

**ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH
TYPE GRAVITY WALL PADA AREA INLET PROYEK
BENDUNGAN LAU SIMEME**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh:

**KEVIN SITUMORANG
188110083**



**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 19/5/23

Access From (repository.uma.ac.id)19/5/23

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH
TYPE GRAVITY WALL PADA AREA INLET PROYEK
BENDUNGAN LAU SIMEME.

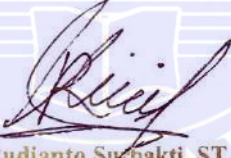
SKRIPSI

Disusun Oleh:

KEVIN SITUMORANG
188110083

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing


Rudianto Surbakti, ST, MT.
NIDN: 0104048702

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik



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

Ketua Prodi Teknik Sipil



Hermansyah, ST, MT.
NIDM: 0106088004

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan,
Yang Membuat Pernyataan



Kevin Situmorang

188110083

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kevin Situmorang
NPM : 18 811 0083
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty- Free Right*)** atas karya saya yang berjudul: "**Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Type Gravity Wall Pada Area Inlet Proyek Bendungan Lau Simeme.**"

Beserta Perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, 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.

Dibuat di: Medan
Pada Tanggal:
Yang Menyatakan



Kevin Situmorang

188110083

RIWAYAT HIDUP

Kevin Situmorang, dilahirkan di Sumatera Utara, Kota Medan, pada tanggal 24 November 1998. Anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Sonang Situmorang dan Ibu Anita Riris Br. Sidauruk. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD N 020260 Jatinegara, Kec. Binjai Utara, Kota Binjai, Sumatera Utara pada tahun 2010.

Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di bangku sekolah SMP N 4 Kota Binjai, Timbang Langkat, Kec. Binjai Timur, Kota Binjai, Sumatera Utara dan lulus pada tahun 2013, Kemudian melanjutkan pendidikan di bangku sekolah SMA N 7 Kota Binjai, Kec. Binjai Barat, Kota Binjai, Sumatera Utara dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan Strata Satu (S-1) di salah satu universitas swasta yang berada di kota Medan, Sumatera Utara yaitu Universitas Medan Area dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Bendungan Lau Simeme.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan kepada saya, kedua orangtua saya, keluarga beserta teman-teman. Sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi saya dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penelitian ini berjudul **“Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Type Gravity Wall Pada Area Inlet Proyek Bendungan Lau Simeme.”**

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

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng, M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S. Kom, M. Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Hermansyah, ST. MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
4. Bapak Rudianto Surbakti, ST. MT. Selaku Dosen Pembimbing saya yang dengan sabar telah membimbing saya serta memberikan masukan yang membantu saya dalam menyelesaikan penelitian ini.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang selalu membantu penulisan dalam pengajaran dan segala urusan serta administrasi.

6. Teristimewa, kepada kedua orang tua saya, Ayah dan Ibu saya serta kepada seluruh keluarga besar saya yang telah memberikan doa, bantuan, dorongan semangat dan pengertian yang tulus, baik material dan spiritual, sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh rekan-rekan sejawat Mahasiswa/I Teknik Sipil angkatan 2018 Universitas Medan Area dan teman-teman seperjuangan yang telah banyak memberikan energy positif dan semangat kepada saya dan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for, for never quitting, I wanna thank me for just being me at all times.*

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta di iringi dengan doa untuk menyelesaikan skripsi ini hanya kepada Tuhan yang Maha Esa Semua dikembalikan.

Medan, Mei 2022

Kevin Situmorang

188110083

ABSTRAK

Dinding penahan tanah (*retaining wall*) merupakan suatu struktur konstruksi yang dibangun untuk menstabilkan tekanan tanah maupun kondisi tanah tertentu. Yang mana pada khususnya dinding penahan tanah dibuat diarea lereng alam maupun area lereng buatan serta daerah yang rawan akan terjadinya tanah longsor akibat dari urugan tanah maupun kondisi tanah, faktor-faktor lainnya yang dapat menyebabkan tanah longsor seperti curah hujan yang tinggi yang mana curah hujan dapat membuat tanah longsor karena melalui tanah yang menyerap air akan masuk dan berkumpul dibagian dasar lereng sehingga dapat menimbulkan Gerakan lateral. Saat kondisi tanah terganggu yang dapat diakibatkan beberapa hal seperti getaran yang mana getaran tersebut diakibat adanya gempa, maupun peledakan, serta getaran mesin, kemudian kondisi air tanah, serta beberapa dampak hal lainnya yang mana proses tersebut dapat menurunkan sifat fisik, mekanik dari pada tanah tersebut. Penelitian yang dilakukan ini bertujuan menganalisis kestabilan daripada dinding penahan tanah yang bertipe gravitasi (*gravity wall*). Analisis yang peneliti lakukan dengan memakai perhitungan manual. Analisis stabilitas dinding penahan tanah ditinjau dari beberapa hal baik itu dari segi penggulingan, pergeseran, serta keruntuhan daya dukung tanah. Oleh sebab itu maka dilakukan studi kasus mengenai dinding penahan tanah di Bendungan Lau Simeme dengan judul “Analisis Stabilitas Dinding penahan Tanah *Type Gravity Wall* pada Area Inlet Proyek Bendungan Lau Simeme”. Berdasarkan hasil Analisa serta perhitungan yang saya lakukan mengenai stabilitas dinding penahan tanah, maka diperoleh hasil yang dapat dijadikan kesimpulan bahwa perhitungan dinding penahan tanah di Proyek Pembangunan terowongan pengelak bendungan lau simeme, antara lain: Aman terhadap Stabilitas Penggulingan dengan nilai: Total: 9,553 Effect: 8,993, Aman terhadap Stabilitas Pergeseran dengan nilai: Total: 2,718 Effect: 2,709, Aman terhadap Stabilitas Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah dengan nilai: Total: 7,169 \geq 3 Effect: 9,592 \geq 3.

Kata Kunci: Dinding Penahan Tanah, Gravity Wall, Stabilitas Dinding Penahan.

ABSTRACT

A retaining wall is a construction structure built to stabilize soil pressure and specific soil conditions. Which, in particular, retaining walls are made in natural slope areas and artificial slope areas as well as areas that are prone to landslides due to landfills and soil conditions, other factors that can cause landslides such as high rainfall and rainfall can cause landslides. landslides because through the soil which absorbs water it will enter and gather at the base of the slope to cause lateral movement. When soil conditions are disturbed which can be caused by several things such as vibrations where the vibrations are the result of earthquakes, as well as explosions, as well as machine vibrations, then groundwater conditions, as well as several other impacts where the process can reduce the physical, mechanical properties of the soil. This research aims to analyze the stability of the gravity retaining wall. The analysis that the researchers did use manual calculations. Analysis of the strength of the retaining wall in terms of several things both in terms of overturning, shifting, and collapse of the soil's carrying capacity. Therefore, a case study was carried out regarding the retaining wall at the Lau Simeme Dam with the title "Analysis of Gravity Wall Type Retaining Wall Stability in the Inlet Area of the Lau Simeme Dam Project". Based on the results of the analysis and calculations that I did regarding the stability of the retaining wall, the results obtained can be concluded that the calculation of the retaining wall in the lau simeme dam avoidance tunnel development project includes: Safe against Overturning Stability with a value of Total: 9,553 Effect: 8,993 Safe against Shear Stability with value: Total: 2,718 Effect: 2,709 Safe against Collapse Stability Soil Bearing Capacity with value: Total: 7.169 \geq 3 Effect: 9,592 \geq 3.

Keywords: Retaining Wall, Gravity Wall, Retaining Wall Stability.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

RIWAYAT HIDUP

KATA PENGANTAR..... i

ABSTRAK iii

ABSTRACT iv

DAFTAR ISI..... v

DAFTAR GAMBAR..... ix

DAFTAR TABEL xi

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Rumusan Masalah..... 2

1.3 Maksud dan Tujuan 3

1.3.1 Maksud 3

1.3.2 Tujuan..... 3

1.4 Batasan Masalah 3

1.5 Manfaat Penelitian 4

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 19/5/23

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)19/5/23



BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Peneliti Terdahulu.....	5
2.2 Definisi Tanah.....	6
2.3 Tekanan Tanah Lateral	10
2.3.1 Masalah Tekanan Tanah Lateral	11
2.3.2 Tekanan Tanah Saat Kondisi Diam (<i>AT-Rest</i>)	12
2.3.3 Kondisi Tanah Aktif Menurut Teori Rankine	15
2.3.4 Kondisi Tanah Pasif Menurut Teori Rankine.....	19
2.4 Tekanan Tanah Lateral pada Tembok Penahan Tanah dengan Dinding Permukaan Horizontal	22
2.5 Tekanan Tanah Lateral untuk Tanah berkohesi pada Tembok Penahan Tanah dengan Dinding Permukaan Horizontal	24
2.6 Dinding Penahan Tanah.....	27
2.7 Stabilitas Dinding Penahan.....	32
2.7.1 Stabilitas terhadap Pengulingan	34
2.7.2 Stabilitas terhadap Penggeseran	35
2.7.3 Stabilitas terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah	39
2.8 Pembebanan Eksentris pada Pondasi.....	46
BAB III METODE PENELITIAN	52
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	52
3.2 Analisa Data.....	52

3.3	Teknik pengumpulan data.....	53
3.3.1	Data Hasil Uji Laboratorium.....	53
3.3.2	Gambar Bestek	54
3.4	Bagan alir penelitian.....	56
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		57
4.1	Perencanaan Dimensi Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi	57
4.1.1	Parameter Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi	57
4.1.2	Analisa Tekanan Tanah Aktif dan pasif (kondisi air tinggi) ..	58
4.1.3	Analisa Tekanan Tanah Aktif dan pasif (kondisi air rendah)	60
4.1.4	Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Kondisi Air Tinggi)	64
4.1.5	Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Kondisi Air Rendah).....	68
4.1.6	PEMBAHASAN	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lingkaran Mohr K_0 dan pada kesetimbangan plastis (runtuh).....	12
Gambar 2. 2 Tekanan tanah dalam kondisi diam (<i>at rest</i>).	13
Gambar 2. 3 Diagram pendistribusian tekanan tanah dalam keadaan diam (<i>at rest</i>).....	14
Gambar 2. 4 Masa Tanah Aktif dengan permukaan licin berdasarkan Teori Rankine.	18
Gambar 2. 5 Lingkaran Mohr kondisi Tekanan Tanah Aktif Teori Rankine.....	18
Gambar 2. 6 Kondisi Tekanan Tanah Aktif menurut Teori Rankine.....	19
Gambar 2. 7 Pendistribusian Tekanan Tanah Aktif menurut Teori Rankine.....	19
Gambar 2. 8 Masa Tanah Pasif dengan permukaan licin berdasarkan Teori.....	21
Gambar 2. 9 Lingkaran Mohr kondisi Tekanan Tanah pasif Teori Rankine	21
Gambar 2. 10 Kondisi Tekanan Tanah pasif menurut Teori Rankine	22
Gambar 2. 11 Pendistribusian Tekanan Tanah pasif menurut Teori Rankine. Sumber: Mekanika Tanah jilid 2, Braja M. Das, 1993.....	22
Gambar 2. 12 Pendistribusian gaya tekanan tanah untuk permukaan tanah	24
Gambar 2. 13 Galian pada tanah kohesif	25
Gambar 2. 14 Dinding penahan tanah tipe Gravitasi	29
Gambar 2. 15 Dinding penahan tanah tipe gravitasi (<i>gravity wall</i>).	30
Gambar 2. 16 Dinding penahan tanah tipe kantilever (<i>cantilever retaining wall</i>).	31
Gambar 2. 17 Gambar Dinding penahan tanah	32
Gambar 2. 18 Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding penahan tanah.....	33
Gambar 2. 19 Kegagalan dinding penahan tanah	34

Gambar 2. 20 a) Stabilitas terhadap Penggeseran Dan Peggulingan,	38
Gambar 2. 21 Area kontak efektif.....	47
Gambar 2. 22 Detail pengaruh eksentrisitas beban satu arah pada pondasi segi empat	47
Gambar 2. 23 Analisis momen satu arah dan dua arah dari pondasi dangkal.....	49
Gambar 2. 24 Area efektif untuk kasus $eL/L \geq 1/6$ dan $eB/L < 1/6$	50
Gambar 2. 25 area efektif untuk kasus $eL/L < 1/2$ dan $0 < eB/B < 1/6$	50
Gambar 2. 26 area efektif untuk kasus $eL/L < 1/6$ dan $0 < eB/B < 1/2$	51
Gambar 2. 27 Area efektif untuk kasus $eL/L < 1/6$ dan $0 < eB/B < 1/6$	51
Gambar 2. 28 Gambar potongan melintang terowongan Bendungan Lau Simeme	54
Gambar 2. 29 Gambar detail dinding penahan tanah.....	55
Gambar 3. 1 Lokasi Bendungan Lau Simeme.	52
Gambar 4. 1 Gambar Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi Pada Area <i>Inlet</i> Bendungan Lau Simeme.....	57
Gambar 4. 2 Dimensi dinding penahan tanah dan titik berat.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tipe-Tipe Tanah Komposit.....	8
Tabel 2. 2 Kekerasan atau Kekuatan Tanah Berdasarkan Uji Lapangan.....	9
Tabel 2. 3 Sifat-sifat Tanah.....	10
Tabel 2. 4 Koefisien Gesek (f) antara dasar Pondasi dan Tanah Dasar (AREA,1958).....	37
Tabel 2. 5 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung Terzaghi (1943).....	40
Tabel 2. 6 Faktor Kedalaman Pondasi(Hansen, 1970).....	41
Tabel 2. 7 Faktor Kemiringan Beban (Hansen, 1970).....	42
Tabel 2. 8 Faktor Kedalaman Pondasi(Vesic, 1975).....	44
Tabel 2. 9 Faktor kemiringan beban (Vesic, 1975).....	44
Tabel 2. 10 Faktor-faktor kapasitas daya dukung.....	45
Tabel 2. 11 Pertimbangan pemakaian persamaan kapasitas dukung.....	46
Tabel 3. 1 Tabel Data Tanah.....	54
Tabel 4. 1 Paramater dinding penahan tanah.....	58
Tabel 4. 2 perhitungan momen akibat gaya berat ditinjau terhadap titik 0.....	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dinding penahan tanah (*retaining wall*) merupakan suatu struktur konstruksi yang dibangun untuk menstabilkan tekanan tanah maupun kondisi tanah tertentu. Yang mana pada khususnya dinding penahan tanah digunakan di area lereng alam maupun area lereng buatan serta daerah-daerah yang rawan akan terjadinya longsor akibat dari urugan tanah maupun kondisi tanah, faktor-faktor lainnya yang dapat menyebabkan tanah longsor seperti curah hujan yang tinggi yang mana curah hujan dapat membuat tanah longsor karena melalui tanah yang menyerap air akan masuk dan berkumpul dibagian dasar lereng sehingga dapat menimbulkan sebuah gerakan lateral. Saat kondisi tanah terganggu yang dapat diakibatkan beberapa hal seperti getaran yang mana getaran tersebut dapat diakibatkan dari adanya gempa, maupun peledakan, serta getaran mesin, kemudian kondisi air tanah, serta beberapa dampak hal lainnya yang mana proses tersebut dapat menurunkan sifat fisik maupun mekanik dari pada tanah tersebut.

Perancangan pembangunan konstruksi dinding penahan tanah haruslah benar-benar sesuai perhitungan kestabilan serta faktor keselamatan, supaya tembok penahan tanah aman terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh gaya-gaya yang bekerja. Salah satu upaya yang dilakukan untuk melindungi proses konstruksi serta fungsi dari terowongan maka dilakukannya pembangunan dinding penahan tanah pada terowongan pengelak Bendungan Lau Simeme ialah menggunakan konstruksi dinding penahan tanah bertipe gravitasi pada area depan pintu (*inlet*) terowongan.

Dalam perencanaan dinding penahan tanah tersebut besarnya faktor keamanan (*self-factor*) yang diperoleh harus di atas ambang batas yang sudah ditentukan agar dapat mengurangi tingkat terjadinya kecelakaan yang mana dapat membahayakan serta merugikan banyak pihak.

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan menganalisis kestabilan daripada dinding penahan tanah yang bertipe gravitasi (*gravity wall*). Analisis yang peneliti lakukan dengan menggunakan perhitungan manual. Analisis stabilitas dinding penahan tanah ditinjau dari beberapa hal baik itu dari segi penggulingan, pergeseran, serta keruntuhan wdaya dukung tanah. Oleh sebab itu maka dilakukan studi kasus mengenai dinding penahan tanah di Bendungan Lau Simeme dengan judul “**Analisis Stabilitas Dinding penahan Tanah Type Gravity Wall pada Area Inlet Proyek Bendungan Lau Simeme**”. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat serta berguna untuk kedepannya serta menjadi bahan pertimbangan dan perencanaan untuk proses konstruksi dinding penahan tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka peneliti merumuskan suatu pokok pembahasan yaitu menganalisa stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi pada area depan *Inlet* terowongan Bendungan Lau Simeme. Yang mana itu semua untuk memenuhi keingintahuan dari penulis untuk mengenal lebih dalam tentang konstruksi dinding penahan tanah, gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah, serta keinginan menambah wawasan mengenai stabilitas dinding penahan tanah.

1.3 Maksud dan Tujuan

1.3.1 Maksud

Adapun maksud dari penelitian ini untuk menganalisa stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi pada area *inlet* terowongan Bendungan Lau Simeme:

1. Menganalisa stabilitas dinding penahan tanah terhadap penggulingan,
2. Menganalisa stabilitas dinding penahan tanah terhadap pergeseran, dan
3. Menganalisa stabilitas dinding penahan tanah terhadap keruntuhan daya dukung tanah.

1.3.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh nilai stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi pada area *inlet* terowongan Bendungan Lau Simeme:

1. Memperoleh nilai faktor aman stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling,
2. Memperoleh nilai faktor aman stabilitas dinding penahan tanah terhadap geser, dan
3. Memperoleh nilai faktor aman stabilitas dinding penahan tanah terhadap keruntuhan daya dukung tanah.

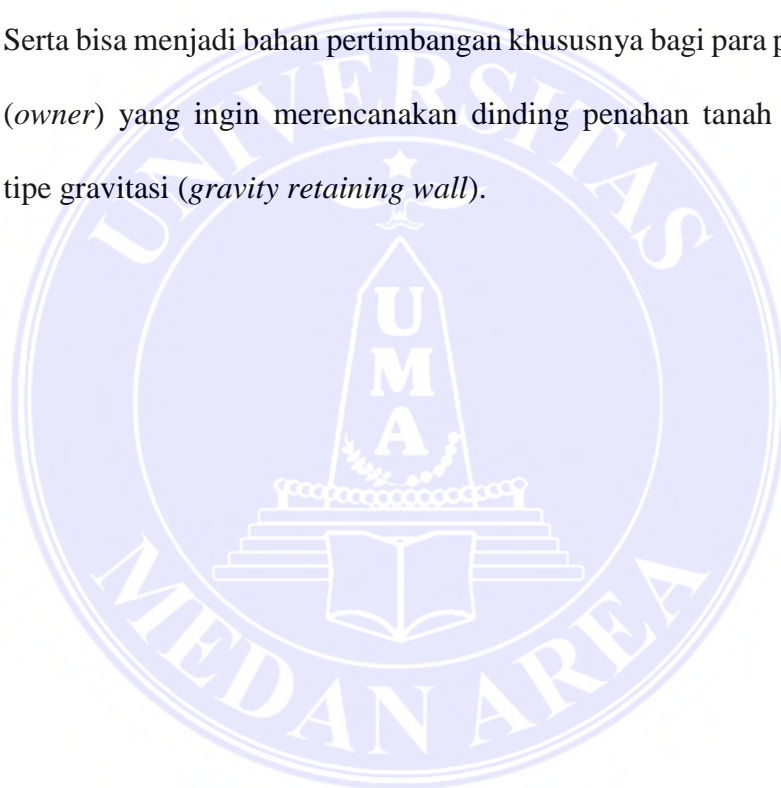
1.4 Batasan Masalah

Adapun untuk memperjelas permasalahan serta memudahkan dalam menganalisa, maka perlu dibuat batasan-batasan. Adapun pembatasan masalahnya ialah, Penelitian ini di fokuskan hanya pada Analisa stabilitas dinding penahan tanah pada area depan *inlet* Terowongan Bendungan Lau Simeme.

1.5 Manfaat Penelitian

Melalui studi penelitian ini diharapkan dapat memberikan serta manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai konstruksi dinding penahan tanah tipe gravitasi pada area inlet Terowongan Bendungan Lau Simeme.
2. Diharapkan dapat bermanfaat dalam perencanaan dinding penahan tanah tipe gravitasi.
3. Serta bisa menjadi bahan pertimbangan khususnya bagi para pemilik proyek (*owner*) yang ingin merencanakan dinding penahan tanah menggunakan tipe gravitasi (*gravity retaining wall*).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peneliti Terdahulu

Pada penelitian ini penulis mencantumkan 3 hasil penelitian terdahulu yang memiliki relevansi serta keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

1. Sriyati Ramadhani (2010)

Dengan judul penelitian “Perencanaan Dinding Penahan Tipe Gravitasi Pada Lokasi Bukit Btn Teluk Palu Permai” penelitian ini dilakukan bertujuan untuk perencanaan dimensi dinding penahan tanah yang stabil terhadap stabilitas penggeseran, penggulingan, daya dukung serta penurunannya. Hasil yang diterima ialah dimensi tipe Gravitasi: Lebar atas (a) 0,3m, lebar dasar fondasi (B) 2,363 m, tinggi tembok (H) 4,5 m, tebal dasar fondasi (d) 0,563 m, dengan dimensi tersebut perencanaan dinding penahan tanah tipe gravitasi aman terhadap stabilitas penggulingan (Fgl), stabilitas penggeseran (Fgs), dan stabilitas terhadap daya dukung.

2. Parale M. T. Sinaga (2019)

Dengan judul penelitian “Analisa Perhitungan Dinding Penahan Tanah Pada Proyek Pembangunan Parkiran Masjid Agung Medan”. Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini ialah untuk menganalisa perhitungan dinding penahan tanah serta mengetahui fungsi dari dinding penahan tanah kantilever yang dipasang sebagai dinding penahan tanah untuk *basement*. Dengan metode yang digunakan pada perhitungan dinding penahan tanah

kantilever yang didasarkan pada teori tekanan tanah Rankine. Dengan hasil bahwa dinding penahan tanah kantilever aman terhadap stabilitas penggulingan (FGL) = 19,08 dan aman terhadap stabilitas pergeseran (FGS)= 2,69 dan aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah (F) = 24,165.

3. Ariyani, N dan Asrulfa, Y.D (2012)

Dengan judul penelitian, “Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dan Rembesan Pada Embung Babadan, Desa Girikerto, Kec. Turi, Kab. Sleman, Yogyakarta” Adapun tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui stabilitas dinding penahan tanah terhadap bahaya penggulingan, pergeseran, pengangkutan tanah dan rembesan di bawah dinding penahan tanah dan pengaruhnya terhadap gaya uplift dan piping hazard. Dengan hasil yang diperoleh bahwa dinding penahan tanah dengan air biasa kondisi ialah aman kecuali pada faktor keamanan tipe II tidak memenuhi syarat karena dinding terlalu tinggi dan dinding bagian blakang terlalu miring sedangkan pada tipe III aman.

2.2 Definisi Tanah

Menurut Hardiyatmo C. H., Tanah di alam terdiri dari beberapa kombinasi serta campuran antara butiran mineral dengan mineral lainnya maupun tanpa isi bahan yang berasal dari makhluk hidup. Komponen yang satu dengan yang lain sangat mudah dipisahkan dengan cara guncangan air. Tanah sendiri berasal dari pelapukan serta pengikisan dari batuan-batuan alam, yang mana pada prosesnya dapat secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat teknis tanah dipengaruhi oleh dari sifat

induk batuanya serta dipengaruhi oleh unsur-unsur dan faktor luar yang menjadi penyebab pelapukan batuan tersebut (Hardiyatmo, C.H.2006).

Menurut Braja M. Das, Tanah didefinisikan sebagai bahan yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi maupun terikat secara kimia antara satu dengan lainnya serta dari bahan-bahan organik lainnya yang telah membusuk serta melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padatnya (Braja M. Das, 1995:1).

Menurut E. Saifudin Sarief, Tanah ialah benda alami yang terdapat di permukaan bumi yang tersusun dari bahan-bahan mineral sebagai hasil dari pelapukan batuan dan bahan organik “pelapukan sisa tumbuhan dan hewan” yang merupakan medium pertumbuhan tanaman dengan sifat-sifat tertentu yang terjadi akibat gabungan dari faktor-faktor alami, iklim, bahan induk, jasad hidup, bentuk wilayah dan lamanya waktu pembentukan (E. Saifudin Sarief, 1986).

Istilah ataupun sebutan semacam kerikil, pasir, lanau dan lempung digunakan dalam Teknik Sipil untuk membedakan jenis serta tipe-tipe tanah. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari 2 maupun lebih berdasarkan bahan campuran serta tipe-tipe tanah dan kadangkala terdapat pula bahan organik. Material campurannya, itu dipakai sebagai nama tambahan dibelakang sebagai penjelas material tersebut. Sebagai contoh, lempung berlanau ialah tanah lempung yang mempunyai kandungan lanau, dengan material utamanya ialah lempung dan lanau ialah sebagai bahan campurannya.

Tabel 2. 1 Tipe-Tipe Tanah Komposit

KERIKIL sedikit berpasir	Sampai 5% pasir
KERIKIL berpasir	5% - 20% pasir
KERIKIL sangat berpasir	Pasir diatas 20%
KERIKIL/PASIR	Proporsinya kurang lebih sama
PASIR sangat berkerikil	Kerikil diatas 20%
PASIR berkerikil	5% - 20% kerikil
PASIR sedikit berkerikil	Sampai 5% kerikil
PASIR (atau KERIKIL) sedikit berlanau	Sampai 5% lanau
PASIR (atau KERIKIL) berlanau	5% - 15% lanau
PASIR (atau KERIKIL) sangat berlanau	15% - 35% lanau
PASIR (atau KERIKIL) sedikit berlempung	Sampai 5% lempung
PASIR (atau KERIKIL) berlempung	5% - 15% lempung
PASIR (atau KERIKIL) sangat berlempung	15% - 35% lempung
LANAU (atau LEMPUNG) berpasir	35% - 65% pasir
LANAU (atau LEMPUNG) berkerikil	35% - 65% kerikil

Sumber: Mekanika Tanah, R. F. Craig, 1987

Tipe-tipe tanah komposit diberi penamaan seperti dalam Tabel 2.1, dimana komponen yang paling dominan ditulis dalam huruf besar. Endapan yang mengandung lebih dari 50% berangkal serta kerakal disebut sangat kasar dan biasanya hanya dideskripsi pada galian (*excavation*) atau bukaan (*exposure*). Campuran material yang sangat kasar dengan tanah halus dapat dideskripsi menggunakan menggabungkan deskripsi-deskripsi dari 2 komponen, contoh Kerakal dengan sedikit Material Halus (pasir); Pasir berkerikil dan kadang-kadang terdapat Berangkal berkerakal.

Kekerasan maupun kekuatan tanah ditempatnya dapat diperkirakan dengan pengujian-pengujian yang telah dideskripsikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Kekerasan atau Kekuatan Tanah Berdasarkan Uji Lapangan

Tipe Tanah	Sifat	Uji Lapangan
Pasir, Kerikil	Lepas	Dapat digali dengan sekop; pasak kayu 50 mm dapat ditancapkan dengan mudah.
	Padat	Dibutuhkan cangkul untuk menggali; pasak kayu 50 mm sulit ditancapkan.
	Sedikit terikat	Pengujian secara visual; cangkul memindahkan gumpalan-gumpalan tanah yang dapat terkikis.
Lanau	Lunak atau lepas	Mudah diremas dengan jari.
	Keras atau padat	Dapat diremas dengan tekanan yang kuat pada jari-jari tangan.
Lempung	Sangat lunak	Meleleh diantara jari-jari tangan ketika diperas.
	Lunak	Dapat diremas dengan mudah.
	Keras	Dapat diremas dengan tekanan jari tangan yang kuat.
	Kaku	Tidak dapat diremas dengan jari; dapat ditekan dengan ibu jari.
	Sangat kaku	Dapat ditekan dengankuku ibu jari.
Organik, Gambut	Keras	Serat-serat telah tertekan
	Berongga	Sangat kompresibel dan struktur terbuka.
	Plastis	Dapat diremas dengan tangan dan menyebar pada jari-jari.

Sumber: Mekanika Tanah, R. F. Craig, 1987

Sifat-sifat dalam Tabel 2.3 digunakan untuk menguraikan struktur endapan tanah. Beberapa contoh deskripsi tanah: Padat, coklat kemerahan, agak persegi,

bergradasi baik, PASIR berkerikil. Keras, abu-abu, LEMPUNG plastisitas rendah dan terlapisi, dengan beberapa bagian lanau 0,5-2,0 mm.

Tabel 2. 3 Sifat-sifat Tanah

Homogen	Endapan mengandung satu tipe tanah saja.
Saling melapis	Lapisan-lapisan bolak-balik (alternating) dari beragam tipe atau dengan batas atau lensa dari material lain (skala interval untuk jarak-jarak alas atau tebal lapisan dapat dipakai).
Heterogen	Campuran dari beberapa tipe tanah.
Lapukan	Partikel-partikel kasar dapat melemah dan membentuk pelapisan satu-titik. Tanah halus biasanya memiliki struktur kolom atau remah remah.
Bercelah (lempung)	Pecah menjadi segi banyak sepanjang celah (skala interval dapat dipakai untuk jarak diskontinuitas).
Sempurna (lempung)	Tidak ada celah-celah.
Berserat (humus)	Tumbuh-tumbuhan yang tersisa dapat diterima dan memiliki sedikit kekuatan.
Tak berbentuk/ Amorfis (gambut)	Tidak terdapat sisa-sisa tumbuhan.

Sumber: Mekanika Tanah, R. F. Craig, 1987

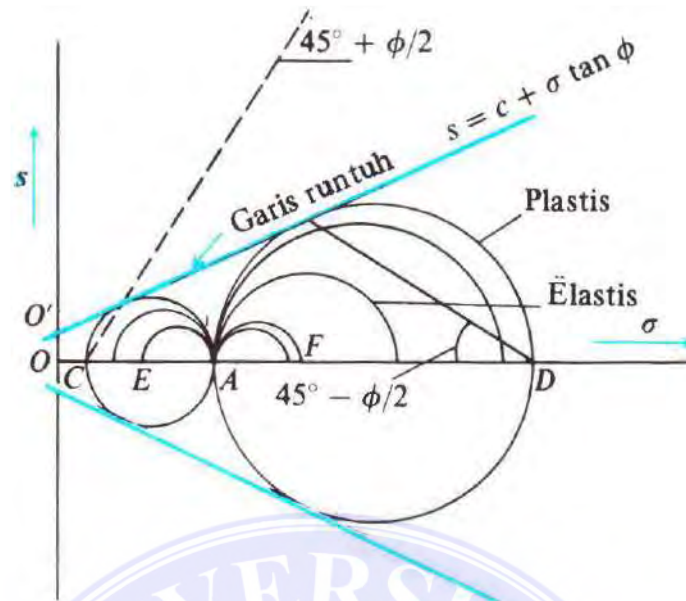
2.3 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah sebuah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah (dinding penahan tanah). Besarnya tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan sifat-sifat tanahnya (Hardiyatmo, 2010).

2.3.1 Masalah Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan (*design parameter*) yang krusial pada sejumlah duduk perkara teknik pondasi. Dinding penahan serta dinding penahan tanah (*sheet-pile wall*), galian yang diperkokoh serta juga yang tidak diperkokoh (*braced and unbraced excavations*), tekanan searah (*grain pressure*) di dinding silo serta daerah penyimpanan bijian (*bin*), tekanan tanah atau batuan di dinding terowongan serta konstruksi- konstruksi lain yang ada pada bawah tanah, semuanya ini memerlukan asumsi tekanan lateral secara kuantitatif di pekerjaan konstruksi, baik buat analisa perencanaan maupun untuk Analisa stabilitas.

Tekanan tanah ada selama pergeseran tanah (*soil displacement*) ataupun selama peregangan, namun sebelum tanah tadi mengalami keruntuhan (*on the verge of failure*), mirip yang didefinisikan sang selubung keruntuhan Mohr, maka tegangan-tegangan (*stresses*) tadi tidak memiliki harga tertentu (*indeterminate*). Tegangan-tegangan tersebut pula belum tentu ada pada bagian yang runtuh (*rupture*) sebab sangat sukar untuk membuat keadaan kesetimbangan plastis secara serempak pada mana-mana pada pada massa tanah-hal ini umumnya merupakan insiden yang progresif. andaiapun demikian, hal ini di prakteknya telah biasa dianalisis menjadi suatu insiden keadaan yang ideal, baik untuk mempermudah persoalannya juga asal segi restriksi parameter tanah yang diharapkan dengan taraf reliabilitas yang tinggi (Joseph E. Bowles, 1991: 1).



Gambar 2. 1 Lingkaran Mohr K_0 dan pada kesetimbangan plastis (runtuh)
 Sumber: Bowles Joseph, 1991

Dengan melihat Gambar 2.1 diatas, terdapat dua lingkaran yang dapat dibuat dengan melalui titik A sebagai titik pusat dan yang menyinggung garis runtuh (*rapture line*). Kedua lingkaran yang dimaksud menyiratkan sebuah keadaan suatu kesetimbangan plastis didalam peregangan bidang (*plane strain*). Serta salah satu dari lingkaran yang ada seperti EA dan AF akan menyatakan suatu keadaan tunak (*steady state condition ratio*) yang tergantung pada hasil perbandingan overkonsolidasi.

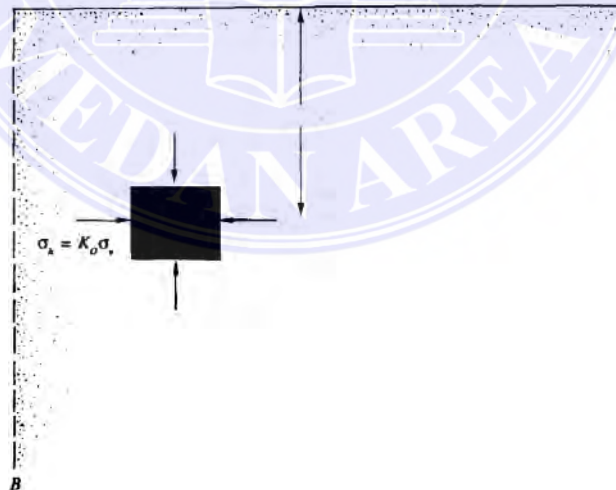
2.3.2 Tekanan Tanah Saat Kondisi Diam (*AT-Rest*)

Konstruksi penahan tanah mirip dinding penahan, dinding bangunan bawah tanah (*basement*), dan dinding penahan tanah baja, yang pada umumnya digunakan pada Teknik pondasi; konstruksi pelawan tanah tadi umumnya dipergunakan buat menahan massa tanah menggunakan talud vertikal. supaya bisa merencanakan konstruksi resistor tanah dengan benar, maka kita perlu mengetahui gaya horisontal

yang bekerja antara konstruksi penahan serta massa tanah yang ditahan. Gaya horisontal tadi disebabkan oleh tekanan tanah arah horisontal (Braja M. Das).

Pada Gambar 2.2 Berat tanah tersebut dibatasi oleh dinding yang memiliki permukaan licin (*frictionless wall*) AB yang dipasang sampai kedalaman tidak berujung. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman (z) akan menerima tekanan dari arah vertikal (σ_v) serta dari arah horisontal (σ_h), dimana (σ_v) dan (σ_h) merupakan tekanan efektif dan tahanan tanah total dengan beranggapan tegangan geser pada bidang tegak dan bidang datar tidak dihiraukan.

Dinding AB akan dinyatakan diam yaitu bilamana dinding AB tidak bergerak kesalah satu arah baik itu kearah kanan maupun kiri dari posisi semula. Berat dari tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*) bilamana dinding dalam keadaan diam. “Koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth pressure at rest*), K_0 ” yaitu tekanan arah horisontal dan vertikal, seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Tekanan tanah dalam kondisi diam (*at rest*).
 Sumber: Braja M. Das, 1993.

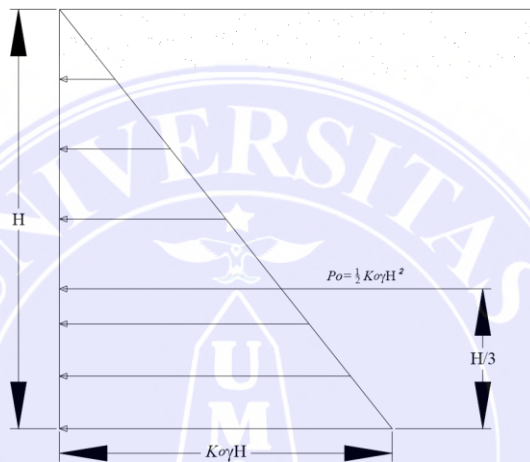
Berdasarkan Braja M. Das, 1993 persamaanya dapat ditulis sebagai berikut:

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots 2.1$$

Karena $\sigma_v = \gamma z$, maka tekanan tanah lateral saat diam (*At-Rest*) adalah:

$$\sigma_h = k_o (\gamma z) \dots\dots\dots 2.2$$

Nilai resultan gaya per satuan lebar dinding P_o senilai dengan luasan dari diagram tekanan tanah yang ditinjau. Pada Gambar 2.3 menunjukkan gambaran dari Diagram tekanan tanah dalam keadaan *At-rest* yang bekerja pada dinding setinggi H,



Gambar 2. 3 Diagram pendistribusian tekanan tanah dalam keadaan diam (*at rest*).

Sumber: Braja M. Das, 1993.

Menurut Braja M. Das, 1993 persamaannya dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma H^2 \dots\dots\dots 2.3$$

Menurut Hardiyatmo, 2003 beranggapan pada kondisi dimana tekanan tanah pada dinding akan serupa, ketika tekanan tanah saat diam (*earth pressure at-rest*) serta tekanan tanah lateral (*horizontal*) pada dinding, di kedalaman tertentu (z), dapat dituangkan dalam persamaan berikut:

$$\sigma_h = K_o z \gamma \dots\dots\dots 2.4$$

atau

$$K_o = \frac{\sigma_h}{\gamma z} = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan:

σ_h = Tekanan arah horizontal total (kN/m^3),

σ_v = Tekanan arah tegak lurus (*vertical*) efektif (kN/m^3),

K_o = Koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam,

z = Kedalaman dari muka air (m),

γ = Berat volume tanah (kN/m^3).

2.3.3 Kondisi Tanah Aktif Menurut Teori Rankine

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

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

Keseimbangan plastis (*plastic equilibrium*) adalah kondisi dimana dalam tanah terjadi suatu keadaan yang menyebabkan tiap-tiap titik didalam berat tanah menuju proses ke suatu keadaan runtuh atau ambruk. Rankine (1857) melakukan penyelidikan mengenai keadaan tegangan di dalam tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis.

Pada Gambar 2.4. Tanah tersebut dibatasi oleh tembok dengan permukaan licin (AB) yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Tegangan-tegangan

utama arah vertikal dan horizontal (total dan efektif) pada elemen tanah di suatu kedalaman (z) adalah berturut-turut σ_v dan σ_h (Braja M. Das, 1993: 51-52).

Apabila dinding AB tidak diijinkan bergerak sama sekali, maka $\sigma_h = K_o \sigma_v$. Akan tetapi, bila dinding AB diijinkan bergerak menjauhi massa tanah secara perlahan-lahan, maka tegangan utama arah horizontal akan berkurang secara terus-menerus. Akhirnya suatu kondisi keseimbangan plastis akan dicapai bila kondisi tegangan di dalam elemen tanah dan kelonggaran di dalam tanah terjadi. Keadaan tersebut dinamakan “kondisi aktif menurut Rankine (*Rankine’s Active State*)”, tekanan σ_v yang bekerja pada bidang vertikal (yang merupakan bidang utama) adalah tekanan tanah aktif menurut Rankine. Nilai σ_v dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang didapat dari penurunan fungsi γ , z, c, dan ϕ dari

Gambar 2.5

$$\sin \phi = \frac{CD}{AC} = \frac{CD}{AO+OC} \dots\dots\dots 2.6$$

Dengan keterangan,

$$CD = \text{Jari-jari lingkaran keruntuhan} = \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2} \dots\dots\dots 2.7$$

$$AO = c \cot \phi \dots\dots\dots 2.8$$

Dan

$$OC = \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2} \dots\dots\dots 2.9$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.7), (2.8), (2.9) kedalam persamaa (2.6) sehingga didapat persamaan

$$\sin \phi = \frac{\frac{\sigma_v + \sigma_a}{2}}{c \cot \phi + \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2}} \dots\dots\dots 2.10$$

atau

$$(c \cot \phi + \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2}) \sin \phi = \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2} \dots\dots\dots 2.11$$

atau

$$\sigma_a = \sigma_v \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} - 2c \frac{\cos \phi}{1 + \sin \phi} \dots\dots\dots 2.12$$

Teruntuk kasus $\sigma_v =$ tekanan efektif akibat lapisan tanah di atasnya = γz maka diperoleh:

$$\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots 2.13$$

dan

$$\frac{\cos \phi}{1 + \sin \phi} = \tan(45 - \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots 2.14$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.13) dan (2.14) yang telah diperoleh di atas kedalam persamaan (2.12), maka diperoleh:

$$\sigma_a = \gamma z \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) - 2c \tan(45 - \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots 2.15$$

Variasi σ_a dengan kedalaman yang terletak dalam Gambar 2.7. Untuk tanah yang tidak berkohesi, $c = 0$, didapat:

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots 2.16$$

Perbandingan antara σ_a dan σ_v dinamai koefisien tekanan tanah aktif (K_a) yang nilainya dapat diperoleh dengan persamaan berikut ini:

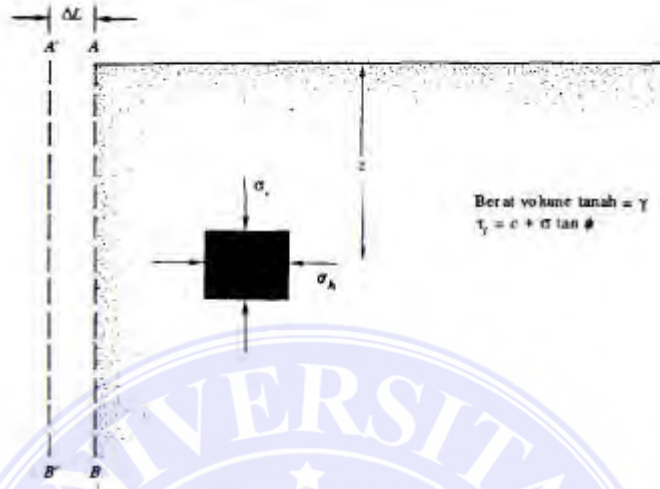
$$K_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots 2.17$$

Diperoleh juga perhitungan tekanan tanah aktif tanpa adanya nilai kohesif ($c=0$):

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 \dots\dots\dots 2.18$$

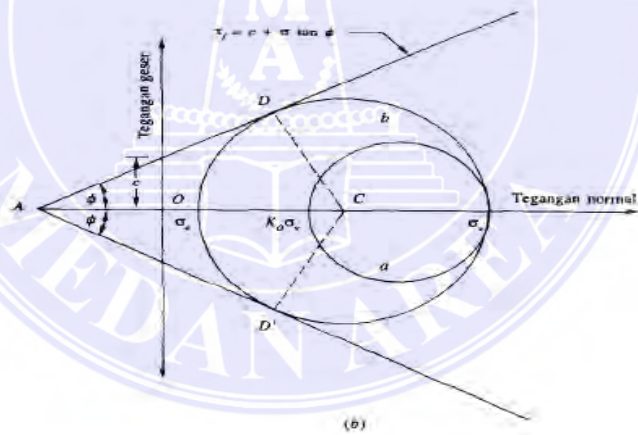
Serta dari Gambar 2.5 dapat dilihat bahwa bidang runtuh didalam tanah membentuk sudut $\pm(45 + \frac{\phi}{2})$ dengan arah dari bidang utama besar, yaitu bidang

horizontal. Bidang runtuh ini dinamakan geser (*slip plane*). Bidang geser tersebut dapat dilihat di Gambar 2.6.



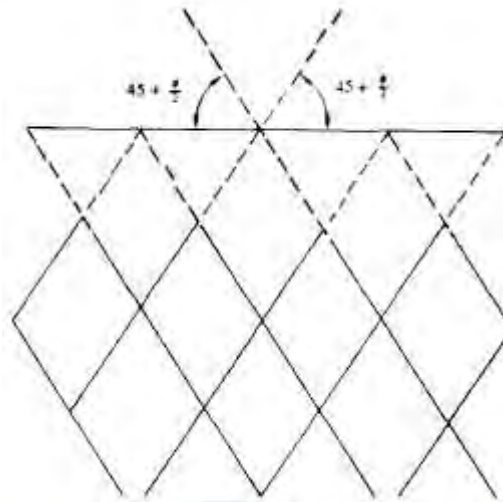
Gambar 2. 4 Masa Tanah Aktif dengan permukaan licin berdasarkan Teori Rankine.

Sumber: Mekanika Tanah jilid 2, Braja M. Das, 1993

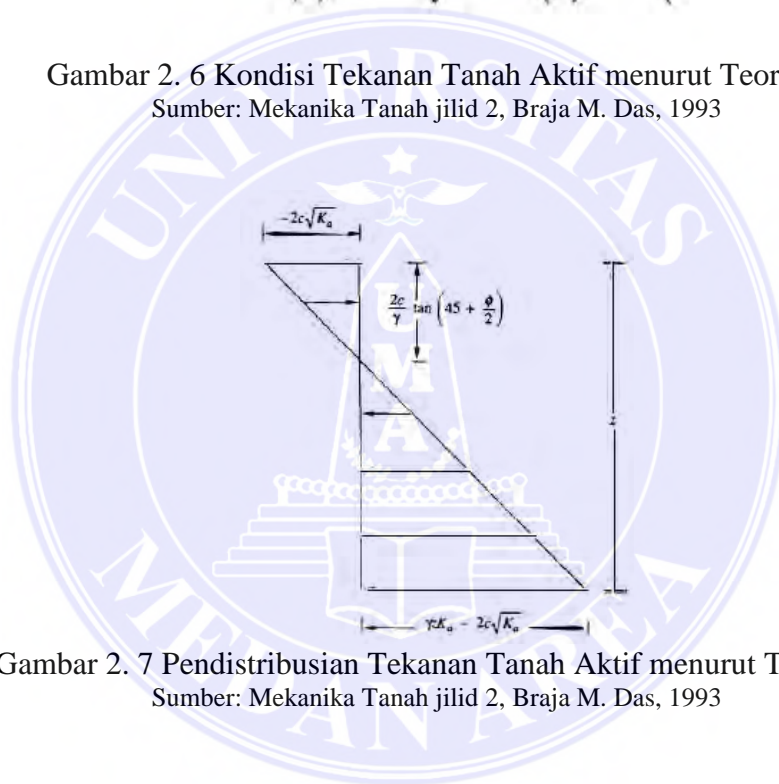


Gambar 2. 5 Lingkaran Mohr kondisi Tekanan Tanah Aktif Teori Rankine

Sumber: Mekanika Tanah jilid 2, Braja M. Das, 1993



Gambar 2. 6 Kondisi Tekanan Tanah Aktif menurut Teori Rankine
 Sumber: Mekanika Tanah jilid 2, Braja M. Das, 1993



Gambar 2. 7 Pendistribusian Tekanan Tanah Aktif menurut Teori Rankine.
 Sumber: Mekanika Tanah jilid 2, Braja M. Das, 1993

2.3.4 Kondisi Tanah Pasif Menurut Teori Rankine

Kondisi tanah pasif menurut Teori Rankine dapat diketahui dengan melihat pada Gambar 2.8, dimana tembok AB adalah tembok licin dengan kedalaman tak tersentuh. Keadaan tegangan awal pada suatu elemen tanah dapat dilihat pada lingkaran Mohr pada Gambar 2.9. Apabila dinding didorong secara perlahan-lahan menuju arah masuk ke dalam massa tanah, maka tekanan utama σ_h akan bertambah secara terus-menerus seiring berlangsungnya tekanan utama. Sehingga diperoleh

suatu kondisi yang menyebabkan kondisi tegangan elemen tanah dapat diwakili oleh lingkaran Mohr b. Pada kondisi ini, ambroknnya tanah akan terjadi dan dikenal dengan sebutan kondisi pasif menurut Rankine. Terlepas dari semua itu, tekanan tanah ke samping (σ_p) yang merupakan tegangan utama besar yang kita ketahui dan sebut dengan tekanan tanah pasif menurut Rankine (*Rankine's passive earth pressure*).

Dari Gambar 2.9 kita dapat menerima informasi bahwa gambar tersebut menunjukkan suatu variasi tekanan pasif dengan kedalaman. Nilai dari pada σ_p untuk tanah yang tidak mempunyai nilai kohesi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini untuk konsisi tanah tidak berkohesi($c=0$):

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + 2c \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots 2.19$$

$$\sigma_p = \gamma z \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + 2c \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots 2.20$$

Hasil turunan dari persamaan serupa dengan penurunan untuk kondisi pasif menurut Rankine. Untuk tanah yang tidak memiliki kohesi ($c = 0$) tekanan tanah pasif dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan ini:

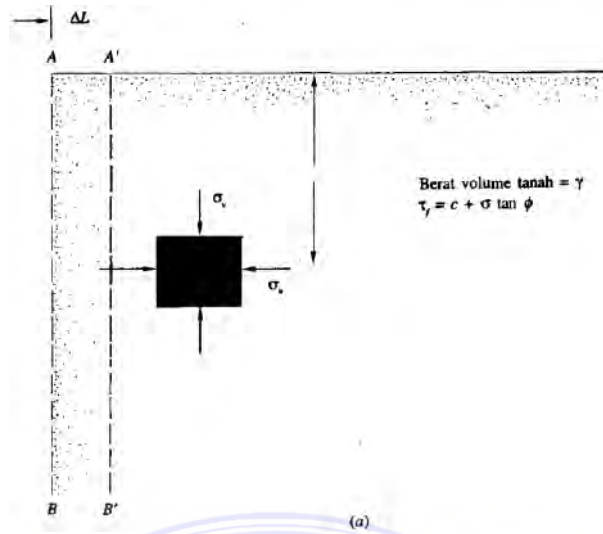
$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots 2.21$$

$$K_p = (\frac{\sigma_p}{\sigma_v}) = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots 2.22$$

Dimana, K_p merupakan koefisien dari tekanan tanah pasif menurut Rankine.

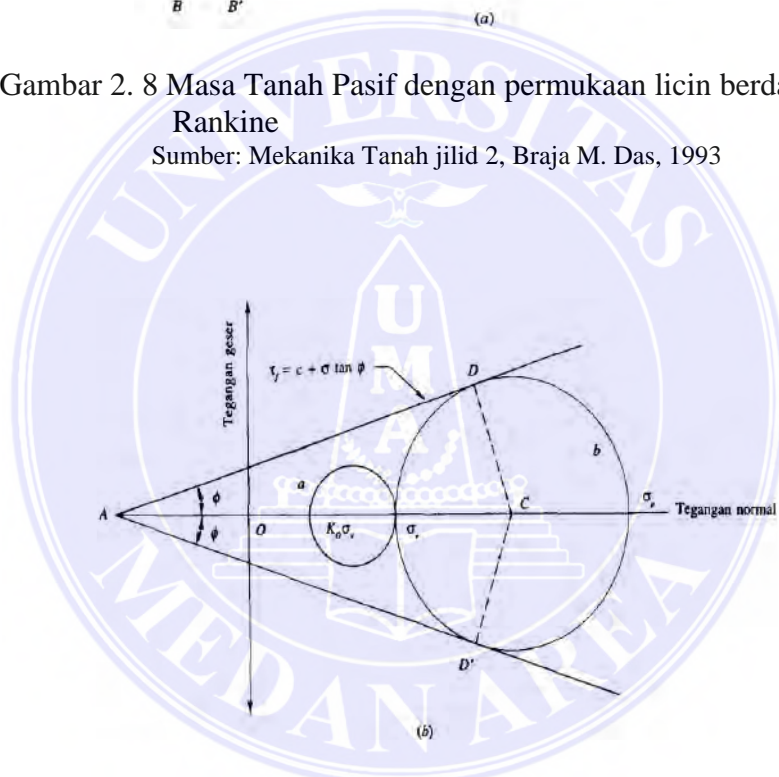
Perhitungan tekanan tanah pasif tanpa adanya nilai kohesif ($c=0$):

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2 \dots\dots\dots 2.23$$



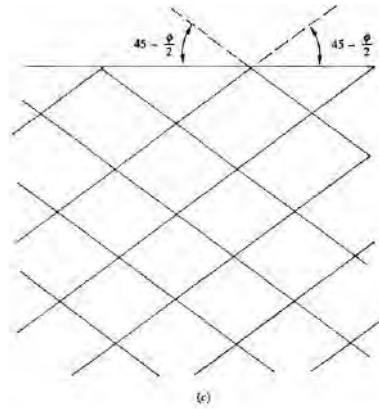
Gambar 2. 8 Masa Tanah Pasif dengan permukaan licin berdasarkan Teori Rankine

Sumber: Mekanika Tanah jilid 2, Braja M. Das, 1993

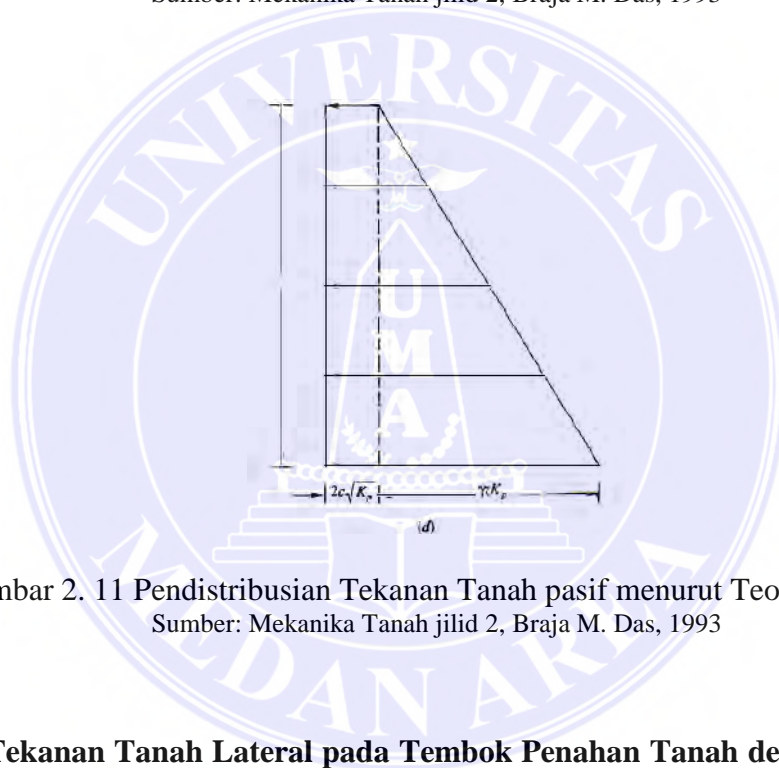


Gambar 2. 9 Lingkaran Mohr kondisi Tekanan Tanah pasif Teori Rankine

Sumber: Mekanika Tanah jilid 2, Braja M. Das, 1993



Gambar 2. 10 Kondisi Tekanan Tanah pasif menurut Teori Rankine
 Sumber: Mekanika Tanah jilid 2, Braja M. Das, 1993



Gambar 2. 11 Pendistribusian Tekanan Tanah pasif menurut Teori Rankine.
 Sumber: Mekanika Tanah jilid 2, Braja M. Das, 1993

2.4 Tekanan Tanah Lateral pada Tembok Penahan Tanah dengan Dinding Permukaan Horizontal

Terlihat pada Gambar 2.12 menjelaskan dinding resistor menggunakan tanah urug yang tidak berkohesi seperti pasir ($c=0$), dengan berat volume γ serta sudut gesek dalam ϕ , serta tidak terdapat kandungan air tanah. Buat kedudukan aktif Rankine, tekanan tanah aktif (P_a) di dinding resistor tanah pada sembarang kedalaman dapat ditinjau pada Gambar 2.12a.

Pada kondisi pasif, tekanan tanah aktif (P_a), di kedalaman z dari lokasi atas dinding penahan dapat dinyatakan dengan:

$$P_a = z\gamma K_a; \text{ dengan ketentuan } c=0 \dots\dots\dots 2.24$$

Nilai total tekanan tanah aktif (P_a) untuk dinding penahan tanah (turap) setinggi (H) dengan luasan diagram tekanannya seperti pada Gambar 2.12a dapat dituangkan dengan persamaan:

$$P_a = 0,5H^2\gamma K_a \dots\dots\dots 2.25$$

Keterangan:

P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)

P_a = Tekanan tanah aktif total (kN/m)

γ = Berat volume tanah (kN/m^3)

K_a = Koefisien tekanan aktif

H = Tinggi dinding penahan tanah (m)

Pendistribusian tekanan tanah lateral terhadap dinding penahan tanah buat kedudukan pasif Rankine, terlihat pada Gambar 2.12b. Tekanan tanah pasif (P_p) pada kedalaman tertentu dinding penahan tanah dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P_p = z\gamma K_p; c = 0 \dots\dots\dots 2.26$$

Tekanan tanah pasif pada landasan dinding penahan tanah:

$$P_p = H\gamma K_p \dots\dots\dots 2.27$$

Tekanan tanah pasif total (P_p) merupakan luasan dari diagram tekanan pasifnya, dinyatakan pada persamaan (2.14).

$$P_p = 0,5H^2\gamma K_p \dots\dots\dots 2.28$$

Keterangan:

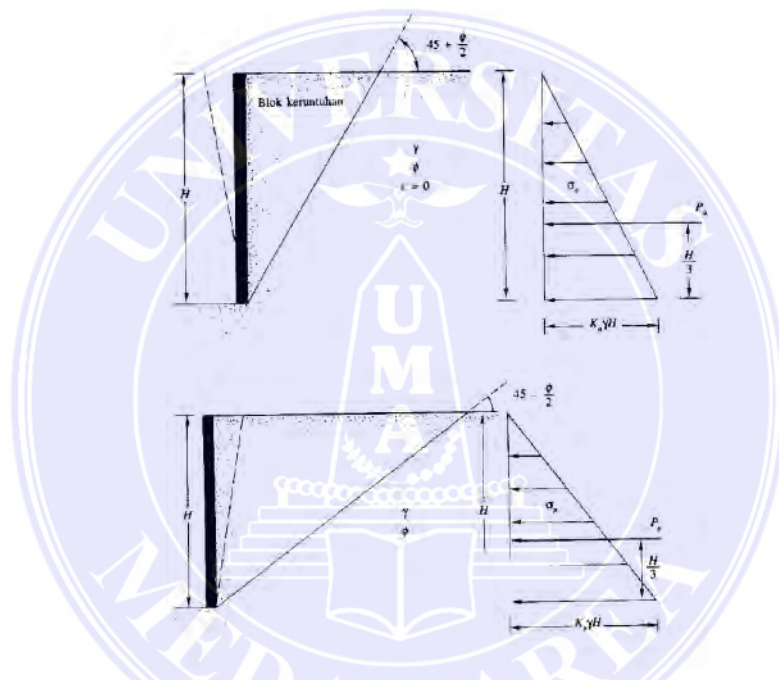
P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)

P_p = Tekanan tanah pasif total (kN/m)

γ = Berat volume tanah (kN/m^3)

K_p = Koefisien tekanan pasif

H = Tinggi dinding penahan (m)



Gambar 2. 12 Pendistribusian gaya tekanan tanah untuk permukaan tanah horizontal.

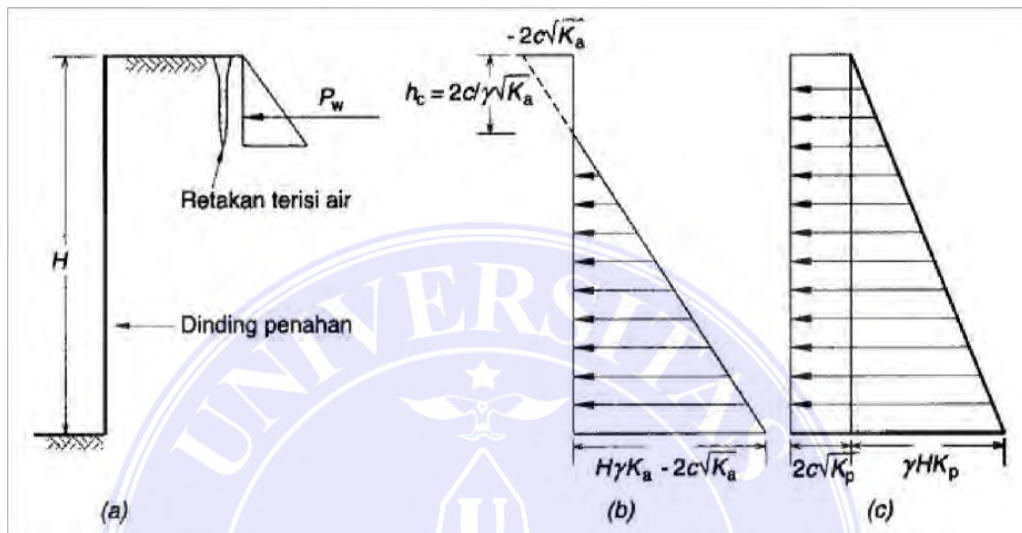
(a). Tekanan aktif Rankine (b). Tekanan pasif Rankine

Sumber: Mekanika Tanah jilid 2, Braja M. Das, 1993

2.5 Tekanan Tanah Lateral untuk Tanah berkohesi pada Tembok Penahan Tanah dengan Dinding Permukaan Horizontal

Kondisi tanah urugan yang berupa tanah kohesif serupa dengan tanah lempung, serta besarnya tekanan tanah aktif semakin berkurang. (Bell, 1915) menyatakan bahwa dimana suatu penyelesaian hitungan tekanan tanah lateral pada

dinding penahan tanah menggunakan tanah urugan kembali untuk tanah berlempung, seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.13. Perhitungan berdasarkan pada persamaan Rankine serta Coulomb dengan mempertimbangkan syarat-syarat yang ada pada tegangan lingkaran Mohr.



Gambar 2. 13 Galian pada tanah kohesif
 a. Pengaruh Retakan yang terisi air, b. Diagram tekanan aktif,
 c. Diagram tekanan pasif

(Sumber: Hardiyatmo (2003))

Menurut Hardiyatmo, 2003 dengan menggunakan lingkaran Mohr dapat diperoleh persamaan untuk tekanan tanah arah horisontal $\sigma_h = P_a$ (tekanan aktif):

$$P_a = \gamma z \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - 2 c \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \dots\dots\dots 2.29$$

Melihat Gambar 2.13, terdapat kemungkinan bahwa galian tanah pada tanah kohesif dapat dibuat dengan tebing galian yang vertikal. Di permukaan tanah atau $z = 0$, maka dapat dinyatakan:

$$P_a = 2 c \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = -2 c \sqrt{K_a} \dots\dots\dots 2.30$$

Nilai negatif memberi pengertian adanya gaya tarik yang bekerja, dimulai dari kedalaman tertentu (h_c) dari permukaan tanah seperti Gambar 2.13b.

Kedalaman dimana $P_a = 0$, akan memberikan kedalaman retakan tanah urugan akibat gaya tarik, seperti dinyatakan dalam persamaan (Hardiyatmo, 2003).

$$h_c = \left(\frac{2c}{\gamma \sqrt{k_a}} \right) \dots\dots\dots 2.31$$

Maka,

$$h = H - h_c \dots\dots\dots 2.32$$

Sehingga nilai tekanan tanah aktif total pada dinding penahan setinggi H,

dengan tanah urug yang berupa tanah kohesif dapat dinyatakan:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2 c H \sqrt{K_a} \dots\dots\dots 2.33$$

Momen tanah aktif akibat kohesi dapat dinyatakan:

$$M_a = P_a \frac{h}{3} \dots\dots\dots 2.34$$

dengan:

- K_a = Koefisien tekanan tanah aktif
- P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)
- M_a = Momen tanah aktif (kNm)
- C = Kohesi tanah (kN/m²)
- H = Tinggi dinding penahan tanah (m)
- γ = Berat volume tanah (kN/m³)
- φ = Sudut gesek tanah (°)

Apabila tekanan tanah pasif:

$$P_p = \gamma z \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) - 2 c \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \dots\dots\dots 2.35$$

Di permukaan tanah dimana $z = 0$, maka dapat ditulis:

$$P_p = 2 c \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = 2 c \sqrt{K_p} \dots\dots\dots 2.36$$

Tekanan tanah pasif akibat tekanan dari tanah dapat dinyatakan:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p \dots\dots\dots 2.37$$

Tekanan tanah pasif akibat adanya kohesi dapat dinyatakan:

$$P_p = 2 c H \sqrt{K_p} \dots\dots\dots 2.38$$

Sehingga nilai tekanan tanah pasif total pada dinding penahan setinggi H, dengan tanah urug yang berupa tanah kohesif dapat dinyatakan:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p + 2 c H \sqrt{K_p} \dots\dots\dots 2.39$$

Momen tanah pasif akibat dari tekanan tanah dapat dinyatakan:

$$M_a = P_p \frac{h}{3} \dots\dots\dots 2.40$$

Momen tanah pasif akibat adanya kohesi dapat dinyatakan:

$$M_a = P_p \frac{h}{2} \dots\dots\dots 2.41$$

dengan:

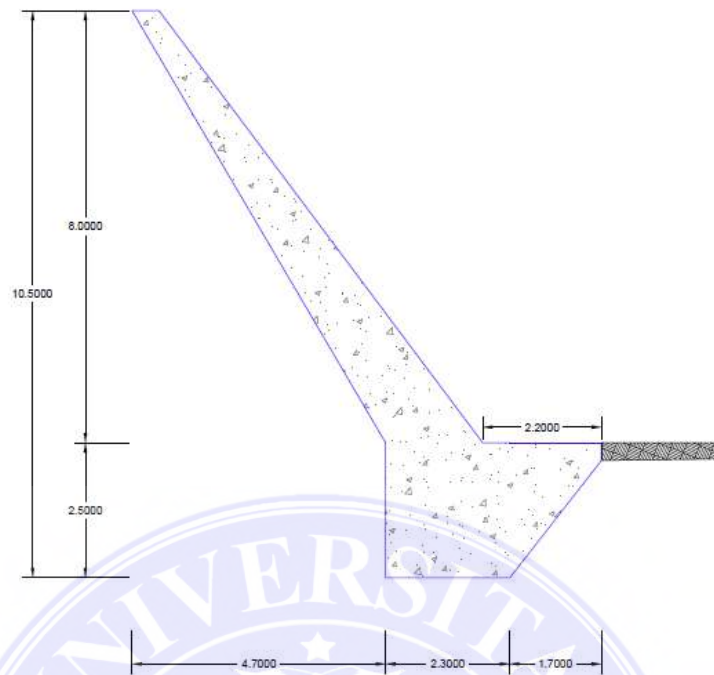
- K_p = Koefisien tekanan tanah pasif
- P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)
- M_p = Momen tanah pasif (kNm)
- c = Kohesi tanah (kN/m²)
- H = Tinggi dinding (m)
- γ = Berat volume tanah (kN/m³)
- φ = Sudut gesek internal tanah (°)

2.6 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah (Turap) merupakan suatu bangunan yang memiliki fungsi buat menstabilkan serta mengendalikan kondisi tanah tertentu seperti keruntuhan maupun tanah ambles maupun longsor yang mana pada umumnya

bangunan Turap itu sendiri biasanya dibangun di daerah-daerah maupun wilayah tebing yang labil (tidak bisa dipastikan keamanannya). Jenis konstruksi yang biasa digunakan untuk mendirikan/membuat sebuah konstruksi dinding penahan tanah diantaranya ialah pasangan batu menggunakan mortar (campuran dari semen, pasir halus, serta terkadang ditambahkan kapur untuk meningkatkan ketahanannya, semua bahan tersebut dicampur dengan menggunakan bahan tambah air untuk menjadi sebuah perekat) pasangan batu kosong, beton, kayu dan sebagainya. Dinding penahan tanah ialah suatu struktur yang direncanakan serta dibangun buat menahan daripada tekanan tanah lateral yang disebabkan oleh tanah urug maupun tanah asli yang labil, yang mana tujuan dari semua itu supaya dinding penahan tanah aman terhadap pergeseran, penggulingan serta keruntuhan kapasitas daya dukung tanah.

Dinding penahan tanah dapat dibangun memakai beberapa material diantaranya antara lain ialah beton, batuan pecah, batuan menggunakan mortar, kayu, dan lainnya. Hal yang harus diperhatikan serta diberikan perhatian khususnya ialah ketika membangun dinding penahan tanah yang mana desain serta bangunan daripada dinding penahan tanah harus bisa menunda maupun menahan beban yang diterima yaitu tekanan tanah lateral yang terjadi dibelakang dinding penahan tanah itu sendiri, dan jua dinding penahan tanah wajib dan harus bersifat rigid maupun kaku sehingga dapat dan berfungsi menahan beban lateral yang diterima secara maksimal sesuai dengan yang telah direncanakan.

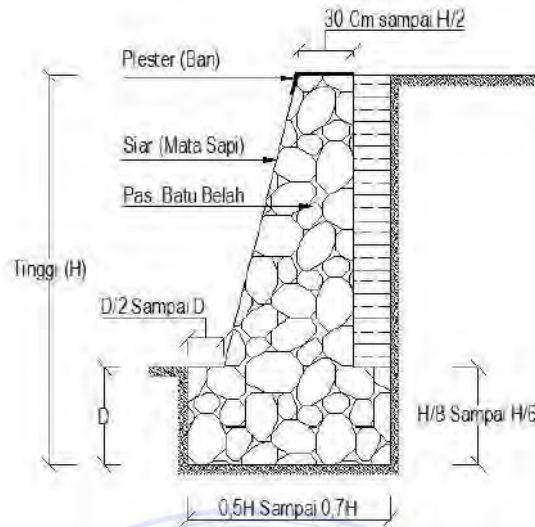


Gambar 2. 14 Dinding penahan tanah tipe Gravitasi
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Beberapa jenis dan tipe-tipe pada Dinding penahan tanah menurut (Hary Christady Hardiyatmo, 2014: 440-442), yang dapat dikelompokkan berdasarkan bahan penyusunnya antara lain sebagai berikut:

a. Dinding penahan tanah tipe gravitasi (*Gravity wall*)

Dinding penahan tanah dengan jenis gravitasi, merupakan dinding penahan tanah yang dirancang dengan menggunakan beton polos (tidak bertulang) ataupun dengan menggunakan pasangan batu. Terkadang pada perencanaannya permukaan dinding diberikan sedikit tulangan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya keretakan pada permukaannya yang diakibatkan oleh perubahan suhu temperature (Gambar 2.17a).



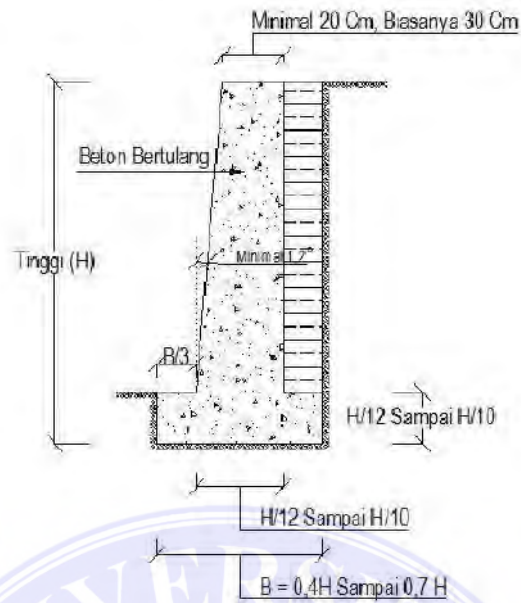
Gambar 2. 15 Dinding penahan tanah tipe gravitasi (*gravity wall*).
(Sumber: Hary Christady Hardiyatmo, 2014)

b. Dinding penahan tanah tipe Semi Gravitasi.

Dinding penahan tanah dengan jenis semi gravitasi, merupakan jenis dinding penahan tanah dengan tipe dinding gravitasi yang berpenampilan relatif ramping. Kerana berpenampilan ramping maka diperlukan penulangan beton pada bagian strukturnya, yang mana penulangan tersebut hanya digunakan pada bagian dinding saja. Yang mana tulangan beton yang digunakan tadi berfungsi sebagai pasak serta dipasang untuk menghubungkan antara bagian dinding dan pondasi (Gambar 2.17b).

c. Dinding penahan tanah tipe Kantilever

Dinding penahan tanah dengan jenis kantilever, merupakan jenis dinding penahan tanah yang tersusun dari gabungan antara dinding serta beton bertulang yang menyerupai huruf T. Ketebalan berasal kedua bagian ini relative tipis dan secara keseluruhan dipakaikan tulangan yang bertujuan untuk menahan gaya-gaya yang berkerja seperti: momen serta gaya lintang yang bekerja padanya (Gambar 2.17c).



Gambar 2. 16 Dinding penahan tanah tipe kantilever (*cantilever retaining wall*).

(Sumber: Hary Christady Hardiyatmo, 2014)

d. Dinding penahan tanah tipe *Counterfort Wall*

Dinding penahan tanah jenis *Counterfort Wall*, adalah dinding penahan tanah yang tersusun dari dinding beton bertulang tipis yang pada bagian dinding dalam pada jarak tertentu didukung sang pelat maupun dinding vertikal yang diklaim *counterfort wall* (dinding penguat). Ruang pada atas pelat fondasi, diantara counterfort diisi dengan tanah urug (Gambar 2.17 d).

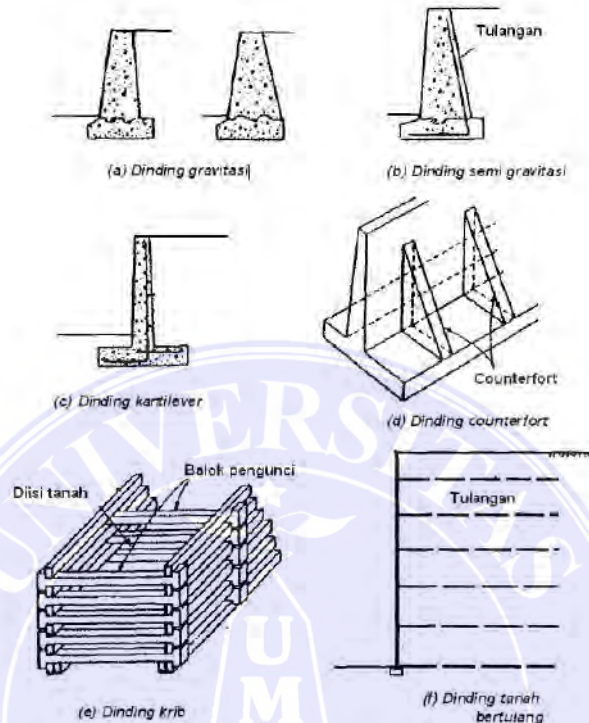
e. Dinding penahan tanah tipe Krib

Dinding penahan tanah jenis *Krib*, adalah dinding penahan tanah yang tersusun dari balok-balok beton yang disusun menjadi suatu dinding penahan tanah (dinding penahan) (Gambar 2.17e).

f. Dinding penahan tanah Tipe Tanah Bertulang (*Reinforced Earth Wall*)

Dinding penahan tanah jenis tanah bertulang atau dinding tanah diperkuat (*reinforced earth wall*) ialah dinding penahan tanah yang tersusun dari dinding yang

menyerupai timbunan tanah yang diperkuat menggunakan bahan-bahan eksklusif yang terbuat dari geosinetetik maupun asal metal (Gambar 2.17 f).



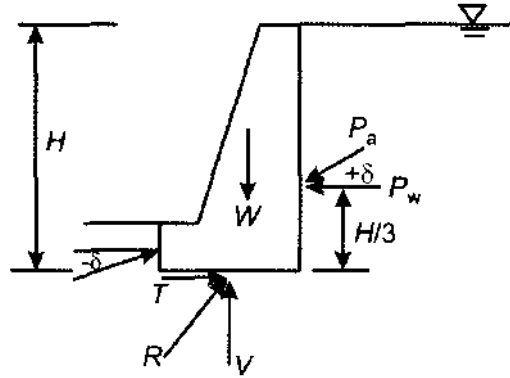
Gambar 2. 17 Gambar Dinding penahan tanah

Sumber: Analisis dan Perencanaan Fondasi I, Hary Christady Hardiyatmo, 2014:441

2.7 Stabilitas Dinding Penahan

Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah menurut (Hary Christady Hardiyatmo, 2014: 484–489) meliputi (Gambar 2.18)

1. Berat sendiri Dinding penahan tanah (W),
2. Gaya tekanan tanah aktif total tanah urug (P_a),
3. Gaya tekanan tanah pasif total di depan dinding (P_p),
4. Tekanan air pori di dalam tanah (P_w), dan
5. Reaksi tanah dasar (R).



Gambar 2. 18 Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding penahan tanah
Sumber: Analisis dan Perencanaan Fondasi I, Hary Christady Hardiyatmo, 2014:484.

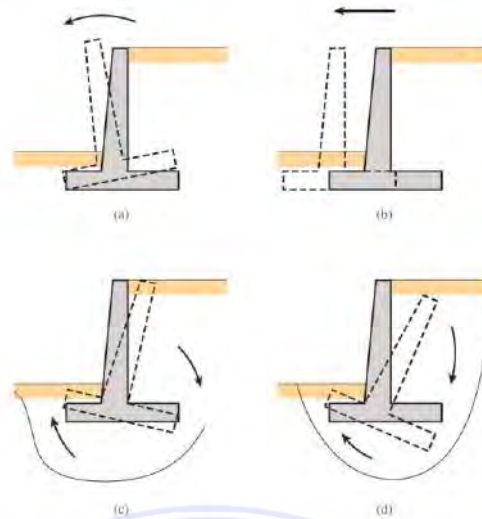
Analisis stabilitas Dinding penahan tanah yang dapat ditinjau terhadap beberapa hal- hal berikut ini:

1. Faktor aman terhadap stabilitas penggeseran maupun penggulingan serta harus memenuhi,
2. Tekanan yang terjalin pada tanah bawah pondasi wajib tidak boleh melebihi kapasitas dukung tanah ijin tersebut,
3. Stabilitas lereng secara totalitas wajib penuhi syarat dan ketentuan.

Selain itu, jika tanah dasar mudah mampat (padat), penurunan yang tidak seragam yang terjadi harus tidak boleh berlebihan.

Dinding penahan tanah mungkin rusak/hancur dengan salah satu cara berikut:

1. Pengulingan dibagian ujung kaki (Gambar 2.19a).
2. Pergeseran disepanjang dasarnya (Gambar 2.19b).
3. Terjadi akibat hilangnya daya tahan tanah yang menopang dasarnya (Gambar 2.19c).
4. Terjadi akibat kegagalan pergeseran yang mendalam (Gambar 2.19d).



Gambar 2. 19 Kegagalan dinding penahan tanah (a). Guling, (b). Pergeseran, (c). Keruntuhan tanah, (d). Pergeseran yang mendalam

Sumber: Principles Of Foundation Engineering, Braja M. Das Edisi 9, 700

2.7.1 Stabilitas Terhadap Pengulingan

Tekanan tanah lateral yang dikarenakan oleh tanah urug di belakang Dinding penahan tanah, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri bilik penahan serta momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi (Gambar 2.19).

Faktor aman dari penggulingan (F_{gl}), dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F_{Guling} = \frac{\Sigma M_w}{\Sigma M_{Guling}} \dots\dots\dots 2.42$$

Dengan:

$$\Sigma M_w \quad = \Sigma M + M_p$$

$$\Sigma M_{gl} \quad = M_a$$

$$\Sigma M_w \quad = \text{Momen yang bertugas melawan penggulingan (kN.m),}$$

ΣM_{gl} = Momen yang mengakibatkan terjadinya penggulingan
($kN.m$),

Faktor aman terhadap penggulingan (F_{guling}) bergantung pada jenis tanah, yaitu:

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

$F_{guling} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesi

Tahanan dari pada tanah pasif, oleh tanah yang terletak di depan kaki bilik depan kerap kali diabaikan dalam menghitung stabilitas. Bila tahanan tanah pasif yang ditimbulkan oleh pengunci pada bawah pondasi diperhitungkan, hingga nilainya wajib direduksi buat mengestimasi pengaruh-pengaruh yang terjadi seperti: erosi, iklim serta retakan akibat tegangan-tegangan tarik tanah bawah yang kohesif.

2.7.2 Stabilitas Terhadap Penggeseran

Gaya-gaya yang bekerja yang dapat menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

1. Gesekan antara tanah dengan dasar pondasi,
2. Tekanan tanah pasif jika berada di depan dinding penahan tanah terdapat tanah timbunan.

Faktor aman terhadap penggeseran (F_{gs}), dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} \geq 1,5 \dots\dots\dots 2.43$$

Untuk tanah granuler ($c = 0$):

$$\begin{aligned} \Sigma R_h &= W f \\ &= W \tan \delta_n \text{ dengan } \delta_b \leq \varphi \dots\dots\dots 2.44 \end{aligned}$$

Untuk tanah kohesif ($\varphi = 0$):

$$\sum R_h = C_a B \dots\dots\dots 2.45$$

Untuk tanah $c - \varphi$ ($\varphi > 0$ dan $c > 0$);

$$\sum R_h = C_a B + W \tan \delta_b \dots\dots\dots 2.46$$

Keterangan,

$\sum R_h$ = Tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran;

W = Berat total dinding penahan dan tanah di atas pelat pondasi (kN)

δ_b = Sudut gesek antara tanah dan dasar fondasi, biasanya diambil

$$\frac{1}{3} - \left(\frac{2}{3}\right)\varphi$$

c_a = $a_d \cdot c$ = adhesi antara tanah dan dasar dinding (kN/m^2)

c = Kohesi tanah dasar (kN/m^2)

a_d = Faktor adhesi,

B = Lebar pondasi (m)

$\sum P_h$ = Jumlah gaya-gaya horizontal (kN)

F = $t g \delta_b$ = Koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar fondasi.

Faktor aman terhadap penggeseran dasar pondasi (F_{gs}) minimum, diambil 1,5.

Bowles (1997) serta menyarankan:

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

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

Pada Tabel 2.4 dilihat dari pada nilai-nilai f dari berbagai jenis macam tanah dasar. Jika dasar pondasi sangat kasar, seperti beton yang diaplikasikan langsung ke tanah, koefisien gesek $f = t g \delta_b = t g \varphi$, dengan φ adalah sudut gesek dalam pada tanah dasar.

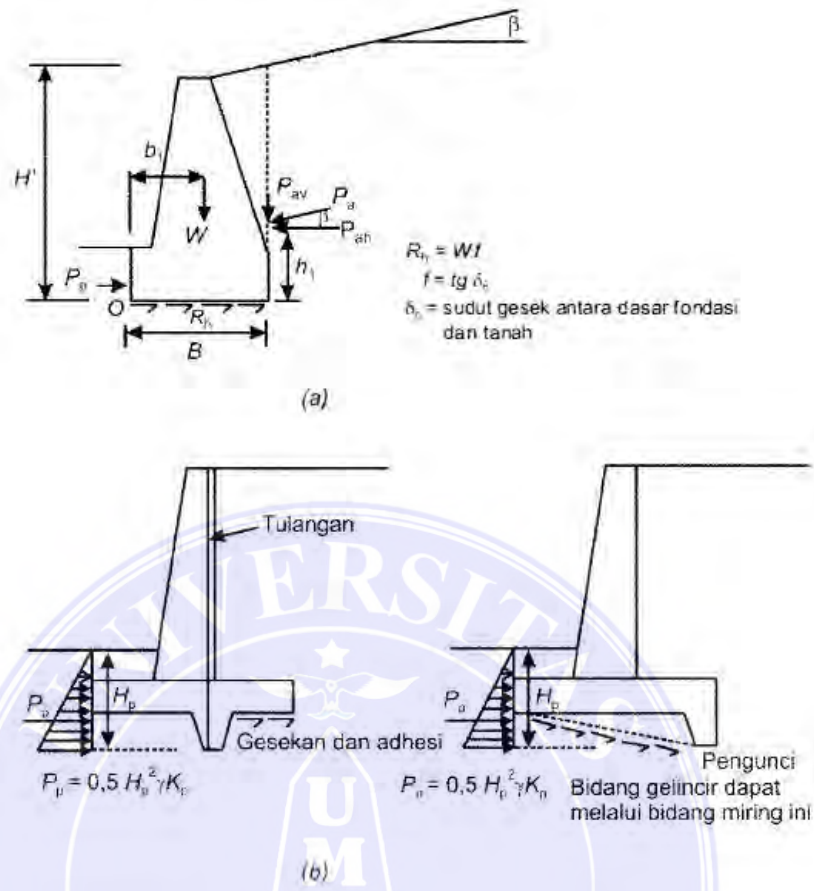
Tabel 2. 4 Koefisien Gesek (f) antara dasar Pondasi dan Tanah Dasar (AREA,1958)

Jenis tanah dasar pondasi	$f = tg\delta$
Tanah granuler kasar tidak mengandung lanau maupun lempung	0,55
Tanah granuler kasar tidak mengandung lanau	0,45
Tanah lanau tidak berkohesi	0,35
Batu keras permukaan kasar	0,60

Sumber: Analisis dan Perencanaan PondasiI, Hary Christady Hardiyatmo, 2014

Perhatian ekstra harus diberikan jika dinding penahan (turap) berada di atas lanau serta lempung. Sebelum menuangkan pondasi untuk di cor, yang terbaik adalah menggali dasar pondasi hingga kedalaman 10 cm, lalu mengisinya kembali dengan pasir kasar yang dipadatkan atau kerikil setebal 10 cm. Koefisien gesek (f) antara pasir dan tanah di bawahnya dapat diambil nilai sebesar 0,35. Namun, jika kekuatan tak terdrainase (*undrained*) lapisan tanah lunak lebih kecil dari kekuatan geser pondasi, maka tanah lunak di bawah pondasi akan mengalami geser. Untuk tujuan ini, nilai adhesi antara pondasi dan tanah di bawahnya dianggap sama dengan nilai kohesi tanah (c), dan sudut geser internal (ϕ) dianggap nol. Jika tanahnya keras atau lempung keras, tanah dasar harus dikasari sebelum penempatan. Ini untuk memastikan pengembangan adhesi yang memadai. Bila menggunakan nilai kohesi (c), pengurangan kohesi akibat penggalian atau gangguan waktu konstruksi harus diperhitungkan.

Jika dinding penahan tanah ditopang oleh pondasi tiang pancang, semua beban harus diasumsikan ditopang oleh tiang pancang. Oleh karena itu, ketahanan gesekan dan daya rekat pada dasar pondasi tidak perlu diperhatikan.



Gambar 2. 20 a) Stabilitas terhadap Penggeseran Dan Peggulingan, b) Memperbesar tahanan geser dengan menggunakan pengunci

Sumber: Analisis dan Perencanaan PondasiI, Hary Christady. Hardiyatmo, 2014:487

Jika faktor aman terhadap penggeseran $F_{gs} = 1,5$ sulit dicapai, maka lebih baik dipakai pengunci, seperti yang diperlihatkan dalam gambar 2.20b. Penambahan pengunci ini akan menambah tahanan tanah pasif. Namun, keuntungan dari pemakaian pengunci ini biasanya kecil, kecuali jika dasar pondasiterletak di atas lapisan batu atau tanah keras. Untuk itu, jika tanah dasar lunak atau tanah berupa material granuler murni, sisi pengunci sebaiknya dibuat miring 1 V: 1,5 H.

2.7.3 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah

1. Persamaan Terzaghi.

Kapasitas dukung ultimit (q_u) untuk pondasi memanjang dinyatakan dengan persamaan:

$$q_u = cN_c + D_f \gamma N_\gamma + 0,5 B \gamma N_\gamma \dots\dots\dots 2.47$$

Keterangan:

C = Kohesi tanah (kN/m^2),

D_f = Kedalaman pondasi (m),

γ = Berat volume tanah (kN/m^3),

B = Lebar pondasi dinding penahan tanah (m),

$N_c, N_q, dan N_\gamma$ = Faktor-faktor kapasitas daya dukung Terzaghi.

Persamaan Terzaghi tidak tepat digunakan untuk menghitung daya dukung tanah struktur dinding penahan tanah, karena persamaan Terzaghi hanya cocok untuk pondasi dengan beban vertikal dan terpusat, serta beban gabungan dinding penahan tanah umumnya miring dan eksentrik makannya sangat tidak tepat untuk menggunakan persamaan Terzaghi. Oleh karena itu, perhitungan daya dukung tanah di bawah dinding penahan harus didasarkan pada daya dukung pada kondisi pembebanan miring dan eksentrik, seperti persamaan Meyerhof (1951,1963), Vesic (1975) maupun Hansen (1970).

Tabel 2. 5 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung Terzaghi (1943)

Φ	Keruntuhan Geser Umum			Keruntuhan Geser Lokal		
	Nc	Nq	Nγ	Nc'	Nq'	Nγ'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	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	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
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	65,6	87,1

Sumber: Analisis dan Perencanaan PondasiII, Hary Christady Hardiyatmo, 2014

2. Persamaan Mayerhof

Mayerhof (1963) menyarankan persamaan kapasitas dukung dengan pertimbangan bentuk fondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah diatas pondasinya, sebagai berikut:

$$qu = s_c d_c i_c c N_c + D_f \gamma s_q d_q i_q N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma 0,5 B' \gamma N_\gamma \dots\dots\dots 2.48$$

Dengan:

$d_c, d_q, dan d_\gamma$ = Faktor kedalaman,

$i_c, i_q, dan i_\gamma$ = Faktor kemiringan beban,

B' = $B-2e$ = Lebar pondasi efektif (m),

e = Eksentrisitas beban (m),

γ = Berat volume tanah (kN/m^3),

$N_c, N_q, dan N_\gamma$ = Faktor-faktor kapasitas dukung.

3. Persamaan Hansen (1970) dan Vesic (1975)

□ Persamaan Hansen (1970)

Kapasitas ultimate (q_u) dihitung untuk beban miring dan eksentrik menggunakan persamaan Hansen (1970) dan Vesic (1975):

$$q_u = d_c i_c c N_c + d_q i_q D f \gamma N_q + d_y i_y 0,5 B \gamma N_y \dots\dots\dots 2.49$$

Dengan:

$d_c, d_q, dan d_y$ = Faktor kedalaman,

$i_c, i_q, dan i_y$ = Faktor kemiringan beban,

B = Lebar dasar pondasisebenarnya (m),

e = Eksentrisitas beban (m),

γ = Berat volume tanah (kN/m^3),

$N_c, N_q, dan N_y$ = Faktor-faktor kapasitas dukung.

Tabel 2. 6 Faktor Kedalaman Pondasi(Hansen, 1970)

Faktor Kedalaman	Nilai	Keterangan
	Untuk $\varphi=0$: $F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{Df}{B}$ $F_{qd} = 1, \quad F_{yd} = 1$	
	Untuk $\varphi>0$: $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \theta}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \theta (1 - \sin \theta)^2 \frac{Df}{B}$ $F_{yd} = 1$	$\frac{Df}{B} \leq 1$
	Untuk $\varphi=0$: $F_{cd} = 1 + 0,4 \tan^{-1} \frac{Df}{B}$ $F_{qd} = 1 \quad F_{yd} = 1$	
	Untuk $\varphi>0$: $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \theta}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \theta (1 - \sin \theta)^2 \tan^{-1} \frac{Df}{B}$ $F_{yd} = 1$	$\frac{Df}{B} > 1$ Catatan: $\tan^{-1} \frac{Df}{B}$ dalam bentuk radian.

Sumber: Principles Of Foundation Engineering, Braja M. Das, 2019:221

Pada Tabel 2.7, bilamana dasar pondansi tidak cukup kasar, maka c (kohesi) diganti c_a (adhesi) = faktor adhesi (a_d) x kohesi (c).

Tabel 2. 7 Faktor Kemiringan Beban (Hansen, 1970)

Faktor Kemiringan Beban	Nilai	Keterangan
I_c	$i_q - \frac{(1 - i_q)}{N_q - 1}$	
I_c'	$0,5 - 0,5 \sqrt{1 - H/A'c_a}$	
I_q	$\left[1 - \frac{0,5H}{V + A'c_a ctg \varphi}\right]^5 \geq 0$	
I_y	$\left[1 - \frac{0,7H}{V + A'c_a ctg \varphi}\right]^5 \geq 0$	Untuk dasar horizontal
I_y	$\left[1 - \frac{0,7H - \frac{a^0}{450^0}}{V + A'c_a ctg \varphi}\right]^5 \geq 0$	Untuk dasar miring Batasan: $H \leq caA + V tg \delta$

Sumber: Analisis dan Perencanaan Fondasi I, Hary C. Hardiyatmo, 2014:174

Keterangan:

A' = Luas efektif pondasi = $B'L'$,

L' = $L - 2e_L$ = panjang efektif,

B' = $B - 2e_B$ = lebar efektif,

e_L = Eksentrisitas beban terhadap pusat luasan pondasi arah L ,

e_B = Eksentrisitas beban terhadap pusat luasan pondasi arah B ,

D_f = Kedalaman fondasi,

C_a = Faktor adhesi ($a_d \times c$) = adhesi antara tanah dan dasar

Fondasi,

c = kohesi tanah di dasar fondasi,

φ = Sudut gesek dalam tanah,

- δ = Sudut gesek antara tanah dan dasar fondasi,
 H = Komponen beban sejajar dasar fondasi,
 V = Komponen beban tegak lurus dasar fondasi,
 α = Sudut kemiringan dasar fondasi (positif searah jarum jam),
 β = Sudut lereng pendukung fondasi (positif searah jarum jam).

Hansen menganalisis kapasitas dukung menjadi masalah *plane strain* (regangan bidang atau dua dimensi), yang mana hal ini hanya sah jika fondasi berbentuk memanjang tidak terhingga. Pada proses tinjauan regangan bidang, nilai sudut gesek dalam diperoleh dari uji triaksial cenderung lebih minimum. Karena hal itu, Hansen mirip halnya dengan Meyerhof, menyarankan sudut gesek pada yang dipergunakan dalam hitungan kapasitas dukung.

❑ Persamaan Vesic (1975)

Beberapa peneliti telah mengamati bahwa sudut baji tak membentuk sudut φ menghasilkan $(45^\circ + \varphi/2)$ terhadap horizontal.

Persamaan kapasitas dukung Vesic (1975) selengkapnya, seperti juga persamaan Brinch Hansen, memberikan pengaruh-pengaruh seperti kedalaman, bentuk fondasi, kemiringan dan eksentrisitas beban, kemiringan dasar dan kemiringan permukaan yaitu:

$$qu = s_c d_c i_c b_c g_c c N_c + D_f \gamma s_q d_q i_q b_q g_q N_q + s_y d_y i_y b_y g_y 0,5 B \gamma N_\gamma \dots 2.50$$

Dengan:

$s_c, s_q, \text{ dan } s_y$ = Faktor bentuk fondasi

$i_c, i_q, \text{ dan } i_y$ = Faktor kemiringan beban,

$d_c, d_q, \text{ dan } d_y$ = Faktor kedalaman,

$b_c, b_q, \text{ dan } b_y$ = Faktor kemiringan dasar

- $g_c, g_q, \text{ dan } g_y$ = Faktor kemiringan permukaan
 B = Lebar dasar pondasi sebenarnya (m),
 e = Eksentrisitas beban (m),
 γ = Berat volume tanah (kN/m^3),
 $N_c, N_q, \text{ dan } N_y$ = Faktor-faktor kapasitas dukung.

Tabel 2. 8 Faktor Kedalaman Pondasi(Vesic, 1975)

Faktor bentuk	Nilai	Keterangan
d_c	$1 + 0,4 (D/B)$	
D_q	$1 + 2 (D/B) \text{ tg } \varphi (1 - \sin \varphi)^2$	Batasan: Bila $(D/B) > 1$ maka (D/B) Diganti dengan $\text{arc } (D/B)$
D_y	1	

Sumber: Analisis dan Perencanaan Pondasi I, Hary C.Hardiyatmo, 2014

Tabel 2. 9 Faktor kemiringan beban (Vesic, 1975)

Faktor Kemiringan Beban	Nilai	Keterangan
I_c	$i_q - \frac{(1 - i_q)}{N_c \text{ tg } \varphi}$	Untuk $\varphi > 0$
I_c'	$1 - \frac{mH}{A'c_a N_c}$	Untuk $\varphi > 0$
I_q	$\left[1 - \frac{H}{V + A'c_a \text{ ctg } \varphi} \right]^m \geq 0$	Untuk $V/A'c_a \leq 1$
I_y	$\left[1 - \frac{H}{V + A'c_a \text{ ctg } \varphi} \right]^{m+1} \geq 0$ $m = m_g = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$ $m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$	Untuk dasar horizontal Kemiringan beban searah lebar B Kemiringan beban searah panjang L $H \leq c_a A' + V \tan \delta$

Jika inklinasi beban pada arah n dan membuat sudut θ_n terhadap arah L fondasi, maka mn diperoleh dari $mn = mL \cos^2 \theta_n + mB \sin^2 \theta_n$

Sumber: Analisis dan Perencanaan Fondasi I, Hary Christady.Hardiyatmo, 2014:179

Tabel 2. 10 Faktor-faktor kapasitas daya dukung

ϕ (o)	Mayerhof (1963)			Hansen (1961)			Vesic (1973)		
	Nc	Nq	N _γ	Nc	Nq	N _γ	Nc	Nq	N _γ
0	5,14	1,00	0,00	5,14	1,00	0,00	5,14	1,00	0,00
1	5,38	1,09	0,00	5,38	1,09	0,00	5,38	1,09	0,07
2	5,63	1,20	0,01	5,63	1,20	0,01	5,63	1,20	0,15
3	5,90	1,31	0,02	5,90	1,31	0,02	5,90	1,31	0,24
4	6,19	1,43	0,04	6,19	1,43	0,05	6,19	1,43	0,34
5	6,49	1,57	0,07	6,49	1,57	0,07	6,49	1,57	0,45
6	6,81	1,72	0,11	6,81	1,72	0,11	6,81	1,72	0,57
7	7,16	1,88	0,15	7,16	1,88	0,16	7,16	1,88	0,71
8	7,53	2,06	0,21	7,53	2,06	0,22	7,53	2,06	0,86
9	7,92	2,25	0,28	7,92	2,25	0,30	7,92	2,25	1,03
10	8,34	2,47	0,37	8,34	2,47	0,39	8,34	2,47	1,22
11	8,80	2,71	0,47	8,80	2,71	0,50	8,80	2,71	1,44
12	9,28	2,97	0,60	9,28	2,97	0,63	9,28	2,97	1,69
13	9,81	3,26	0,74	9,81	3,26	0,78	9,81	3,26	1,97
14	10,37	3,59	0,92	10,37	3,59	0,97	10,37	3,59	2,29
15	10,98	3,94	1,13	10,98	3,94	1,18	10,98	3,94	2,65
16	11,63	4,34	1,37	11,63	4,34	1,43	11,63	4,34	3,06
17	12,34	4,77	1,66	12,34	4,77	1,73	12,34	4,77	3,53
18	13,10	5,26	2,00	13,10	5,26	2,08	13,10	5,26	4,07
18,839	13,796	5,713	2,336	13,796	5,713	2,416	13,93	5,713	4,582
19	13,93	5,80	2,40	13,93	5,80	2,48	13,93	5,80	4,68
20	14,83	6,40	2,87	14,83	6,40	2,95	14,83	6,40	5,39
21	15,81	7,07	3,42	15,81	7,07	3,50	15,81	7,07	6,20
22	16,88	7,82	4,07	16,88	7,82	4,13	16,88	7,82	7,13
22,149	17,862	8,525	4,699	17,862	8,525	4,759	17,862	8,525	8,028
23	18,05	8,66	4,82	18,05	8,66	4,88	18,05	8,66	8,20
24	19,32	9,60	5,72	19,32	9,60	5,75	19,32	9,60	9,44
25	20,72	10,66	6,77	20,72	10,66	6,76	20,72	10,66	10,88
26	22,25	11,85	8,00	22,25	11,85	7,94	22,25	11,85	12,54
27	23,94	13,20	9,46	23,94	13,20	9,32	23,94	13,20	14,47
28	25,80	14,72	11,19	25,80	14,72	10,94	25,80	14,72	16,72
29	27,86	16,44	13,24	27,86	16,44	12,84	27,86	16,44	19,34
30	30,14	18,40	15,67	30,14	18,40	15,07	30,14	18,40	22,40
31	32,67	20,63	18,56	32,67	20,63	17,69	32,67	20,63	25,99
32	35,49	23,18	22,02	35,49	23,18	20,79	35,49	23,18	30,21
33	38,64	26,09	26,17	38,64	26,09	24,44	38,64	26,09	35,19
34	42,16	29,44	31,15	42,16	29,44	28,77	42,16	29,44	41,06
35	46,12	33,30	37,15	46,12	33,30	33,92	46,12	33,30	48,03
36	50,59	37,75	44,43	50,59	37,75	40,05	50,59	37,75	56,31
37	55,63	42,92	53,27	55,63	42,92	47,38	55,63	42,92	66,19
38	61,35	48,93	64,07	61,35	48,93	56,17	61,35	48,93	78,02
39	67,87	55,96	77,33	67,87	55,96	66,76	67,87	55,96	92,25
40	75,31	64,20	93,69	75,31	64,20	79,54	75,31	64,20	109,41
41	83,86	73,90	113,99	83,86	73,90	95,05	83,86	73,90	130,21
42	93,71	85,37	139,32	93,71	85,37	113,96	93,71	85,37	155,54
43	105,11	99,01	171,14	105,11	99,01	137,10	105,11	99,01	186,53
44	118,37	115,31	211,41	118,37	115,31	165,58	118,37	115,31	224,63
45	133,87	134,87	262,74	133,87	134,87	200,81	133,87	134,87	271,75
46	152,10	158,50	328,73	152,10	158,50	244,65	152,10	158,50	330,34
47	173,64	187,21	414,33	173,64	187,21	299,52	173,64	187,21	403,65
48	199,26	222,30	526,45	199,26	222,30	368,67	199,26	222,30	496,00
49	229,92	265,50	674,92	229,92	265,50	456,40	229,92	265,50	613,14
50	266,88	319,06	873,86	266,88	319,06	568,57	266,88	319,06	762,86

Sumber: Analisis dan Perencanaan PondasiI, Hary C.Hardiyatmo, 2014

Tabel 2. 11 Pertimbangan pemakaian persamaan kapasitas dukung.

Metode	Baik digunakan untuk:
Terzhagi	Tanah-tanah herkohesi, di mana $\frac{Df}{B} \leq 1$ atau untuk estimasi q_u secara cepat untuk dihandingkan dengan cara lain. Jangan digunakan bila fondasi mengalami momen (beban tidak simetris) dan atau gaya horisontal, atau bila dasar fondasi miring.
Hansen, Mayerhof, Vesic.	Sembarang situasi dapat diterapkan, bergantung pada kesukaan pemakai.
Hansen, Vesic	Jika dasar fondasi miring atau fondasi pada lereng atau bila $D/B > 1$.

Sumber: Analisis dan Perencanaan PondasiI, Hary C.Hardiyatmo, 2014

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan ssebagai berikut:

$$F = \frac{q_u}{q} \geq 3 \dots\dots\dots 2.51$$

Dengan:

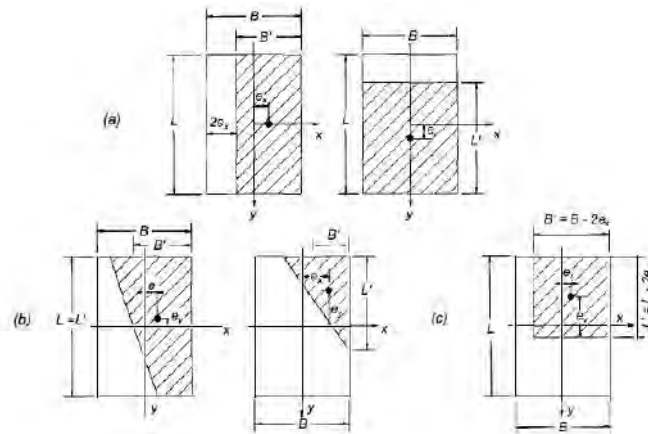
q_u = Kapasitas dukung ultimate ton/m^2

q = Tekanan akibat beban struktur ton/m^2

2.8 Pembebanan Eksentris pada Pondasi.

Pembebanan yang tidak sentris pada pondasi bisa terjadi apabila beban vertikal yang bekerja mempunyai eksentrisitas terhadap titik pusat pondasi atau jika pondasi menerima momen selain beban vertikal. Adapun dalam perhitungan, Meyerhof (1953) menggolongkan pengaruh eksentristas beban terhadap kapasitas dukung pondasi segi empat menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu seperti Gambar 2.21.

- Eksentrisitas satu arah (Gambar 2.21a)
- Eksentrisitas dua arah (Gambar 2.21b)
- Eksentrisitas dua arah yang disederhanakan (Gambar 2.21c)



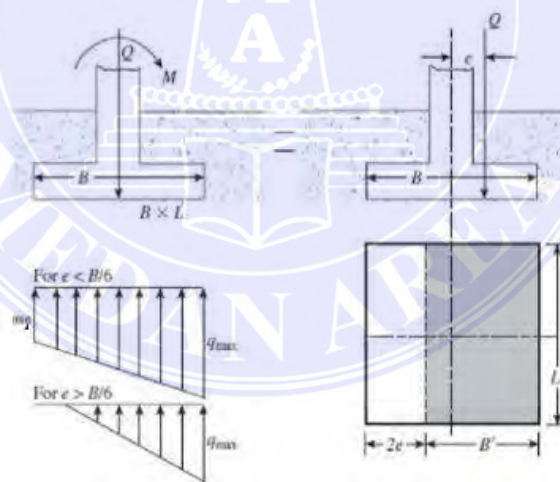
Gambar 2. 21 Area kontak efektif.

- a. Eksentrisitas satu arah
- b. Eksentrisitas dua arah
- c. Eksentrisitas dua arah disederhanakan

Sumber: Teknik fondasi 1 Hary C.Hardiyatmo, 1996

a. Eksentrisitas satu arah

Pada Gambar 2.22 terlihat pengaruh eksentrisitas beban satu arah pada pondasi segiempat terhadap distribusi tekanan tanah dan dimensi efektif pondasi.



Gambar 2. 22 Detail pengaruh eksentrisitas beban satu arah pada pondasi segi empat

Sumber: Principles Of Foundation Engineering, Braja M. Das, 2019

Distribusi tekanan dibawah pondasi adalah:

$$q_{max} = \frac{Q}{B.L} + \frac{6.M}{B^2.L} \dots\dots\dots 2.52$$

$$q_{min} = \frac{Q}{B.L} - \frac{6.M}{B^2.L} \dots\dots\dots 2.53$$

Tahapan menghitung beban batas dan faktor keamanan pada pondasi satu arah:

Dari Gambar 2.22b, menunjukkan system pembebanan yang sama dengan Gambar 2.22a, maka jarak e adalah:

$$e = \frac{M}{Q} \dots\dots\dots 2.54$$

Memasukkan Rumus 2.54, dalam Rumus 2.52, dan Rumus 2.53, maka:

$$q_{max} = \frac{Q}{B.L} \left(1 + \frac{6.e}{B} \right) \dots\dots\dots 2.55$$

$$q_{min} = \frac{Q}{B.L} \left(1 - \frac{6.e}{B} \right) \dots\dots\dots 2.56$$

Jika $e > B/6$, maka q_{min} adalah negatif artinya adalah daerah tarik. Karena tanah tidak dapat menerima gaya tarik, maka terdapat perubahan perhitungan q_{max} sebagai berikut:

$$q_{max} = \frac{4.Q}{3.L(B-2.e)} \dots\dots\dots 2.57$$

1. Menentukan dimensi efektif B' dan L'

Jika beban eksentris pada arah lebarnya (B , misal arah x):

$$B' = B - 2.e_x \quad ; \quad L' = L$$

Jika beban eksentris pada arah memanjangnya (L , misal arah y)

$$L' = L - 2.e_y \quad ; \quad B' = B$$

2. Menentukan kapasitas dukung ultimit pondasi (q_u), menjadi:

$$q_u = c \cdot N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + \gamma \cdot D_f N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma \cdot B' \cdot N_y F_{ys} F_{yd} F_{yi} \dots 2.58$$

3. Beban batas total yang dapat diterima pondasi adalah:

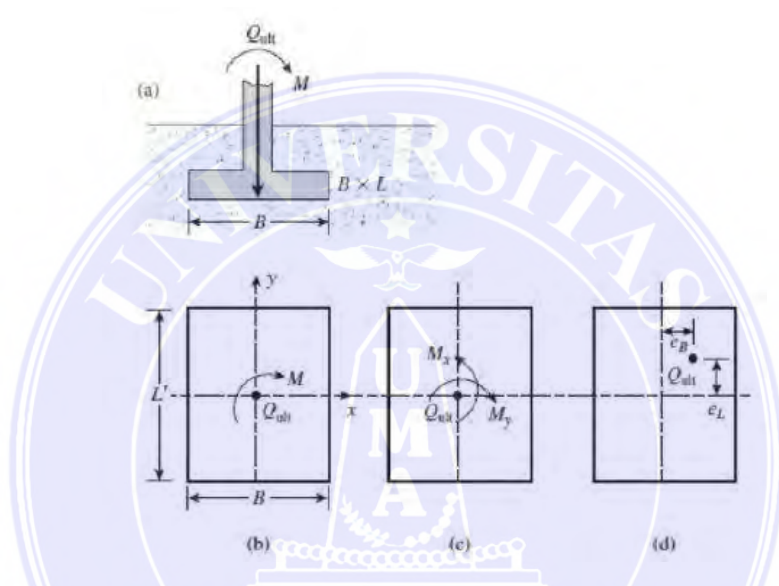
$$Q_{ult} = q'_u \cdot A' = q'_u \cdot (B')(L') \dots\dots\dots 2.59$$

Faktor keamanan daya dukung adalah .

$$FS = \frac{Q_{ulti}}{Q} \dots\dots\dots 2.60$$

b. Eksentrisitas dua arah

Keadaan sebuah pondasi yang mengalami beban batas maksimum (Q_{ulti}) dan sebuah momen (M) seperti pada Gambar 2.23a, dan Gambar 2.23b, Sedangkan pondasi yang mengalami pembebanan batas maksimum dan momen dua arah (M_x dan M_y) seperti pada Gambar 2.23c. Ekuivalen dari dua momen tersebut membentuk dua eksentrisitas ($x = e_B = e_x$ dan $y = e_L = e_y$) seperti pada Gambar 2.23d



Gambar 2. 23 Analisis momen satu arah dan dua arah dari pondasi dangkal
 Sumber: Principles Of Foundation Engineering, Braja M. Das, 2019

Jika beban eksentris dua arah (e_B dan e_L) maka lebar efektif pondasi (B') ditentukan sedemikian rupa sehingga resultan beban terletak di pusat berat luas efektifnya (A') dengan L' adalah sisi terpanjang pada luas efektif tersebut.

dengan

$$e_B = \frac{M_y}{Q_{ulti}} \text{ dan } e_L = \frac{M_x}{Q_{ulti}} \dots\dots\dots 2.61$$

Beban total maksimum (Q_{ulti}) seperti halnya pada pondasi eksentrisitas satu arah.

$$Q_{ulti} = q'_u \cdot A' = q'_u \cdot (B')(L') \dots\dots\dots 2.62$$

Sedangkan luas, pankang dan lebar efektif L' dan B') ditentukan dengan menggunakan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Jika $e_l/L \geq 1/6$ dan $e_B/L \geq 1/6$, seperti pada Gambar 2.24, maka:

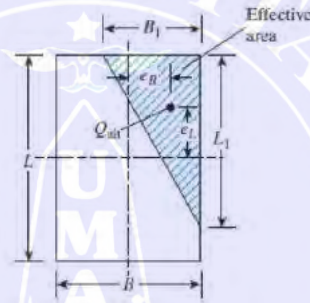
$$A' = \frac{1}{2} \cdot B' \cdot L'$$

$$B_1 = B \cdot \left(1,5 - \frac{3 \cdot e_B}{B}\right) \dots\dots\dots 2.63$$

$$L_1 = L \cdot \left(1,5 - \frac{3 \cdot e_l}{l}\right) \dots\dots\dots 2.64$$

L' = nilai terbesar antara l₁ dan B₁, serta

$$B' = A' / L'$$



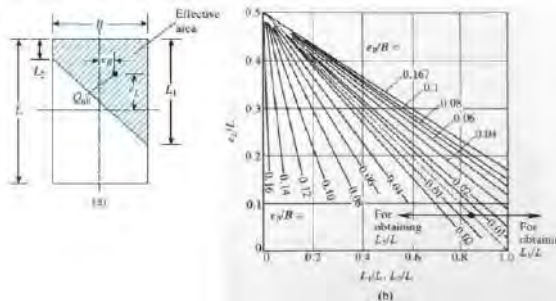
Gambar 2. 24 Area efektif untuk kasus $eL/L \geq 1/6$ dan $eB/L \geq 1/6$
 Sumber: Principles Of Foundation Engineering, Braja M. Das, 2019

2. Jika $e_l/L < 1/2$ dan $0 < e_B/B < 1/6$, seperti pada Gambar 1.15, maka:

$$A' = \frac{1}{2} \cdot (L_1 + L_2) \cdot B \quad (1.38)$$

L' = L₁ + L₂ (dipakai yang terbesar. L₁ dan L₂ dari gambar 2.21)

$$B' = A' / L'$$



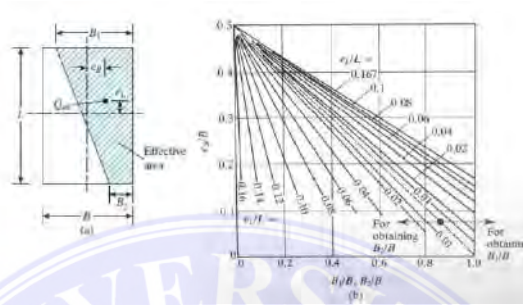
Gambar 2. 25 area efektif untuk kasus $eL/L < 1/2$ dan $0 < eB/B < 1/6$
 Sumber: Principles Of Foundation Engineering, Braja M. Das, 2019

3. Jika $e_L/L < 1/6$ dan $0 < e_B/B < 1/2$, seperti pada Gambar 2.26, maka:

$$A' = \frac{1}{2} \cdot (B_1 + B_2) \cdot L$$

$$L' = L$$

$$B' = A'/L$$



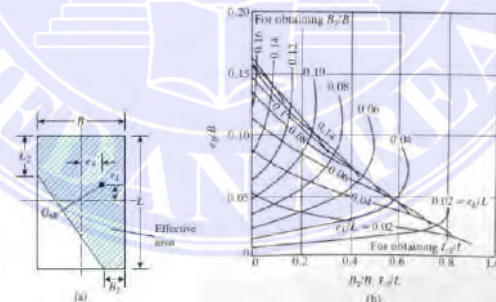
Gambar 2. 26 area efektif untuk kasus $eL/L < 1/6$ dan $0 < eB/B < 1/2$
 Sumber: Principles Of Foundation Engineering, Braja M. Das, 2019

4. Jika $e_L/L < 1/6$ dan $0 < e_B/B < 1/6$, seperti pada Gambar 2.27, maka:

$$A' = L_2 \cdot B + \frac{1}{2} \cdot (B + B_2) \cdot (L - L_2)$$

$$L' = L$$

$$B' = A'/L$$



Gambar 2. 27 Area efektif untuk kasus $eL/L < 1/6$ dan $0 < eB/B < 1/6$
 Sumber: Principles Of Foundation Engineering, Braja M. Das, 2019

- c. Eksentrisitas dua arah yang disederhanakan seperti Gambar 2.21c

Jika beban eksentris dua arah (e_n dan e_o disederhanakan akan didapat.

$$B' = B - 2 \cdot e_B \text{ dan } L' = L - 2 \cdot e_L$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di daerah area *Inlet* Terowongan Pengelak Bendungan Lau Simeme yang terletak di Kecamatan Sibiru-Biru Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. Adapun waktu penelitian yang direncanakan berkisar selama 3 bulan mulai tanggal 24 April 2022 sampai 24 Juli 2022.



Gambar 3. 1 Lokasi Bendungan Lau Simeme.
Sumber: Google Earth

3.2 Analisa Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan teori dan rumus Rankine mengenai tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif dari beberapa modul mengenai dinding penahan tanah, serta untuk perhitungan Analisa Stabilitas pada dinding penahan tanah baik itu stabilitas terhadap

Guling, Geser, maupun Keruntuhan daya dukung tanah digunakan metode dari persamaan Terzaghi serta metode Persamaan Hansen (1970) dan Vesic (1975). Data-data yang diperoleh dari hasil laboratorium akan diambil dan digunakan untuk dijadikan bahan dalam menganalisis data secara manual.

Hasil data yang diperoleh dari Analisis stabilitas dinding penahan tanah akan disesuaikan dengan aturan dari SNI persyaratan perencanaan geoteknik 2017.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada saat penelitian lapangan dilakukan dengan seteliti mungkin agar memperoleh data yang benar-benar akurat serta dapat memenuhi. Beberapa data yang akan dikumpulkan dan akan dijadikan bahan untuk kebutuhan skripsi ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Data Hasil Uji Laboratorium

Data tanah mengenai *Indeks properties* tanah adalah data terpenting yang harus didapatkan untuk melakukan perhitungan menggunakan rumus-rumus yang mana membutuhkan data tersebut, supaya nilai tekanan tanah yang dihitung secara presisi, sehingga dapat menganalisa stabilitas yang ada pada dinding penahan tanah. Data-data yang digunakan pada penelitian ini didapat secara langsung dari pihak PT. Pembangunan Perumahan (Persero) selaku kontraktor pada pembangunan Bendungan Lau Simeme Paket 1.

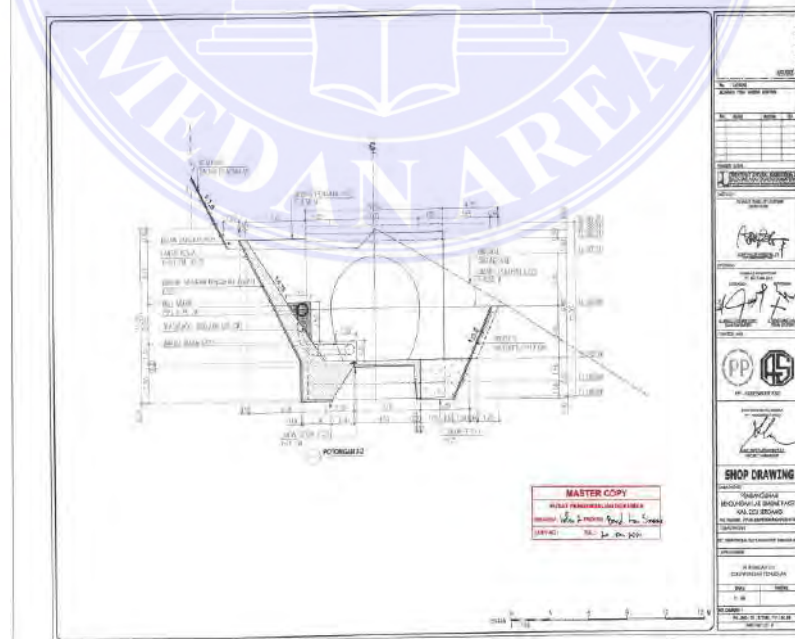
Tabel 3. 1 Tabel Data Tanah

Kadar air alami	(%)	41,88
Berat Spesifik butiran padat	(Gs)	2,681
Berat volume air (γ_w)	(t/m ³)	1
Berat volume tanah basah (γ_b)	(t/m ³)	1,753
Berat volume tanah kering (γ_d)	(t/m ³)	1,346
Angka pori (e)	(e)	0,991
Berat volume jenuh air (γ_{sat})	(t/m ³)	1,844
Kohesi tanah (total) (C)	(t/m ³)	2,92
Sudut geser dalam (ϕ)		18°50'20"
Kohesi tanah (effect) (C)	(t/m ³)	2,67
Sudut geser dalam (ϕ)		22°08'58"

Sumber: Hasil Uji Labolatorium PT. PP

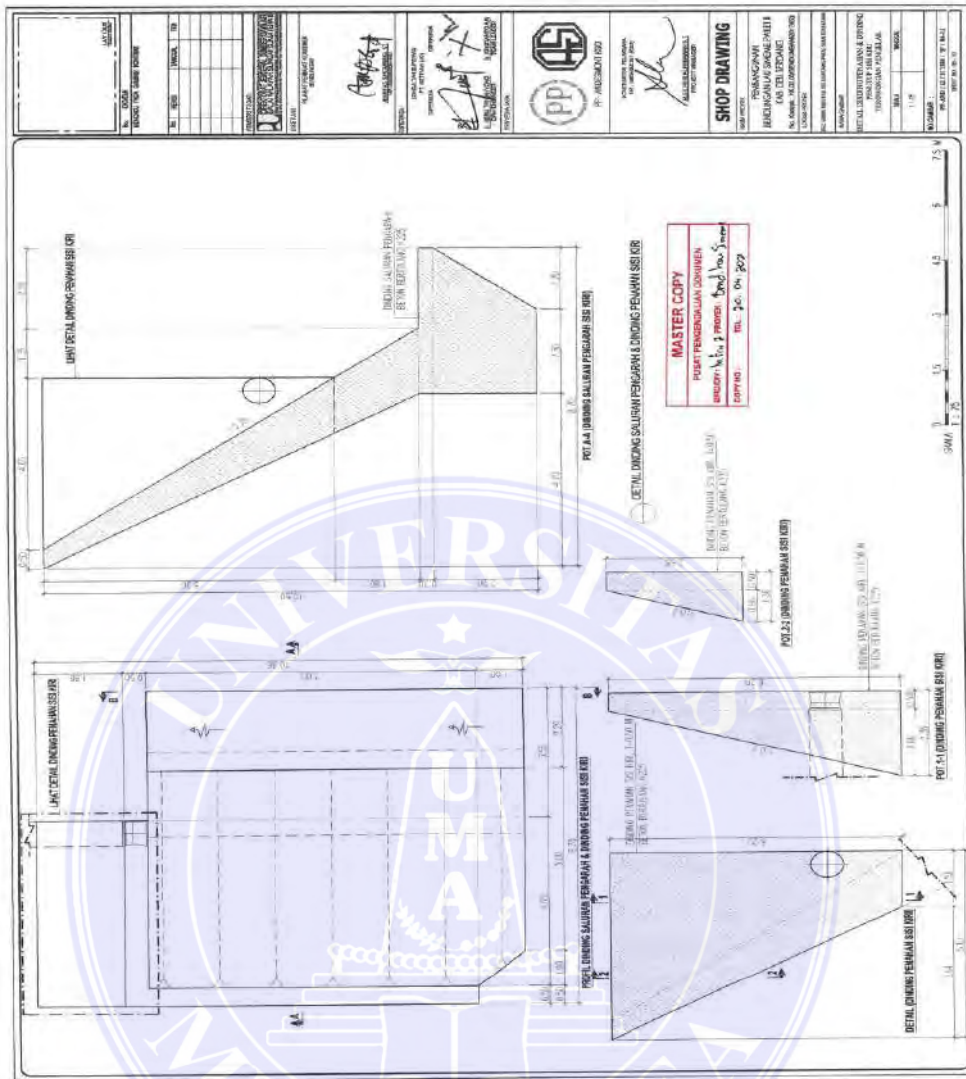
3.3.2 Gambar Bestek

Untuk mengetahui ukuran serta desain yang digunakan pada dinding penahan tanah. Data ini terdapat pada gambar perencanaan proyek dan dapat diminta kepada Kontraktor Pelaksana Proyek.



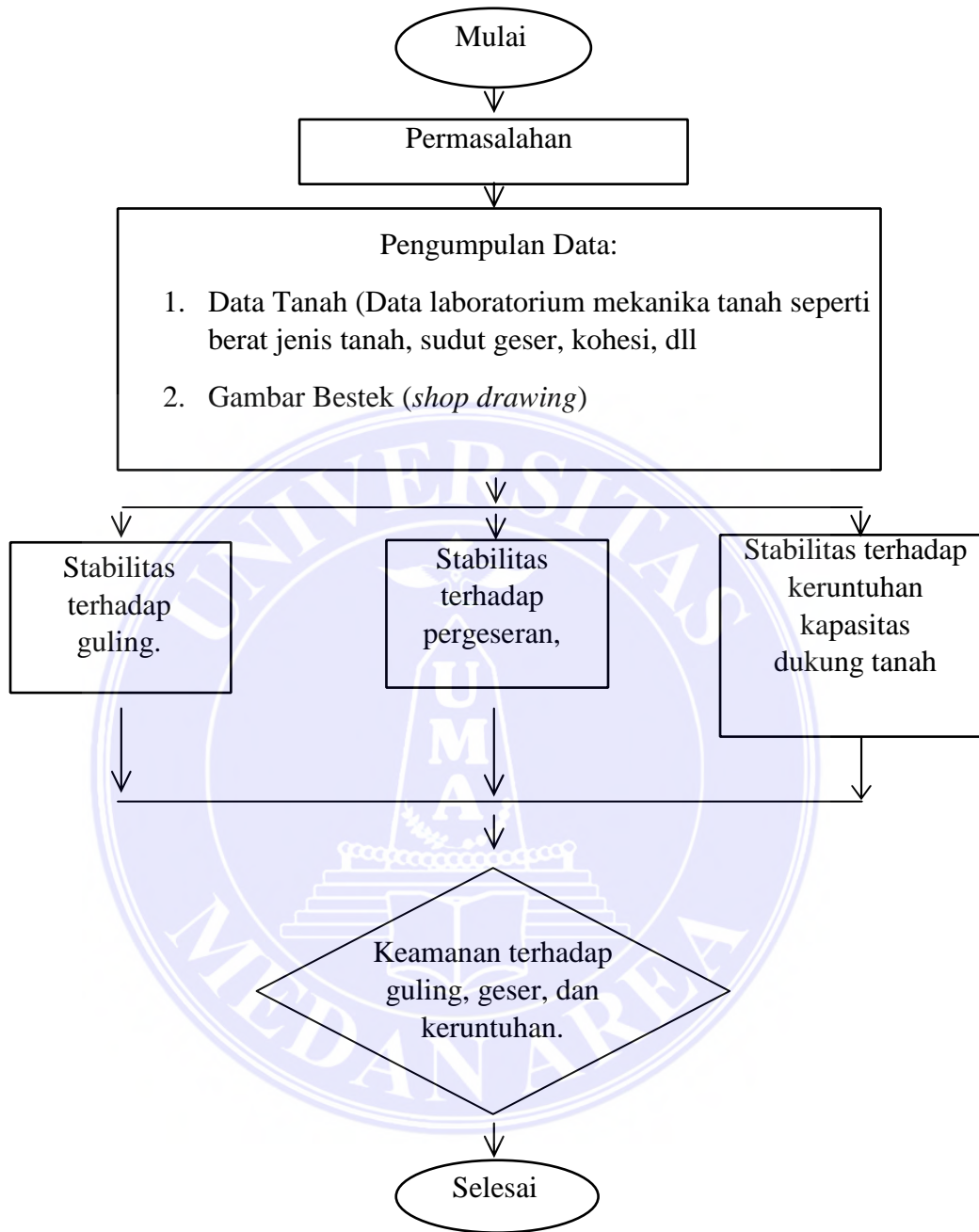
Gambar 2. 28 Gambar potongan melintang terowongan Bendungan Lau Simeme

Sumber: Dokumentasi PT. PP



Gambar 2. 29 Gambar detail dinding penahan tanah
 Sumber: Dokumentasi PT. PP

3.4 Bagan Alir Penelitian



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa serta perhitungan yang dilakukan mengenai stabilitas dinding penahan tanah (Turap), maka diperoleh hasil yang dapat dijadikan kesimpulan bahwa perhitungan dinding penahan tanah di Proyek Pembangunan terowongan pengelak bendungan lau simeme, antara lain:

- 1) Aman terhadap Stabilitas Penggulingan dengan nilai:
 - a. Kondisi air tinggi: $9,553 > 2$
 - b. Kondisi air rendah: $8,993 > 2$
- 2) Aman terhadap Stabilitas Pergeseran dengan nilai:
 - a. Kondisi air tinggi: $2,718 \geq 2$
 - b. Kondisi air rendah: $2,709 \geq 2$
- 3) Aman terhadap Stabilitas Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah dengan nilai:
 - a. Kondisi air tinggi: $7,169 \geq 3$
 - b. Kondisi air rendah: $9,592 \geq 3$

5.2 Saran

Berdasarkan hasil Analisa serta perhitungan yang dilakukan mengenai stabilitas dinding penahan tanah, maka penulis dapat menyarakannya ialah sebagai berikut:

1. Untuk menjaga keamanan serta kenyamanan kedepannya pada konstruksi bangunan ada baiknya dilakukan pengecekan serta perawatan berkala pada konstruksi bangunan untuk mengantisipasi keadaan yang mana jika semakin besar nilai koefisien tanah jenuh akibat hujan yang terus menerus (karena curah hujan yang cukup tinggi).
2. Perlu dilakukannya perhitungan perbandingan mengenai Analisa stabilitas dinding penahan tanah dengan menggunakan metode manual dengan program seperti Plaxis.
3. Untuk kestabilan yang sangat aman perlu dilakukan penambahan pengecekan untuk uji kestabilan terhadap beberapa hal yakni:
 - a. Uji Tekanan Hidrostatik,
 - b. Pengujian gaya angkat (*uplift*),
 - c. Uji terhadap gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, N., & Asrulfa, Y. D. (2012). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dan Rembesan Pada Embung Babadan, Desa Girikerto, Kec. Turi, Kab. Sleman, Yogyakarta. *Majalah Ilmiah Ukrim*.
- Bowles, Joseph E., (1991), *Analisa dan Disain Pondasi II*, Erlangga, Jakarta.
- Craig, R. F. dan Soepandji, Budi Susilo., (1987), *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M., & Sivakugan, N. (2017). *Principles Of Foundation Engineering Ninth Edition*. Amerika.
- Das, B. M., Mochtar, N. E., & Mochtar, I. B. (1985). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: ERLANGGA.
- Das, B. M., Mochtar, N. E., & Mochtar, I. B. (1995). *MEKANIKA TANAH (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: ERLANGGA.
- Hardiyatmo, H. C. (1996). *Teknik Fondasi I*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2008). *Teknik Fondasi II*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Hardiyatmo, H. C. (2014). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS.
- Kalalo, M., Ticoh, J. H., & Mandagi, A. T. (2017). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus: Sekitar Areal PT. Trakindo, Desa Maumbi, Kabupaten Minahasa Utara). *Jurnal Sipil Statik*, 5(5).
- Nasional, B. S. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta.
- Ramadhani, S. (2010). Perencanaan Dinding Penahan Tipe Gravitasi Pada Lokasi Bukit BTN Teluk Palu Permai. *SMARTek*, 8(1).

SANTOSO, B., SUPRAPTO, H., & HS, S. (1998). *Dasar Mekanika Tanah*. Jakarta: Gunadarma.



Swardana, R. (2020). *Perencanaan Pembangunan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi di Universitas Internasional Batam* (Doctoral dissertation, Universitas Internasional Batam).

Terzaghi, K. dan Peck, R. B., (1993), *Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa*, Erlangga, Jakarta.



LAMPIRAN

PT INDRA KARYA (PERSERO) CONSULTING ENGINEERS TRUST & KNOWLEDGE												
PROJECT		BENDUNGAN LAUSIMEME										
LOCATION		BORROW AREA										
SAMPLE No		TP - 1		TP - 2		TP - 3		TP - 4				
DEPTH (m)												
PROPER TIES	Natural Water Content (%)	41.88		38.16		39.58		30.85				
	Specific gravity of soil G_s	2.681		2.694		2.678		2.695				
95% max dry density on CMC	Wet density γ_{wet} (g/cm ³)	1.753		1.744		1.735		1.805				
	Dry density γ_d (g/cm ³)	1.346		1.318		1.317		1.435				
	Void ratio e	0.991		1.045		1.034		0.879				
	Saturated density γ_{sat} (g/cm ³)	1.844		1.829		1.825		1.902				
	Submerged density γ_{sub} (g/cm ³)	0.844		0.829		0.825		0.902				
	Degree of Saturation S_{ro} %	81.67		83.43		82.23		79.12				
GRAIN SIZE ANALYSIS	Proportion	Gravel part (%)	1.30	1.30	7.30	7.30	24.11	24.11	17.64	17.64		
		Sand part (%)	32.65	33.06	30.22	31.03	31.29	31.42	23.81	23.60		
		Silt part (%)	32.37	59.04	33.55	56.96	24.31	39.96	29.81	54.51		
		Clay part (%)	33.68	6.60	28.93	4.71	20.29	4.51	28.74	4.25		
	Max. diameter (mm)	19.10	19.10	25.40	25.40	50.80	50.80	38.10	38.10			
	60 % diameter (mm)	0.052	0.068	0.065	0.073	0.335	0.330	0.086	0.088			
	10 % diameter (mm)	-	0.012	-	0.017	-	0.023	-	0.021			
	Uniformity Coefficient	-	5.517	-	4.183	-	14.304	-	4.092			
	Dispersive (%)	19.59		16.28		22.21		14.79				
	Passing # 200	66.05	65.64	62.48	61.67	44.59	44.46	58.55	58.76			
CONSISTENCY	Liquid limit LL (%)	54.86		56.32		60.86		51.03				
	Plastic limit PL (%)	31.95		35.20		34.26		28.36				
	Plasticity index PI (%)	22.90		21.12		26.60		22.67				
	Flow index	16.06		16.11		16.80		15.75				
	Shrinkage limit SL	26.21		28.66		27.96		22.91				
Unified Classification	MH		MH		MH		MH					
COMPACTION	Opt. moisture content (%)	30.20		32.35		31.75		25.80				
	Max. dry density g/cm ³	1.417		1.387		1.386		1.510				
PERMEABILITY	K	7.961E-07		6.820E-07		2.187E-06		1.950E-06				
SHEARING STRENGTH	TRIAxIAL COMPRESSION	UU	Cohesion C kg/cm ²	-		-		-		-		
			Internal friction angle ϕ	-		-		-		-		
		CU	TOTAL EFFECT	Cohesion C kg/cm ²	0.292		0.273		0.278		0.262	
				Internal friction angle ϕ	18 ° 50 ' 20 "		18 ° 53 ' 30 "		19 ° 34 ' 42 "		21 ° 49 ' 16 "	
				Cohesion C' kg/cm ²	0.267		0.250		0.245		0.239	
Internal friction angle ϕ'	22 ° 08 ' 58 "		22 ° 14 ' 37 "		23 ° 11 ' 35 "		25 ° 31 ' 51 "					
CONSOLIDATION	Initial void ratio e_0	0.992		1.096		1.034		0.879				
	Preconsolidation load P_0 (kg/cm ²)	2.260		2.200		2.260		2.600				
	Compression index C_c	0.341		0.355		0.348		0.339				
	Coef. of Consolidation C_v (cm ² /sec)	1.100E-02		1.220E-02		1.030E-02		1.080E-02				
	Coef. of vol.comp. m_v (cm ² /gr)	2.030E-05		2.230E-05		1.950E-05		1.720E-05				
	Coef. of Permeability K (cm/sec)	2.250E-07		2.700E-07		2.090E-07		1.880E-07				
SWELLING PRESSURE	Swelling Pressure P_0 kg/cm ²	0.064		0.058		0.046		0.039				
	Swelling %	1.95		1.88		1.60		1.33				
Dispersive by Pinhole	Grade	ND 2 - ND 3		ND 2 - ND 3		ND 2 - ND 3		ND 2 - ND 3				
Crumb test	-	GRADE - 1		Grade - 1		Grade - 1		Grade - 1				

 PT INDRA KARYA (PERSERO) CONSULTING ENGINEERS TRUST & KNOWLEDGE <small>INDONESIA</small>					 ISO 9001 CERTIFIED				
SPECIFIC GRAVITY TEST OF SOIL (ASTM D. 854 - 58)									
PROJECT	BENDUNGAN LAUSIMEME			DATE	November 15, 2016				
LOCATION	BORROW AREA			TESTED BY	ABD. CHOLIQ				
SAMPLE NO	TP - 1			DEPTH (m)					
Determination No		1	2	3	4				
No of Pycnometer		6	16	N					
Weight of Pycnometer	Wf (gr)	40.720	33.600	35.700					
Weight of (Pycnometer + Water)	Wa (gr)	145.580	145.090	135.380					
Temperature of Calibration (Corresponding with Wa)	T °C	26	26	26					
Weight (Pycnometer + Soil + Water)	Wb (gr)	158.330	158.110	148.520					
Temperature of Calibration (Corresponding to Wb)	T °C	27	27	27					
Weight dry soil Wo	No of Container								
	Weight of (Container + Dry Soil)	(gr)	38.120	38.530	38.740				
	Weight of Container	(gr)	17.790	17.790	17.790				
	Wo	(gr)	20.330	20.740	20.950				
Unit of Water ratio (T °C / T' °C)		0.99973	0.99973	0.99973					
Weight of (Pycnometer + Water) Calculation for T° C	(gr)	145.5516	145.0598	135.3530					
Wo + (Wa - Wb)									
Deflocculant correction									
Wo + (Wa - Wb) corrected		7.552	7.690	7.783					
Specific Gravity Gs (T °C)	$\frac{Wo}{Wo + (Wa - Wb)}$	2.692	2.697	2.692					
Coefficient for Temperature Correction	K	0.9951	0.9951	0.9951					
Specific Gravity at 20°C = K x Gs (T °C)		2.679	2.684	2.679					
Average Specific Gravity at 20° C				2.681					
Remarks									



KEMENTRIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI WILAYAH SUNGAI SUMATERA II
SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BALAI WILAYAH SUNGAI SUMATERA II
JL. JEND. BESAR A.H. NASUTION NO. 30 PKL. MASHYUR TELP. (061) 7861455 KODE POS 20143 MEDAN

GAMBAR SHOP DRAWING STRUKTUR SALURAN INLET/SEGMENT A&B BANGUNAN PENGELAK

PEKERJAAN : PEMBANGUNAN BENDUNGAN LAU SIMEME PAKET 2
(MULTY YEARS CONTRACT)
LOKASI : KEC. SIBIRU-BIRU KAB. DELI SERDANG PROVINSI
SUMATERA UTARA

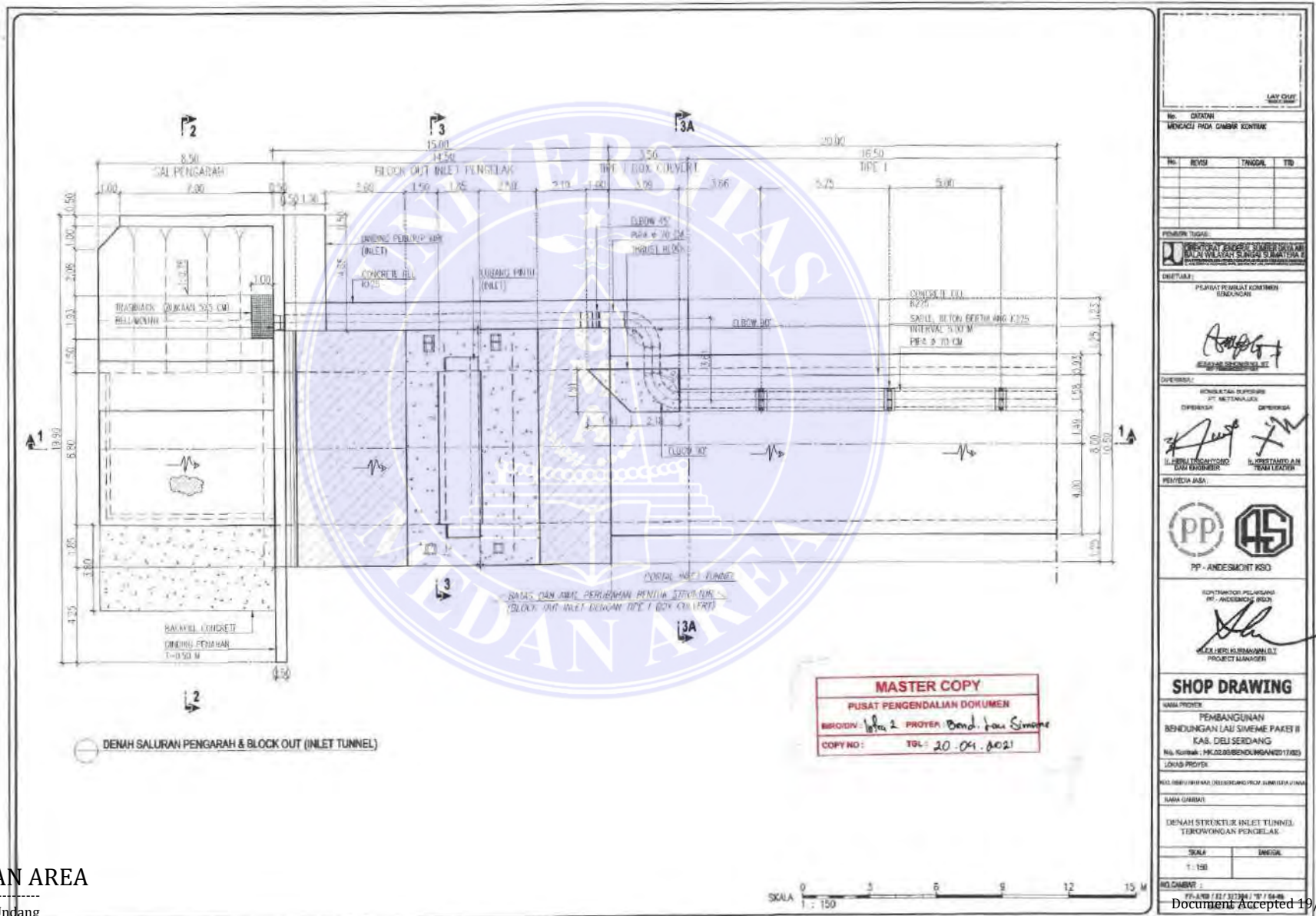
KONTRAKTOR PELAKSANA

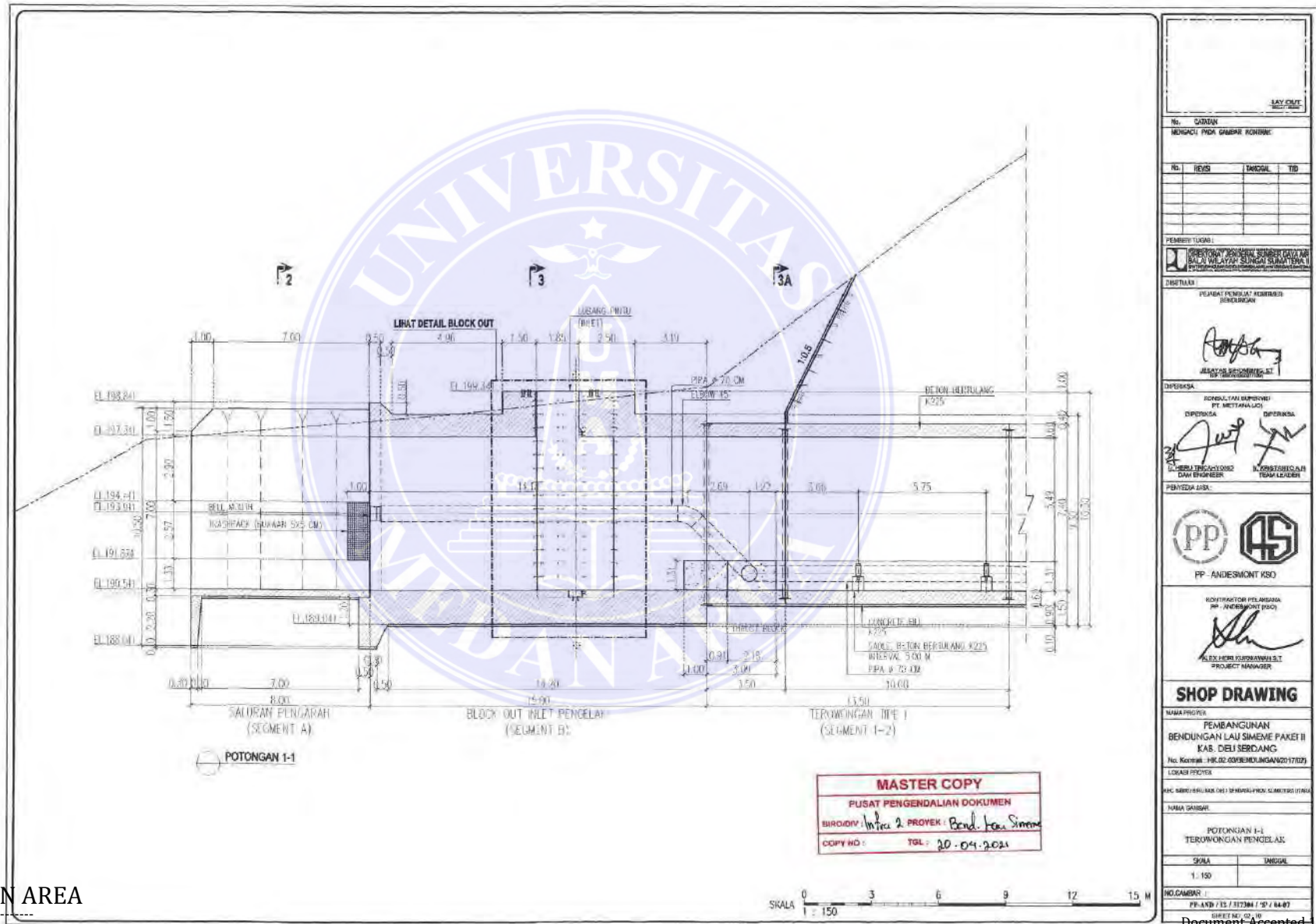


PP - ANDESMONT KSO

KONSULTAN PENGAWAS

PT. METTANA(JO)

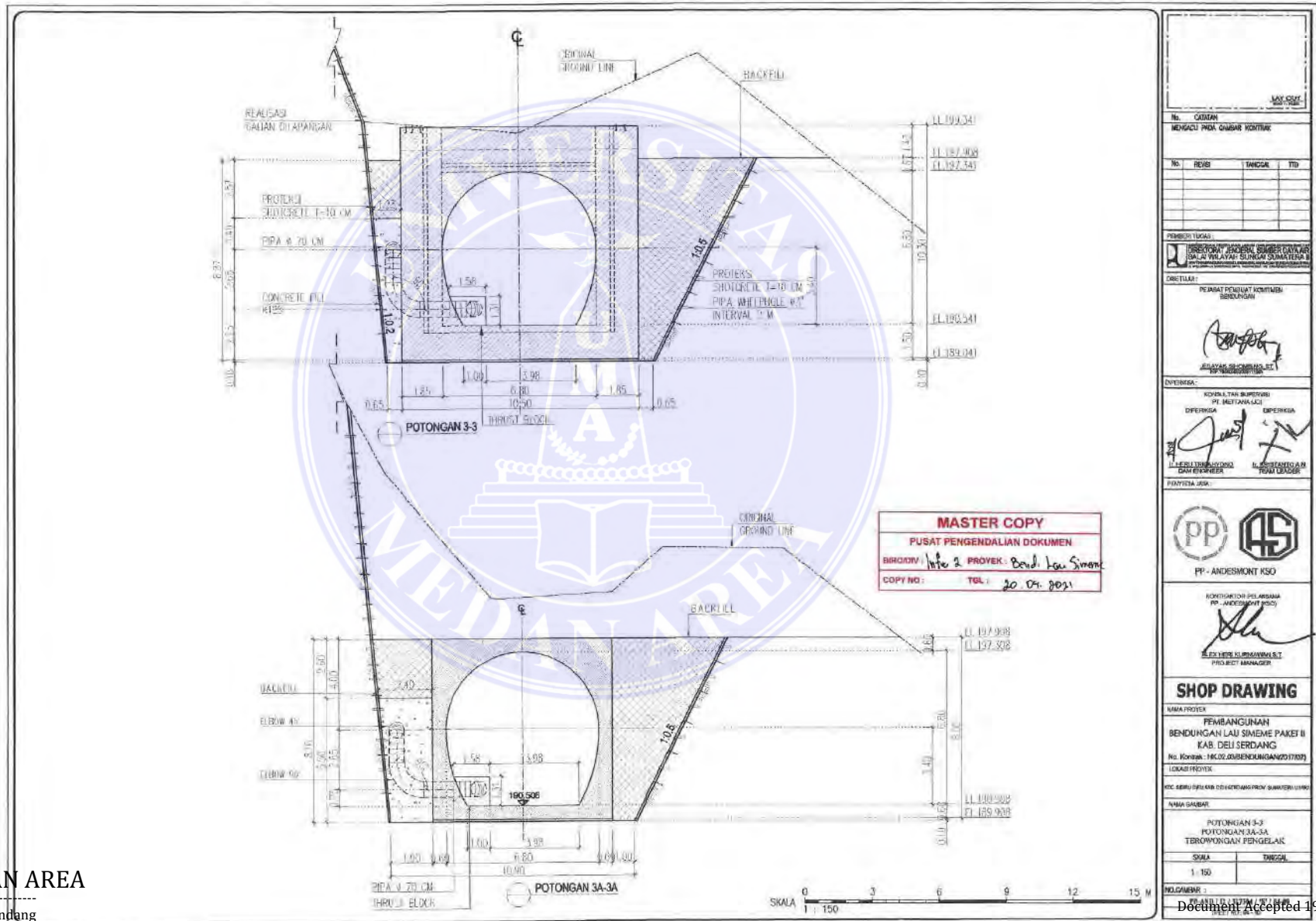


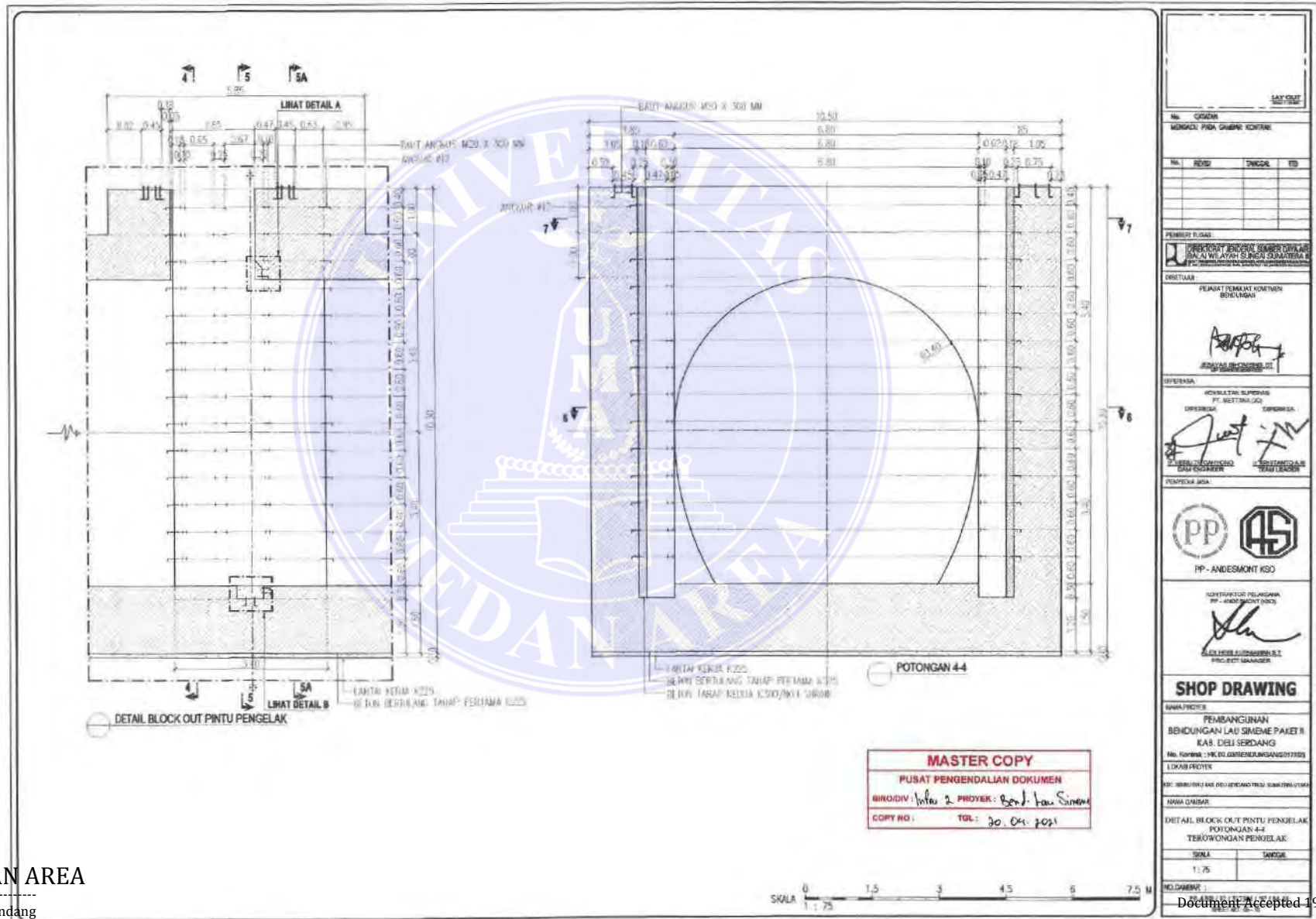


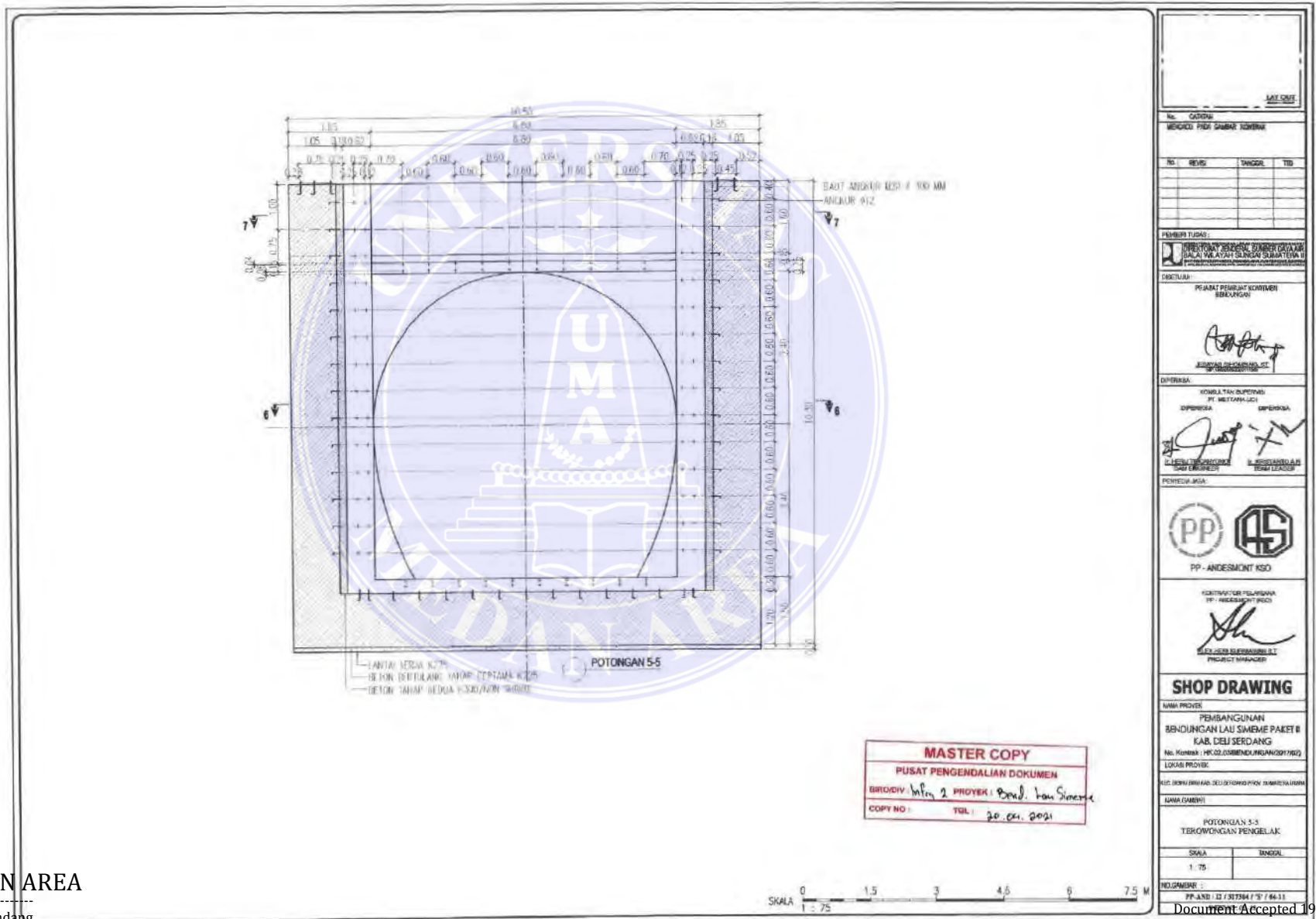
UNIVERSITAS MEDAN AREA

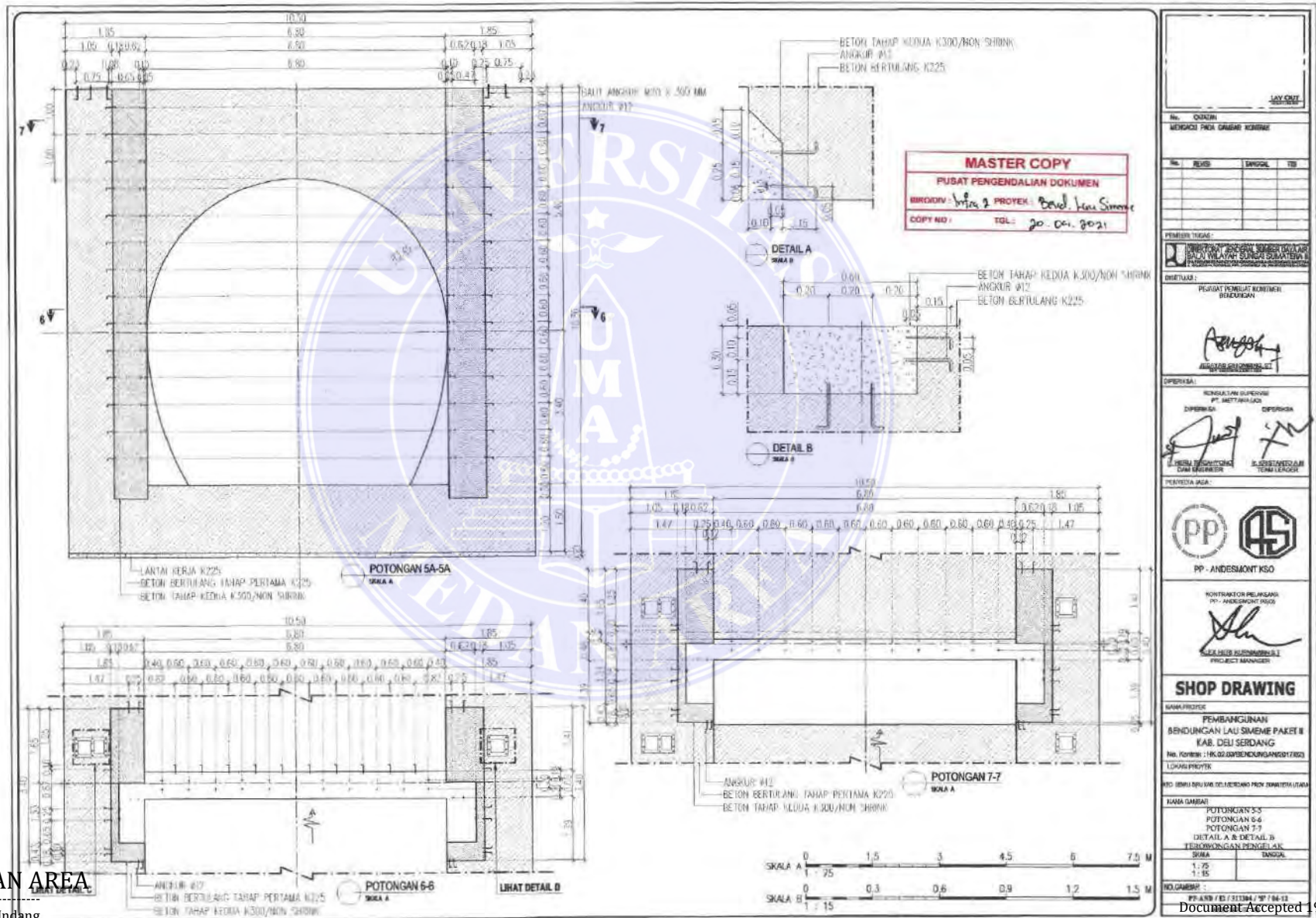
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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









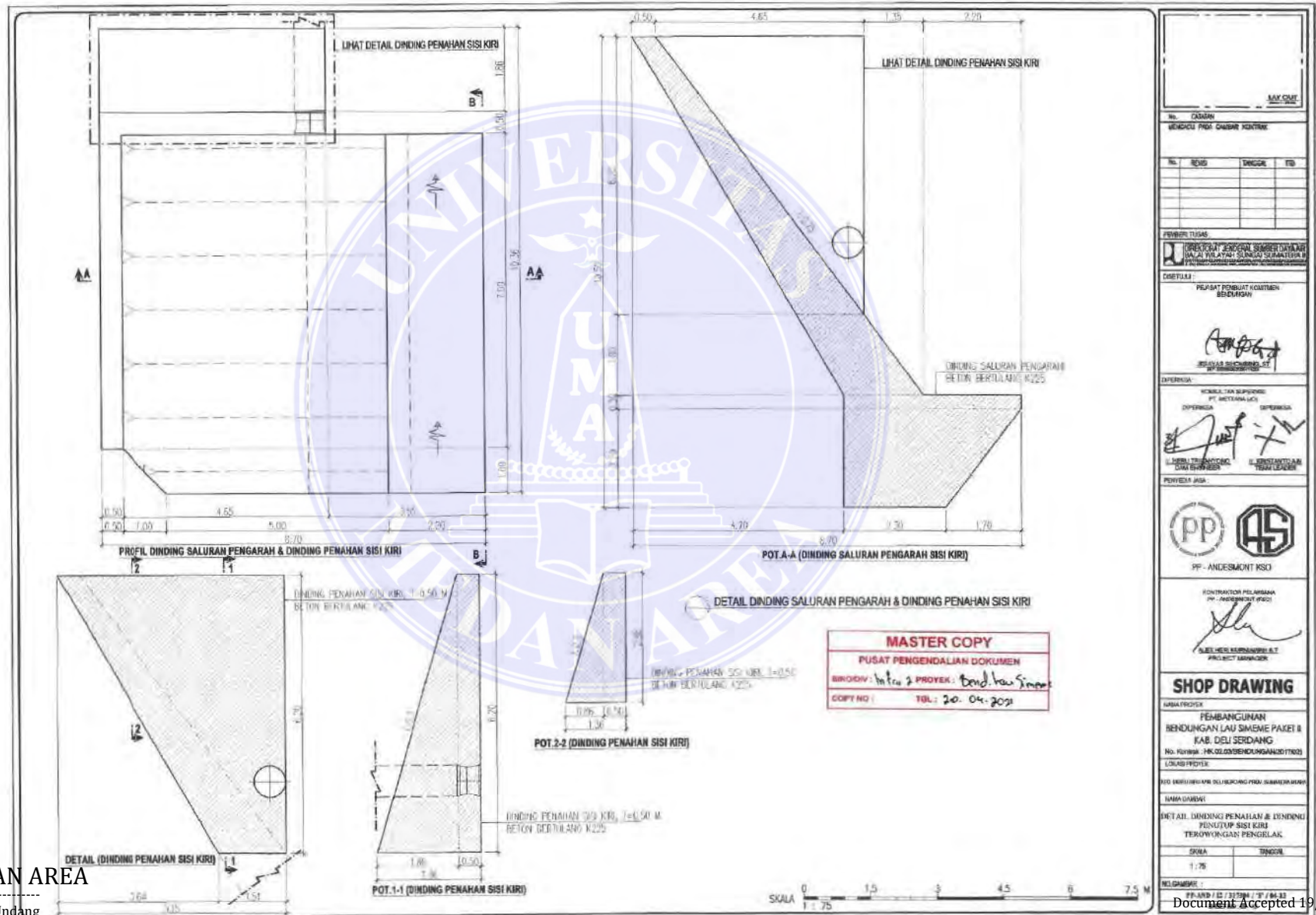
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© 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

LAY OUT	
No. DOKUMEN	
MENDAKI PINDA GAMBAR KIRIMAN	
No. REVISI	REVISI / TGL
PEMBAHASAN TUGAS:	
DIREKTORAT PEMBANGUNAN SUMBER DAYA MANUSIA BINA WILAYAH SUNGAI SUMATERA KANTOR WILAYAH SUNGAI SUMATERA KANTOR WILAYAH SUNGAI SUMATERA	
DIREKTOR:	
PELAKSANA PEMILIT KONTROL:	
[Signature] ANGGARAN BELANJA	
DIPERIKSA:	
KONSULTAN SUPERVISI:	
DIPERIKSA:	DIPERIKSA:
[Signature]	[Signature]
PERUSAHAAN DAN REKORDEK SERTIFIKASI TENGAH LOKASI	
PERIKSATA LOKASI:	
[Logo PP]	[Logo AS]
PP - ANDESMENT KSO	
KONTRAKTOR PELAKSANA:	
PP - ANDESMENT KSO	
[Signature] KATA KUNCI KENDALI/PROJ PROJECT MANAGER	
SHOP DRAWING	
NAMA PROJEK:	
PEMBANGUNAN	
BENDUNGAN LAU SIMENE PAKET II	
KAB. DELI SERDANG	
No. KONTAK : HK.02/PEMBANGUNAN/17/1803	
LOKASI PROYEK:	
NO. BUKU SURAH DELI SERDANG PROK. BINA WILAYAH SUNGAI	
NAMA GAMBAR:	
POTONGAN 5-5	
POTONGAN 6-6	
POTONGAN 7-7	
DETAIL A & DETAIL B	
TEKNOLOGI PENGUKUR	
SKALA:	
1:25	
1:35	
1:75	
1:15	
NO. GAMBAR:	
PP. ANS / ES / S13084 / 97 / 04-13	

Document Accepted 19/5/23

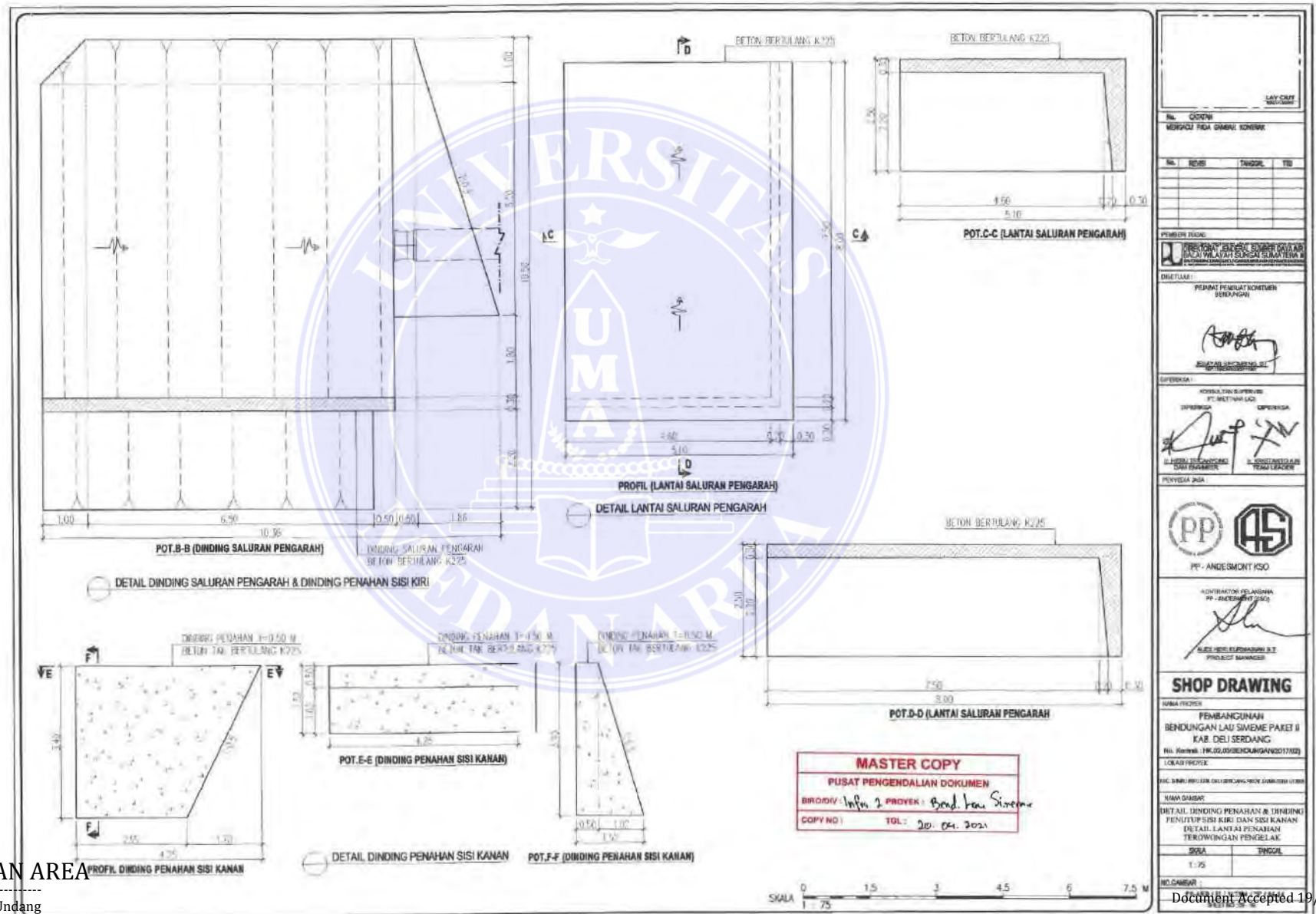


MAY 2021		
No. CADANGAN		
MENDIAGU PIRAI GABAR KONTRAK		
No.	REVISI	TANGGAL
PEMBUAT TUGAS		
DIREKTORAT JENJANG SARAN DAYA DAN ALYATYAN SIKUNDA SEWAKUTERA II		
DIREKTORI		
PEKASAT PEMBUAT KANTIRAN BEKAWAN		
[Signature]		
DIPERIKSA		
KONSTRUKSI DAN SUPORTEK	PP (METERIALS)	DIPERIKSA
[Signature]	[Signature]	
ILMIAH TERHADAP DOKUMEN DAN BERKAWAN		
PERIKSA JASA		
[Logos: PP, AS]		
PP - ANDESMENT KSO		
KONTRAKTOR PELAKSANA		
[Signature]		
[Signature]		
SHOP DRAWING		
GABAR PROJEK		
PEMBANGUNAN BENDUNGAN LAU SIMENE PAKET II KAB. DELI SERDANG		
No. KAWAN : HK.02.002/SEBUNDUNGAN/2021/001		
LALAS PROJEK		
KED BUNDUNGAN LAU DELI SERDANG PROJ. GABAR DAN BERKAWAN		
NAMA GABAR		
DETAL DINDING PENAHAN & DINDING PENUTUP SISI KIRI TERAWYONGAN PENGELAK		
SKALA		
1 : 75		
NO. GABAR		
PP-AND / 02 / 2021 / 001 / 04-03		

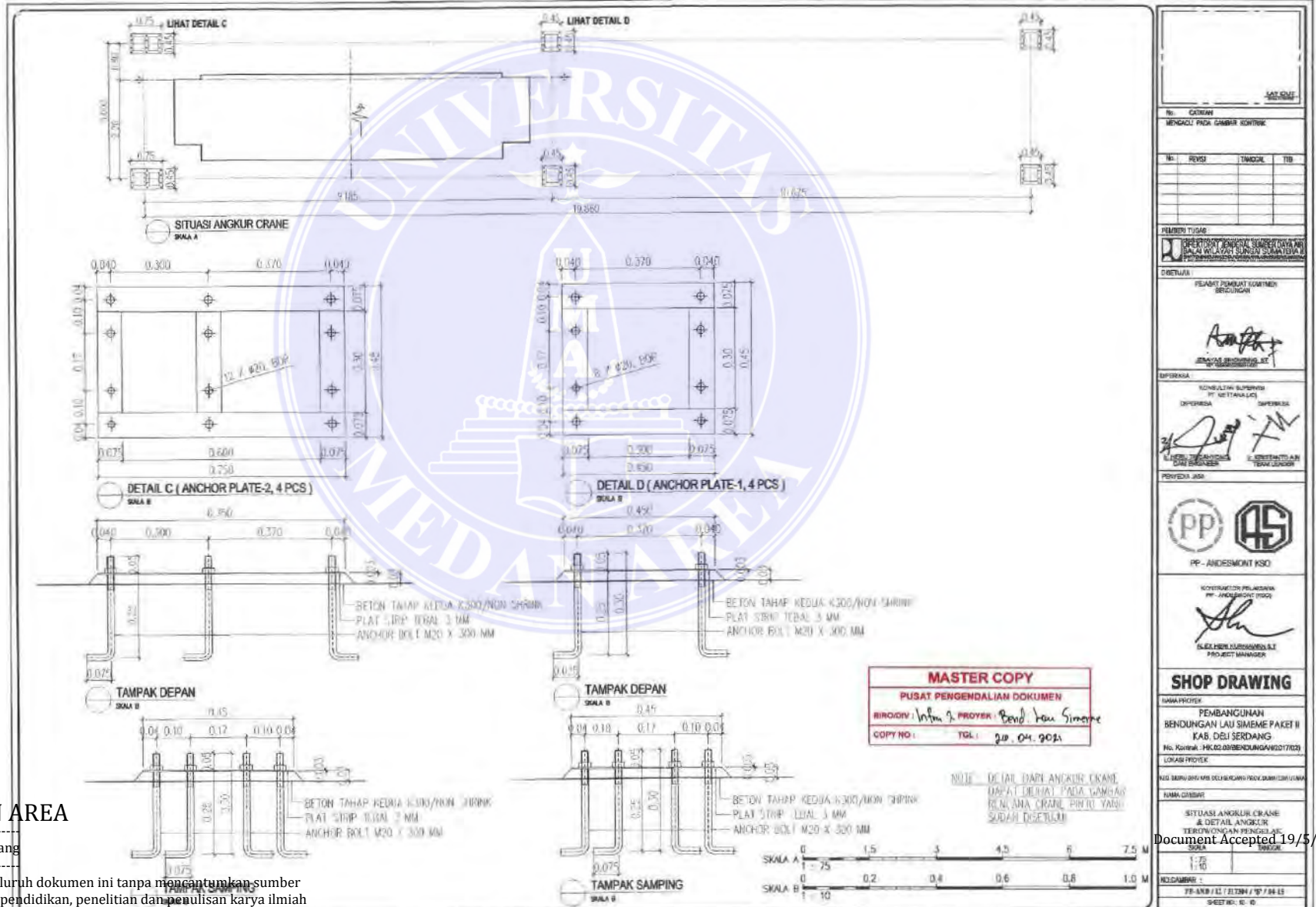
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© 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




LAY OUT	
No. COKRO	
MENGAKU PADA GAMBAR KONSEP	
No. REVISI	TANGGAL
PEMBERI TANDA	
DIREKTUR	
SHOP DRAWING	
NAMA PROJEK	
PENGANGUNAN	
BENDUNGAN LAU SIMEME PAKET II	
KAB. DELI SERDANG	
No. Nomenk. (PK.02.005/BENDUNGAN/2017/02)	
LOKASI PROJEK	
PK. 02.005/BENDUNGAN/2017/02 BENDUNGAN LAU SIMEME PAKET II	
NAMA GAMBAR	
DETAIL DINDING PENAHAN & DINDING PENUTUP SISI KIRI DAN SISI KANAN DETAIL LANTAI PENAHAN TERDUNGUNGAN PENGLAK	
SKALA	TANGGAL
1:75	
NO. GAMBAR	



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

REVISI		
NO.	REVISI	TAMBAH / TIDAK
PEMBERI TUGAS		
DIREKTORAT PENGADAAN SUMBER DAYA MANUSIA DAN KELOMPOK BERSAMA-SAMA (DIPKOR)		
DEWELAH		
PEJABAT PEMBAIY KONTIMEN BERGUNGAN		
 JEMAS BERGUNGAN BERGUNGAN		
PEKERJA		
KONSULTAN SUPPLIER PT. METALALAS		
DEPERINDA DEPERMAS		
 DESAER/STRUKTUR DAN BANGUNAN DESAER/STRUKTUR DAN BANGUNAN		
PENYEDIA JASA		
 PP-ANDSMONT KSO		
KOTERKELIDIRI PELAKSANA PP-ANDSMONT (KSO)		
 SAEL HERY KURNIAWATI PROJECT MANAGER		
SHOP DRAWING		
NAMA PROJEK		
PENGANGUNAH		
BENDUNGAN LAU SIMEME PAKET II		
KAS. DEU SERDANG		
No. Kontrak: HKC02.09/BENDUNGAN0217703		
LOKASI PROJEK		
KED. BARRU 090 KAS. DEU SERDANG PROV. SUMATERA UTARA		
NAMA GAMBAR		
SITUASI ANGKUR CRANE & DETAIL ANGKUR		
TEORITIS/ANALISIS/PEMBUATAN		
NO. GAMBAR		
PP-AND / 12 / 12128 / 10 / 7.04.15		
SHEET NO: 10 - 10		

Document Accepted 19/5/23



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 19/5/23

Access From (repository.uma.ac.id)19/5/23