material				SNI 3423 2008
		≥ 4,75 mm	Kerikil	0,43	%	
		4,75 - 2,00 mm	Pasir Kasar	1,32	%	
		2,00 - 0,420 mm	Pasir Sedang	3,31	%	
		0,420 - 0,075 mm	Pasir Halus	13,86	%	
		0,075 - 0,005 mm	Lanau	58,16	%	
		< 0,002 mm	Lempung	22,93	%	
KONSISTENSI TANAH	5]	Batas Susut	SL	18,67	%	SNI 3422 : 2008
		Susut Linear	LS	10,41	%	
	6]	Atterberg Limit				SNI 1966 2008
		Batas Cair	LL	67,84	%	
		Batas Plastis	PL	30,27	%	
		Plastisitas Indeks	PI	37,57	%	
		Indeks Cair	LI	0,60	-	
KLASIFIKASI	7]	Nilai Aktifity	(Ac)	1,64	-	PD T 10 2005 B
	8]	Klasifikasi Tanah	USCS	CH	-	SNI 6371 : 2015
			AASHTO	A-7	-	SNI 03 6797 2002
		Grup Indeks	GI	28	-	
MEKANIS TANAH	9]	Berat Isi Tanah	Berat Isi (γb)	1,64	%	SNI 03 3637 1994
			Berat Isi kering (γdry)	2,64	gr/cm³	
			Angka Pori, (e)	1,46	-	
			Porositas, (n)	0,59	-	
			Derajat Kejenuhan, (Sr)	95,66	%	
	10]	Kuat Tekan Bebas	Kuat tekan, q_u	1,44	gr/cm²	ASTM 2166
			Kuat Geser, S_u	0,72	gr/cm²	
	11]	Kuat Geser Langsung	Sudut Geser, ϕ	23,01	o	ASTM 3080
			Kohesi, C	0,20	kg/cm²	

Palembang, 16 September 2025
CV. GEOTEKNIK PRATAMA

Yudi Hartanto, S.T, M.T
Laboratorium Teknik

CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK I.R. PERKITUIT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN KODE POS 30139
geoteknikpratama.cv@gmail.com

Pelanggan	:	CV. RIDHO REGINA BERJAYA
Proyek	:	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin
Lokasi	:	Sungai Majo
Registrasi	:	419/GP-PLB/IX/2025

KADAR AIR NATURAL

Kedalaman	:	Ex. Sungai Majo	Tanggal Terima	:	01 September 2025
Jenis Tanah	:	Lanau Kelempungan	Tanggal Pengujian	:	09 Sep - 16 Sep 2025
Metode Standar	:	SNI 1965 2008	Di Kerjakan	:	Muhammad Aji
Temperatur	:	110 ± 5 ^{0}C	Di Periksa	:	Yudi Harianto, S.t, M.T

No.	Keterangan		Sampel No.		Rata-rata
			G.7	G.6	
1	Berat Cawan + Tanah Basah (gram), W1	gr	290,40	340	
2	Berat Cawan + Tanah Kering (gram), W2	gr	201,40	234,10	
3	Berat Air (gram), W3 = (W1-W2)	gr	89	105,9	
4	Berat Cawan (gram), W4	gr	33,6	33,2	
5	Berat Tanah Kering (gram), W5 = (W2-W4)	gr	167,8	200,9	
6	Kadar Air, ω = [(W3/W5)*100]	%	53,04	52,71	52,88

CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK I.R. PERKITUIT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN KODE POS 30139
geoteknikpratama.cv@gmail.com

Pelanggan	:	CV. RIDHO REGINA BERJAYA
Proyek	:	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin
Lokasi	:	Sungai Majo
Registrasi	:	419/GP-PLB/IX/2025

BERAT JENIS

Kedalaman	:	Ex. Sungai Majo	Tanggal Terima	:	01-Sep-25
Jenis Tanah	:	Lanau Kelempungan	Tanggal Pengujian	:	09 Sep - 16 Sep 2025
Metode Standar	:	SNI 1964 2008	Di Kerjakan	:	Muhammad Aji
Material Lolos Saringan	:	No. 10 (2,0 mm)	Di Periksa	:	Yudi Harianto, S.t, M.T

No.	Keterangan		Sampel No.		Rata-rata
			8	5	
1	Berat Piknometer (W_1)	gr	31,92	40,52	
2	Berat Piknometer + Sampel (W_2)	gr	50,12	57,51	
3	Koreksi Faktor Density Air 15^oC	-	0,9997	0,9997	
4	Berat Piknometer +Sampel + Air (W_4)	gr	93,89	97,65	
5	Berat Piknometer + Air (W_5)	gr	82,55	87,12	
6	Berat Jenis = $[(W_2-W_1)/((W_2-W_1)-(W_4-W_5))]$		2,65	2,63	2,64

CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK I.R. PERKITUT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN KODE POS 30139
geoteknikpratama.cv@gmail.com

Pelanggan	:	CV. RIDHO REGINA BERJAYA
Proyek	:	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin
Lokasi	:	Sungai Majo
Registrasi	:	419/GP-PLB/IX/2025

BERAT ISI TANAH

Kedalaman	Ex. Sungai Majo	Tanggal Terima	:	01-Sep-25
Jenis Tanah	Lanau Kelempungan	Tanggal Pengujian	:	09 Sep - 16 Sep 2025
Metode Standar	SNI 03 3637 1994	Di Kerjakan	:	Muhammad Aji
Temperatur	110 ± 5 OC	Di Periksa	:	Yudi Harianto, S.t, M.T

No.	Keterangan	SIMBOL	SATUAN	Sampel No.			Rata -Rata
				I	II	III	
1	Berat Cicin	W_1	gr	72,92	72,92	72,92	-
2	Berat Cicin + Tanah Basah	W_2	gr	172,80	172,55	172,70	-
3	Berat Tanah Basah	$W = W_2 - W_1$	gr	99,88	99,63	99,78	-
4	Volume Tanah Basah	V	cm^3	60,79	60,79	60,79	-
5	Berat Isi Tanah Basah	γ_b	gr/cm^3	1,64	1,64	1,64	1,64
6	Berat Isi Tanah Kering	γ_{dry}	gr/cm^3	1,07	1,07	1,07	1,07
7	Berat Jenis Spesifik	Gs	Gs	2,64	2,64	2,64	2,64
8	Kadar Air	ω	%	52,88	52,88	52,88	52,88
9	Angka Pori	e	-	1,46	1,46	1,46	1,46
10	Porositas	n	-	0,59	0,59	0,59	0,59
11	Derajat Kejenuhan	Sr	%	95,85	95,45	95,69	95,66

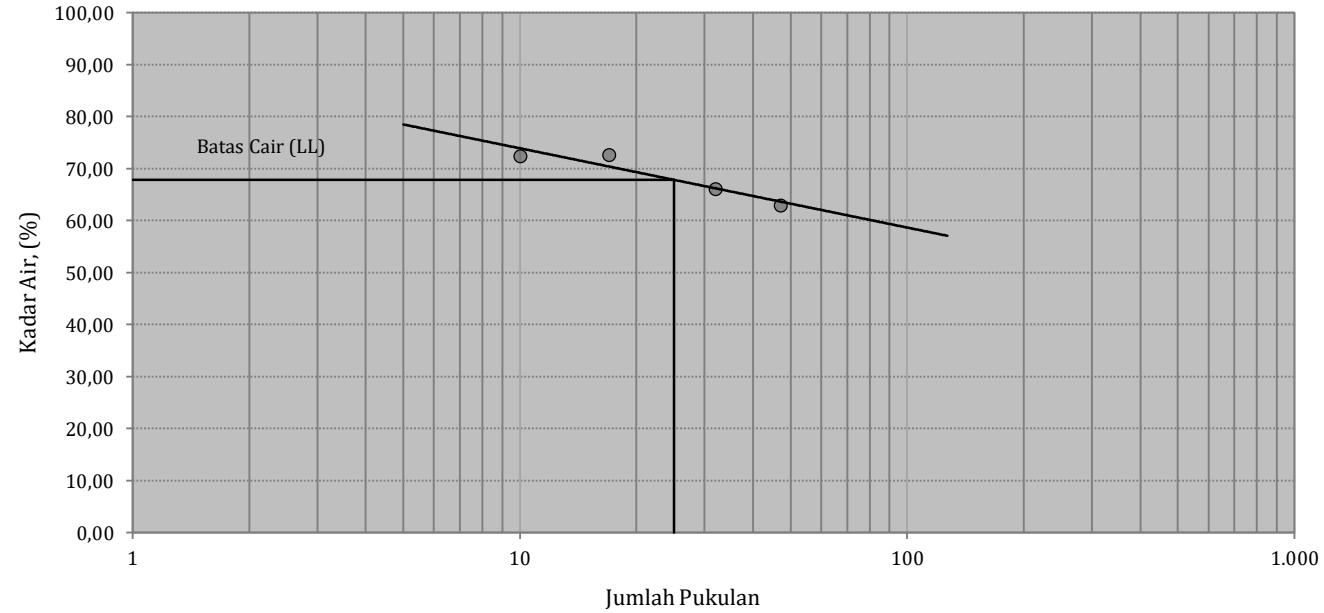
CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK I.R. PERKITUIT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN KODE POS 30139
geoteknikpratama.cv@gmail.com

Pelanggan	:	CV. RIDHO REGINA BERJAYA
Proyek	:	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin
Lokasi	:	Sungai Majo
Registrasi	:	419/GP-PLB/IX/2025

BATAS CAIR, LL & BATAS PLASTIS, PL

Kedalaman	:	Ex. Sungai Majo	Tanggal Terima	:	01 September 2025
Jenis Tanah	:	Lanau Kelempungan	Tanggal Pengujian	:	09 Sep - 16 Sep 2025
Metode Standar	:	SNI 1966 2008	Di Kerjakan	:	Muhammad Aji
Material Lolos Saringan	:	No. 40	Di Periksa	:	Yudi Harianto, S.t, M.T

	Batas Cair				Batas Plastis	
No. Tes	1	2	3	4	5	6
Jumlah Pukulan	10	17	32	47	-	
No. Cawan	G.7	C.1	K.8	M.1	K.4	B.9
Berat Cawan + S. Basah	47,20	48,78	46,92	50,61	28,21	30,61
Berat Cawan + S. Kering	31,51	32,25	41,95	44,32	24,32	25,90
Berat Cawan	9,85	9,50	34,43	34,33	11,45	10,36
Berat Air	15,69	16,53	4,97	6,29	3,89	4,71
Berat Sampel Kering	21,66	22,75	7,52	9,99	12,87	15,54
Kadar Air	72,44	72,66	66,09	62,96	30,23	30,31
				Rata-rata, PL	30,27	



Batas Cair, (LL)	**67,84**
Batas Plastis, (PL)	**30,27**
Indeks Plastisitas, (PI)	**37,57**

Keterangan	CL	ML	CH/MH
Batas Spesfikasi	LL < 50, PI > 7	LL < 50, PI < 4	LL > 50, PI > 20

CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK I.R. PERKITUIT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN KODE POS 30139
geoteknikpratama.cv@gmail.com

Pelanggan	:	CV. RIDHO REGINA BERJAYA
Proyek	:	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin
Lokasi	:	Sungai Majo
Registrasi	:	419/GP-PLB/IX/2025

BATAS SUSUT

Kedalaman	:	Ex. Sungai Majo	Tanggal Terima	:	01 September 2025
Jenis Tanah	:	Lanau Kelempungan	Tanggal Pengujian	:	09 Sep - 16 Sep 2025
Metode Standar	:	SNI 3422 : 2008	Di Kerjakan	:	Muhammad Aji
Lolos Saringan	:	No. 40	Di Periksa	:	Yudi Harianto, S.t, M.T
Berat Jenis Mercury, γhg (gr/ml)	:	13,5	Berat Jenis Air, γw (gr/ml)	:	1,0

Uaraian	Formula	Satuan	Nilai
Berat Cawan	w_1	(gr)	10,32
Berat Cawan + Tanah Basah	w_2	(gr)	25,56
Berat Cawan + Tanah Kering	w_3	(gr)	19,4
Kadar Air Awal	$w_a = ((w_2 - w_3)/(w_3 - w_1))x100$	(%)	67,84
Berat Cawan + *Mercury*	w_4	(gr)	149,1
Berat *Mercury*	$w_5 = (w_4 - w_1)$	(gr)	138,8
Volume Tanah Basah	$V_1 = (w_5 / \gamma_{hg})$	(cm^3)	10,28
Berat Takaran	w_6	(gr)	10,70
Berat Takaran + *Mercury* (sebelum)	w_7	(gr)	1016,5
Berat Takaran + *Mercury* (sesudah)	w_8	(gr)	932,93
Berat *Mercury*	$w_9 = ((w_7 - w_6)/(w_8 - w_6))$	(gr)	83,57
Volume Tanah Kering	$V_2 = (w_9 / \gamma_{hg})$	(cm^3)	6,19
Batas Susut, S_L	$s_L = ((w_a / 100) - v_1 - v_2) \times \gamma_w) / (w_3 - w_1)) \times 100$	(%)	22,83
Ratio Susut, SR	$SR = ((w_3-w_1)/(v_2*\gamma_w))$	-	1,47
Berat Jenis, Gs	$(1/(1/SR-S_L))$	-	2,21
Perubahan Volume, Vs	$(SR*(w_a-S_L))$	(%)	66,03
Susut Linear, Ls	$(100*(1-(100/(V_S+100)^{1/3})))$	(%)	13,26

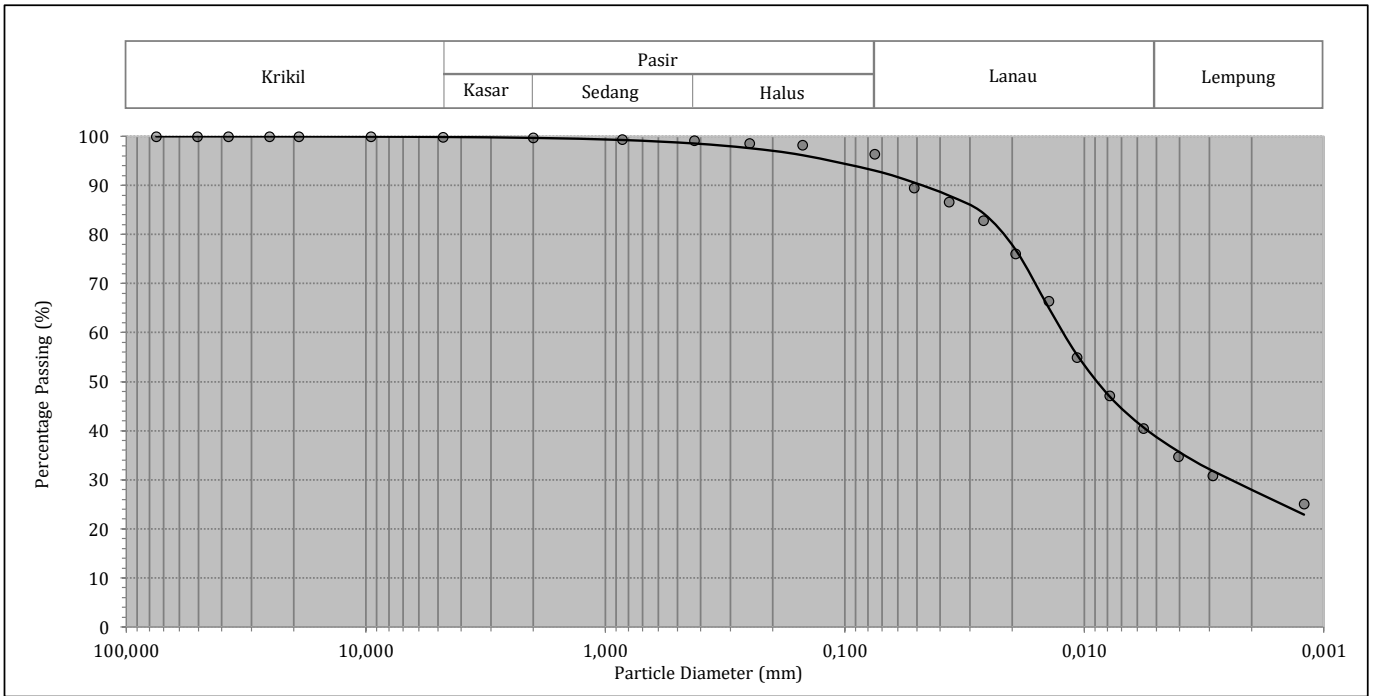
CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK I.R. PERKITUT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN KODE POS 30139
geoteknikpratama.cv@gmail.com

Pelanggan	:	CV. RIDHO REGINA BERJAYA
Proyek	:	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin
Lokasi	:	Sungai Majo
Registrasi	:	419/GP-PLB/IX/2025

ANALISA SARINGAN

Berat Sampel Kering	:	500,11	Tanggal Terima	:	01 September 2025
Berat sampel Tertahan No. 200	:	17,99	Tanggal Pengujian	:	09 Sep - 16 Sep 2025
Berat Sampel Lolos No.200	:	482,12	Metode Pengujian	:	Saringan Basah
Persentase Lolos No.200	:	96,40	Metode Standar	:	SNI 3423 2008

Ukuran Saringan (mm)	Berat Saringan (gr)	Berat Sieve + Sample (gr)	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif Tertahan (gr)	Kumlatif Tertahan (%)	Persentase Lolos (%)
75,0	522,1	522,1	0,00	0,00	0,00	100,00
50,4	476,35	476,35	0,00	0,00	0,00	100,00
37,5	484,95	484,95	0,00	0,00	0,00	100,00
25,2	434,16	434,16	0,00	0,00	0,00	100,00
19,0	397,36	397,36	0,00	0,00	0,00	100,00
9,5	373,2	373,2	0,00	0,00	0,00	100,00
4,75	375,03	375,47	0,44	0,44	0,09	99,91
2,00	359,02	359,83	0,81	1,25	0,25	99,75
0,85	346,12	347,7	1,58	2,83	0,57	99,43
0,425	323,16	324,47	1,31	4,14	0,83	99,17
0,25	323,16	325,61	2,45	6,59	1,32	98,68
0,15	323,16	324,91	1,75	8,34	1,67	98,33
0,075	323,16	332,812316	9,65	17,99	3,60	96,40
Pan			482,12	500,11	100,00	



Kerikil (%)	Pasrir Kasar (%)	Pasir Sedang (%)	Pasir Halus (%)	Lanau (%)	Lempung (%)
0,1	0,2	1,1	5,5	66,0	27,0
Cu, (D_{60} / D_{10})		10,2	Cc, D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})		0,44

CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK I.R. PERKITUIT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN KODE POS 30139
geoteknikpratama.cv@gmail.com

Pelanggan	:	CV. RIDHO REGINA BERJAYA
Proyek	:	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin
Lokasi	:	Sungai Majo
Registrasi	:	419/GP-PLB/IX/2025

HYDROMETER TEST

Water Glass	:	2% @ 125 ml	Berat Jenis, Gs	:	2,640	Tanggal Terima	: 01 September 2025
Berat Tanah Ws	:	50,59	Faktor Koreksi dari Berat Jenis	:	1,010	Tanggal Pengujian	: 09 Sep - 16 Sep 2025
Koreksi Temperature, Cr	:	3,1	Koreksi Meniscus, Cm	:	0,500	Hidrometer	: 152 H
% Lolos No. 200	:	96,40	Hydrometer No.	:	12424	Metode Standar	: SNI 3423 2008

Time, T	Hydrometer Reading,	Temp.	Hydro. Reading Corrected for Meniscus	Zero Correction	K	L cm	Corrected Reading	Diameter	% Finer	Corrected % Finer
0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0,5	45,5	31,0	46,0	2,0	0,01217	8,90	46,6	0,0513	92,93	89,59
1	44,0	31,0	44,5	2,0	0,01217	9,10	45,1	0,0367	89,94	86,70
2	42,0	30,0	42,5	2,0	0,01217	9,40	43,1	0,0264	85,95	82,85
4	38,5	30,0	39,0	2,0	0,01217	10,10	39,6	0,0193	78,96	76,12
8	34,0	29,0	34,5	2,5	0,01217	10,70	34,6	0,0141	68,98	66,50
15	28,0	29,0	28,5	2,5	0,01217	11,70	28,6	0,0107	57,00	54,95
30	24,0	29,0	24,5	2,5	0,01217	12,40	24,6	0,0078	49,01	47,25
60	21,0	28,0	21,5	3,0	0,01217	12,90	21,1	0,0056	42,03	40,51
120	18,0	28,0	18,5	3,0	0,01217	13,30	18,1	0,0041	36,04	34,74
240	16,0	27,0	16,5	3,0	0,01217	13,70	16,1	0,0029	32,04	30,89
1440	13,0	27,5	13,5	3,0	0,01217	14,20	13,1	0,0012	26,05	25,12

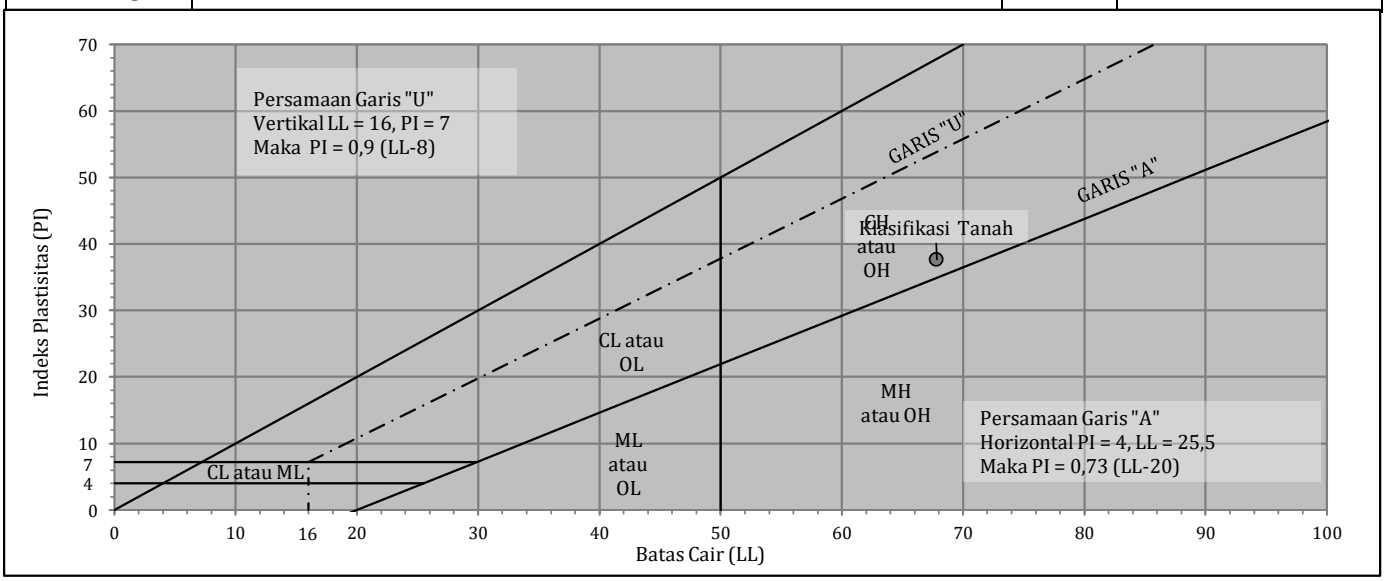
CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK I.R. PERKITUIT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN KODE POS 30139
geoteknikpratama.cv@gmail.com

Pelanggan	:	CV. RIDHO REGINA BERJAYA
Proyek	:	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin
Lokasi	:	Sungai Majo
Registrasi	:	419/GP-PLB/IX/2025

KLASIFIKASI TANAH (USCS)

Kedalaman	:	Ex. Sungai Majo	Tanggal Terima	:	01 September 2025
Jenis Tanah	:	Lanau Kelempungan	Tanggal Pengujian	:	09 Sep - 16 Sep 2025
Metode Standar	:	SNI 6371 : 2015	Di Kerjakan	:	Muhammad Aji
Temperatur	:	-	Di Periksa	:	Yudi Harianto, S.t, M.T

Kriteria Untuk Menetapkan Simbol-Simbol Kelompok dan Nama-Nama Kelompok Menggunakan Pengujian-Pengujian Propertis Tanah				Klasifikasi Tanah	
				Simbol Kelompok	Nama Kelompok
Tanah Berbutir Kasar >50% Tertahan ayakan No. 200	Kerikil (Lebih besar dari 50% Fraksi kasar yang tertahan ayakan No. 4)	Kerikil Bersih (Butiran Halus < 5%)	Cu ≥ 4 dan 1≤ Cc ≤ 3	GW	Kerikil bergradasi baik
			Cu < 4 dan Cc < 1 atau Cc > 3	GP	Kerikil bergradasi jelek
		Kerikil dengan butir halus (butiran halus > 12%	Butiran halus diklasifikasikan sebagai ML atau MH	GM	Kerikil Kelanauan
			Butiran halus diklasifikasikan sebagai CL atau CH	GC	Kerikil Kelempungan
	Pasir (Lebih besar dari ≥ 50% Fraksi kasar yang Lolos ayakan No. 4)	Pasir Bersih (Butiran halus < 5%)	Cu ≥ 6 dan 1 ≤ Cc ≤ 3	SW	Pasir bergradasi baik
			Cu < 6 dan Cc < 1 atau Cc > 3	SP	Pasir bergradasi jelek
		Pasir dengan butir halus (butiran halus > 12%	Butiran halus diklasifikasikan sebagai ML atau MH	SM	Pasir Kelanauan
			Butiran halus diklasifikasikan sebagai CL atau CH	SC	Pasir Kelempungan
Tanah Berbutir Halus ≥ 50% Lolos ayakan No. 200	Lanau dan Lempung batas cair < 50	Non Organik	PI > 7 dan terletak pada atau di atas garis "A"	CL	Lempung Batas cair Rendah
			PI < 4 atau terletak pada garis "A"	ML	Lanau Batas cair Rendah
		Organik	Batas Cair Kering Oven	OL	Lempung Organik
			Batas Cair tidak Kering		Lanau Organik
	Lanau dan Lempung batas cair ≥ 50	Non Organik	PI terletak pada atau di atas garis "A"	CH	Lempung Batas Cair Tinggi
			PI terletak di bawah garis "A"	MH	Lanau elastis
		Organik	Batas Cair Kering Oven	OH	Lempung Organik
			Batas Cair tidak Kering		Lempung Organik
Tanah Berorganik	Secara primer terdiri atas zat-zat organik, berwarna gelap dan berbau organik			PT	Gambut



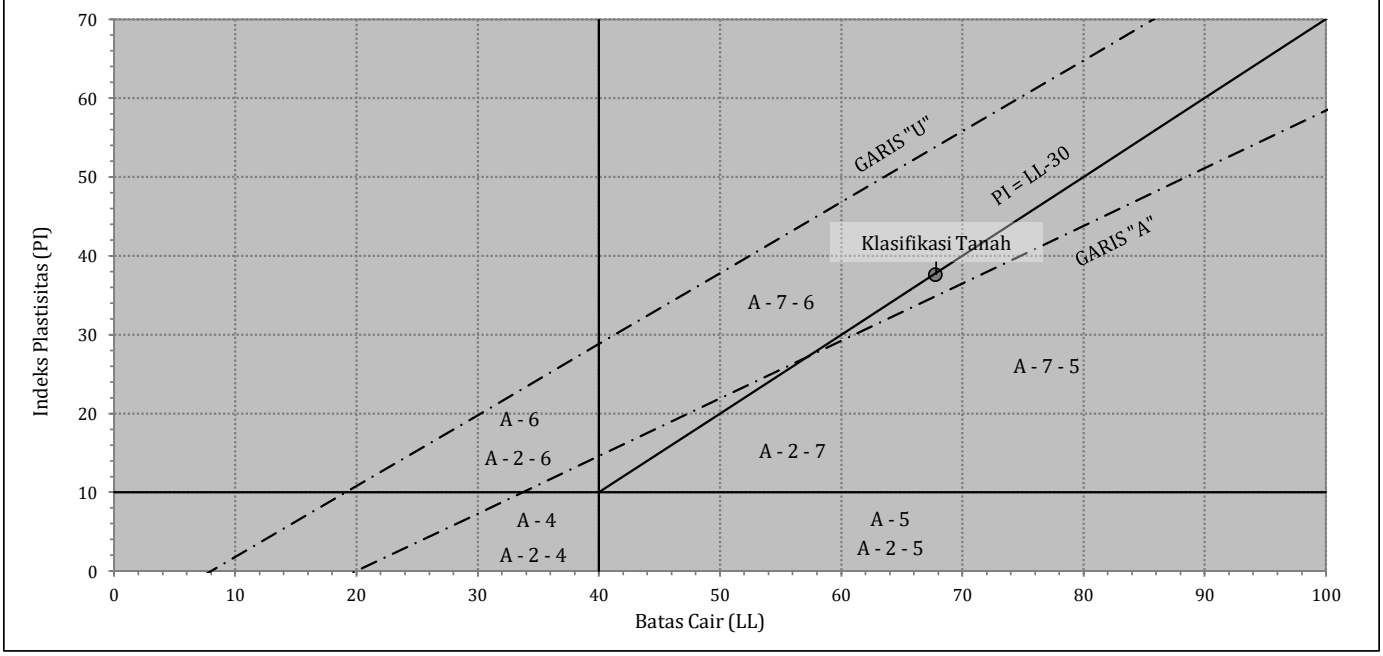
CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK I.R. PERKITTIT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN KODE POS 30139
geoteknikpratama.cv@gmail.com

Pelanggan	:	CV. RIDHO REGINA BERJAYA			
Proyek	:	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin			
Lokasi	:	Sungai Majo			
Registrasi	:	419/GP-PLB/IX/2025			

KLASIFIKASI TANAH (AASHTO)

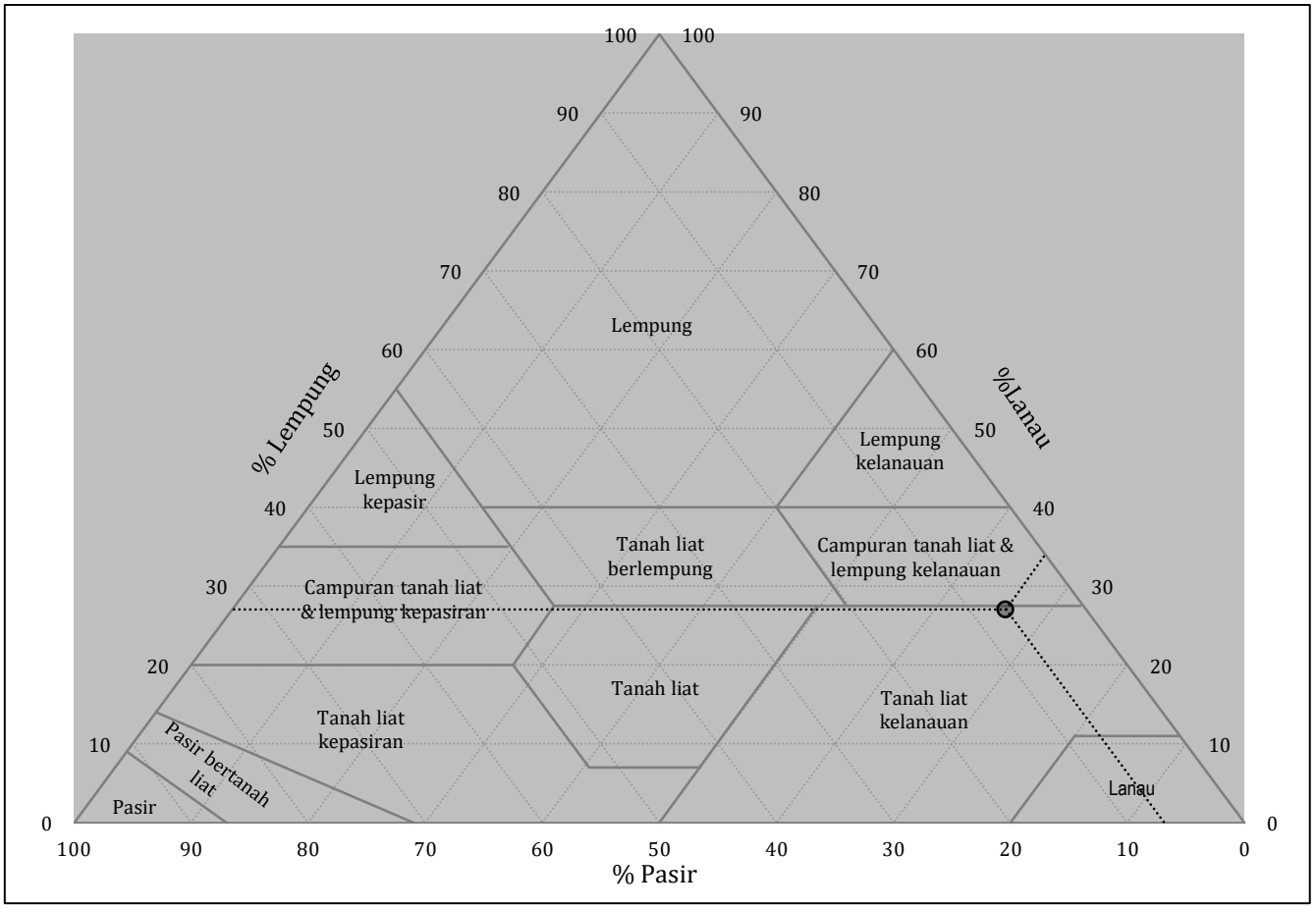
Kedalaman	:	Ex. Sungai Majo	Tanggal Terima	:	01 September 2025
Jenis Tanah	:	Lanau Kelempungan	Tanggal Pengujian	:	09 Sep - 16 Sep 2025
Metode Standar	:	SNI 03 6797 2002	Di Kerjakan	:	Muhammad Aji
Temperatur	:	-	Di Periksa	:	Yudi Harianto, S.t, M.T

Klasifikasi Umum	Material Granular (<35% lolos saringan 200)							Tanah-tanah Lanau-Lempung (>35% lolos saringan No. 200			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 / A-7-6
Analisa Saringan (% lolos)											
2,00 mm (No. 10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (No. 40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (No. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat farksi lolos saringan No. 40											
Batas Cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks Kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	pecahan batu, kerikil dan pasir		pasir halus	kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian Umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			
Indeks Kelompok (GI)								43			



CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK LR. PERKUTUT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN
KODE POS 30139 geoteknikpratama.cv@gmail.com

Pelanggan	:	CV. RIDHO REGINA BERJAYA		
Proyek	:	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin		
Lokasi	:	Sungai Majo		
Registrasi	:	419/GP-PLB/IX/2025		
KLASIFIKASI TANAH SISTEM (USDA)				
Kedalaman	:	Ex. Sungai Majo	Tanggal Terima	: 01 September 2025
Jenis Tanah	:	Lanau Kelempungan	Tanggal Pengujian	: 09 Sep - 16 Sep 2025
##########		SNI 637 : 2015	Di Kerjakan	: Muhammad Aji
Temperatur	:	-	Di Periksa	: Yudi Harianto, S.t, M.T



% Proporsi Fraksi Tanah		
Pasir	Lanau	Lempung
4,75 - 0,075	0,075 - 0,005	< 0,002
6,8	66,0	27,0

CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK LR. PERKUTUT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN
KODE POS 30139 geoteknikpratama_cv@gmail.com

Pelanggan	CV. RIDHO REGINA BERJAYA
Proyek	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin
Lokasi	Sungai Majo
Registrasi	419/GP-PLB/IX/2025

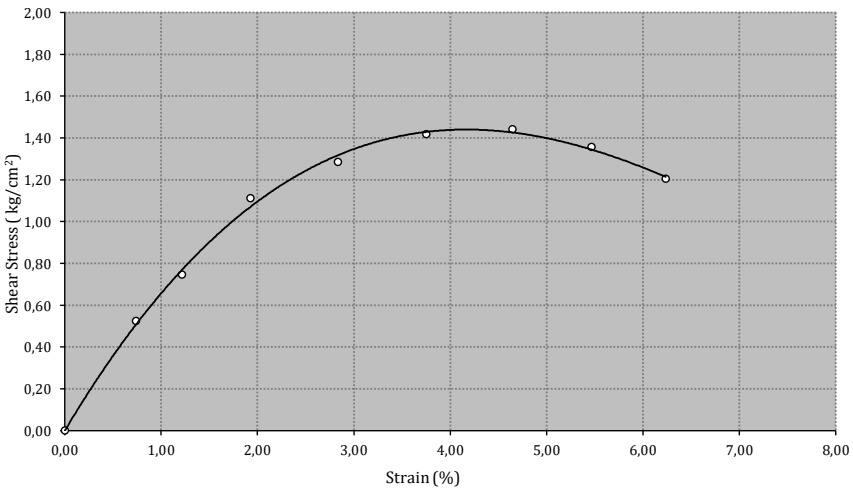
UNCONFINED COMPRESSION STRENGHT

Dimention Of Sampel		Moisture Content		Density in Oven at 105°C	
Diameter, cm :	6,10	Wt. Sampel wet + Can. gr :	78,7	Density of Wet, gr/cm^3 :	1,65
Heihgt, cm :	12,32	Wt. Sampel dry + Can. gr :	57,84	Density of Dry, gr/cm^3 :	1,14
Area, cm^2 :	29,22	Wt. Water gr :	20,86	Specific Grafity :	2,62
Volume, cm^3 :	359,78	Wt. Container, gr :	10,5	Date of Sampling :	01/09/2025
Weight of Sample, gr :	593,21	Wt. dry sampel, gr :	47,34	Date of Testing :	01/09/2025
Calibration, kg/div :	1,103	Moisture Content, (%) :	44,06	Referention :	ASTM 2166

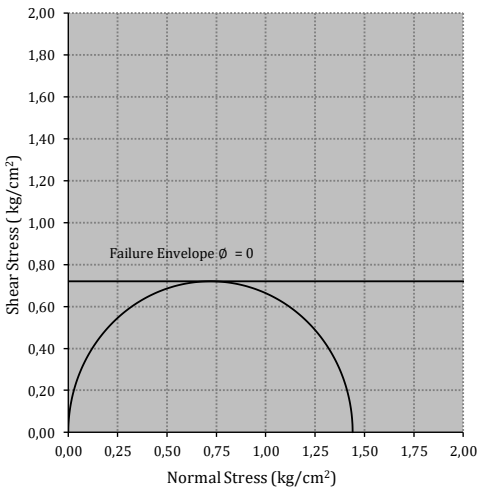
No.	Deformation		Unit Strain, $\Delta L/L_0$	Strain, %	Corected Area (cm^2)	Axial Load		Stress, (kg/cm^2)
	Reading (div)	Strain (cm)				Reading, (div)	Load, (kg)	
1	0	0,00	0,000	0,00	29,22	0,0	0,00	0,00
2	91	0,09	0,007	0,74	29,43	14,0	15,45	0,52
3	150	0,15	0,012	1,22	29,58	20,0	22,06	0,75
4	237	0,24	0,019	1,92	29,79	30,0	33,10	1,11
5	349	0,35	0,028	2,83	30,07	35,0	38,61	1,28
6	462	0,46	0,038	3,75	30,35	39,0	43,03	1,42
7	572	0,57	0,046	4,64	30,64	40,0	44,13	1,44
8	673	0,67	0,055	5,46	30,90	38,0	41,92	1,36
9	768	0,77	0,062	6,24	31,16	34,0	37,51	1,20

Compressive Streght, qu (kg/cm^2)	**1,44**
Shear Strenght, Su (kg/cm^2)	**0,72**

STRESS-STRAIN CURVE



MOHR CIRCLE CURVE



CV. GEOTEKNIK PRATAMA
LABORATORIUM PENGUJIAN MEKANIKA TANAH DAN BETON
JL. POLITEKNIK LR. PERKUTUT NO. 9 BUKIT LAMA KECAMATAN ILIR BARAT I KOTA PALEMBANG SUMATERA SELATAN
KODE POS 30139 geoteknikpratama_cv@gmail.com

Pelanggan	CV. RIDHO REGINA BERJAYA
Proyek	Perkuatan Tebing Sungai Majo Kel. Betung Kec. Betung Kab. Banyuasin
Lokasi	Sungai Majo
Registrasi	419/GP-PLB/IX/2025

DRICT SHEAR TEST

Diameter, cm	:	6,308	Date of Sampling	:	01 September 2025
Hight, cm	:	1,986	Date of Testing	:	09 Sep - 16 Sep 2025
Area, cm2	:	31,3	Method of Test	:	Drained
Calibration, kg/div	:	1,1033	Referention	:	ASTM 3080

No.	Read (div)	Percent Relative Displacement, (%)	Corrected Area (cm^2)	Normal Stress, (kg/cm^2)		0,50	Normal Stress, (kg/cm^2)		1,00	Normal Stress, (kg/cm^2)		1,50
				Shear Load		Sheare Stress (kg/cm^2)	Shear Load		Sheare Stress (kg/cm^2)	Shear Load		Sheare Stress (kg/cm^2)
				Read (div)	kg		Read (div)	kg		Read (div)	kg	
1	0	0,00	31,25	0,0	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
2	20	0,32	31,24	1,0	1,10	0,035	2,00	2,21	0,071	3,00	3,31	0,106
3	40	0,63	31,20	2,0	2,21	0,071	4,00	4,41	0,141	5,50	6,07	0,194
4	60	0,95	31,16	3,0	3,31	0,106	5,00	5,52	0,177	7,00	7,72	0,248
2	80	1,27	31,10	3,5	3,86	0,124	6,50	7,17	0,231	9,00	9,93	0,319
3	100	1,59	31,02	4,50	4,96	0,160	8,00	8,83	0,285	10,50	11,58	0,373
4	120	1,90	30,92	5,50	6,07	0,196	9,00	9,93	0,321	12,00	13,24	0,428
5	140	2,22	30,82	6,00	6,62	0,215	10,00	11,03	0,358	12,50	13,79	0,448
6	160	2,54	30,69	7,00	7,72	0,252	10,50	11,58	0,377	14,00	15,45	0,503
7	180	2,85	30,55	7,50	8,27	0,271	11,00	12,14	0,397	14,50	16,00	0,524
8	200	3,17	30,40	8,00	8,83	0,290	11,50	12,69	0,417	15,00	16,55	0,544
9	220	3,49	30,23	8,00	8,83	0,292	11,00	12,14	0,401	15,00	16,55	0,547
10	240	3,80	30,05	7,00	7,72	0,257	10,00	11,03	0,367	14,00	15,45	0,514
11	260	4,12	29,86		0,00	0,000	9,50	10,48	0,351	13,00	14,34	0,480
12	280	4,44	29,65		0,00	0,000	9,00	9,93	0,335			
13	300	4,76	29,43									
14	320	5,07	29,19									

No.	Normal Stress (kg/cm^2)	MAX. Shear Stress (kg/cm^2)	Result from Graph	
1	0,50	0,292	Angle of Internal Friction, Ø°	Cohesion, C kg/cm^2
2	1,00	0,417		
3	1,50	0,547	14,3	0,163

