

ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA BENDUNG DAERAH IRIGASI SERDANG

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

Disusun Oleh

**AUDINA IRNA GULTOM
178110191**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 20/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)20/6/22

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA BENDUNG DAERAH IRIGASI SERDANG

SKRIPSI

Disajikan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

Disusun Oleh

AUDINA IRNA GULTOM
178110191

Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Hermansyah, S.T., M.T
NIDN: 0106088004

Rizky Franchitika, S.T., M.Eng
NIDN: 0106028901

Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik

Dr. Rahmad Syah, S.Kom., M.Kom
NIDN: 0105058804

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Hermansyah, S.T., M.T
NIDN: 0106088004

UNIVERSITAS MEDAN AREA

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Audina Irma Gultom

NPM : 178110191

Judul : Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Pada Bendung Daerah Irigasi
Serdang

Menyebutkan skripsi ini adalah ciptaan saya. Semisal ada ciptaan orang lain yang saya ambil, saya berkenan menuliskan sumbernya dengan jelas sesuai dengan aturan dan peraturan yang mengikuti. Jika pernyataan ini tidak akurat di kemudian hari, saya sanggup menyetujui hukuman atau norma yang berlaku, berikut penjelasan yang dapat saya beritahukan.

Medan, 28 April 2022
ang membuat pernyataan



Audina Irma Gultom
178110191

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademik universitas medan area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Audina Irma Gultom
Npm : 178110191
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*non-exclusive royalty – free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: **“ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA BENDUNG DAERAH IRIGASI SERDANG”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan hak bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan Tugas Akhir/Skripsi/Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Medan, 28 April 2022

Audina Irma Gultom
178110191

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunianya, Laporan skripsi dengan judul “**ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA BENDUNG DAERAH IRIGASI SERDANG**” dapat diselesaikan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Pada Bendung Daerah Irigasi Serdang.

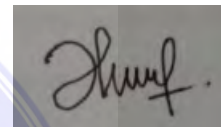
Selama penyusunan skripsi ini, banyak rintangan yang penulis dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini kepada:

1. Kedua orangtua tercinta Oktonisius Gultom dan Relina Sinaga dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa tak terhitung sejak awal masuk Universitas hingga saat proses penulisan skripsi sampai penyelesaian penulisan skripsi.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc, Selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom, Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Hermansyah, S.T., M.T., Selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area dan sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah mengarahkan dan memberikan solusi dalam pembuatan skripsi.
5. Ibu Rizky Franchitika, S.T., M.Eng., Selaku Dosen Pembimbing II yang telah mengarahkan dan memberikan solusi dalam pembuatan skripsi.
6. kepada seluruh teman – teman mahasiswa Teknik Sipil, Mekar C.L Siagian, Ayu Azzahra, Mahpuja Narti Simatupang, Eunike Grasia Sihombing, Casma Munte, Dearn Munte, Essay Puspita Sitopu dan terutama angkatan 2017.

7. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Saya menemukan banyaknya kekurangan pada saat pembuatan skripsi ini, saya mengharapkan masukan serta kritikan yang bermanfaat untuk mengembangkan skripsi ini, saya mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah banyak membantu dalam memperlancar penulisan skripsi, harapannya skripsi ini berguna bagi banyak pembaca, untuk dunia pendidikan terkhususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Medan, 28 April 2022
Penulis



Audina Irna Gultom
178110191



DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Jenis – Jenis Bangunan Utama.....	7
2.2.1 Bendung tetap.....	8
2.2.2 Bendung gerak vertikal	9
2.2.3 Bendung karet.....	10
2.2.4 Bendung saringan bawah.....	10
2.2.5 Pengambilan bebas	10
2.2.6 Bendung tipe gergaji.....	11
2.2.7 Pompa.....	11
2.3 Tanah	12
2.4 Sistem Klasifikasi Tanah	17
2.4.1 Klasifikasi tanah berdasarkan tekstur.....	17
2.4.2 Klasifikasi tanah sistem AASHTO.....	18
2.4.3.Klasifikasi tanah sistemUNIFIED	23

2.4.4 Klasifikasi berdasarkan pemakaian	26
2.4.5 Sudut geser dalam	27
2.4.6 Kohesi.....	28
2.5 Perencanaan Dimensi Dinding Penahan Tanah	28
2.6 Dinding Penahan Tanah	28
2.7 Beban Bekerja Dinding Penahan Tanah	34
2.8 Jenis – jenis Keruntuhan Dinding Penahan Tanah	34
2.9 Tekanan Tanah Lateral	36
2.9.1 Tekanan tanah dalam keadaan diam.....	37
2.9.1.1 Tekanan tanah keadaan diam terendam sebagian	39
2.9.2 Tekanan tanah dalam keadaan aktif	41
2.9.3 Tekanan tanah dalam keadaan pasif.....	44
2.10. Diagram dan Tekanan Tanah Samping	46
2.10.1 Urugan di belakang tidak berkohesi	47
2.10.2 Urugan di belakang berkohesi terendam sebagian	48
2.10.3 Urugan di belakang berkohesi permukaan datar	52
2.11. Tembok Penahan Dengan Permukaan Datar	55
2.12. Stabilitas Dinding Penahan Tanah.....	58
2.12.1 Stabilitas terhadap guling	59
2.12.2 Stabilitas terhadap keruntuhan geser	59
2.12.3 Stabilitas terhadap daya dukung tanah	60
2.13 Tekanan Pada Tanah.....	62
BAB III METODE PENELITIAN	64
3.1 Tempat Penelitian.....	64
3.2 Tahapan Penelitian	67
3.3 Analisis Data	69
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	70
4.1 Analisis Perhitungan Dinding Penahan Tanah	70
4.1.1 Perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif	71
4.1.2 Perhitungan berat sendiri konstruksi.....	75
4.1.3 Perhitungan stabilitas guling	77
4.1.4 Perhitungan stabilitas geser.....	78

4.1.5 Perhitungan kapasitas dukung tanah	78
4.1.6 Perhitungan stabilitas daya dukung tanah	79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi berdasar tekstur tanah.....	18
Gambar 2.2	Rentang batas cair dan indeks plastisitas	22
Gambar 2.3	Kegunaan dinding penahan tanah.....	30
Gambar 2.4	Dinding penahan tipe gravitasi	31
Gambar 2.5	Dinding penahan tipe semi gravitasi	31
Gambar 2.6	Dinding Penahan kantilever	32
Gambar 2.7	Dinding Penahan tipe counterfort.....	33
Gambar 2.8	Dinding krib	33
Gambar 2.9	Dinding tanah bertulang	34
Gambar 2.10	Keruntuhan geser dangkal	35
Gambar 2.11	Keruntuhan geser dalam.....	36
Gambar 2.12	Tekanan tanah dalam keadaan diam.....	38
Gambar 2.13	Distribusi tekanan tanah keadaan diam	39
Gambar 2.14	Distribusi tekanan tanah diam terendam sebagian	41
Gambar 2.15	Tekanan tanah aktif menurut rankine	44
Gambar 2.16	Tekanan tanah pasif menurut rankine	46
Gambar 2.17	Variasi tekanan tanah ke samping	46
Gambar 2.18	Distribusi tekanan tanah tak berkoheesi pasif.....	48
Gambar 2.19	Distribusi tekanan tanah aktif tak berkoheesi	50
Gambar 2.20	Distribusi tekanan tanah pasif tak berkoheesi	51
Gambar 2.21	Distribusi tekanan tanah aktif berkoheesi	54
Gambar 2.22	Distribusi tekanan pada tembok yang berkoheesi	55
Gambar 2.23	Pengaruh geseran tembok bidang keruntuhan.....	58
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	65
Gambar 3.2	Dinding penahan yang ditinjau.....	66
Gambar 3.3	Bagan Alir Penelitian	68
Gambar 4.1	Dimensi dinding penahan counterfort	70
Gambar 4.2	Tekanan tanah aktif dan pasif.....	71
Gambar 4.3	Berat sendiri konstruksi.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batasan ukuran golongan tanah	15
Tabel 2.2 Batasan ukuran golongan tanah menurut sistem.....	16
Tabel 2.3 Klasifikasi tanah sistem AASHTO	20
Tabel 2.4 Klasifikasi tanah sistem UNIFIED	25
Tabel 2.5 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam Dengan Jenis Tanah	27
Tabel 2.6 Nilai Faktor Daya Dukung Tanah Terzaghi.....	61



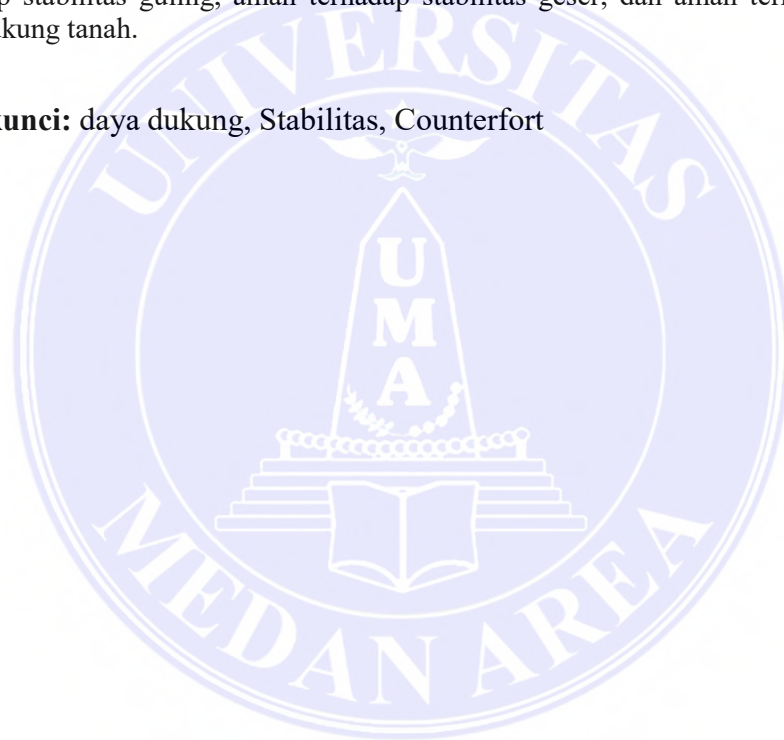
DAFTAR NOTASI

H	= <i>High plasticity</i> (Plastisitas tinggi) ($LL > 50$)
P	= <i>Poorly graded</i> (Tanah dengan gradasi buruk)
L	= <i>Low plasticity</i> (Plastisitas Rendah) ($LL < 50$)
W	= <i>Well graded</i> (Tanah dengan gradasi baik)
C	= Kohesi Tanah
P_a	= Tekanan tanah aktif
K_a	= Koefisien tekanan tanah aktif
γ	= Berat jenis tanah
ϕ	= Sudut geser tanah
α	= Sudut yang dibentuk oleh permukaan tanah
P_p	= Tekanan tanah pasif
K_p	= Koefisien tekanan tanah pasif
ΣM_w	= Momen yang melawan penggulingan
ΣM_{gl}	= Momen yang mengakibatkan penggulingan
F_{gl}	= Faktor aman terhadap penggulingan
Σr_h	= Tahanan dinding penahan tanah terhadap pergeseran
Σp_h	= Jumlah gaya-gaya horizontal
F_{gs}	= Faktor aman terhadap pergeseran
q_{ult}	= Daya dukung ultimit untuk pondasi memanjang
D_f	= Kedalaman pondasi yang tertanam di dalam tanah
γ_s	= Berat volume tanah
N_c	= Faktor daya dukung tanah akibat kohesi tanah
N_q	= Faktor daya dukung tanah akibat beban terbagi rata
N_γ	= Faktor daya dukung tanah akibat berat tanah

ABSTRAK

Bendung adalah pembatas yang dibangun melintasi sungai untuk mengubah karakteristik aliran sungai. Pembangunan bendung berlokasi di Kabupaten Deli Serdang. Pada bendung daerah irigasi serdang diteliti dinding penahan tanah, dinding penahan tanah merupakan struktur dinding yang dibuat untuk menahan erosi atau pergerakan pada tanah miring, dinding penahan tanah yang dibangun ialah tipe counterfort, pada penelitian ini dianalisis perhitungan kestabilan dinding penahan tanah yaitu kestabilan terhadap gaya geser, gaya guling, dan kestabilan terhadap kapasitas daya dukung tanah, metode perhitungan yang digunakan ialah metode Rankine dan Terzaghi. Metode penelitian menggunakan data primer, yaitu dengan observasi di lapangan secara langsung berupa wawancara, dan data sekunder, yaitu data dari pihak kontraktor maupun dapat diperoleh dari buku, penelitian terdahulu, dan lain sebagainya. Berdasarkan hasil perhitungan dinding penahan tanah tipe counterfort dapat disimpulkan bahwa perhitungannya aman terhadap stabilitas guling, aman terhadap stabilitas geser, dan aman terhadap kapasitas daya dukung tanah.

Kata kunci: daya dukung, Stabilitas, Counterfort

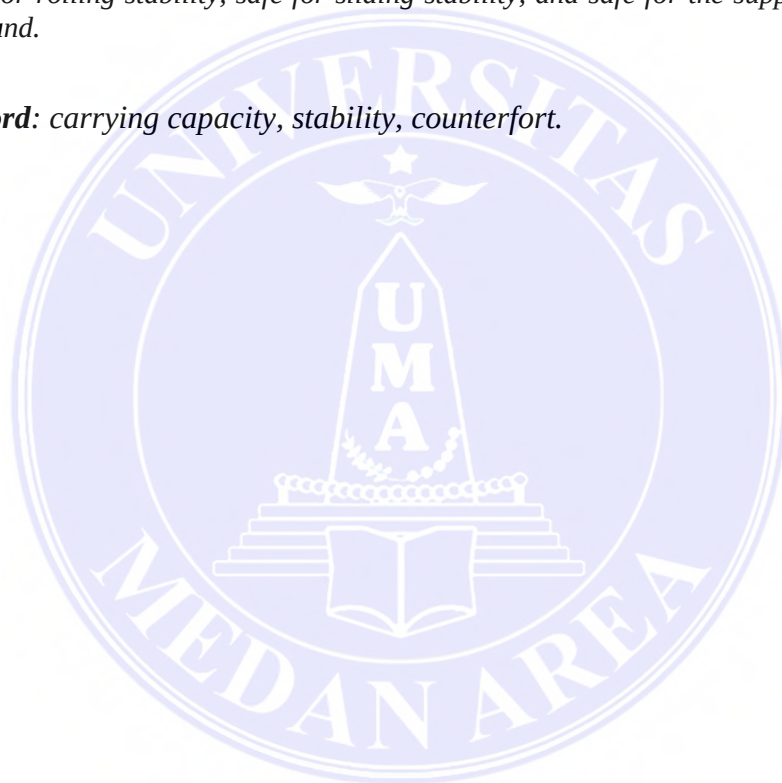


ABSTRACT

Bendung is a barrier built across the river to change the characteristics of river flow, Bendung development is located in Deli Serdang Regency. In the bend of the irrigation area, examined the retaining wall of the soil, the retaining wall of the soil is a wall structure made to withstand erosion or movement in the sloping soil,

The ground retaining wall built is a counterfort type, in this study analyzed the calculation of the stability of the ground retaining wall, namely the stability of the shear force, roll force, and stability to the carrying capacity of the soil, the method of calculation by rankine and terzaghi. Research methods use primary data, namely by observation in the field directly in the form of interviews, and secondary data, namely data from the contractor or can be obtained from books, previous research, and so on. According to calculations of counterfort clay holding walls, it is expected that the figure is safe for rolling stability, safe for sliding stability, and safe for the supporting capacity of the land.

Key word: carrying capacity, stability, counterfort.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bendung adalah pembatas yang dibangun melintasi sungai yang dibangun untuk mengubah karakteristik aliran sungai. Bendung bermanfaat untuk mencegah banjir, mengukur debit sungai, dan memperlambat aliran sungai sehingga menjadikan sungai lebih mudah dilalui. Bendung Daerah Irigasi Serdang awalnya bernama daerah irigasi Batang Kuis yang berada di kiri Sungai Serdang melayani areal sekitar 1032 Ha, selain itu disebelah kanan Sungai Serdang terdapat areal sawah tadah hujan seluas ± 3244 Ha dikarenakan daerah irigasi ini masih mengandalkan air hujan dan karena letaknya di bagian hilir. Sementara itu ada juga areal yang mengandalkan air drainase dengan di pompa dan ada juga yang memanfaatkan sumur bor disekitar sawah.

Bendung Daerah Irigasi Serdang diharapkan dapat mengairi areal seluas 4276 Ha. Bendung Daerah Irigasi Serdang ini dibangun dalam upaya untuk mendukung program pemerintah yaitu membangun jaringan irigasi baru seluas 1 (satu) Ha. Untuk meningkatkan produksi padi di Kabupaten Daerah Irigasi Serdang yang merupakan salah satu lumbung padi di Provinsi Sumatera Utara.

Dalam proyek ini menggunakan Bendung Gerak. Bendung gerak bermanfaat untuk meninggikan muka air disungai sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan kesaluran irigasi dan petak tersier. Ketinggian itu akan menentukan luas daerah yang diairi (*command area*). Bendung gerak adalah bangunan yang dilengkapi dengan pintu yang dapat dibuka untuk mengalirkan air pada waktu terjadi banjir besar dan ditutup apabila aliran kecil. Di

Indonesia, bendung adalah bangunan yang paling umum dipakai untuk membelokkan air sungai untuk keperluan irigasi. Pengembangan daerah irigasi serdang sangat dipengaruhi oleh daerah irigasi yang berada di hulu Daerah Irigasi Serdang, yang merupakan satu satuan sistem aliran sungai. Sesuai dengan rencana pengembangan daerah irigasi serdang mendapatkan suplesi air dari bendung Sungai Ular melalui Sungai Batu Gingging, debit sebesar $3,30 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Pada Proyek Bendung Daerah Irigasi Serdang penulis meneliti dinding penahan tanah, Dinding penahan tanah merupakan struktur dinding yang dibuat untuk menahan erosi atau pergerakan pada tanah miring. Dinding penahan tanah seringkali dijumpai pada bangunan atau struktur yang berada pada lahan miring. Dinding penahan tanah merupakan salah satu konsep perkuatan tanah yang banyak digunakan dalam pekerjaan rekayasa sipil. Dinding penahan tanah merupakan dinding yang digunakan untuk menahan beban tanah secara vertikal ataupun terhadap kemiringan tertentu. Dinding penahan adalah konstruksi yang digunakan untuk memberikan stabilitas tanah atau bahan lain yang kondisi massa bahannya tidak memiliki kemiringan alami, dan juga digunakan untuk menahan atau menopang timbunan tanah atau ongkongan material lainnya (Bowles, 1999: 49).

Pembangunan dinding penahan tanah harus benar-benar berdasarkan perhitungan kestabilan dan faktor keselamatan. Dinding penahan tanah dapat dikatakan aman apabila dinding penahan tanah tersebut telah diperhitungkan faktor keamanannya, terhadap bahaya pergeseran, bahaya penggulingan, dan kapasitas daya dukung tanah. Pada dinding penahan tanah, perhitungan stabilitas merupakan salah satu aspek yang tidak boleh diabaikan maupun dikesampingkan,

karena stabilitas dinding penahan tanah sangat mempengaruhi usia desain dinding penahan tanah itu sendiri, keamanan bangunan, serta kondisi tanah di sekitar bangunan tersebut sehingga perlunya dianalisis perhitungan terhadap kestabilan dinding penahan tanah pada bendung daerah irigasi serdang.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penulisan skripsi ini rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser pada dinding penahan tersebut?
2. Bagaimana perhitungan stabilitas terhadap daya dukung tanah pada dinding penahan tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Pembahasan dan penyusunan skripsi supaya terarah dan tidak menyimpang dari pokok penelitian, adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

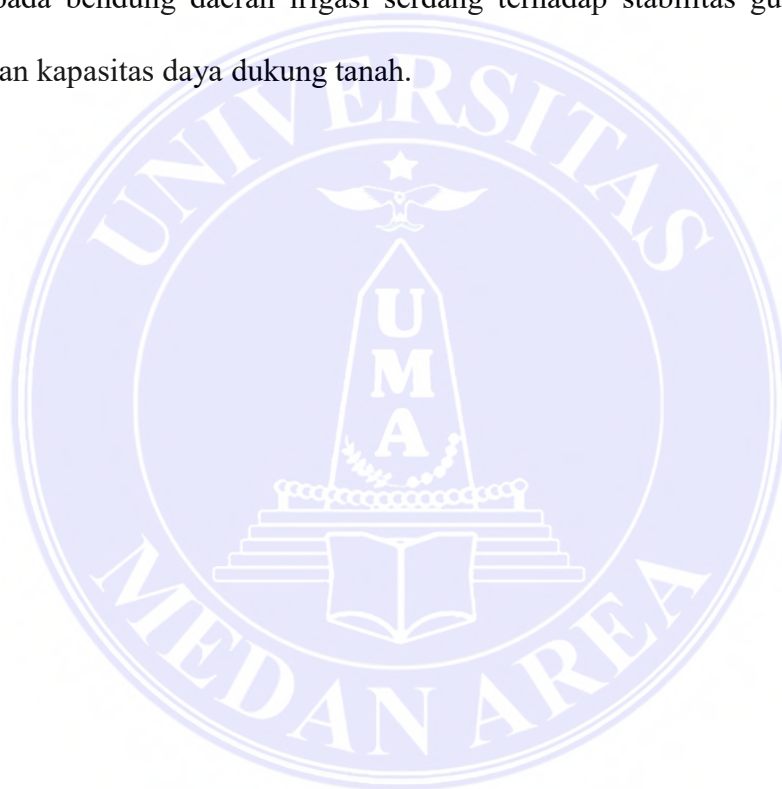
1. Hanya membahas tentang dinding penahan tanah pada bagian hulu kanan.
2. Menganalisis stabilitas dinding penahan tanah akibat gaya pergeseran, stabilitas penggulingan, dan stabilitas terhadap kapasitas daya dukung tanah.
3. Metode perhitungan pada penelitian ini menggunakan metode Rankine dan Terzaghi, dan tidak memperhitungkan beban gempa.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil perhitungan dinding penahan tanah pada bendung daerah irigasi serdang aman terhadap stabilitas guling, stabilitas geser dan kapasitas daya dukung tanah.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dinding penahan tanah pada bendung daerah irigasi serdang terhadap stabilitas guling, stabilitas geser dan kapasitas daya dukung tanah.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian terdahulu adalah salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Penelitian-penelitian sejenis ini telah dilakukan sebelumnya, sebab penelitian-penelitian terdahulu sangat penting dalam sebuah penelitian yang akan dilakukan. Beberapa penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini antara lain:

1. Penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan oleh Rizki Ramdhan, Munirwansyah, Munira Sungkar (2020) mengenai Faktor Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Eksisting dan Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe *Counterfort* dengan Program Plaxis. Dalam Perencanaannya Analisis dilakukan untuk mendapatkan faktor keamanan dan pola keruntuhan lereng yaitu dengan menggunakan program Plaxis 2D dan metode irisan. Perhitungan faktor keamanan untuk dinding penahan tanah tipe *Counterfort* dilakukan secara manual. Adapun parameter tanah input yang digunakan adalah berat volume kering (γ_d), berat volume basah (γ_w), permeabilitas (k), modulus young (E_{ref}), poisson's ratio (ν), sudut geser (ϕ), kohesi (c). Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting menggunakan program Plaxis dan metode irisan dengan jari-jari (r) 65,06 meter didapatkan faktor keamanan sebesar 1,038 dan 1,079 dengan kondisi lereng tidak aman ($FK < 1,25$).

Hasil analisis setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe counterfort dan minipile dengan panjang 12 meter didapatkan angka faktor keamanan 1,268 dengan kondisi lereng tidak aman ($FK < 1,5$). Dengan demikian, maka diperlukan perkuatan tambahan dengan menggunakan ankur pada counterfort. Hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe counterfort, minipile dan ankur dengan panjang 20 meter serta sudut kemiringan 30° didapatkan angka faktor keamanan 1,513 dengan kondisi lereng aman ($SF > 1,5$).

2. Penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan oleh Jumaidi, Dr. Ir. H. Habir., MT., Suratmi, ST., MT. (2018) mengenai Perancangan Struktur Dinding Penahan Tanah Pada Pekerjaan Penanganan Longsoran Jalan Batu Cermin Kota Samarinda. Dalam perencanaannya Metode yang digunakan dalam menganalisa stabilitas dinding penahan tanah pada tipe counterfort dan tipe buttress adalah dengan menggunakan metode Coulomb dan juga Rankine, sedangkan metode yang digunakan dalam menganalisa daya dukung tanah yang terjadi menggunakan metode Terzaghi. Hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa, stabilitas dinding penahan tanah pada tipe counterfort dan tipe buttress aman terhadap stabilitas gaya guling dan stabilitas daya dukung tanah akan tetapi terhadap stabilitas gaya geser kurang memenuhi sehingga diperlukan pondasi tiang pancang untuk memperkuat struktur dinding penahan tanah tersebut.
3. Penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan oleh Tasia Oktanuansania, Munirwansyah, Halida Yunita (2019) mengenai Kajian

Stabilitas *Counterfort Wall* Pada *Escape Hill* Terhadap *Freeboard* Dan *Run Up Level*. Dalam perencanaannya mengetahui nilai stabilitas dinding tegak pada *escape hill* dan faktor keamanan dari dinding tegak. Lokasi penelitian dilakukan di Desa Tibang, Kecamatan Syiah Kuala diperoleh tinggi *run up* maksimum pada saat tsunami 2004 mencapai 3,70 m. Data yang diperoleh dari lapangan kemudian dibawa ke laboratorium dan dianalisis dengan menggunakan program Plaxis. Dari pemodelan yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa pemodelan *material site* dengan variasi nilai kohesi tanah c sebesar $- 25\%$ dan sudut geser dalam tanah ϕ sebesar $+ 5\%$ dengan faktor keamanan $2,614 > 1$, menghasilkan faktor keamanan yang paling tinggi dibandingkan dengan variasi yang lain. Nilai-nilai parameter tanah (*material site*) dengan variasi $c - 25\%$ sebesar $0,032 \text{ kN/m}^2$ dan $\phi + 5\%$ sebesar $32,469^\circ$ dapat diusulkan untuk menetapkan TOR (*Term Of Reference*) dan RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat) dalam pelaksanaan pembangunan *escape hill*.

2.2 Jenis – Jenis Bangunan Utama

Pengaliran air dari sumber air berupa sungai atau danau ke jaringan irigasi untuk keperluan irigasi pertanian, pasokan air baku dan keperluan lainnya yang memerlukan suatu bangunan disebut dengan bangunan utama. Untuk kepentingan keseimbangan lingkungan dan kebutuhan daerah di hilir bangunan utama, maka aliran sungai tidak diperbolehkan disadap seluruhnya, namun harus tetap dialirkan sejumlah 5% dari debit yang ada. Terdapat enam bangunan utama yang sudah pernah dibangun di Indonesia, antara lain:

2.2.1 Bendung Tetap

Bangunan air dibangun melintang sungai atau sudetan, dan sengaja dibuat untuk meninggikan muka air dengan ambang tetap sehingga air sungai dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke jaringan irigasi. Kelebihan airnya dilimpahkan ke hilir dengan terjunan yang dilengkapi dengan kolam olak dengan maksud untuk meredam energi. Ada dua tipe atau jenis bendung tetap dilihat dari bentuk struktur ambang pelimpahannya, yaitu:

- a. Ambang tetap yang lurus dari tepi ke tepi kanan sungai artinya as ambang tersebut berupa garis lurus yang menghubungkan dua titik tepi sungai.
- b. Ambang tetap yang berbelok-belok seperti gigi gergaji. Tipe seperti ini diperlukan bila panjang ambang tidak mencukupi dan biasanya untuk sungai dengan lebar yang kecil tetapi debit airnya besar. Maka dengan menggunakan tipe ini akan didapat panjang ambang yang lebih besar, dengan demikian akan didapatkan kapasitas pelimpahan debit yang besar. Mengingat bentuk fisik ambang dan karakter hidrolisnya, disarankan bendung type gergaji ini dipakai pada saluran.

Dalam hal diterapkan di sungai harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Debit relatif stabil
2. Tidak membawa material terapung berupa batang-batang pohon
3. Efektivitas panjang bendung gergaji terbatas pada kedalaman air pelimpasan tertentu.

2.2.2 Bendung Gerak Vertikal

Bendung ini terdiri dari tubuh bendung dengan ambang tetap yang rendah dilengkapi dengan pintu-pintu yang dapat digerakkan vertikal maupun radial. Tipe ini mempunyai fungsi ganda, yaitu mengatur tinggi muka air di hulu bendung kaitannya dengan muka air banjir dan meninggikan muka air sungai kaitannya dengan penyadapan air untuk berbagai keperluan. Operasional di lapangan dilakukan dengan membuka pintu seluruhnya pada saat banjir besar atau membuka pintu sebagian pada saat banjir sedang dan kecil. Pintu ditutup sepenuhnya pada saat kondisi normal, yaitu untuk kepentingan penyadapan air.

Tipe bendung gerak ini hanya dibedakan dari bentuk pintu-pintunya antara lain:

- a. Pintu geser atau sorong, banyak digunakan untuk lebar dan tinggi bukaan yang kecil dan sedang. Diupayakan pintu tidak terlalu berat karena akan memerlukan peralatan angkat yang lebih besar dan mahal. Sebaiknya pintu cukup ringan tetapi memiliki kekakuan yang tinggi sehingga bila diangkat tidak mudah bergetar karena gaya dinamis aliran air.
- b. Pintu radial, memiliki daun pintu berbentuk lengkung (busur) dengan lengan pintu yang sendinya tertanam pada tembok sayap atau pilar. Konstruksi seperti ini dimaksudkan agar daun pintu lebih ringan untuk diangkat dengan menggunakan kabel atau rantai. Alat penggerak pintu dapat pula dilakukan secara hidrolik dengan peralatan pendorong dan penarik mekanik yang tertanam pada tembok sayap atau pilar.

2.2.3 Bendung Karet

Bendung ini berfungsi meninggikan muka air dengan cara mengembungkan tubuh bendung dan menurunkan muka air dengan cara mengempiskannya. Tubuh bendung yang terbuat dari tabung karet dapat diisi dengan udara atau air. Proses pengisian udara atau air dari pompa udara atau air dilengkapi dengan instrumen pengontrol udara atau air (manometer).

Bendung karet memiliki dua bagian pokok, yaitu:

- a. Tubuh bendung yang terbuat dari karet
- b. Pondasi beton berbentuk plat beton sebagai dudukan tabung karet, serta dilengkapi satu ruang kontrol dengan beberapa perlengkapan (mesin) untuk mengontrol mengembang dan mengempisnya tabung karet.

2.2.4 Bendung Saringan Bawah

Bendung ini berupa bendung pelimpah yang dilengkapi dengan saluran penangkap dan saringan. Bendung ini meloloskan air lewat saringan dengan membuat bak penampung air berupa saluran penangkap melintang sungai dan mengalirkan airnya ke tepi sungai untuk dibawa ke jaringan irigasi.

Operasional di lapangan dilakukan dengan membiarkan sedimen dan batuan meloncat melewati bendung, sedang air diharapkan masuk ke saluran penangkap. Sedimen yang tinggi diendapkan pada saluran penangkap pasir yang secara periodik dibilas masuk sungai kembali.

2.2.5 Pengambilan Bebas

Pengambilan air untuk irigasi ini langsung dilakukan dari sungai dengan meletakkan bangunan pengambilan yang tepat ditepi sungai, yaitu pada tikungan

luar dan tebing sungai yang kuat atau massive. Bangunan pengambilan ini dilengkapi pintu, ambang rendah dan saringan yang pada saat banjir pintu dapat ditutup supaya air banjir tidak meluap ke saluran induk. Kemampuan menyadap air sangat dipengaruhi elevasi muka air di sungai yang selalu bervariasi tergantung debit pengaliran sungai saat itu. Pengambilan bebas biasanya digunakan untuk daerah irigasi dengan luasan yang kecil sekitar 150 ha dan masih pada tingkat irigasi $\frac{1}{2}$ (setengah) teknis atau irigasi sederhana.

2.2.6 Bendung Tipe Gergaji

Diperkenankan dibangun dengan syarat harus dibuat di sungai yang alirannya stabil, tidak ada tinggi limpasan maksimum, tidak ada material hanyutan yang terbawa oleh aliran.

2.2.7 Pompa

Pompa digunakan bila bangunan – bangunan pengelak yang lain tidak dapat memecahkan permasalahan pengambilan air dengan gravitasi, atau kalau pengambilan air relative sedikit dibandingkan dengan lebar sungai. Dengan instalasi pompa pengambilan air dapat dilakukan dengan mudah dan cepat. Namun dalam operasionalnya memerlukan biaya operasi dan pemeliharaannya cukup mahal terutama dengan makin mahalnya bahan bakar dan tenaga listrik.

Dari cara instalasinya pompa dapat dibedakan atas pompa yang mudah dipindah – pindahkan karena ringan dan mudah dirakit ulang setelah dilepas komponennya dan pompa tetap yang dibangun/dipasang dalam bangunan rumah pompa secara permanen.

Ada beberapa jenis pompa didasarkan pada tenaga penggerakannya, antara lain:

- a. Pompa air yang digerakkan oleh tenaga manusia (pompa tangan)
- b. Pompa air dengan penggerak tenaga air (air terjun dan aliran air)
- c. Pompa air dengan penggerak berbahan bakar minyak
- d. Pompa air dengan penggerak tenaga listrik

2.3 Tanah

Dalam pengertian secara umum, tanah diartikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut, di samping itu tanah berfungsi sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Jadi harus juga mempelajari sifat-sifat dasar dari tanah, seperti asal usulnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban, dan lain-lain.

Tanah memiliki ukuran partikel, ukuran partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya disebut dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran – ukuran partikelnya, pada Tabel 2.1 dijelaskan batasan – batasan ukuran golongan jenis tanah yang telah dikembangkan oleh *Massachussets Institute of Technology (MIT), U.S. Department of Agriculture (USDA), American Association of State Highway and*

Transportation Officials (AASHTO) dan oleh *U.S. Army Corps of Engineers* dan *U.S. Bureau of Reclamation* yang kemudian menghasilkan yang disebut sebagai *Unified Soil Classification System (USCS)*. Sistem MIT diberikan hanya untuk keterangan tambahan. Sistem MIT ini berguna dalam sejarah perkembangan sistem batasan ukuran golongan jenis tanah. Pada saat ini, sistem *Unified (USCS)* telah diterima di seluruh dunia. Sistem ini sekarang telah dipakai oleh *American Society of Testing and Materials (ASTM)*. Tabel 2.2 menunjukkan batasan – batasan ukuran dalam bentuk grafik.

Kerikil (*gravels*) adalah kepingan – kepingan dari batuan yang kadang – kadang juga mengandung partikel – partikel mineral quartz, feldspar, dan mineral – mineral lainnya.

Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini.

Lanau (*silts*) sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran – butiran quartz yang sangat halus, dan sejumlah partikel berbentuk lempengan – lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral – mineral mika.

Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan – lempengan pipih dan merupakan partikel – partikel dari mika, mineral – mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral – mineral yang sangat halus lain. Pada Tabel 2.1, lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (= 2 mikron). Namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005

mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung (ASTM D-653). Disini tanah diklasifikasikan sebagai lempung (hanya berdasarkan pada ukurannya saja). Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral – mineral lempung (*clay minerals*). Dari segi mineral (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung (dan mineral lempung) ialah yang mempunyai partikel – partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat – sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Grim, 1953). Jadi dari segi mineral, tanah dapat juga disebut sebagai tanah bukan lempung (*non clay soils*) meskipun terdiri dari partikel – partikel yang sangat kecil (partikel – partikel quartz, feldspar, dan mika dapat berukuran submikroskopis, tetapi umumnya mereka tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis dari tanah). Dari segi ukuran, partikel – partikel tersebut memang dapat digolongkan sebagai partikel lempung. Untuk itu, akan lebih tepat bila partikel – partikel tanah yang berukuran lebih kecil dari 2 mikron ($= 2 \mu$), atau < 5 mikron menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut sebagai partikel berukuran lempung daripada disebut sebagai lempung. Partikel – partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid ($< 1 \mu$) dan ukuran 2μ merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung.

Tabel 2.1 Batasan – Batasan Ukuran Golongan Tanah

Nama golongan	Ukuran butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	>2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	<0,002
U.S. Department of Agriculture (USDA)	>2	2 – 0,05	0,05 – 0,002	<0,002
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2 - 2	2 – 0,075	0,075 – 0,002	<0,002
Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	76,2 – 4,75	4,75 – 0,075		Halus (yaitu lanau dan lempung) <0,0075

Sumber: Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M. Das 1995

Tabel 2.2 Batasan – Batasan Ukuran Golongan Tanah Menurut Beberapa Sistem

Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung	Massachusetts Institute of Technology
Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung	U.S Department of Agriculture
Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung	American Association of State Highway and Transportation Officials
Kerikil	Pasir	Lanau dan lempung		Unified Soil Classification System
100	10	1,0	0,1	0,01
				0,001

Ukuran butiran (mm).

Sumber: Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M. Das 1995

2.4 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub kelompok – sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat – sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat – sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. Walaupun saat ini terdapat berbagai sistem klasifikasi tanah, tetapi tidak ada satupun dari sistem – sistem tersebut yang benar – benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena sifat – sifat tanah yang sangat bervariasi.

2.4.1. Klasifikasi Tanah Berdasar Tekstur

Klasifikasi tanah berdasar tekstur adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan. Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. Membagi tanah dalam beberapa kelompok: kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*), atas dasar ukuran butir-butirnya. Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir (*sand clay*), lempung berlanau (*silty clay*), dan seterusnya.

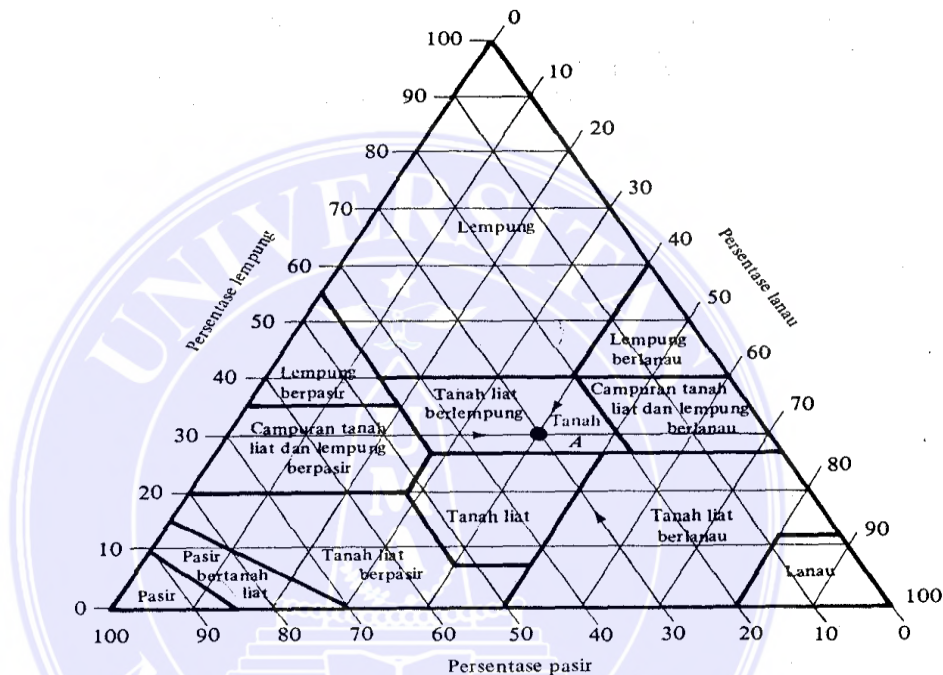
Beberapa sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah telah dikembangkan sejak dulu oleh berbagai organisasi, beberapa dari sistem-sistem tersebut masih tetap dipakai sampai saat ini. Gambar 2.1 menunjukkan sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian

Amerika (USDA). Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah seperti yang diterangkan oleh sistem USDA yaitu:

Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 meter

Lanau : butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm

Lempung: butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm



Gambar 2.1 Klasifikasi berdasar tekstur tanah oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)

Sumber: Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M. Das 1995

2.4.2. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Sistem klasifikasi ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Clasification System*. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan, versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* dalam tahun 1945 (ASTM Standart no D-3282, AASHTO metode M145).

Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan kedalam tujuh kelompok besar, yaitu A1 sampai dengan A7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan 200. Lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan kedalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung.

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria dibawah ini:

a. Ukuran butir

Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 20 (2 mm).

Pasir: bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No.200 (0,075).

Lanau dan lempung: bagian tanah yang lolos ayakan No. 200

b. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian – bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (plasticity index (PI)) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian – bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih

c. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan – batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Apabila sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasikan tanah, maka data dari hasil uji dicocokkan dengan angka – angka yang diberikan dalam Tabel 2.3 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka – angka yang sesuai.

Gambar 2.2 menunjukkan suatu gambar dari senjang batas cair (*liquid limit*, LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.

Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

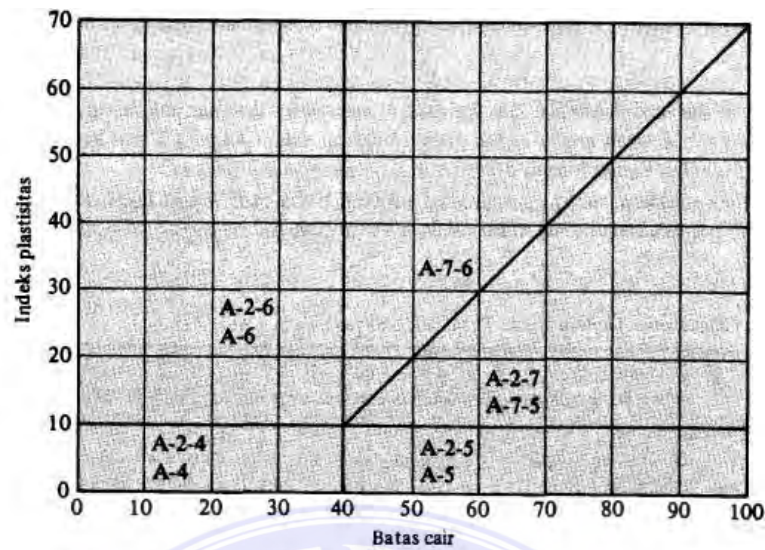
Tanah berbutir							
Klasifikasi umum	(35% atau dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
Klasifikasi kelompok	A-1			A-2			
	A-3						
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (%) lolos)							
No. 10	Maks 50						
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 51				
No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40	Maks 6			Np			
Batas cair (LL)				Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks plastisitas (PI)				Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Paisr halus	kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Sumber : Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M. Das 1995

Lanjutan

Klasifikasi umum		Tanah lanau – lempung		
(Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)				
				A-7
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7-5
				A-7-6
Analisis ayakan				
(% lolos)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40				
Batas cair (LL)	Maks 40	Maks 41	Maks 40	Min 41
Indeks plastisitas (PI)	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar		Biasa sampai jelek		

Sumber: Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M. Das 1995



Gambar 2.2 Rentang (*range*) dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.

Sumber: Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M. Das 1995

Untuk mengevaluasi mutu (kualitas) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (*subgrade*) dari suatu jalan raya, suatu angka yang dinamakan indeks grup (*group index*, GI) juga diperlukan selain kelompok dan sub kelompok dari tanah yang bersangkutan. Harga GI ini dituliskan di dalam kurung setelah nama kelompok dan sub kelompok dari tanah yang bersangkutan. Indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan seperti dibawah ini:

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(PI - 10) \dots\dots\dots (2.1)$$

di mana:

F = persentase butiran yang lolos ayakan No. 200

LL = batas cair (*liquid limit*)

PL = indeks plastisitas

2.4.3. Klasifikasi Tanah Sistem UNIFIED

Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh *Cassagrande* pada tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps Engineers*. Sistem ini telah dipakai dengan sedikit modifikasi oleh U.S. *Bureau of Reclamation* dan *U.S Corps of Engineers* pada tahun 1952. dan pada tahun 1969 *America Society for Testing and Material* telah menjadikan sistem ini sebagai prosedur standar guna mengklasifikasikan tanah untuk tujuan rekayasa.

Sistem UNIFIED membagi tanah ke dalam dua kelompok utama:

- a. Tanah berbutir kasar adalah tanah yang lebih dan 50% bahannya tertahan pada ayakan No. 200. Tanah butir kasar terbagi atas kerikil dengan simbol G (*gravel*), dan pasir dengan simbol S (*sand*).
- b. Tanah butir halus adalah tanah yang lebih dan 50% bahannya lewat pada saringan No. 200. Tanah butir halus terbagi atas lanau dengan simbol M (*silt*), lempung dengan simbol C (*clay*), serta lanau dan lempung organik dengan simbol O, bergantung pada tanah itu terletak pada grafik plastisitas. Tanda L untuk plastisitas rendah dan tanda H untuk plastisitas tinggi.

Adapun simbol-simbol lain yang digunakan dalam klasifikasi tanah ini adalah:

W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik).

P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk).

L = *low plasticity* (plastisitas rendah) ($LL < 50$).

H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) ($LL > 50$).

Tanah berbutir kasar ditandai dengan symbol kelompok seperti: GW, GP, GM, GC, SW, SP, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor – faktor berikut ini perlu diperhatikan:

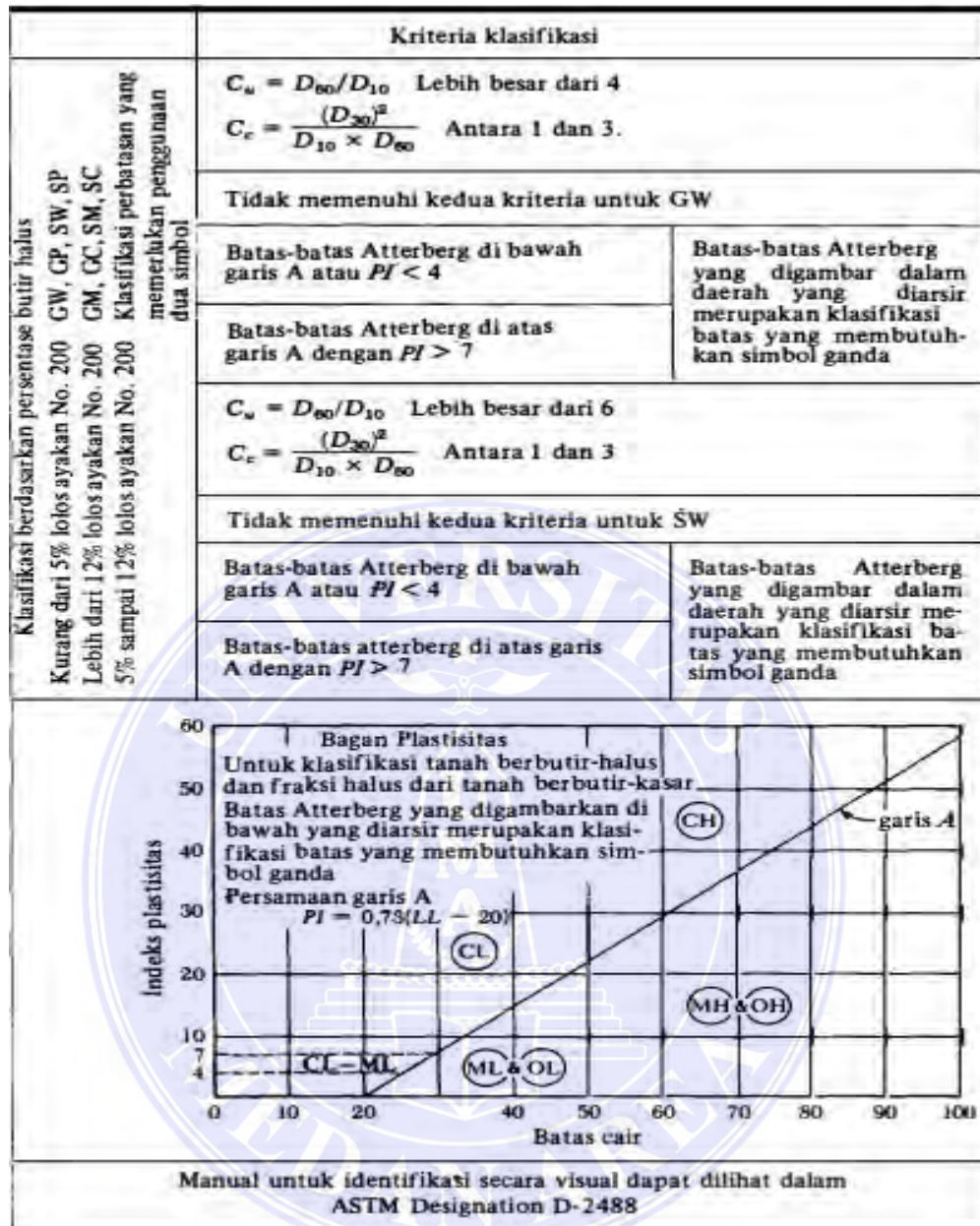
1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200.
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40.
3. Koefisien keseragaman (uniformity coefficient, C_u) dan koefisien gradasi (gradation coefficient, C_c) untuk tanah dimana 0 -12% lolos ayakan No. 200.
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah di mana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200).

Klasifikasi tanah berbutir halus dengan symbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Klasifikasi Tanah Sistem UNIFIED

Divisi utama	Simbol kelompok	Nama umum
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan N0.200	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
	GP	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau
	GM	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung
	GC	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
	SW	Pasir bergradasi-buruk, dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
	SP	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
	SM	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No.200	SC	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
	ML	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah
	CL	sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)
	OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis
	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi

Sumber: Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M. Das 1995



Sumber: Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M. Das 1995

2.4.4. Klasifikasi Berdasarkan Pemakaian

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan pemakaian adalah relatif sederhana karena hanya didasarkan pada distribusi ukuran butiran tanah saja. Dalam kenyataannya, jumlah dan jenis dari mineral lempung yang dikandung oleh tanah sangat mempengaruhi sifat fisis tanah yang bersangkutan. Oleh karena itu, kiranya perlu untuk memperhitungkan sifat plastisitas tanah, yang disebabkan adanya

kandungan mineral lempung, agar dapat menafsirkan ciri – ciri suatu tanah. Karena sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tidak memperhitungkan sifat plastisitas tanah, dan secara keseluruhan tidak menunjukkan sifat – sifat tanah yang penting, maka sistem tersebut dianggap tidak memadai untuk sebagian besar dari keperluan teknik. Pada saat sekarang ada lagi dua buah sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai oleh para ahli teknik sipil. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas – batas Atterberg. Sistem – sistem tersebut adalah: Sistem klasifikasi AASHTO dan Sistem klasifikasi Unified. Sistem klasifikasi AASHTO pada umumnya dipakai oleh departemen jalan raya di semua negara bagian di Amerika Serikat, Sedangkan sistem Klasifikasi Unified pada umumnya lebih disukai oleh para ahli geoteknik untuk keperluan – keperluan teknik yang lain.

2.4.5. Sudut Geser Dalam

Kekuatan geser dalam mempunyai variabel kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Nilai ini juga didapatkan dari pengukuran *engineering properties* tanah dengan *Direct Shear Test*.

Tabel 2.5. Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil kepasiran	$35^{\circ} - 40^{\circ}$
Kerikil kerakal	$35^{\circ} - 40^{\circ}$
Pasir padat	$35^{\circ} - 40^{\circ}$
Pasir lepas	30°
Lempung kelanauan	$25^{\circ} - 30^{\circ}$
Lempung	$20^{\circ} - 25^{\circ}$

Sumber: Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M. Das 1995

2.4.6. Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor aman dari yang direncanakan. Nilai ini didapat dari pengujian *Direct Shear Test*.

2.5 Perencanaan Dimensi Dinding Penahan Tanah

Dalam merencanakan dinding penahan tanah, yang harus dilakukan adalah:

- a. Mengasumsikan suatu dimensi
- b. Lakukan check stabilitas (guling, geser, dan daya dukung) terhadap dimensi yang direncanakan
- c. Jika dari hasil check stabilitas tidak dipenuhi, maka dimensi penampang dapat dirubah lagi dan dicek lagi terhadap stabilitas.

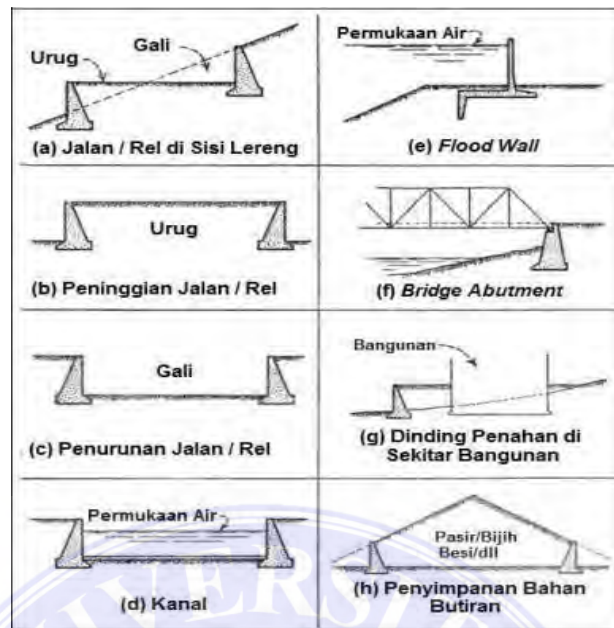
2.6 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemampatannya tidak dapat dijamin oleh lereng itu sendiri (Sudarmanto, 1996). Dinding penahan tanah berfungsi untuk menahan tekanan tanah lateral tanah atau batuan, sehingga tanah tersebut tidak bergerak atau

longsor. Dinding penahan tanah juga kerap ditemui pada bagian abutmen jembatan serta sebagai struktur dinding basement pada struktur gedung bertingkat. Dinding penahan tanah sudah digunakan secara luas dalam hubungannya dengan jalan raya, jalan kereta api, jembatan, kanal dan lainnya.

Aplikasi yang umum menggunakan dinding penahan tanah antara lain sebagai berikut:

- a. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibangun di daerah lereng.
- b. Jalan raya atau jalan kereta api yang ditinggikan untuk mendapatkan perbedaan elevasi.
- c. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibuat lebih rendah agar didapat perbedaan elevasi.
- d. Dinding penahan tanah yang menjadi batas pinggir kanal.
- e. Dinding khusus yang disebut *flood walls*, yang digunakan untuk mengurangi/menahan banjir dari sungai.
- f. Dinding penahan tanah yang digunakan untuk menahan tanah pengisi dalam membentuk suatu jembatan. Tanah pengisi ini disebut *approach fill* dan dinding penahan disebut abutments.
- g. Dinding penahan yang digunakan untuk menahan tanah di sekitar bangunan atau gedung-gedung.
- h. Dinding penahan tanah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan material seperti pasir, dan biji besi.

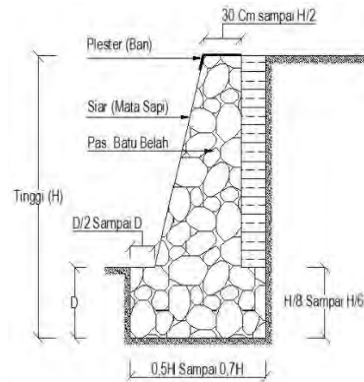


Gambar 2.3 Kegunaan Dinding Penahan Tanah
Sumber: Mekanika Tanah 2, Hardiyatmo, H., C. 2014

Dinding penahan tanah umumnya memiliki beberapa tipe. Tipe dinding penahan tanah diantaranya sebagai berikut:

1. Dinding Penahan Gravitasi (*Gravity Wall*)

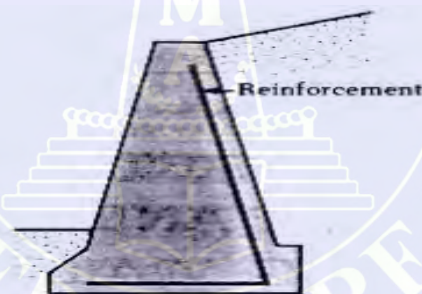
Dinding penahan gravitasi umumnya terbuat dari beton polos atau dari batu belah. Kekuatan dinding gravitasi sepenuhnya tergantung dari berat sendiri dinding ini. Dinding gravitasi berbentuk trapesium, tidak ekonomis untuk dinding yang tinggi. Dimensi dinding direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan tegangan tarik akibat gaya yang bekerja pada dinding.



Gambar 2.4 Dinding penahan tanah tipe gravitasi (*gravity wall*).
Sumber: Mekanika Tanah 2, Hardiyatmo, H., C. 2014

2. Dinding Semi Gravitasi (*Semi Gravity Wall*)

Dinding semi gravitasi adalah dinding gravitasi yang berbentuk lebih ramping sehingga memerlukan penulangan pada struktur di bagian dinding. Tulangan berfungsi sebagai pasak yang menghubungkan bagian dinding dan pondasi.

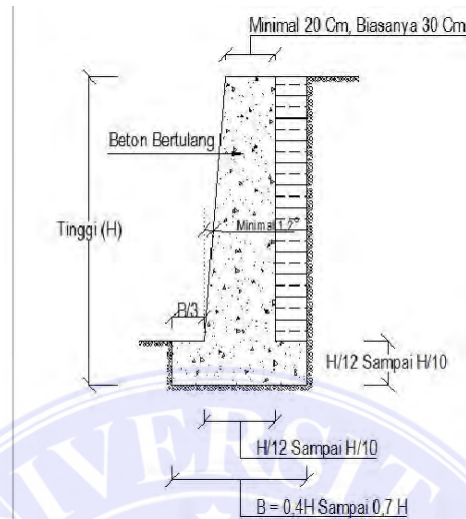


Gambar 2.5 Dinding penahan tipe semi gravitasi (*semi gravity wall*).
Sumber: Mekanika Tanah 2, Hardiyatmo, H., C. 2014

3. Dinding Penahan Kantilever (*Cantilever Wall*)

Dinding penahan kantilever adalah dinding penahan tanah beton bertulang yang paling banyak digunakan karena keekonomisan dan kemudahan dalam pelaksanaannya. Dinding jenis ini ekonomis hingga ketinggian 8m meter (Braja M. Das). Dinding kantilever dapat dibedakan

menjadi tiga bagian, yaitu bagian dinding vertikal, ujung kaki depan (*toe*) serta tumit belakang (*heel*).

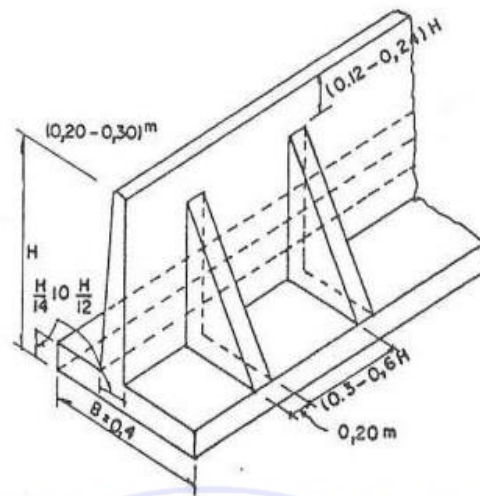


Gambar 2.6 Dinding Penahan tanah kantilever (*Cantilever retaining wall*).
Sumber: Mekanika Tanah 2, Hardiyatmo, H., C.2014

4. Dinding Penahan Counterfort (*Counterfort Wall*)

Dinding penahan kontrafort adalah dinding penahan beton dengan perkuatan, memiliki slab beton vertikal yang tipis dengan jarak beraturan (*counterfort*), *counterfort* gunanya untuk mengurangi momen dan geser yang besar pada bagian geser dinding sehingga desain akan tetap ekonomis, *counterfort* akan mengikat pada bagian dinding vertikal dengan bagian telapak dari dinding.

Perencanaan dimensi dinding penahan tanah tipe kontrafort yaitu Lebar 0,45 H s/d 0,75 H. Kontrafort dapat ditempatkan pada jarak 0,30 H s/d 0,60 H, dengan tebal tidak kurang dari 20 cm. Tinggi kontrafort sebaiknya sama dengan tinggi dinding vertikal, tetapi bila diinginkan ketinggian yang lebih kecil, dapat dikurangi dengan 0,12 H s/d 0,24 H.

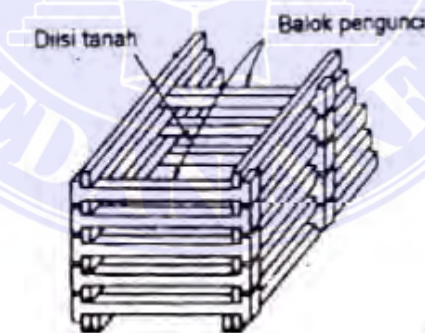


Gambar 2.7 Dinding Penahan Tanah Tipe Konterfort (*counterfort wall*).

Sumber: Mekanika Tanah 2, Hardiyatmo, H., C. 2014

5. Dinding Krib (*Crib Wall*)

Dinding Krib adalah dinding penahan yang terbuat dari beton *precast* yang disusun. Ruang yang kosong diisi dengan material yang dapat berfungsi sebagai saluran drainase.

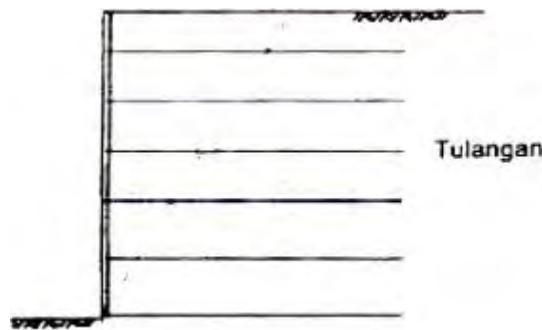


Gambar 2.8 Dinding krib (*crib wall*).

Sumber: Mekanika Tanah 2, Hardiyatmo, H., C. 2014

6. Dinding Tanah Bertulang (*Reinforced Earth Wall*)

Dinding yang terbuat dari timbunan tanah dan diperkuat dengan bahan tertentu seperti geosintetik atau metal.



Gambar 2.9 Dinding tanah bertulang (*Reinforced earth wall*).

Sumber: Mekanika Tanah 2, Hardiyatmo, H., C. 2014

2.7 Beban Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah

Beban adalah sebuah gaya yang dipikul oleh struktur bangunan. Jenis-jenis beban yang bekerja pada bangunan struktur antara lain:

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban dengan besar yang konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat. Beban ini terdiri dari berat sendiri struktur dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah seluruh beban tidak tetap yang dapat mempengaruhi berat bangunan dan atau unsur bangunan. Jenis beban hidup lain adalah angin, tekanan tanah, tekanan air, beban lumpur, dan beban yang disebabkan oleh pelaksanaan konstruksi.

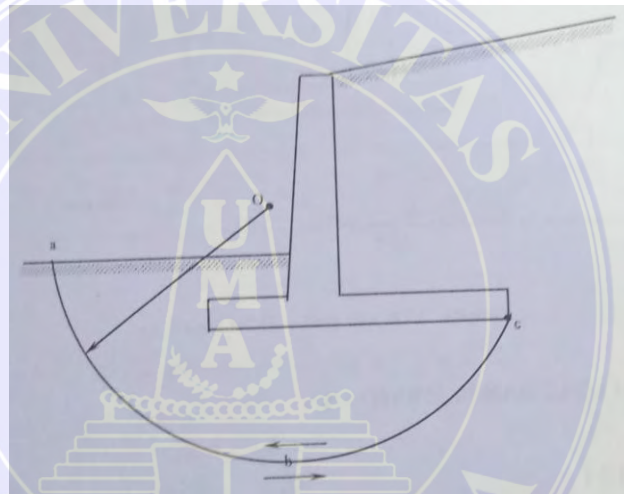
2.8 Jenis – Jenis Lain dari Keruntuhan Dinding Penahan

Dua jenis Keruntuhan lain yang dapat terjadi adalah:

1. Keruntuhan geser dangkal (*Shallow shear failure*)

Keruntuhan geser dangkal pada tanah yang berada dibawah dasar dinding penahan terjadi disepanjang permukaan silinder abc melewati

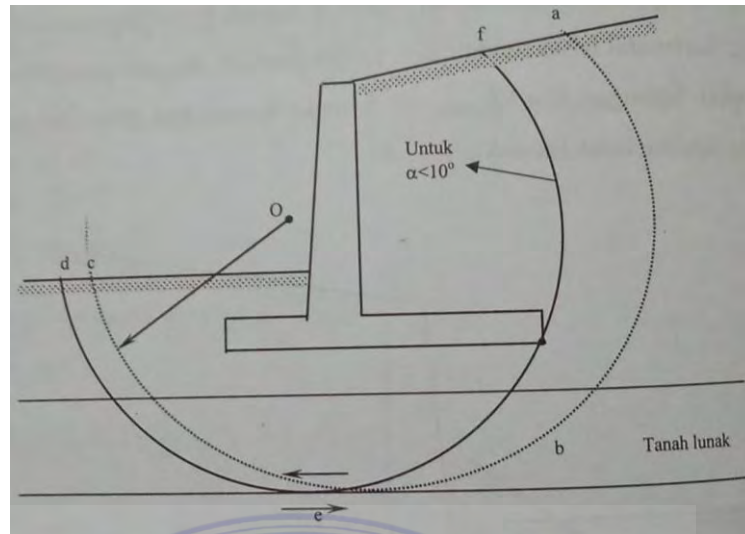
kaki slab, seperti pada Gambar 2.10. Pusat lingkaran abc adalah titik O yang diperoleh dari *trial and error* (sesuai dengan faktor keamanan minimum). Jenis keruntuhan ini dapat terjadi sebagai hasil dari berlebihan tegangan geser disepanjang permukaan silinder tanah. Biasanya faktor keamanan terhadap geser horizontal lebih rendah dari yang diperoleh dengan keruntuhan geser dangkal. Sehingga jika $F_s > 1,5$, maka keruntuhan geser dangkal pada dasar dinding tidak mungkin terjadi.



Gambar 2.10 Keruntuhan geser dangkal
Sumber: Dinding penahan tanah (retaining wall), Rina Yuliet, 2011

2. Keruntuhan geser dalam (*Deep shear failure*)

Keruntuhan geser dalam dapat terjadi disepanjang permukaan silinder abc, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11. Keruntuhan geser dalam merupakan hasil dari adanya tanah lempung lunak dibawah dinding pada kedalaman kira – kira 1,5 kali tinggi dinding penahan tanah.



Gambar 2.11 Keruntuhan geser dalam
Sumber: Dinding penahan tanah (retaining wall), Rina Yuliet, 2011

2.9 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang penting di dalam sejumlah persoalan teknik pondasi, dinding penahan dan konstruksi – konstruksi lain yang ada di bawah tanah.

Dalam perencanaan dinding penahan, biasanya dilakukan dengan cara menganalisis kondisi-kondisi yang akan terjadi pada keadaan runtuh, kemudian memberikan faktor aman yang cukup yang dipertimbangkan terhadap keruntuhan tersebut. Analisis tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis, yaitu pada saat massa tanah pada kondisi tepat akan runtuh (Rankine, 1857). Kedudukan keseimbangan plastis ini hanya dapat dicapai bila terjadi deformasi yang cukup pada massa tanahnya. Besar dan distribusi tekanan tanah adalah fungsi dari perubahan letak (*displacement*) dan regangan (*strain*) (Hardiyatmo, 2007).

Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada tiga kemungkinan, yaitu:

1. Dalam Keadaan Diam (K_o)
2. Dalam Keadaan Aktif (K_a)
3. Dalam Keadaan Pasif (K_p)

2.9.1 Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam

Bila dinding AB dalam keadaan diam, yaitu bila dinding tidak bergerak ke salah satu arah baik ke kanan maupun ke kiri dari posisi awal, maka massa tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*). Rasio tekanan arah horisontal dan tekanan arah vertikal dinamakan "koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth pressure at rest*), K_o , atau

$$K_o = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots (2.2)$$

Karena $\sigma_v = \gamma z$, maka

$$\sigma_h = K_o (\gamma z) \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk tanah berbutir, koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam dapat diwakili oleh hubungan empiris yang diperkenalkan oleh Jaky (1944).

$$K_o = 1 - \sin \phi \dots\dots\dots (2.4)$$

Brooker dan Ireland (1965) menggunakan persamaan berikut ini menghitung harga K_o dari tanah lempung yang terkonsolidasi normal (*normally consolidated*),

$$K_o = 0,95 - \sin \phi \dots\dots\dots (2.5)$$

Untuk tanah lempung yang terkonsolidasi lebih (*overconsolidated*), koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*at rest*) dapat diperkirakan sebagai berikut:

$$K_o \text{ (overconsolidated)} = K_o \text{ (normally consolidated)} \sqrt{OCR} \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan:

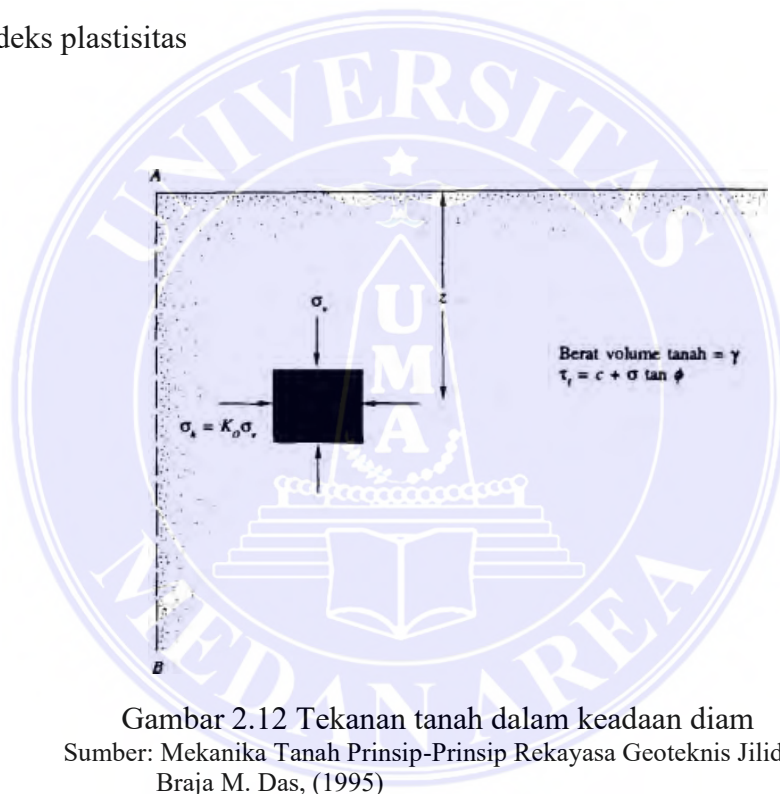
OCR = *overconsolidation ratio* (rasio terkonsolidasi lebih)

Untuk tanah lempung yang terkonsolidasi normal, persamaan empiris oleh Alpan (1967):

$$K_o = 0,19 + 0,233 \log (Pl) \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan

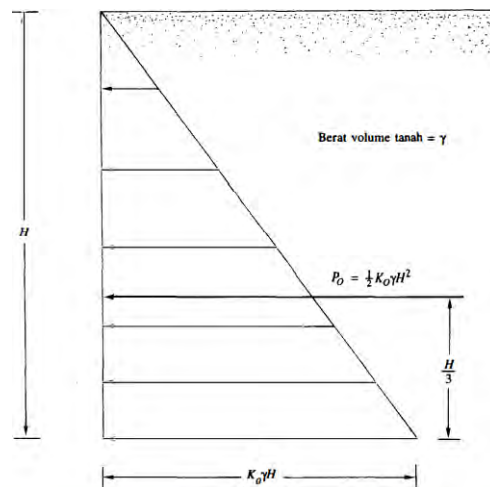
Pl = Indeks plastisitas



Gambar 2.12 Tekanan tanah dalam keadaan diam
Sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2,
Braja M. Das, (1995)

Gambar 2.13 menunjukkan distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding penahan tanah setinggi H. Gaya total per satuan lebar dinding, P_o , adalah sama dengan luas dari diagram tekanan tanah yang bersangkutan. Jadi,

$$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma H^2 \dots\dots\dots (2.8)$$



Gambar 2.13 Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam pada dinding penahan tanah.

Sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2, Braja M. Das, (1995)

2.9.1.1 Tekanan tanah dalam keadaan diam (*at rest*) untuk tanah yang terendam air sebagian

Pada gambar 2.14 menunjukkan suatu tembok setinggi H dengan permukaan air tanah (*ground water table*) terletak pada kedalaman H_1 dari permukaan tanah. Untuk $z \geq H_1$, tekanan tanah dalam keadaan diam arah horisontal adalah sebesar $\sigma_h = K_o \gamma_z$. Variasi σ_h dengan kedalaman tertentu ditunjukkan oleh segitiga ACE dalam gambar 2.14.a. Tetapi untuk $z \geq H_1$ (yaitu di bawah permukaan air tanah), tekanan tanah pada tembok merupakan komponen dari tekanan efektif dan tekanan air pori.

$$\text{Tekanan efektif arah vertikal} = \sigma_v' = \gamma H_1 + \gamma (z - H_1) \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = \text{berat volume efektif dari tanah}$$

Jadi, tekanan tanah efektif dalam keadaan diam arah horisontal

adalah:

$$\sigma_h' = K_0 \sigma_v' = K_0 [\gamma H_1 + \gamma'(z - H_1)] \dots\dots\dots (2.10)$$

Variasi σ_h' dengan kedalaman ditunjukkan oleh CEGB dalam Gambar 2.14 a tekanan arah horisontal yang disebabkan oleh air adalah:

$$u = \gamma_w (z - H_1) \dots\dots\dots (2.11)$$

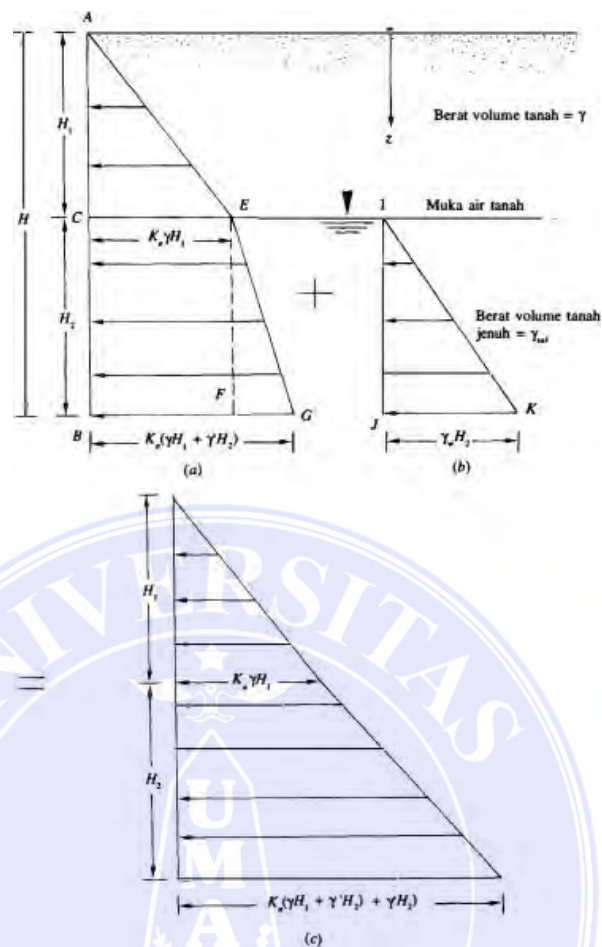
variasi u dengan kedalaman ditunjukkan dalam Gambar 2.14 b

Oleh karena itu, tekanan tanah total arah horisontal pada kedalaman $z \geq H_1$ adalah

$$\sigma_h = \sigma_h' + u = K_0 [\gamma H_1 + \gamma' (z - H_1)] + \gamma_w (z - H_1) \dots\dots\dots (2.12)$$

Gaya per satuan lebar tembok merupakan penjumlahan dari luas diagram tekanan yang diberikan dalam Gambar 2.14 a dan b, yaitu:

$$P_0 = \frac{1}{2} K_0 \gamma H_1^2 + K_0 \gamma H_1 H_2 + \frac{1}{2} (K_0 \gamma' + \gamma_w) H_2^2 \dots\dots\dots (2.13)$$



Gambar 2.14 Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam (at rest) untuk tanah terendam air sebagian.

Sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2, Braja M. Das, (1995).

2.9.2 Tekanan Tanah Dalam Keadaan Aktif

Gambar 2.15 a menunjukkan suatu massa tanah. Tanah tersebut dibatasi oleh tembok dengan permukaan licin, AB, yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Tegangan-tegangan utama arah vertikal dan horisontal (total dan efektif) pada elemen tanah di suatu kedalaman z adalah berturut-turut σ_v dan σ_h , apabila dinding AB tidak diijinkan bergerak sama sekali, maka $\sigma_h = K_0 \sigma_v$, Kondisi tegangan dalam elemen tanah tadi dapat diwakili oleh lingkaran Mohr a. Akan tetapi, bila dinding AB diijinkan bergerak menjauhi massa tanah secara

perlahan-lahan, maka tegangan utama arah horisontal akan berkurang secara terus menerus. Akhirnya suatu kondisi, yaitu kondisi keseimbangan plastis, akan dicapai bila kondisi tegangan di dalam elemen tanah dapat diwakili oleh lingkaran Mohr b, dan kelonggaran di dalam tanah terjadi. Keadaan tersebut di atas dinamakan sebagai "kondisi aktif menurut Rankine (*Rankine's Active State*); tekanan σ_a yang bekerja pada bidang vertikal (yang merupakan bidang utama) adalah tekanan tanah aktif menurut Rankine (*Rankine's active earth pressure*).

Berikut ini adalah penurunan dari cara sebagai fungsi y , z , c , dan ϕ . Dari

Gambar 2.15 b.

$$\sin \phi = \frac{C}{AC} = \frac{C}{AO+OC} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\text{Dengan } CD = \text{jari - jari lingkaran keruntuhan} = \frac{\sigma_v - \sigma_a}{2} \quad (2.15)$$

$$AO = c \cot \phi \dots\dots\dots(2.16)$$

dan

$$OC = \frac{\sigma_v - \sigma_a}{2} \dots\dots\dots(2.17)$$

Sehingga

$$\sin \phi = \frac{\frac{\sigma_v - \sigma_a}{2}}{c \cot \phi + \frac{\sigma_v - \sigma_a}{2}} \dots\dots\dots(2.18)$$

atau

$$c \cos \phi + \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2} \sin \phi = \frac{\sigma_v - \sigma_a}{2} \dots\dots\dots(2.19)$$

atau

$$\sigma_a = \sigma_v \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} - 2c \frac{\cos \phi}{1 + \sin \phi} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dalam kasus ini, σ_v = tekanan efektif akibat lapisan tanah di atasnya = γz

$$\frac{1-\sin \phi}{1+\sin \phi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.21)$$

dan

$$\frac{\cos \phi}{1+\sin \phi} = \tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan memasukkan persamaan – persamaan di atas ke dalam persamaan 2.20, kita dapatkan:

$$\sigma_a = \gamma z \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) - 2c \tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.23)$$

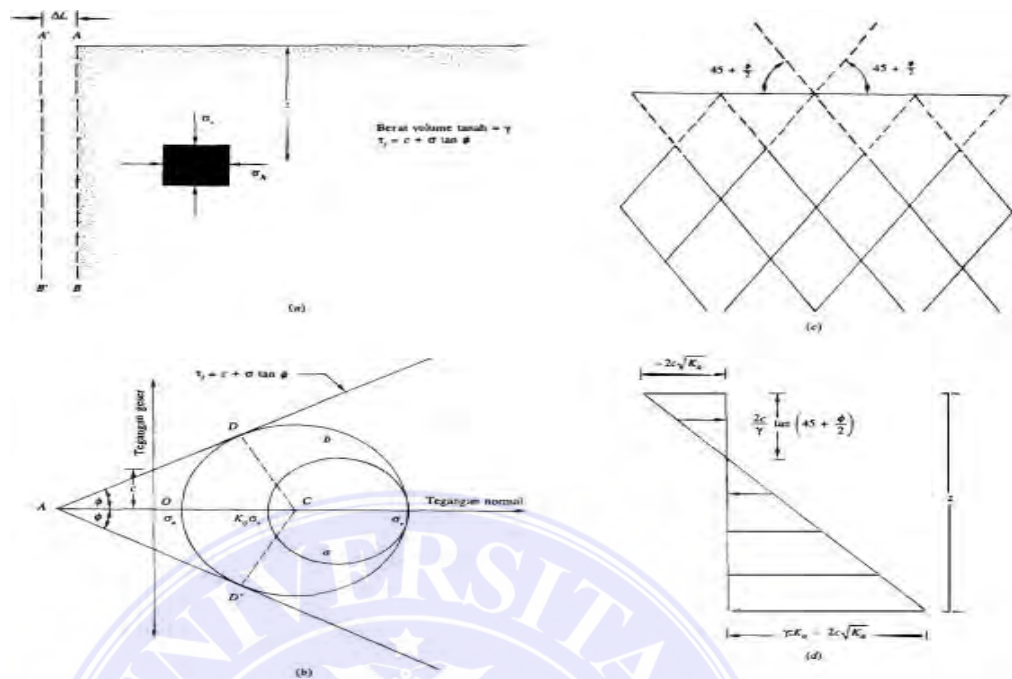
Variasi σ_a dengan kedalaman diberikan dalam gambar 2.15 d. Untuk tanah yang tidak berkohesi (*cohesionless soil*), $c = 0$ maka:

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.24)$$

Rasio σ_a dan σ_v dinamakan koefisien tekanan tanah aktif, k_a , Atau:

$$k_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.25)$$

dari Gambar 2.15 b kita dapat melihat bahwa bidang runtuh di dalam tanah membentuk sudut $\pm \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$ dengan arah dari bidang utama besar (*major principal plane*), yaitu, bidang horisontal. Bidang runtuh ini dinamakan bidang geser (*slip plane*). Bidang geser tersebut dapat dilihat dalam Gambar 2.16 c.



Gambar 2.15 Tekanan tanah aktif menurut rankine.
sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2,
Braja M. Das, (1995).

2.9.3 Tekanan Tanah Dalam Keadaan Pasif

Kondisi pasif menurut Rankine dapat dijelaskan dengan Gambar 2.16. AB adalah tembok licin tak terhingga. Keadaan tegangan awal pada suatu elemen tanah diwakili oleh lingkaran Mohr a dalam Gambar 2.16 b. Apabila tembok didorong secara perlahan-lahan ke arah masuk ke dalam massa tanah, maka tegangan utama σ_h akan bertambah secara terus menerus. Akhirnya kita akan mendapatkan suatu keadaan yang menyebabkan kondisi tegangan elemen tanah dapat diwakili oleh lingkaran Mohr b. Pada keadaan ini, keruntuhan tanah akan terjadi yang saat ini kita kenal sebagai kondisi pasif menurut Rankine (*Rankine's passive state*). Di samping itu tekanan tanah ke samping σ_p , yang merupakan tegangan utama besar (mayor *principal stress*), kita namakan tekanan tanah pasif

menurut Rankine (*Rankine's passive earth pressure*). Dari Gambar 2.16 b dapat kita lihat bahwa:

$$\begin{aligned}\sigma_p &= \sigma_v \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \\ &= \gamma z \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \dots \dots \dots (2.26)\end{aligned}$$

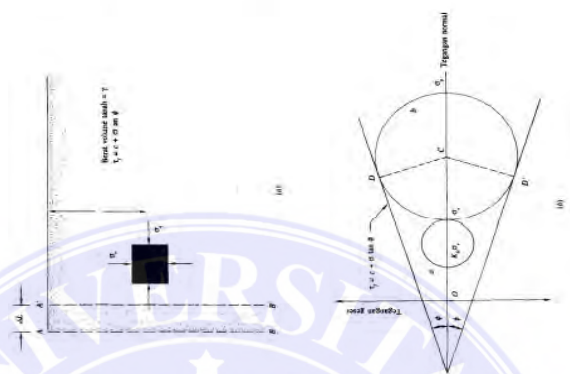
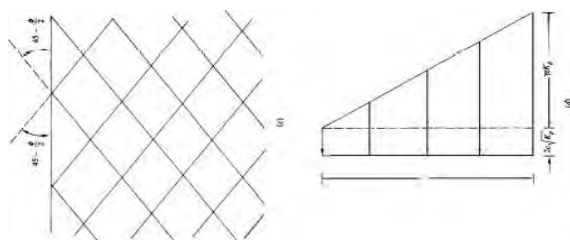
Penurunannya serupa dengan penurunan untuk kondisi aktif menurut Rankine. Gambar 2.16 b menunjukkan variasi tekanan aktif dengan kedalaman. Untuk tanah tidak berkohesi ($c = 0$).

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \dots \dots \dots (2.27)$$

atau

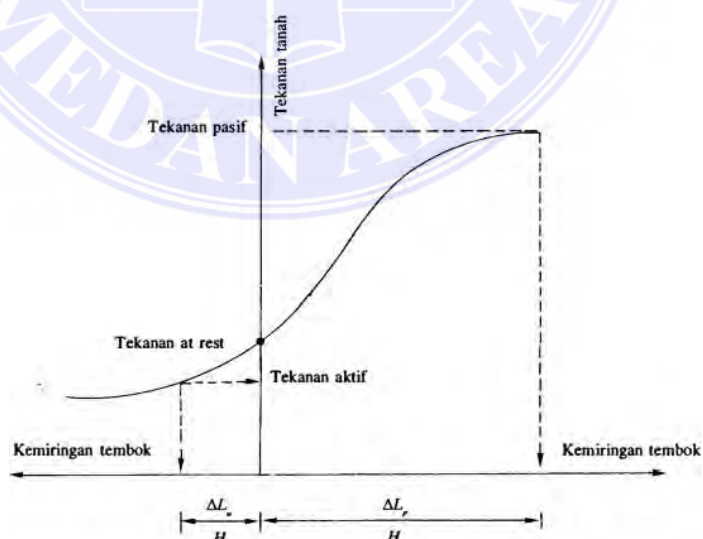
$$\frac{\sigma_p}{\sigma_v} = K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \dots \dots \dots (2.28)$$

K_p dari persamaan di atas dinamakan sebagai koefisien tekanan tanah pasif menurut Rankine. Titik-titik D dan D' pada lingkaran keruntuhan (Gambar 2.16 b) bersesuaian dengan bidang geser di dalam tanah. Untuk kondisi pasif (menurut Rankine) bidang geser membuat sudut $\pm \left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$ dengan arah dari bidang utama kecil (*minor principal plane*), yaitu arah horisontal Gambar 2.16 c menunjukkan distribusi bidang-bidang geser di dalam massa tanah.



Gambar 2.16 Tekanan tanah pasif menurut rankine.
Sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2, Braja M. Das, (1995).

2.10 Diagram dan Distribusi Tekanan Tanah ke Samping yang Bekerja Pada Tembok Penahan



Gambar 2.17 Variasi besarnya tekanan tanah ke samping dengan kemiringan tembok

Sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2, Braja M. Das, (1995).

2.10.1 Urugan di Belakang Tembok (*Backfill*) – Tanah Tidak Berkoheesi dengan Permukaan Datar

Kondisi aktif pada gambar 2.18 menunjukkan suatu tembok penahan/dinding penahan tanah dengan urugan (*backfill*) yang terdiri dari tanah tidak berkoheesi, permukaan dari urugan tersebut adalah datar. Berat volume dan sudut geser internal tanah adalah berturut – turut sama dengan γ dan ϕ .

Untuk kondisi aktif (menurut Rankine), tekanan tanah aktif yang bekerja pada tembok penahan di segala kedalaman dapat diberikan pada persamaan 2.23

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma z \quad (\text{Catatan: } c = 0) \dots\dots\dots (2.29)$$

σ_a bertambah secara linear dengan bertambahnya kedalaman, dan besarnya σ_a di dasar tembok penahan adalah

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma \cdot H \dots\dots\dots (2.30)$$

Gaya total P_a , per satuan lebar tembok sama dengan luas diagram tekanan tanah, jadi,

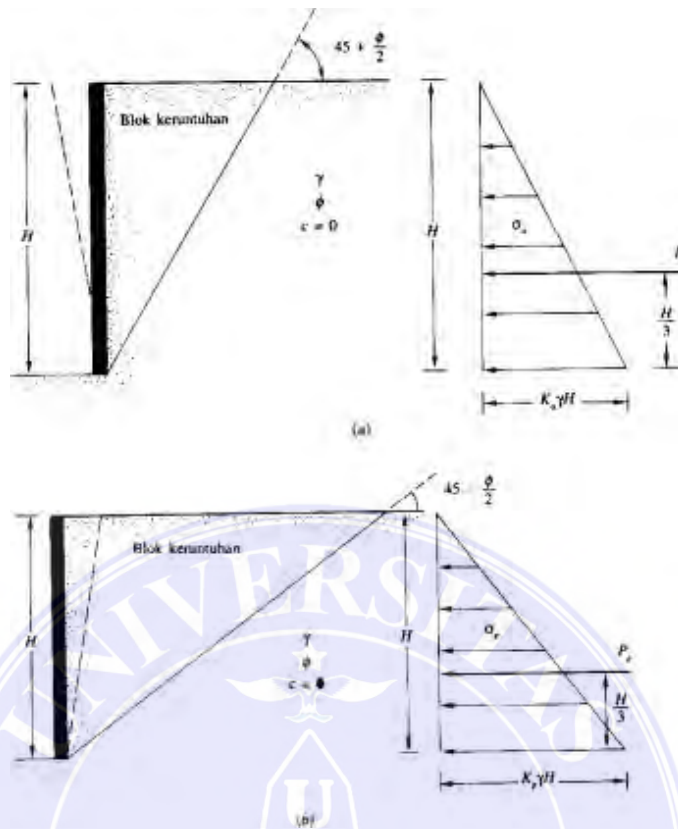
$$P_a = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H \dots\dots\dots (2.31)$$

Kondisi pasif adalah distribusi tekanan tanah horisontal yang bekerja pada tembok penahan setinggi H untuk kondisi pasif (menurut Rankine) ditunjukkan pada gambar 2.18 b. Tekanan tanah horisontal di segala kedalaman z (Persamaan 2.28, $C = 0$) adalah

$$\sigma_p = K_p \cdot \gamma \cdot H \dots\dots\dots (2.32)$$

Gaya total P_p , per satuan lebar tembok adalah

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot \gamma \cdot H^2 \dots\dots\dots (2.33)$$



Gambar 2.18 Distribusi tekanan pada tembok untuk urugan tanah tak berkohesi ($C = 0$) yang permukaannya datar. (a). tekanan tanah aktif menurut Rankine, (b). tekanan tanah pasif menurut Rankine
Sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2, Braja M. Das, (1995).

2.10.2 Urugan di Belakang Tembok (*backfill*) Tanah Tidak Berkohesi Terendam Air Sebagian dan Diberi Beban Surcharge

Kondisi aktif pada gambar 2.19 a menunjukkan suatu tembok penahan dengan permukaan licin mempunyai ketinggian H dengan urugan (*backfill*) yang terdiri dari tanah tak berkohesi. Permukaan air tanah terletak pada kedalaman H_1 di bawah permukaan tanah, dan urugan di belakang tembok (*backfill*) dibebani sebesar q per satuan luas. Pada persamaan 2.25 tekanan efektif dari tanah aktif di segala kedalaman dapat diberikan sebagai berikut

$$\sigma_a' = K_a \cdot \sigma_v' \dots \dots \dots (2.34)$$

dengan, σ_v' dan σ_a' = berturut – turut tekanan efektif arah vertikal dan arah horisontal.

$$\text{Pada } z = 0, \sigma_v = \sigma_v' = q \dots \dots \dots (2.35)$$

$$\text{dan, } \sigma_a = \sigma_a' = K_a \cdot z \dots \dots \dots (2.36)$$

Pada kedalaman $z = H_1$

$$\sigma_v = \sigma_v' = (q + \gamma \cdot H_1) \dots \dots \dots (2.37)$$

$$\text{dan, } \sigma_a = \sigma_a' = K_a (q + \gamma \cdot H_1) \dots \dots \dots (2.38)$$

Pada kedalaman $z = H$

$$\sigma_v' = (q + \gamma \cdot H_1 + \gamma' \cdot H_2) \dots \dots \dots (2.39)$$

dan

$$\sigma_a' = k_a (q + \gamma \cdot H_1 + \gamma' \cdot H_2) \dots \dots \dots (2.40)$$

dengan

$$\gamma = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w \dots \dots \dots (2.41)$$

Variasi σ_a' dengan kedalaman pada Gambar 2.19 b.

Tekanan arah horisontal yang disebabkan oleh air pori antara $z = 0$, dan H_1 adalah nol, untuk $z > H_1$, tekanan air pori bertambah secara linear dengan bertambahnya kedalaman (Gambar 2.19 c). pada $z = H$

$$u = \gamma_w \cdot H_2 \dots \dots \dots (2.42)$$

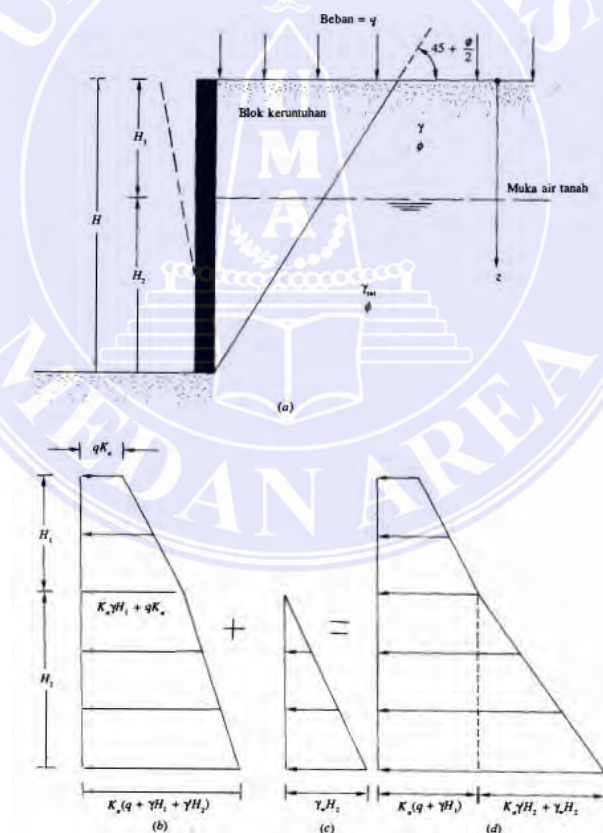
Diagram tekanan total arah horisontal (Gambar 2.19 d) merupakan penjumlahan dari diagram tekanan yang ditunjukkan dalam Gambar 2.19 b dan c.

Gaya aktif total per satuan lebar tembok merupakan luasan dari diagram tekanan total. Jadi

$$P_a = K_a \cdot q \cdot H + \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H_1^2 + K_a \cdot \gamma \cdot H_1 \cdot H_2 + \frac{1}{2} (K_a \cdot \gamma' + \gamma_w) H_2^2 \dots (2.43)$$

Kondisi pasif pada gambar 2.20 a menunjukkan suatu tembok penahan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.19 a. Tekanan pasif efektif (menurut Rankine) yang bekerja pada tembok penahan di segala kedalaman dapat diberikan pada persamaan (2.28).

$$\sigma_p' = K_p \cdot \sigma_v' \dots \dots \dots (2.44)$$

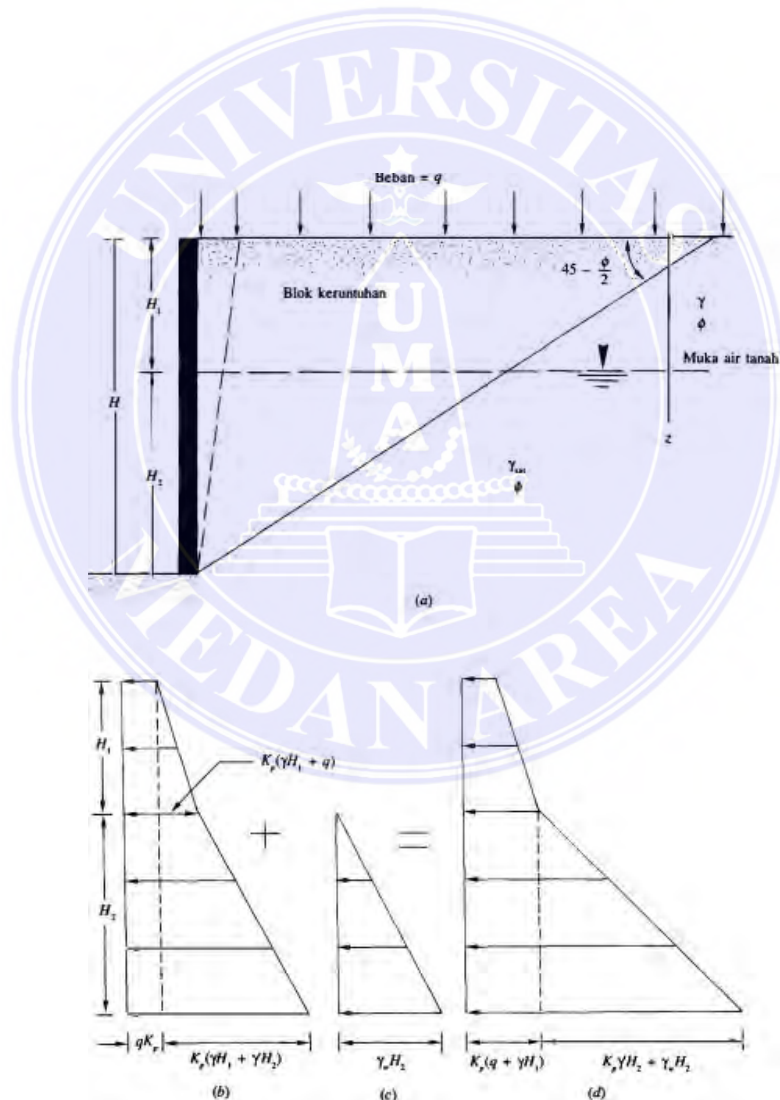


Gambar 2.19 Distribusi tekanan tanah aktif pada tembok dengan urugan tanah tak berkohesi ($C = 0$) yang terendam air sebagian dan diberi beban luar (*surcharge*).

Sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2, Braja M. Das, (1995).

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka variasi σ_p' pada kedalaman yang ditentukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.20 b. Untuk berbagai tekanan air pada tembok dengan kedalaman dalam Gambar 2.20 c. Gambar 2.20 d menunjukkan distribusi tekanan total σ_p dengan kedalaman. Gaya pasif total per satuan lebar tembok merupakan luasan dari diagram tekanan total yang diberikan pada Gambar 2.20 d, atau

$$p_p = K_p \cdot q \cdot H + \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot \gamma \cdot H_1^2 + K_p \cdot \gamma \cdot H_1 \cdot H_2 + \frac{1}{2} \cdot (K_p \cdot \gamma' + \gamma_w) H_2^2 \quad (2.45)$$



Gambar 2.20 Distribusi tekanan tanah pasif pada tembok dengan urugan tanah tak berkohesi ($C = 0$) yang terendam air sebagian dan diberi beban luar (*surcharge*).

Sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2, Braja M. Das, (1995).

2.10.3 Urugan di Belakang Tembok (*backfill*) Tanah Berkohesi dengan

Permukaan Datar

Kondisi aktif pada Gambar 2.21 a menunjukkan suatu tembok penahan yang mempunyai permukaan licin dengan urugan (*backfill*) dari tanah berkohesi. Tekanan tanah aktif yang bekerja pada tembok di setiap kedalaman dapat menggunakan persamaan 2. 23 yakni

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma \cdot z - 2c \sqrt{K_a} \dots\dots\dots(2.46)$$

Variasi $K_a \cdot \gamma \cdot z$ memiliki kedalaman pada Gambar 2. 21 b, sementara itu, variasi $2c \cdot \sqrt{K_a}$ pada kedalaman dapat dilihat pada Gambar 2.21 c. perlu di ingat bahwa $2c \cdot \sqrt{K_a}$ bukan fungsi dari z , oleh karena itu pada Gambar 2.21 c merupakan suatu empat persegi panjang. Variasi harga σ_a dan kedalaman diberikan dalam gambar Gambar 2.21 d. perlu diperhatikan karena ada pengaruh kohesi, σ_a menjadi negatif pada bagian atas tembok penahan. Kedalaman Z_0 yang mengakibatkan tekanan arah horisontal menjadi sama dengan nol, dapat menggunakan persamaan 2.23 yaitu:

$$K_a \cdot \gamma \cdot z_0 - 2c \cdot \sqrt{K_a} = 0 \dots\dots\dots(2.47)$$

$$\text{atau, } z_0 = \frac{2c}{\gamma \cdot \sqrt{K_a}} \dots\dots\dots(2.48)$$

Untuk kondisi *undrained* (air pori tidak sempat mengalir keluar) yaitu,

$$\phi = 0, K_a = \tan^2 (45) = 1 \text{ dan } c = c_u \text{ (kohesi dalam keadaan undrained)}$$

$$z_0 = \frac{2 c_u}{\gamma} \dots\dots\dots(2.49)$$

Jadi, pada saat retak akibat tarikan pada bidang batas antara tembok dengan urugan (*backfill*) akan terbentuk sampai dengan kedalaman z_0 , gaya aktif total per

satuan lebar tembok merupakan luasan dari diagram tekanan total (Gambar 2. 21

d). Atau

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2 - 2c \sqrt{K_a} \cdot H \dots\dots\dots (2.50)$$

Pada saat $\phi = 0$, di dapat bahwa

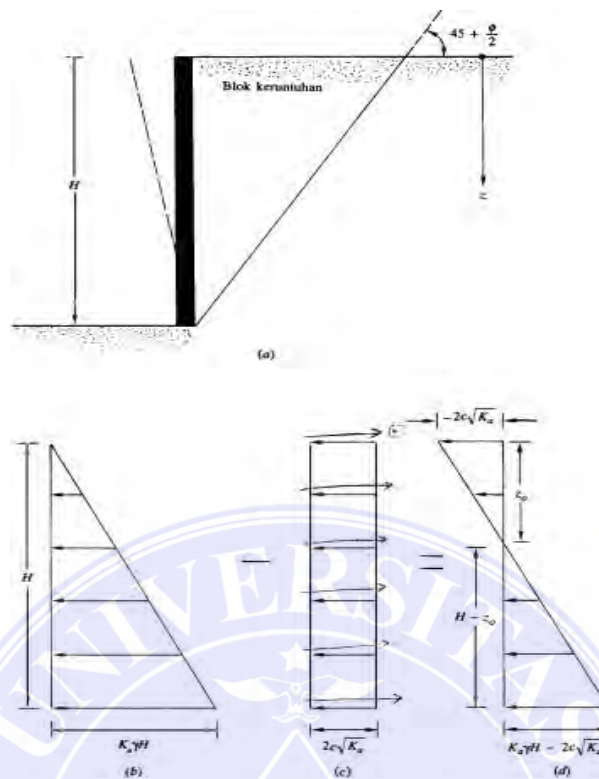
$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 - 2c_u \cdot H \dots\dots\dots (2.51)$$

Retak akibat tarikan biasanya diperhitungkan dalam menghitung gaya aktif total. Karena timbulnya retak pada tanah di belakang tembok tersebut, maka distribusi tekanan tanah aktif yang diperhitungkan adalah pada kedalaman antara $z = \frac{2c}{\sqrt{K_a}}$ dan H (Gambar 2.21 d). Hal tersebut dikarenakan setelah retak akibat tarikan terjadi, maka tidak ada kontak lagi antara tanah dan tembok. Pada hal ini,

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{1}{2} (K_a \cdot \gamma \cdot H - 2c \cdot \sqrt{K_a}) \left(H - \frac{2c}{\gamma \cdot \sqrt{K_a}} \right) \\ &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2 - 2c \cdot H \cdot \sqrt{K_a} + 2 \frac{c^2}{\gamma} \dots\dots\dots (2.52) \end{aligned}$$

Bila $\phi = 0$, maka

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 - 2c_u \cdot H + 2 \frac{c_u^2}{\gamma} \dots\dots\dots (2.53)$$



Gambar 2.21 Distribusi tekanan tanah aktif (menurut Rankine) pada tembok dengan urugan tanah yang berkohesi

Sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2, Braja M. Das, (1995).

Kondisi pasif pada gambar 2.22 a menunjukkan suatu tembok penahan dengan urugan di belakangnya, seperti pada Gambar 2.21 a. Tekanan tanah pasif menurut Rankine yang bekerja pada tembok di kedalaman z dapat diberikan dalam persamaan 2.26.

$$\sigma_p = K_p \cdot \gamma \cdot z + 2c \cdot \sqrt{K_p} \dots \dots \dots (2.54)$$

Pada saat $z = 0$,

$$\sigma_p = 2c \cdot \sqrt{K_p} \dots \dots \dots (2.55)$$

Tetapi bila $z = H$, maka

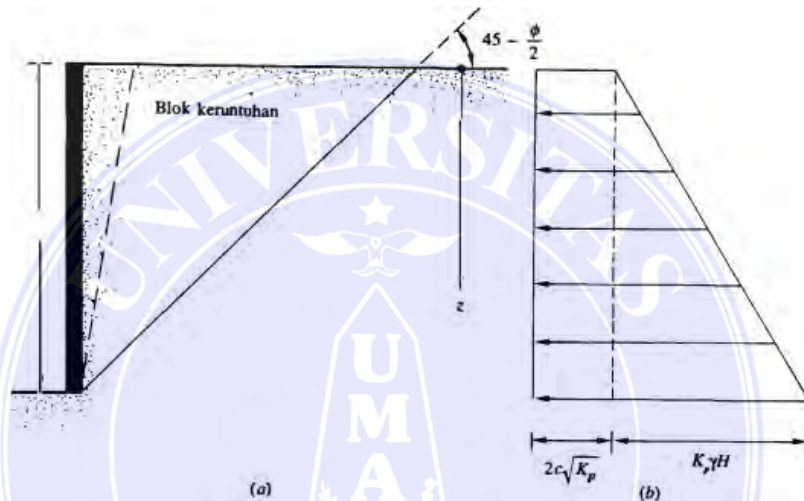
$$\sigma_p = K_p \cdot \gamma H + 2c \cdot \sqrt{K_p} \dots \dots \dots (2.56)$$

Variasi harga σ_p pada kedalaman dalam Gambar 2.22 b. Gaya pasif per satuan lebar tembok merupakan luasan dari diagram tekanan, yakni

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot \gamma \cdot H^2 + 2c \cdot H \cdot \sqrt{K_p} \dots\dots\dots (2.57)$$

Untuk keadaan di mana $\phi = 0$, $K_p = 1$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 + 2c_u \cdot H \dots\dots\dots (2.58)$$



Gambar 2.22 Distribusi tekanan tanah (menurut Rankine) pada tembok dengan Urugan tanah yang berkoheesi

Sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2, Braja M. Das, (1995).

2.11 Tembok Penahan Dengan Permukaan Kasar

Saat ini telah mempelajari tekanan tanah aktif dan pasif bahwa permukaan tembok penahan adalah licin (tidak ada geseran antara tembok dan tanah), Dalam kenyataannya, permukaan dari tembok penahan adalah kasar dan geseran terjadi antara permukaan tembok dengan tanah urugan di belakang tembok seperti terlihat pada Gambar 2.23.

Kondisi aktif (Gambar 2.23 a) terjadi jika tembok AB bergerak ke posisi A'B, yaitu pada saat massa tanah pada keadaan aktif di tarik ke luar. Keadaan ini menyebabkan tanah bergerak ke arah bawah terhadap tembok. Pergerakan ini menyebabkan geseran arah ke bawah pada tembok (Gambar 2.24 b), dalam hal ini dinamakan geseran dinding positif dalam kondisi aktif (*positive wall friction in the active case*). Apabila δ adalah sudut geser antara tembok dan tanah urugan di belakang tembok, maka gaya resultan P_a yang bekerja pada tembok akan miring dengan sudut δ terhadap normal dari muka tembok penahan sebelah belakang. Menunjukkan bahwa bidang longsor di dalam tanah urugan di belakang tembok oleh BCD ditunjukkan pada Gambar 2.23 a. Bagian BC dari bidang longsor adalah lengkung, sedangkan bagian CD merupakan garis lurus. Kondisi aktif menurut Rankine berada dalam Zona ACD.

Saat kondisi tertentu, apabila tembok yang ditunjukkan pada Gambar 2.23 a di tekan ke bawah yaitu ke tanah urugan (sebagai contoh disebabkan oleh beban yang berat), maka arah gaya aktif P_a akan berubah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.23 c juga menunjukkan perilaku bidang runtuh yang terjadi di dalam tanah urugan.

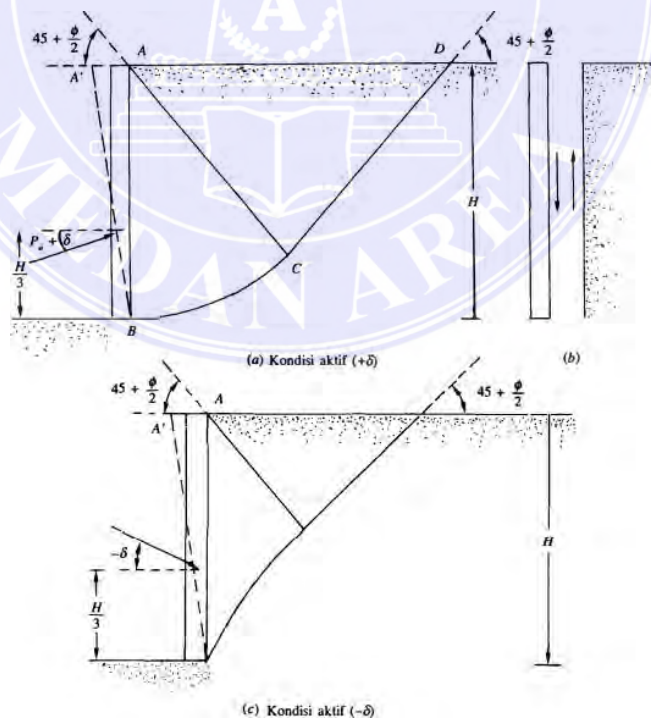
Akibat dari pergeseran tembok pada kondisi aktif dalam Gambar 2.23 d dan e. Jika tembok AB di tekan ke dalam posisi A''B (Gambar 2.23d), tanah di dalam zona pasif akan tertekan. Hasilnya ialah gerakan arah ke atas pada tembok penahan (Gambar 2.23 c). Keadaan ini disebut “geseran tembok positif dalam kondisi pasif” (*positive wall friction in the passive case*). Gaya pasif resultan P_p akan miring dengan sudut δ keadaan normal dari muka bagian belakang tembok. Bidang longsor dalam tanah mempunyai bentuk lengkung pada bagian bawah BC,

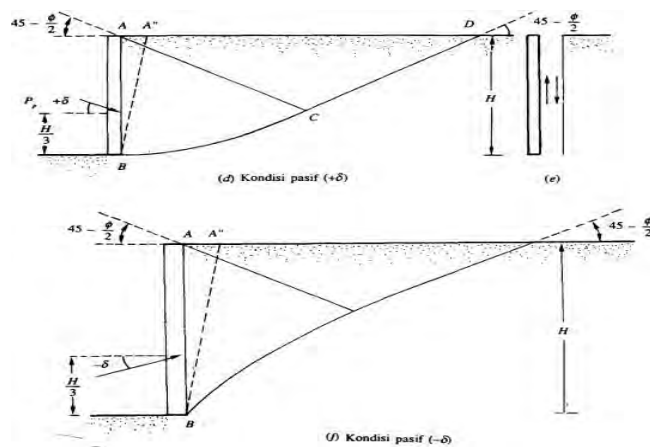
dan lurus pada bagian atas CD. Keadaan pasif menurut Rankine terjadi dalam zona ACD.

Tembok yang ditunjukkan pada Gambar 2.23 d ditekan oleh suatu gaya arah ke bawah terhadap tanah urug, maka arah gaya pasif P_p akan berubah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.23 f. Keadaan ini merupakan geseran tembok negatif dalam kondisi pasif (negative wall friction in the passive case). Gambar 2.23 f menunjukkan adanya bidang longsor di dalam tanah urugan pada kondisi seperti yang dibahas di atas.

Untuk masukan, apabila urugan di belakang tembok adalah tanah berbutir yang lepas, sudut geser tembok δ sama dengan sudut geser tanah ϕ . Untuk tanah berbutir yang padat, δ adalah lebih kecil dari ϕ dan biasanya δ berada antara $\frac{\phi}{2}$

$$\delta \leq \frac{2}{3}\phi.$$





Gambar 2.23 Pengaruh geseran tembok terhadap bentuk dari bidang keruntuhan

Sumber: Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2, Braja M. Das, (1995).

2.12 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Untuk mengecek kestabilan dari dinding penahan tanah, perlu dilakukan langkah – langkah sebagai berikut:

1. stabilitas terhadap guling (*Overturning*).
2. stabilitas terhadap keruntuhan geser (*Sliding failure*).
3. stabilitas terhadap keruntuhan daya dukung tanah (*bearing capacity failure*).
4. Pengecekan stabilitas terhadap penurunan (*settlement*).
5. Pengecekan terhadap stabilitas keseluruhan (*Overall stability*).

Gaya – gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah adalah:

1. Berat sendiri dinding penahan (w)
2. Tekanan tanah lateral aktif total tanah urug (p_a)
3. Tekanan tanah lateral pasif total tanah urug (p_p)
4. Tekanan air pori (p_w atau u)
5. Reaksi tanah dasar (R)

2.12.1 Stabilitas Terhadap Guling (*Overturning*)

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan tanah cenderung untuk menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan di dasar dinding penahan tanah. Momen penggulingan ini dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan tanah dan momen akibat berat tanah di atas pelat pondasi.

Faktor aman terhadap penggulingan (F_{gl}) adalah:

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \geq 1,5 \dots\dots\dots (2.59)$$

$F_{gl} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler.

$F_{gl} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif.

Dengan:

$\sum M_w$ = momen yang melawan penggulingan (kN.m)

$\sum M_{gl}$ = momen yang mengakibatkan penggulingan (kN.m)

2.12.2 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Geser (*Sliding failure*)

Gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh gesekan antara tanah dengan dasar pondasi, tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan tanah terdapat tanah timbunan.

Faktor aman terhadap keruntuhan geser (F_{gs}) adalah:

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 2 \dots\dots\dots (2.60)$$

$F_{gs} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler

$F_{gs} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

Dengan:

$\sum_{Rh}$ = Tahanan dinding penahan tanah terhadap pergeseran.

$\sum_{Ph}$ = jumlah gaya – gaya horizontal

2.12.3 Stabilitas terhadap keruntuhan daya dukung tanah (*bearing capacity failure*)

Adalah kemampuan suatu tanah untuk memikul gaya luar/tegangan akibat beban maksimum yang disalurkan oleh pondasi ke tanah tersebut.

Pengecekan terhadap keruntuhan daya dukung tanah digunakan metode persamaan Terzaghi.

1. Kapasitas daya dukung ultimit/batas untuk pondasi menerus

$$q_{ult} = c N_c + D_f \gamma N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots (2.61)$$

2. Kapasitas daya dukung ultimit/batas untuk pondasi bujur sangkar

$$q_{ult} = 1,3 c N_c + D_f \gamma N_q + 0,4 \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots (2.62)$$

3. Kapasitas daya dukung ultimit/batas untuk pondasi lingkaran

$$q_{ult} = 1,3 c N_c + D_f \gamma N_q + 0,3 \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots (2.63)$$

4. Kapasitas daya dukung ultimit/batas untuk pondasi empat persegi panjang

$$q_{ult} = c N_c (1 + 0,3 B/L) + D_f \gamma N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma (1 - 0,2 B/L) \dots\dots\dots (2.64)$$

Untuk faktor keamanannya:

$$FK = \frac{q_{ult}}{q'} > 3 \dots\dots\dots (2.65)$$

Dengan:

q_{ult} = daya dukung ultimit untuk pondasi memanjang

q' = Tekanan akibat beban struktur (kN/m^2)

c = kohesi tanah

D_f = kedalaman pondasi yang tertanam di dalam tanah

γ_s = berat volume tanah

N_c = faktor daya dukung tanah akibat kohesi tanah

N_q = faktor daya dukung tanah akibat beban terbagi rata

N_γ = faktor daya dukung tanah akibat berat tanah

Tabel 2.6 Nilai faktor daya dukung tanah terzaghi

ϕ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5,7	1	0	5,7	1	0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35	23,7	11,7	9
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,5	87,1

Sumber: Analisis dan perencanaan fondasi I, Hary C.Hardiyatmo, 2014

Untuk tanah non kohesif digunakan pedoman:

1. Keruntuhan geser lokal $\phi \leq 28^\circ$

Pola keruntuhan terjadi pada tanah yang mudah mampat atau tanah yang lunak.

Bidang gelincir tidak mencapai permukaan tanah tetapi berhenti di suatu tempat. Pondasi tenggelam akibat bertambahnya beban pada kedalaman yang relatif dalam sehingga tanah yang didekatnya mampat.

2. Keruntuhan geser umum $\phi > 28^\circ$

Keruntuhan yang terjadi pada tanah yang tidak mudah mampat, yang mempunyai kekuatan geser tertentu atau dalam keadaan terendam.

2.13. Tekanan pada tanah

Tekanan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang terjadi pada dinding penahan tanah harus dipastikan lebih kecil dari daya dukung ijin tanah. Eksentrisitas dari gaya-gaya ke pondasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

1. Letak titik potong resultante gaya pada dasar bidang pondasi ditinjau terhadap titik O (dengan O, ujung kaki pada bagian depan dinding penahan tanah):

$$\Sigma M = (M_L - M_g)$$

$$X = \frac{\Sigma M}{\Sigma V} \dots\dots\dots (2.66)$$

$$\text{Mencari eksentrisitas: } e = x - \frac{1}{2} B \dots\dots\dots (2.67)$$

2. Letak titik potong resultan gaya pada dasar bidang pondasi ditinjau terhadap titik A (dengan A, titik tengah pada dasar pondasi dinding penahan tanah).

$$\text{Mencari eksentrisitas: } e = \frac{\Sigma M}{\Sigma v} \dots\dots\dots(2.68)$$

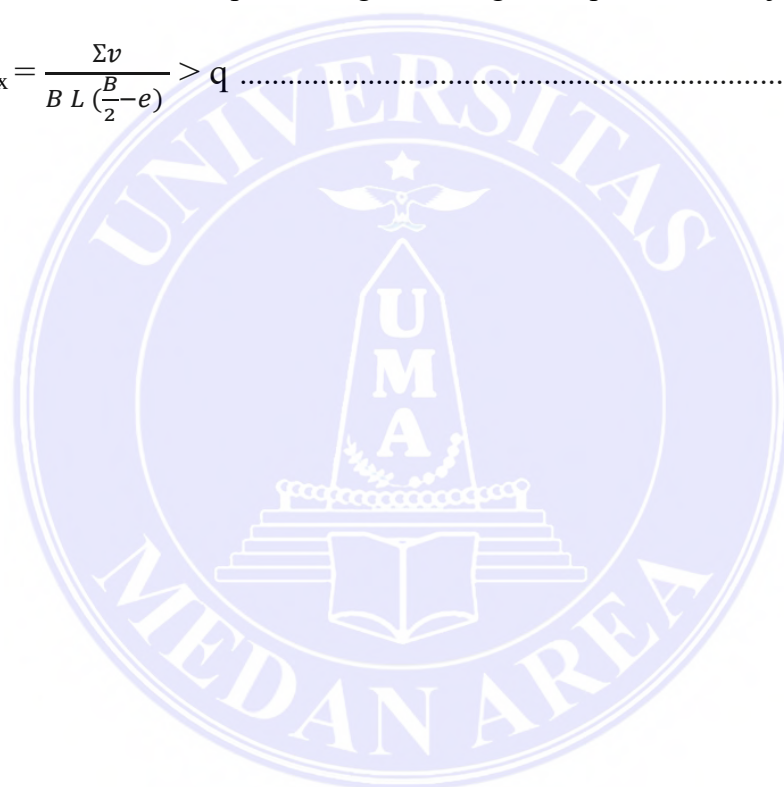
dengan $e < B/6$, maka di seluruh bidang dasar pondasi bekerja gaya desak

$$\sigma_{\max} = \frac{\Sigma v}{B.L} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) < q_a \dots\dots\dots(2.69)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{\Sigma v}{B.L} \left(1 - \frac{6e}{B}\right) > q_a \dots\dots\dots(2.70)$$

Jika $e > B/6$, maka pada sebagian bidang dasar pondasi bekerja gaya tarik

$$\sigma_{\max} = \frac{\Sigma v}{B.L \left(\frac{B}{2} - e\right)} > q \dots\dots\dots(2.71)$$



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Adapun penelitian ini yang berlokasi di Kabupaten Deli Serdang, yang merupakan salah satu Kabupaten yang berada dikawasan Pantai Timur Sumatera Utara, terletak diantara 2° 57'' LU dan 3° 16'' LS dan 98° 33''- 99° 27'' BT dengan ketinggian antara 0-500 m diatas permukaan laut dengan luas wilayah 2.497,72 km² atau 3,48% luas provinsi Sumatera Utara.

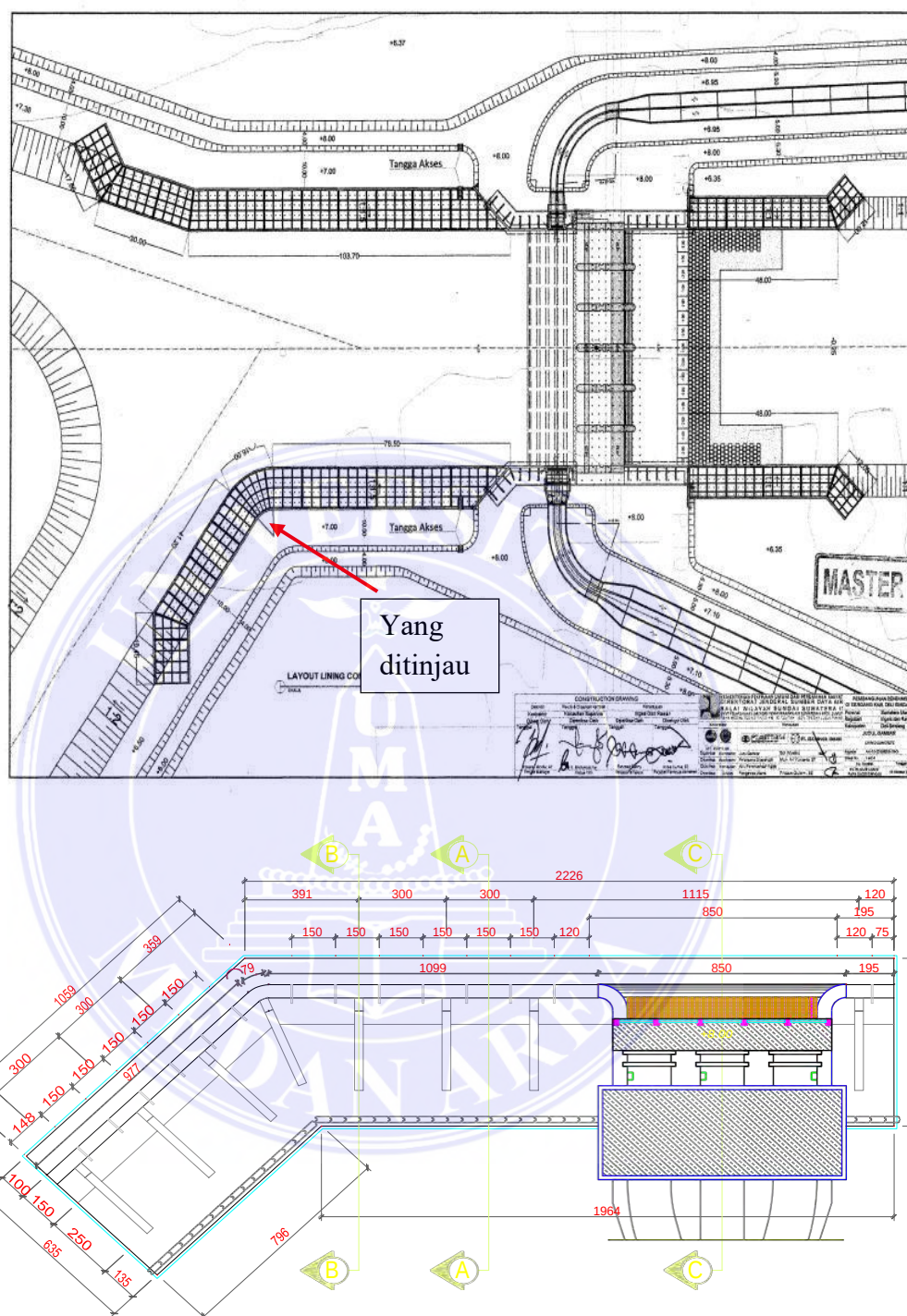
Secara administratif wilayah Kabupaten Deli Serdang berbatasan dengan:

- a. Sebelah Utara : Berbatasan dengan Kabupaten Langkat dan Selat Malaka
- b. Sebelah Selatan : Berbatasan dengan Kabupaten Karo dan Kabupaten Simalungun
- c. Sebelah Timur : Berbatasan dengan Kabupaten Serdang Berdagai
- d. Sebelah Barat : Berbatasan dengan Kabupaten Karo dan Kabupaten Langkat



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Sumber: Google Earth 2022



Dari gambar diatas peneliti meninjau dinding penahan bagian hulu disebelah kanan.

Gambar 3.2 Dinding penahan tanah yang ditinjau

Sumber: Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat direktorat jenderal sumber daya air balai wilayah sungai sumatera II

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian pada lokasi ini adalah pada Proyek Konstruksi Bendung D.I Serdang. Untuk memperoleh data yang sesuai dengan masalah yang diteliti atau akan dibahas, maka peneliti menggunakan teknik pengumpulan data sebagai berikut:

1. Data Primer

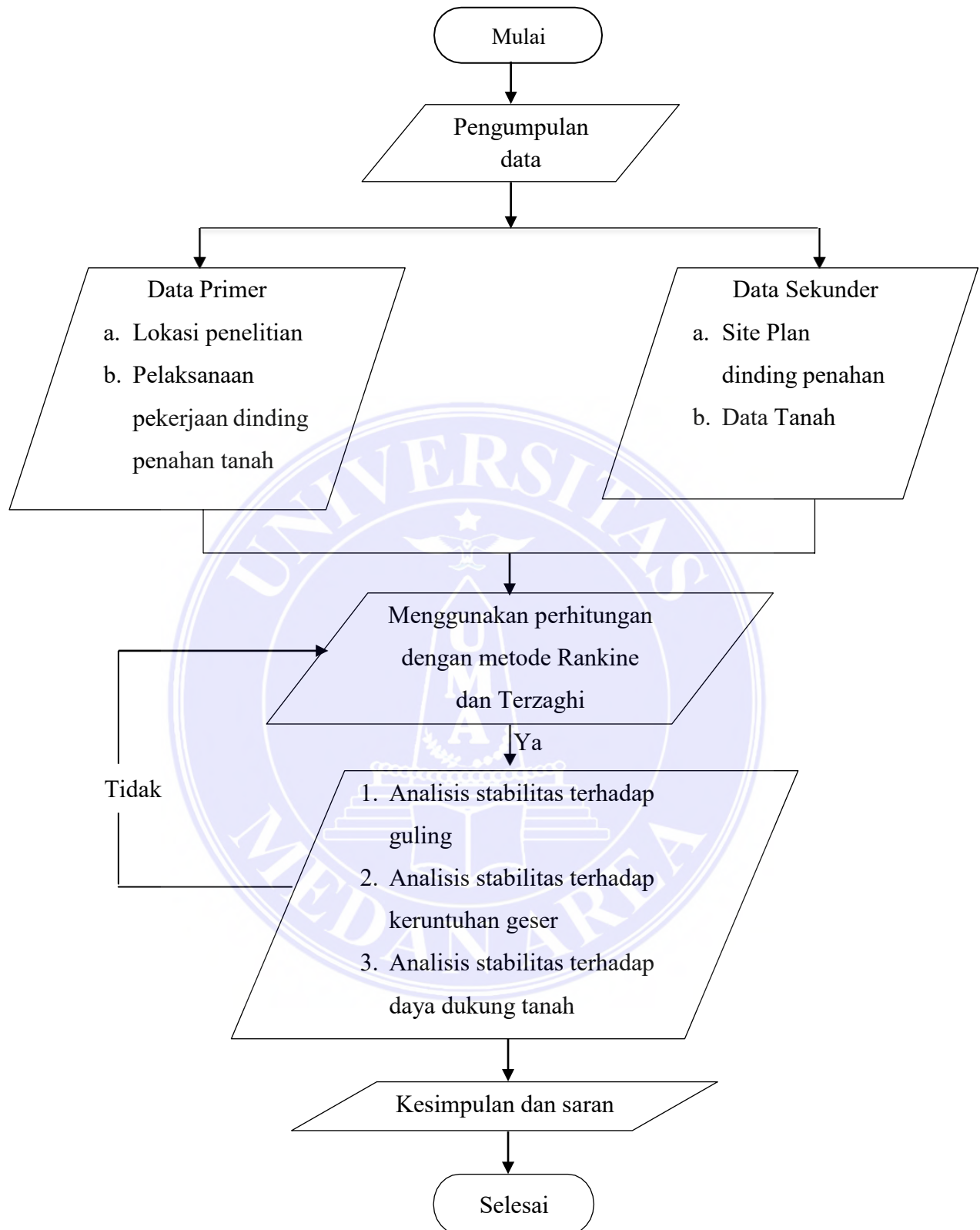
Cara pengumpulan data yang digunakan adalah observasi lapangan sebagaimana pengumpulan data pada dokumentasi lapangan, sehingga dapat mengetahui kondisi sesungguhnya secara langsung di lapangan mengenai apa yang telah dikerjakan serta mengetahui dinding penahan tanah tersebut.

2. Data Sekunder

Data-data atau gambar yang didapat dari pihak kontraktor maupun instansi terkait yang mengenai dinding penahan.

Maka peneliti mengumpulkan data sebagai berikut:

- a. Teknik kepustakaan yaitu dengan mendapatkan informasi dan data mengenai teori-teori yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang diperoleh dari literatur-literatur, bahan kuliah, media internet dan media cetak lainnya.
- b. Pengambilan Data Sekunder Pengumpulan data tanah yang diperlukan adalah data sekunder untuk melengkapi data yang akan dianalisa. Data tanah ini dibutuhkan untuk mengetahui parameter - parameter dan jenis tanah yang ada dalam melakukan analisis perhitungan.



Gambar 3.3 Bagan alir penelitian

3.3 Analisis Data

Setelah semua data terkumpul, maka dilakukan analisis data sebagai berikut:

1. Menganalisis dan menghitung kestabilan dinding penahan tanah terhadap keruntuhan geser dan penggulingan.
2. Menganalisis dan menghitung kestabilan dinding penahan tanah terhadap daya dukung tanah.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan stabilitas dinding penahan tanah tipe Counterfort pada Bendung D. I Serdang dapat disimpulkan bahwa, perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dengan metode Rankine aman terhadap Stabilitas Penggulingan dengan nilai $8,6011 > 1,5$, aman terhadap Stabilitas Pergeseran dengan nilai $10,8646 > 2$, dan aman terhadap Stabilitas Keruntuhan Daya Dukung Tanah dengan metode Terzaghi dengan nilai $100,5234 > 3$.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan stabilitas dinding penahan tanah pada Bendung D. I Serdang, saran yang penulis ajukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk peneliti selanjutnya disarankan perhitungan kestabilan dinding penahan dapat menggunakan metode coulumb untuk perbandingan perhitungan dengan metode rankine dan terzaghi.
2. Untuk peneliti selanjutnya disarankan perhitungan kestabilan dinding penahan tanah menggunakan aplikasi plaxis untuk perbandingan perhitungan serta keakuratan yang dihasilkan.
3. Untuk peneliti selanjutnya disarankan perhitungan kestabilan dinding penahan Tanah menggunakan nilai kohesi tanah yang berbeda dan nilai sudut geser yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. (1983). *Principle Of Foundation Engineering SI, Seventh Edition*.
United States of America.
- Das, B. M. (1985). *Principle Of Geotechnical Engineering, Seventh Edition*.
United States of America.
- Das, B. M. (1993). *Mekanika Tanah, Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah, Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (1994). *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka
Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 2*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka
Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2006). *Teknik Fondasi I*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo, H. C. (2006). *Teknik Fondasi II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo, H. C. (2014). *Mekanika Tanah 2, Cetakan Kedua, Edisi Kelima*.
Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- I.B), B. M. (1995). *"Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)" Jilid*
2. Jakarta: Erlangga.
- Jumaidi, D. I. (2018). Perancangan Struktur Dinding Penahan Tanah Pada
Pekerjaan Penanganan Longsoran Jalan Batu Cermin Kota Samarinda.
Teknik Sipil, 1-26.
- Rizki Ramadhan, M. M. (2020). Faktor keamanan stabilitas lereng pada kondisi
eksisting dan setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe counterfort
dengan program plaxis. *Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 1-11.

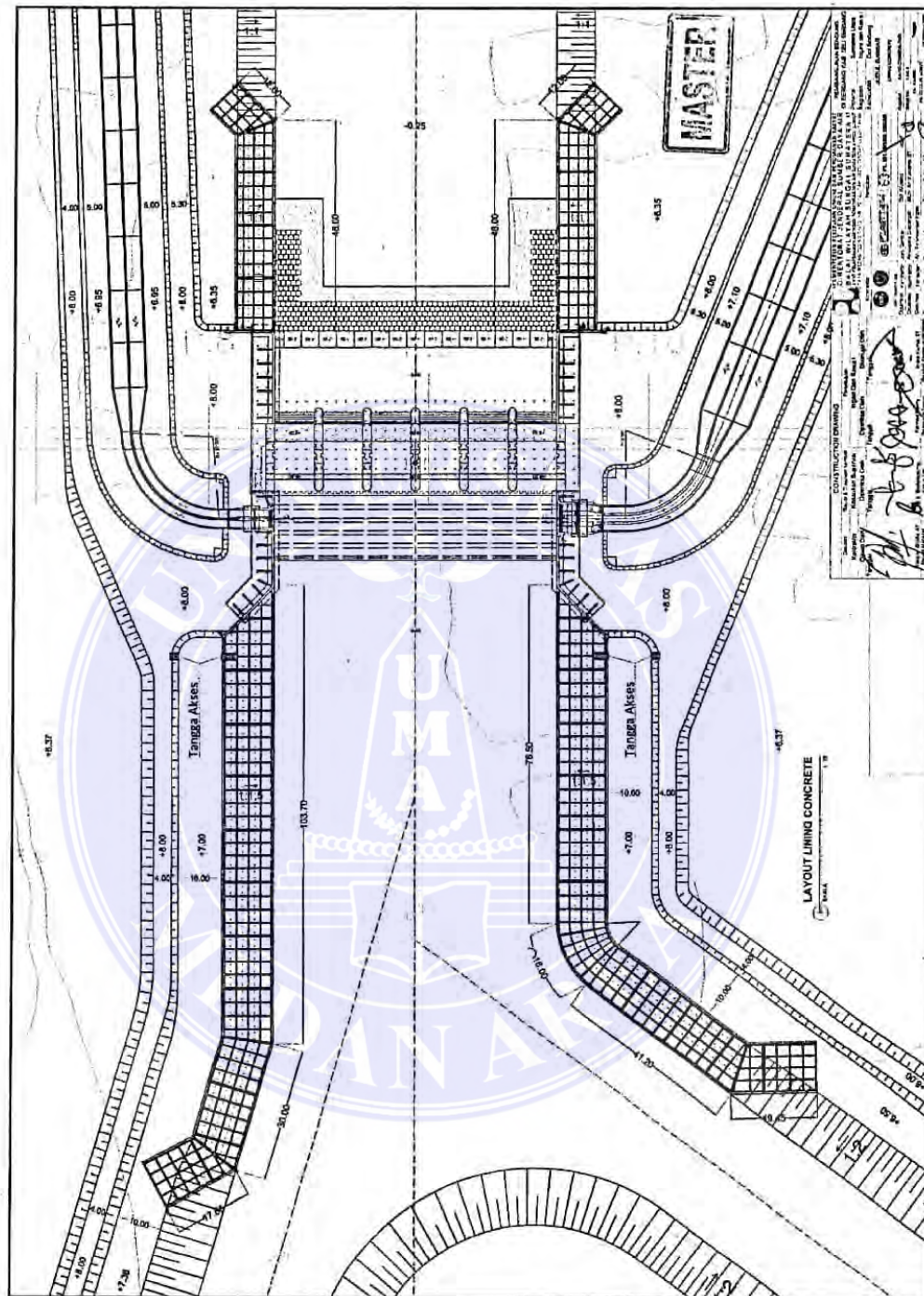
Tasia Oktanuansania, M. H. (2019). Kajian Stabilitas Counterfort Wall Pada
Escape Hill Terhadap Freeboard Dan Run Up Level. *Teras*, 42-50.

Terzaghi, K. (1987). *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa, Jilid 1*. Jakarta:
Erlangga.

Terzaghi, K. d. (1993). *Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa*. Jakarta:
Erlangga.

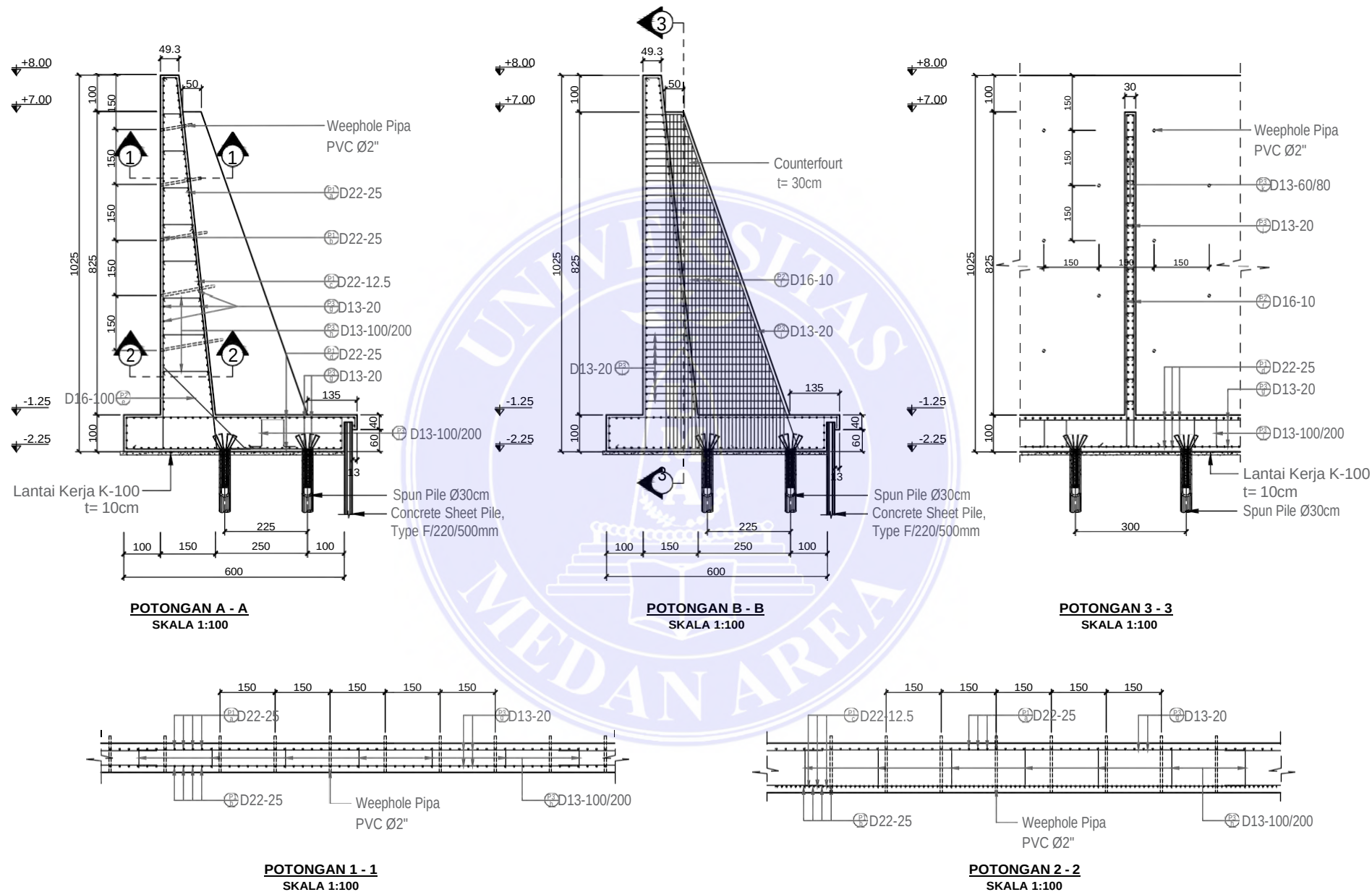


Lampiran



1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



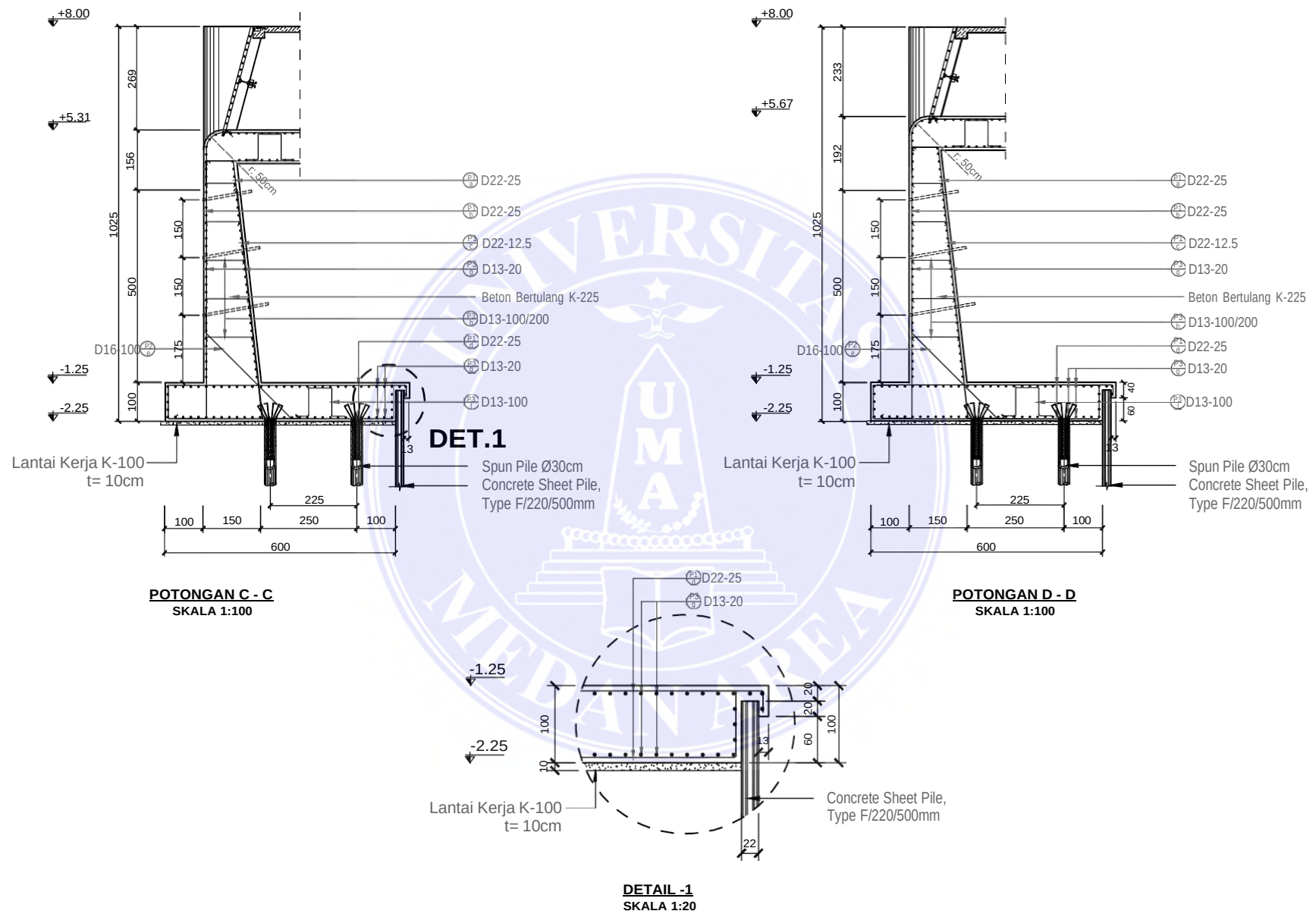


UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

CONSTRUCTION DRAWING				KEMENTERIAN PERENCANAAN DAN PERUMAHAN RI DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR BALAI WILAYAH SUNGAI SUMATERA II JALAN PELAKSANAAN LINGKUNGAN PERAIRAN AIR SUMATERA II PROV. SUMATRA RAYA MEDAN-TEBING TINGGI KM. 30 TELIFAX (061) 742343 LUBUK PAKAM		PEMBANGUNAN BENDUNG DI SERDANG KAB. DELI SERDANG Provinsi : Sumatera Utara	
Digambar Kontrol Disetujui Tanggal :	Revisi & Disetujui Kembali Kontrol Disetujui Tanggal :	Perencanaan Inggris Dan Tjandra I Disetujui Tanggal :	Perencanaan Inggris Dan Tjandra I Disetujui Tanggal :	Dibuat Kontrol Disetujui Tanggal :	Dibuat Kontrol Disetujui Tanggal :	JUDUL GAMBAR RWC UPSTREAME	Revisi No. Revisi Tanggal
Robatun Ghofur, ST Project Manager	I. Brokuluomo Korvisi	Rahmad Danny Pelaksana Teknis	Juherndi Sirat, ST M.E.C. Del Pejabat Pemimpin Komandan	Diperiksa Kontrol Disetujui Tanggal :	Diperiksa Kontrol Disetujui Tanggal :	Disetujui Kontrol Disetujui Tanggal :	Disetujui Kontrol Disetujui Tanggal :



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

CONSTRUCTION DRAWING				KEMENTERIAN PERENCANAAN UMUM DAN PERENCANAAN RAKYAT				PEMBANGUNAN BENDUNG			
Disusun Oleh		Revisi & Diketahui Kembali		DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR		DI SERDANG KAB. DELI SERDANG		Provinsi Sumatera Utara		Rencana	
Kontrol		Kontrol		BALAI WILAYAH SUNGAI SUMATERA II		Provinsi Sumatera Utara		Rencana		JUDUL GAMBAR	
Dibuat Oleh		Diperiksa Oleh		UNIT PELAKSANAAN UNGGULAN PAMERFAATAN AIR SUMATERA II PROV. SUMAT		Rencana		RAYA MEDAN-TEBING TINGGI KM. 30 TELIFAX: (061) 762243 LUBUK PAKAM		RWC UPSTREAM	
Tanggal		Tanggal		Tanggal		Tanggal		Tanggal		Tanggal	
Revisi dan Gharif, ST		K. Bolekmalu		Rahmad Dedy, ST, M. E. D.		A. A. Yulianto, ST		N. H. D. W. S. D.		R. H. D. W. S. D.	
H. H.											

		CV. LIMA SAUDARA <i>Surveying, Leveances, Soil,</i> <i>Rock Investigation & Laboratory</i>		Final Report Pekerjaan Soil Investigation Proyek Pembangunan Bendung D.I Serdang						
NO	JENIS PENGUJIAN	NO BORE HOLE	BH-2							
		DEPTH (m)	5.00-5.50	9.50-10.00	14.00-14.45	20.00-20.45	24.00-24.45	30.00-30.45	38.45-39.00	40.00-40.45
1	Water Content	Natural Mousture Content (%) w	70,37	78,09	23,96	21,75	23,87	23,61	70,21	70,80
2	Atterberg Limits	LL (%)	31,18	34,16	NP	NP	NP	NP	28,07	36,51
		PL(%)	22,50	24,96					19,21	27,15
		PI (%)	8,69	9,19					8,86	9,37
3	Shive Analysis	Retained No.40 (%)	57,52	53,58	41,98	47,23	46,05	48,95	50,60	57,74
		Passing No.40 (%)	42,48	46,43	58,03	52,78	53,95	51,05	49,40	42,27
		Retained No.200 (%)	64,75	63,27	91,55	92,27	90,18	91,14	65,33	65,13
		Passing Nio.200 (%)	35,26	36,73	8,46	7,73	9,83	8,86	34,67	34,88
4	Unit Weight	Dry Density (yd)	0,76	0,70	1,33	1,32	1,34	1,34	0,76	0,91
		Natural Density(yw)	1,29	1,25	1,65	1,60	1,65	1,66	1,29	1,56
5	Berat Jenis (Spesific Gravity)	Spesific Gravity (Gs)	2,6203	2,6256	2,6706	2,6606	2,6629	2,6710	2,6336	2,6221
7	Direct Shear	Cohesion	0,275	0,344	0,053	0,043	0,045	0,04	0,357	0,363
		Friction Angle	18,99	18,87	35,33	35,87	36,86	36,62	17,01	16,92
8	Consolidation Test	Cv	0,0130	0,0161	NP	NP	NP	NP	0,0169	0,0153
		Cc	0,514	0,351					0,447	0,281

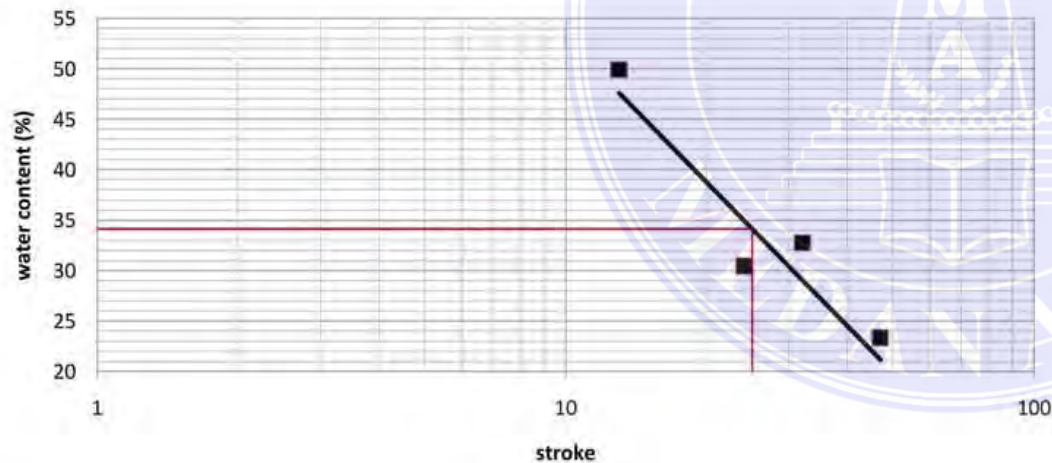
PEMERIKSAAN KONSISTENSI ATTERBERG (ATTERBERG LIMIT TEST)

CV. LIMA SAUDARA

*Surveying, Levee, Soil,
Rock Investigation & Laboratory*

No Bore : BH-2
Depth : 9.50-10.00 m
Project : Pembangunan Bendung D.I Deli Serdang

Liquid Limit (LL)		13 pukulan	24 pukulan	32 pukulan	47 pukulan	Plastic Limit	
No krus		45	14	32	12	22	8
weight of Krus + wet sample	gr	17,36	17,15	17,65	16,55	16,75	14,45
weight of Krus + dry sample	gr	16,35	16,45	16,80	15,60	16,15	14,15
weight of water	gr	1,01	0,70	0,85	0,95	0,60	0,30
weight krus	gr	14,33	14,15	14,21	11,53	14,32	12,40
weight of dry sample	gr	2,02	2,30	2,59	4,07	1,83	1,75
water content	%	50,00	30,43	32,82	23,34	32,79	17,14
						24,96	



LL	PL	PI	note Sample condition :
34,16	24,96	9,19	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 20/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)20/6/22



CV. LIMA SAUDARA

Surveying, Levelling, Soil, Rock Investigation & Laboratory

INDEX PROPERTIES

Project : Pembangunan Bendung D.I
Deli Serdang
Location : Deli Serdang

Bor : BH-2
Depth : 9.50 m - 10.00 m

Sample No.	10
Can No.	10
Wt. Of can	42
Wt. of can + wet soil (gr)	73,45
Wt. of can + dry soil (gr)	59,66
Wt. of dry soil (gr)	17,66
Wt. of wet soil (gr)	31,45
Wt. of water (gr)	13,79
Height of can (cm)	2,00
Diameter of can(cm)	4,00
Volume of can (cm ³)	25,12
w %	78,09
Gs	2,6256
γ wet (gr/cm ³)	1,25
γ dry (gr/cm ³)	0,70
γ sat (gr/cm ³)	1,44
Sr	74,97
e	2,73
n	0,73

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accented 20/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/6/22



CV. LIMA SAUDARA

Surveying, Levelling, Soil, Rock Investigation & Laboratory

BERAT JENIS (Specific Gravity)

No Sample : BH-2
Depth : 9.50 m - 10.00 m
Project : Proyek Pembangunan Bendung D.I Deli Serdang
Location : Deli Serdang

No. Percobaan	I	II
No. Pycnometer	202	203
a Pycnometer Weight (W1)	55,70	55,70
b Pycnometer Weight + Soil (W2)	85,10	85,20
c Soil Weight (W2-W1)	29,40	29,50
d Pycnometer Weight + Soil + Water (W3)	172,78	172,82
e Pycnometer Weight + Pre-Correction Water (W4)	154,65	154,56
f Temperature (ToC)	30,00	30,00
g Correction Factor	0,9995	0,9995
h Pycnometer Weight + Post-Correction Water (W4')	154,57	154,48
i Isi Tanah (W2 - W1 + W4 - W3)	11,19	11,24
Specific Gravity	2,6267	2,6246
Average Specific Gravity	2,6256	

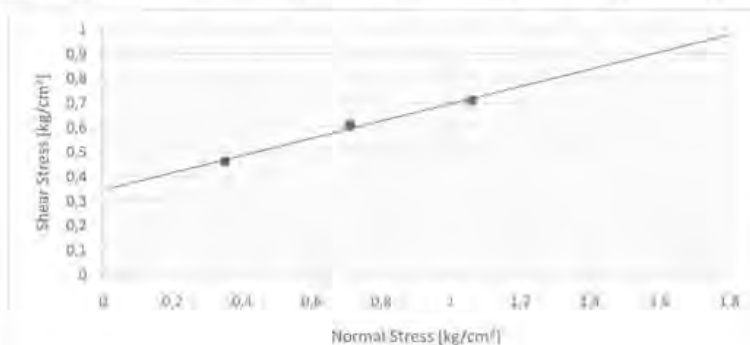


CV. LIMA SAUDARA
Surveying, Leveemaster, Soil, Rock Investigation & Laitment

DIRECT SHEAR TEST (Uji Geser Langsung)

Diameter	=	6,00 cm	Sampel	=	BH-2
Tinggi	=	2,00 cm	Depth	=	9,50-10,00 m
Luas	=	28,26 cm	Project	=	Pembangunan Bendung D.I
Kalibrasi	=	0,5		=	Deli Serdang

Gaya Normal		P1 : 2 kg			P2 : 4 kg			P3 : 8 kg		
Tegangan Normal		N1 : 0,071 kg / cm ²			N2 : 0,142 kg / cm ²			N3 : 0,283 kg / cm ²		
Waktu (dtk)	Regangan	Dial Reading	Gaya Geser	Tegangan Geser	Dial Reading	Gaya Geser	Tegangan Geser	Dial Reading	Gaya Geser	Tegangan Geser
15		1,20	0,60	0,021	2,20	1,10	0,039	4,20	2,100	0,074
30		1,50	0,75	0,027	2,80	1,40	0,050	6,40	3,200	0,113
45		2,00	1,00	0,035	3,10	1,55	0,055	8,60	4,300	0,152
60		2,50	1,25	0,044	3,60	1,80	0,064	10,40	5,200	0,184
75		3,00	1,50	0,053	4,30	2,15	0,076	12,20	6,100	0,216
90		3,50	1,75	0,062	4,70	2,35	0,083	14,50	7,250	0,257
105		4,00	2,00	0,071	5,20	2,60	0,092	16,70	8,350	0,295
115		4,50	2,25	0,080	5,60	2,80	0,099	18,30	9,150	0,324
130		5,00	2,50	0,088	6,20	3,10	0,110	19,40	9,700	0,343
145		5,50	2,75	0,097	6,80	3,40	0,120	20,40	10,200	0,361
160		6,00	3,00	0,106	7,30	3,65	0,129	22,50	11,250	0,398
175		6,20	3,10	0,110	8,20	4,10	0,145	24,10	12,050	0,426
190		7,00	3,50	0,124	9,30	4,65	0,165	26,70	13,350	0,472
205		7,20	3,60	0,127	10,40	5,20	0,184	28,20	14,100	0,499
220		8,00	4,00	0,142	11,60	5,80	0,205	30,10	15,050	0,533
235		8,10	4,05	0,143	13,50	6,75	0,239	36,40	18,200	0,644
250		9,00	4,50	0,159	14,20	7,10	0,251	40,10	20,050	0,709
265		9,00	4,50	0,159	17,40	8,70	0,308			
280		9,30	4,65	0,165	18,20	9,10	0,322			
295		10,00	5,00	0,177	19,20	9,60	0,340			
310		10,00	5,00	0,177	20,10	10,05	0,356			
325		10,10	5,05	0,179	26,40	13,20	0,467			
340		10,50	5,25	0,186	28,30	14,15	0,501			
355		11,00	5,50	0,195	30,10	15,05	0,533			
370		11,50	5,75	0,203	32,70	16,35	0,579			
385		12,30	6,15	0,218	34,40	17,20	0,609			
400		13,60	6,80	0,241						
415		14,60	7,30	0,258						
430		16,00	8,00	0,283						
445		18,00	9,00	0,318						
460		20,00	10,00	0,354						
475		24,00	12,00	0,425						
490		26,00	13,00	0,460						
505										
520										
535										
550										



$f = 18.87$
 $c = 0.344 \text{ kg/cm}^2$

CONSOLIDATION TEST
ASTM D - 2435 70

Bor. No : BH-2
Depth : 9.50-10.00 m
Proyek : Pembangunan Bendung D.I Deli Serdang

Location : Deli Serdang

Waktu		LOADING (kg)							
Pembacaan		1	2	4	8	16	8	4	1
0.00	second	0	75,0	160	270,0	348,0	460,0	461,0	462,0
9.60	second	33	91	180	290	370			
21.40	second	38	106	195	305	390			
38.40	second	43	124	210	319	405			
1.00	minutes	48	129	235	327	420			
2.15	minutes	53	134	245	331	433			
4.00	minutes	58	139	254	334	447			
9.00	minutes	63	144	258	337	451			
16.00	minutes	64	146	260	338	452			
25.00	minutes	65	147	261	339	454			
36.00	minutes	67	150	262	340	456			
49.00	minutes	71	154	265	341	458			
24.00	hours	75,0	160	270,0	348,0	460,0	461	462	462,5
Corelation									
10 ⁻³									
cm		0,0750	0,1600	0,2700	0,3480	0,4600	0,4610	0,4620	0,4625

water Content and Unit Weight	Before	After	Void Ratio and Deegree of saturation	before	after
weight of soil + ring	144,32	149,56	height of soil (cm)	2,00	1,605
weight of ring	40,90	41,45	void ratio (e)	1,265	0,818
weight of wet soil	103,42	108,11	tinggi teoritis, Ht (cm)	0,88	0,88
weeight of dry soil	68,67	68,67	Diameter of ring (cm)	6,35	6,35
weightof water	34,75	39,44	sample area (cm2)	31,65	31,65
water content	50,60	57,43	Volume (cm3)	63,306	50,803
wet density	1,634	2,128	degree of saturation (%)	98,29	172,59
			specifik gravity (Gs)	2,457	2,457

Tekanan kg/cm ²	Pembacaan- arloji (cm)	Penurunan kotor (cm)	Koreksi alat	Penurunan- (dH) (cm)	d e = dH/Ht	e = eo - de (cm)	Penurunan- rata2 (cm)	Tinggi rata-rata (cm)	t90 (detik)	Cv Tv.hm2/t90
0,316	0,0750	0,0750	-	0,0750	0,0849	1,17998	0,0375	1,9625	15,00	0,0544
0,632	0,1600	0,1600	-	0,1600	0,1812	1,08372	0,1175	1,8825	66,15	0,0114
1,264	0,2700	0,2700	-	0,2700	0,3058	0,95915	0,2150	1,7850	194,40	0,0035
2,528	0,3480	0,3480	-	0,3480	0,3941	0,87082	0,3090	1,6910	72,60	0,0083
5,056	0,4600	0,4600	-	0,4600	0,5209	0,74398	0,4040	1,5960	173,40	0,0031
2,528	0,4610	0,4610	-	0,4610	0,5221	0,74285	0,4605	1,5395		
1,264	0,4620	0,4620	-	0,4620	0,5232	0,74172	0,4615	1,5385		
0,316	0,4625	0,4625	-	0,4625	0,5238	0,74115	0,4623	1,5378		
Cv rata-rata										0,0161



CV. LIMA SAUDARA

Seringap, Lingsar, Aceh, Indonesia

ANALISA SARINGAN (Sieve Analysis Test)

Bore No : BH-2
 Depth : 9.50 - 10.00
 Proyek : Pembangunan Bendung D.J Deli Serdang
 Location : Deli Serdang

A. Fraksi Kasar Berat Tanah Kering = 200,00 gr

Saringan Nomor	Berat diatas (gr)	Jlh Brt diatas (gr)	Persen diatas (%)	Persen melalui (%)	Persen seluruh Contoh melalui (%)
3 inch	-	-	-	100,00	100,00
1 inch	-	-	-	100,00	100,00
3/4 inch	-	-	0,00	100,00	100,00
1/2 inch	-	0,00	0,00	100,00	100,00

B. Fraksi Sedang Berat Tanah Kering = 200,00 gr

Saringan Nomor	Berat diatas (gr)	Jlh Brt diatas (gr)	Persen diatas (%)	Persen melalui (%)	Persen seluruh Contoh melalui (%)
3/8 inch	-	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 4	-	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 8	28,74	28,74	14,37	85,63	85,63

C. Fraksi Halus Berat Tanah Kering = 171,26 gr

Saringan Nomor	Berat diatas (gr)	Jlh Brt diatas (gr)	Persen diatas (%)	Persen melalui (%)	Persen seluruh Contoh melalui (%)
No. 10	34,21	62,95	31,48	68,53	68,53
No. 20	32,10	95,05	47,53	52,48	52,48
No. 40	12,10	107,15	53,58	46,43	46,43
No. 80	8,46	115,61	57,81	42,20	42,20
No. 120	4,62	120,23	60,12	39,89	39,89
No. 200	6,31	126,54	63,27	36,73	36,73