

TUGAS AKHIR

ANALISA REMBESAN DAN *DEWATERING* PADA DINDING BASEMENT (STUDI KASUS PROYEK LABORATORIUM KLINIK PRAMITA SEMARANG)

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Angelicha Ayu Sabrina

NIM : 30201900038

Maya Alvi Tasbihah

NIM : 30201900110

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA REMBESAN DAN *DEWATERING* PADA DINDING BASEMENT
(STUDI KASUS PROYEK LABORATORIUM KLINIK PRAMITA
SEMARANG)



Angelicha Ayu Sabrina

NIM : 30201900038



Maya Alvi Tasbihah

NIM : 30201900110

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Januari 2023

Tim Penguji

1. Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D.
NIDN: 0627115501

2. Lisa Fitriyana, ST., M.Eng
NIDN: 210216087

3. Selvia Agustina, ST., M.Eng
NIDN: 0609099001

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 09 / A.3 / SA – T / 1 / 2023

Pada hari ini tanggal 05-01-2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D
Jabatan Akademik : Guru Besar
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Lisa Fitriyana, ST., M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Angelicha Ayu Sabrina

Maya Alvi Tasbihah

NIM : 30201900038

NIM : 30201900110

Judul : Analisa Rembesan dan *Dewatering* pada Dinding *Basement* (Studi Kasus Proyek Laboratorium Klinik Pramita Semarang).

Dengan tahapan sebagai berikut:

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	15/09/2022	
2	Seminar proposal	01/11/2022	ACC
3	Pengumpulan data	15/11/2022	
4	Analisis data	29/11/2022	
5	Penyusunan laporan	06/12/2022	
6	Selesai laporan	26/12/2022	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir/Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping

Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D

Lisa Fitriyana, ST., M.Eng

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Maya Alvi Tasbihah

NIM : 30201900110

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

Analisa Rembesan dan *Dewatering* pada Dinding *Basement* (Studi Kasus Proyek Laboratorium Klinik Pramita Semarang).

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Januari 2023
Yang membuat pernyataan,



Maya Alvi Tasbihah
NIM : 30201900110

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Angelicha Ayu Sabrina

NIM : 30201900038

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

Analisa Rembesan dan *Dewatering* pada Dinding *Basement* (Studi Kasus Proyek Laboratorium Klinik Pramita Semarang).

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Januari 2023
Yang membuat pernyataan,



Angelicha Ayu Sabrina
NIM : 30201900038

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Angelicha Ayu Sabrina

NIM : 30201900038

JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa Rembesan dan *Dewatering* pada Dinding Basement (Studi Kasus Proyek Laboratorium Klinik Pramita Semarang).

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Januari 2023
Yang membuat pernyataan,



Angelicha Ayu Sabrina
NIM : 30201900038

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Maya Alvi Tasbihah

NIM : 30201900110

JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa Rembesan dan *Dewatering* pada Dinding Basement (Studi Kasus Proyek Laboratorium Klinik Pramita Semarang).

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Januari 2023
Yang membuat pernyataan,



Maya Alvi Tasbihah
NIM : 30201900110

MOTTO

1. Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang – orang yang fasik.(Q.S. Ali Imran 110)

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ
عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ ءَامَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ
مِّنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُ هُمُ الْفَاسِقُونَ

2. Barang Siapa Bertakwa Kepada Allah Maka dia akan Menjadikan Jalan Keluar Baginya, dan Memberikan Rezeki dari jalan yang tidak ia sangka, dan barang siapa yang bertawakal kepada Allah maka cukuplah Allah baginya, Sesungguhnya Allah melaksanakan kehendak-Nya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu kadarnya.(Q.S At-Talaq Ayat : 3).

وَيَرْزُقُهُ مِنْ حَيْثُ لَا يَحْتَسِبُ وَمَنْ يَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ فَهُوَ حَسْبُهُ إِنَّ اللَّهَ
بَالِغُ أَمْرِهِ قَدْ جَعَلَ اللَّهُ لِكُلِّ شَيْءٍ قَدْرًا

3. Barang Siapa Yang Mengerjakan Kebaikan Sekecil Apapun, Niscaya dia Akan Melihat (Balasan)nya. (Q.S Al-Zalzalah 7).

فَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT yang atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada :

1. Pertama yaitu kedua orang tua saya, Bapak Achmad Riyadi dan Ibu Nunung Indrayati yang telah memberikan segenap kasih sayang dan cinta, materi, semangat dan dukungan yang utama adalah doa dan pendidikan menjadi seseorang yang sukses dalam dunia maupun diakhirat.
2. Kedua orang tua Maya, alm. Bapak Moh Toha dan Ibu Umayah yang telah memberikan segenap kasih sayang dan cinta, materi, semangat dan yang utama adalah doa dan pendidikan menjadi seseorang yang sukses dalam dunia maupun diakhirat.
3. Dosen – dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu keteknikan yang saya sebelumnya tidak mengetahui dan memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
4. Angelicha Ayu Sabrina selaku partner saya yang telah bekerja keras dan bekerja sama berjuang dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.
5. Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2017, 2018 dan 2019 semua pihak yang tidak disebutkan dalam membantu penyusunan laporan tugas akhir ini.

Angelicha Ayu Sabrina
30201900038

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT yang atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada :

6. Pertama yaitu kedua orang tua saya, alm. Bapak Moh Toha dan Ibu Umayah yang telah memberikan segenap kasih sayang dan cinta, materi, semangat dan dukungan yang utama adalah doa dan pendidikan menjadi seseorang yang sukses dalam dunia maupun diakhirat.
7. Kedua Orang Tua Angelicha, Bapak Achmad Riyadi dan Ibu Nunung Indrayati yang telah memberikan segenap kasih sayang dan cinta, materi, semangat dan yang utama adalah doa dan pendidikan menjadi seseorang yang sukses dalam dunia maupun diakhirat.
8. Dosen – dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu keteknikan yang saya sebelumnya tidak mengetahui dan memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
9. Angelicha Ayu Sabrina selaku partner saya yang telah bekerja keras dan bekerja sama berjuang dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.
10. Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2017, 2018 dan 2019 semua pihak yang tidak disebutkan dalam membantu penyusunan laporan tugas akhir ini.

Maya Alvi Tasbihah
30201900110

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Analisa Rembesan dan *Dewatering* pada Dinding *Basement* (Studi Kasus Proyek Laboratorium Klinik Pramita Semarang).

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini bertujuan sebagai memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) pada lingkungan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang (UNISSULA). Selesaiannya Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan banyak pihak yang sudah memberikan arahan dan masukan kepada penulis. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Kaprodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Prof. Ir. H. Pratikso.,MST.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing, arahan, kritikan dan motivasi dengan sabar.
4. Ibu Lisa Fitriyana.,ST.,M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing, arahan, kritikan, dan motivasi dengan sabar.
5. Orang tua, Keluarga, serta sahabat-sahabat dari kedua penulis atas dukungan dan serta bantuan yang telah diberikan.

Penulis menyadari dalam keterbatasan waktu dan wawasan, kemampuan serta dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dalam bentuk baik isi maupun susunan, maka dari itu, penulis berharap agar pembaca memberikan kritik dan sarannya untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini agar bermanfaat dan dapat membantu bagi para pembaca.

Wassalamualaikum Wr.Wb

Semarang, Januari 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	vi
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
ABSTRAK	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanah	5
2.1.1 Definisi Tanah	5
2.1.2 Jenis-Jenis Tanah	5
2.1.3 Parameter Tanah	6
2.1.3.1 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir	6
2.1.3.2 Modulud <i>Young</i>	8
2.1.3.3 <i>Poisson Ratio</i>	8
2.1.3.4 Sudut Geser Dalam	9
2.1.3.5 Kohesi.....	9
2.2 <i>Basement</i>	9

2.3	Dinding Penahan Tanah	11
2.3.1	<i>Sheet Pile</i>	12
2.3.2	<i>Diaphragm Wall</i>	12
2.3.3	<i>Soldier Pile</i>	13
2.4	Tekanan Tanah Aktif dan Tekanan Tanah Pasif	14
2.5	Analisa Rembesan	16
2.6	Analisa <i>Dewatering</i>	18

BAB III METODOLOGI19

3.1	Pendahuluan	19
3.2	Pengumpulan Data	19
3.2.1	Data Tanah	20
3.3	Analisis Data	21
3.4	Analisa Perhitungan Dinding Penahan Tanah	22
3.5	Analisis dengan <i>Software PLAXIS v.8.6</i>	23
3.5.1	Prosedur Analisa <i>Software PLAXIS v.8.6</i>	23
3.5.2	Penentuan Input <i>Software PLAXIS v.8.6</i>	23
3.5.3	Output <i>Software PLAXIS v.8.6</i>	24
3.6	Analisa Rembesan (<i>Seepage</i>)	24
3.7	Analisa Metode <i>Dewatering</i>	24

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN26

4.1	Pendahuluan	26
4.2	Data Tanah	26
4.2.1	Laporan Penyelidikan Tanah	26
4.2.2	Penentuan Kategori Tanah	27
4.2.3	Hasil Penyelidikan Tanah	27
4.2.3.1	Sondir Mekanis	27
4.2.3.2	Pengeboran dan SPT	28
4.2.4	Muka Air Tanah	29
4.2.5	Profil Irisan Tanah	29
4.2.6	Pengujian Laboratorium	30
4.3	Analisa Perhitungan Dinding Penahan Tanah	33
4.3.1	Perhitungan Manual	33
4.3.1.1	Perhitungan Koefisien Tekanan Tanah	34
4.3.1.2	Perhitungan untuk Tekanan Tanah	35
4.3.1.3	Perhitungan Jarak Lengan Momen Terhadap Titik A	35
4.3.1.4	Perhitungan Gaya Horizontal dan Momen Tanah Aktif	35

4.3.1.5 Perhitungan Gaya Horizontal dan Momen Tanah Pasif.....	36
4.3.1.6 Menghitung Momen Maksimum	36
4.3.1.7 Profil Larssen	36
4.3.1.8 Perhitungan Jarak Lengan Momen Terhadap Titik B	37
4.3.1.9 Perhitungan Gaya Horizontal dan Momen Tanah Aktif	37
4.3.1.10 Perhitungan Gaya Horizontal dan Momen Tanah Pasif	37
4.3.1.11 Cek Sliding	38
4.3.2 Perhitungan <i>Input Struktur Soilder Pile</i>	38
4.4 Analisis dengan <i>Software PLAXIS v.8.6</i>	40
4.4.1 Permodelan PLAXIS 2D v.8.6	40
4.4.2 Input Data PLAXIS 2D v.8.6	41
4.4.3 Tahap Perhitungan	44
4.4.4 Hasil Perhitungan	45
4.5 Analisa Rembesan (<i>Seepage</i>)	49
4.6 Analisa Metode <i>Dewatering</i>	51
 BAB V PENUTUP	 53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
 DAFTAR PUSTAKA	 xvii
LAMPIRAN	xix



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir.....	6
Tabel 2.2 Hubungan Antara Konsistensi dengan Tekanan Konus.....	7
Tabel 2.3 Hubungan Antara Kepadatan dengan <i>Relative Density</i>	7
Tabel 2.4 <i>Suggested Reduction Factor</i> (R_{inter})	7
Tabel 2.5 Nilai Perkiraan Modulus <i>Young</i>	8
Tabel 2.6 Hubungan Antara Jenis Tanah dan <i>Poisson Ratio</i>	8
Tabel 2.7 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dan Jenis Tanah	9
Tabel 2.8 Faktor Keamanan	16
Tabel 4.1 Profil Tanah DB-1	26
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata N-SPT (bpf)	27
Tabel 4.3 Hubungan antara N-SPT dengan Tingkat Kepadatan Tanah	27
Tabel 4.4 Deskripsi Tanah DB-1	32
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah.....	35
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Jarak Lengan Momen Terhadap Titik A	35
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Aktif.....	35
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Pasif.....	36
Tabel 4.9 Momen Profil Larssen	36
Tabel 4.10 Perhitungan Jarak Momen Terhadap Titik B.....	37
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Aktif	37
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Pasif.....	37
Tabel 4.13 Parameter <i>Soil and Interfaces</i>	41
Tabel 4.14 Parameter <i>Soldier Pile</i>	44
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan (<i>Output</i>) Analisis PLAXIS v.8.6	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Struktur Basement</i>	10
Gambar 2.2	Gaya-gaya yang Bekerja pada <i>Basement</i>	11
Gambar 2.3	Diagram Tekanan Tanah Aktif	14
Gambar 2.4	Diagram Tekanan Tanah Pasif.....	15
Gambar 2.5	<i>Moment Reduction Factor for Cohesive Soil (Short-Ten)</i>	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Analisis Dewatering dan Rembesan pada Dinding <i>Basement</i>	22
Gambar 4.1	Hasil Pengujian Sondir Grafik <i>Schmertmann</i>	28
Gambar 4.2	Nilai SPT dengan Kedalaman (m)	29
Gambar 4.3	Potongan Profil Irisan Tanah	30
Gambar 4.4	Data <i>Bore Log</i>	31
Gambar 4.5	Dimensi Tanah	33
Gambar 4.6	Permodelan <i>Soldier Pile</i>	38
Gambar 4.7	Struktur <i>Soldier Pile</i>	38
Gambar 4.8	Permodelan dengan Software PLAXIS v.8.6	40
Gambar 4.9	Permodelan Muka Air Tanah	41
Gambar 4.10	<i>Input Material Clay and Silt</i>	42
Gambar 4.11	<i>Input Parameter Clay and Silt</i>	42
Gambar 4.12	<i>Input Antar Muka Clay and Silt</i>	42
Gambar 4.13	<i>Input Material Material Sand</i>	43
Gambar 4.14	<i>Input Parameter Material Sand</i>	43
Gambar 4.15	<i>Input Antar Muka Material Sand</i>	43
Gambar 4.16	<i>Input Soldier Pile</i> dengan Software PLAXIS v.8.6	44
Gambar 4.17	<i>Displacement</i> saat Konstruksi <i>Soldier Pile</i>	45
Gambar 4.18	<i>Safety Factor</i> Konstruksi <i>Soldier Pile</i>	46
Gambar 4.19	<i>Displacement</i> saat Konstruksi Galian -1 meter	46
Gambar 4.20	<i>Safety Factor</i> Galian 1 (-1 meter)	47
Gambar 4.21	<i>Displacement</i> saat Konstruksi Galian -2 meter	47
Gambar 4.22	<i>Safety Factor</i> Galian 2 (-2 meter)	48

Gambar 4.23 <i>Displacement</i> saat Konstruksi Galian -3 meter, dan <i>Dewatering</i>	48
Gambar 4.24 <i>Safety Factor</i> Galian -3 meter, dan <i>Dewatering</i>	49
Gambar 4.25 Kecepatan Rembesan Air (<i>flow flied</i>)	50
Gambar 4.26 Pompa SHARP – 101SN	52



**ANALISA REMBESAN DAN *DEWATERING* PADA DINDING
BASEMENT (STUDI KASUS PROYEK LABORATORIUM KLINIK
PRAMITA SEMARANG)**

Abstrak

Kepadatan penduduk Indonesia tidak berbanding lurus dengan tingkat ketersediaan lahan. Sempitnya lahan menjadikan pembangunan vertikal sebagai alternatif penggunaan lahan, misalnya gedung tinggi atau tempat tinggal pengembangan vertikal kebawah (*basement*). *Basement* merupakan bangunan ruangan yang berada dibawah permukaan tanah. Pada *basement* proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang ini masih terdapat adanya rembesan pada *basement*. Dalam penelitian ini, direncanakan suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah galian pada *basement* dari kelongsoran dan rembesan. Analisa pada perencanaan ini menggunakan data tanah asli sesuai kondisinya.

Dalam analisa ini menggunakan data tanah N-SPT (*Number Standart Penetration Test*) dari studi kasus proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang yang terdiri dari 5 lantai dan 1 *basement*. Metode yang digunakan untuk menghitung dinding penahan tanah (*soldier pile*) yaitu menggunakan metode Bowles (1996) dan menggunakan *software* PLAXIS v.8.6.

Dari hasil perhitungan menggunakan metode Bowles (1996) perkuatan dinding penahan tanah *soldier pile* pada *basement* kedalaman 3 meter diperoleh nilai keamanan 1,69. Untuk hasil analisis menggunakan *software* PLAXIS v.8.6 dengan perkuatan angkur didapatkan nilai keamanan 1,59 dikatakan aman , karenakan batas izin $> 1,5$ dan untuk debit air yang dikeluarkan sebesar 2,57 liter/menit. Metode *dewatering* pada perencanaan ini menggunakan metode *open pumping*. Untuk jenis pompa yang digunakan yaitu pompa Merk SHARP 101SN yang memiliki kapasitas 10 liter/menit pada saat *head* 9 meter.

Kata kunci: *basement; rembesan; dewatering*

ANALYSIS SEEPAGE AND DEWATERING ON BASEMENT WALL (CASE STUDY CLINIC PRAMITA SEMARANG'S LABORATORY PROJECT)

Abstrac

Indonesian population density isn't directly propotional with the land availability. The narrow land force Indonesian government to develop vertical building as alternative, for example a skyscraper or underground living space (basement). Basement is a room or a space that located under the ground. For the construction project of Clinic Pramita Semarang's Laboratory there is still a seepage in the basement. This research is planing to develop a construct/building to prevent a landslide and seepage. The analysis for this plan is using soil data in its optimal condition.

This analysis is using soil N-SPT data (Number Standart Penetration Test) from case study construction project Clinic Pramita Semarang's Laboratory that consist of 5 floors and 1 basement. The method use to calculate the retaining wall are Bowles method (1996) and PLAXIS v.8.6. software.

The calculation result using the Bowles method (1996) of strengthening retaining wall with soldier pile at the basement depth of 3 meter is 1,69 Safety Point. For the calculation using PLAXIS v.8.6 obtained 1,59 Safety Point, above the threshold of $> 1,5$ and the discharge of water released was 2,57 liters/minute. The dewatering method use for this build is open pumping method. For the type of pump being used is SHARP 101SN pump that have capacity of 10 liters/minute at 9 meter head.

Key Word: *basement; seepage; dewatering*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepadatan penduduk Indonesia tidak berbanding lurus dengan tingkat ketersediaan lahan. Sempitnya lahan menjadikan pembangunan vertikal sebagai alternatif penggunaan lahan yang tersedia, misalnya gedung-gedung tinggi yang beroperasi sebagai tempat bekerja seperti perkantoran atau tempat tinggal, pengembangan vertikal ke bawah (*basement*). Masalah utama yang muncul selama konstruksi *basement* dan struktur bangunan bertingkat tinggi adalah lokasi proyek yang terbatas dan jarak yang dekat dengan bangunan. Dengan terlebih dahulu menggali tanah, metode konstruksi ini membangun struktur bangunan dari bawah ke atas. Berbagai teknik digunakan dalam proses penggalian, seperti sistem *open-cut* atau dinding penahan tanah. Jika menggunakan potongan terbuka, berisiko menggali terlalu dalam, yang akan mengakibatkan ketidakstabilan lereng dan tanah longsor. Jika terus dilakukan, maka stabilitas bangunan di sekitarnya akan terganggu, bahkan dapat mengalami kerusakan struktural dan nonstruktural.

Pada pembuatan *basement*, ada pekerja tertentu yang sering mengalami kendala dengan tugasnya, seperti debit air tanah yang akan dikeluarkan selama proses konstruksi, yang akan semakin besar semakin tinggi muka airnya. Hal ini, dapat diatasi dengan mengontrol muka air tanah (*dewatering*). Saat melakukan *dewatering*, analisis harus dilakukan untuk menentukan jumlah pompa dan berapa lama proses *dewatering* akan berlangsung. Proses tersebut akan berdampak pada elevasi muka air tanah di area konstruksi, yang selanjutnya akan berdampak pada besarnya beban *uplift* pada struktur dinding penahan tanah yang digunakan. Akibatnya, sistem *dewatering* akan berpengaruh pada sistem dinding penahan konstruksi.

Gedung Laboratorium Klinik Pramita Semarang memiliki 5 lantai dan 1 lantai *basement* dengan kedalaman ± 2 meter dari elevasi 0.0. Terapkan metode *dewatering* ke lantai *basement*. *Dewatering* adalah pekerjaan yang harus dilakukan

selama masa konstruksi *basement* untuk mengalirkan tanah galian di bawah muka air tanah. Pekerjaan *dewatering* adalah pekerjaan yang harus dilakukan sampai konstruksi selesai. Hal ini juga terkait dengan pekerjaan *basement* atau pondasi untuk mencegah genangan air akibat hujan atau rembesan air tanah selama konstruksi. Biasanya, pengeringan ini memakan waktu sekitar 24 jam selama pekerjaan *basement*.

Teknologi saat ini berkembang cukup pesat, salah satu contohnya adalah di bidang teknologi komputer, yang dapat menciptakan *software* berfungsi menerapkan perhitungan dan analisis masalah secara efektif. *Software* yang mudah digunakan yaitu *PLAXIS v.8.6* dapat membantu menganalisa rembesan dan *dewatering* pada dinding *basement* dengan mendesain dinding penahan tanah dengan menggunakan *software* untuk mendapatkan hasil angka keamanan (*safety factor*) dan analisis rembesan air (*flow flied*) yang nantinya digunakan sebagai acuan jumlah pompa untuk metode *dewatering*.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam menganalisa *dewatering* dan rembesan pada dinding *basement* proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang ini, penulis titik beratkan pada:

1. Bagaimana analisa dinding penahan tanah dan angka keamanan (*safety factor*) pada *basement* proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang?
2. Bagaimana analisa rembesan pada *basement* proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang?
3. Bagaimana analisa kebutuhan pompa untuk metode *dewatering* proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang?
4. Bagaimana metode *dewatering* yang efektif untuk area *basement* pada proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan ini yaitu :

1. Memperbaiki kestabilan lereng akibat tekanan air tanah sehingga dapat mencegah kelongsoran.
2. Menjelaskan kecepatan rembesan air (*flow field*) yang terjadi pada *basement*.
3. Menganalisa kebutuhan pompa untuk metode *dewatering*.
4. Menganalisa metode *dewatering* yang efektif untuk area *basement*

1.4 Batasan Masalah

Adapun pembahasan penulis yang mencakup ruang lingkup kajiannya :

1. Studi kasus yang diambil merupakan tanah galian *basement* pada proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang.
2. Menghitung manual dinding penahan tanah jenis *soldier pile*. Apakah sudah memenuhi angka keamanan (*safety factor*) atau tidak yang nantinya hasil tersebut dibandingkan dengan hasil *software PLAXIS v.8.6*.
3. Menganalisa data dengan menggunakan *software PLAXIS v.8.6* untuk mendesain lapisan tanah beserta parameternya, pergeseran dinding penahan tanah, dan angka keamanan (*safety factor*).
4. Menganalisa rembesan (*seepage*) pada *basement* yang hasilnya berupa kecepatan rembesan air (*flow field*) dari perhitungan program *PLAXIS v.8.6*.
5. Menganalisa hasil kecepatan rembesan air (*flow field*) untuk menentukan metode dan jumlah kebutuhan pompa untuk pekerjaan *dewatering*.
6. Parameter yang digunakan parameter *soil*, dan *soldier pile*.
7. Metode *dewatering* yang digunakan adalah *open pumping*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penyusunan laporan Tugas Akhir ini, terdiri dari 5 bab yaitu :

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi kajian atau teori yang berupa gambaran dan uraian dari berbagai sumber yang akan dijadikan sebagai acuan untuk menjelaskan tentang dasar-dasar perencanaan struktur bangunan gedung.

BAB III. METODOLOGI

Berisi tentang pengumpulan data, metode analisis, perumusan masalah, dan langkah-langkah pembuatan laporan.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi bagian penting atau isi dari penulisan laporan yakni berupa pengolahan data dan perhitungan menggunakan *software PLAXIS v.8.6*.

BAB V. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dari hasil sebuah perencanaan dan saran yang berhubungan dengan perencanaan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1 Definisi Tanah

Tanah merupakan bahan pada bangunan alami, terbuat dari butiran tanah padat, air, dan udara. Jenis tanah dan kondisi tanah sangat berpengaruh pada perbandingan air dengan udara di dalam tanah. Apabila keadaan tanah kering maka keadaan pori tanah lebih didominasi oleh udara dari pada air, atau tidak mengandung air sama sekali, sedangkan bila keadaan tanah jenuh kondisi pori tanah mendominasi pada air yang akan dibandingkan dengan udara.

Menurut Bowles (1989) Fauizek et al. (2018), tanah adalah campuran dari satu atau lebih dari jenis partikel berikut:

- a. Berangkal atau *boulders* ialah perpotongan-perpotongan batu yang besar, biasanya berdiameter besarnya lebih dari 250 hingga 300 mm. Jika ukuran partikel batuan ini antara 150 dan 250 mm, maka disebut *cobbles*.
- b. Kerikil atau *gravel* ialah partikel bebatuan dengan ukuran 5 hingga 150 mm.
- c. Pasir atau *sand* ialah partikel bebatuan dengan ukuran mulai dari 0,074 hingga 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) hingga halus (kurang dari 1 mm).
- d. Lanau atau *silt* ialah dimensi partikel batuan berkisar antara 0,002 mm hingga 0,074 mm. Endapan yang terbagi dalam danau-danau atau terletak di dekat bibir pantai di muara sungai banyak mengandung lanau dan lempung.
- e. Lempung atau *clay* ialah mineral dengan diameter kurang dari 0,002 mm. Pada tanah kohesif, partikel-partikel ini memberikan sebagian besar kohesi.
- f. Koloid atau *colloids* ialah partikel mineral lebih kecil dari 0,001 mm yang “diam”.

2.1.2 Jenis - Jenis Tanah

Sebagaimana dinyatakan dalam paragraf sebelumnya, tanah dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu :

1. Tanah Kohesif : Lanau (*Silt*), Lempung (*Clay*) adalah contoh tanah kohesif, juga dikenal sebagai tanah berbutir halus, mempunyai butir yang terikat menjadi satu.
2. Tanah non-Kohesif : Kerikil (*Gravel*), Pasir (*Sand*) adalah contoh tanah non-kohesif termasuk tanah dengan butir kasar yang tidak memiliki ikatan butir ke butir.
3. Tanah Campuran : Pasir Kelempungan (Pasir > Lempung), Lempung Kepasiran (Lempung > Pasir).

2.1.3 Parameter Tanah

2.1.3.1 *Klasifikasi Tanah dari Data Sondir*. Hasil uji sondir dengan tekanan konus (q_c) dan nilai rasio gesekan (f_s) beserta klasifikasi tanah tertera pada Tabel 2.1. berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir

Hasil Sondir		Klasifikasi
Q_c	f_s	
0	0,15 - 0,4	Humus, lempung sangat lunak
0 - 10	0,2	Pasir sangat lepas, pasir kelanauan lepas
	0,2 - 0,6	Lempung kelanauan lembek, lempung lembek
10 - 30	0,1	Kerikil lepas
10 - 30	0,1 - 0,4	Pasir lepas
	0,4 - 0,8	Pasir atau lempung kelanauan
	0,8 - 2	Lempung dengan tekstur agak kenyal
30 - 60	1,5	Pasir agak padat, pasir kelanauan
	1 - 3	pasir atau lempung kelanauan kenyal
60 - 150	1	Kerikil kepasiran lepas
	1 - 3	Lempung kelanauan, lempung padat atau pasir kelanauan dan Pasir padat
	3,0	Lempung kekerikilan kenyal
150 - 300	1 - 2	Pasir kasar, pasir kelanauan , pasir kekerikilan, pasir padat, sangat padat

(Sumber: Braja M Das, 2011)

Semakin keras tanah, maka semakin tinggi nilai konus (c) dan *undrained cohesion* (q_c). Konsistensi dari dua nilai kerucut (c) dan kohesi tak terdrainase (q_c) setara satu sama lain. Lihatlah Tabel 2.2. berikut:

Tabel 2.2 Hubungan Antara Konsistensi dengan Tekanan Konus

Konsistensi Tanah	Tekanan Konus q_c (kg/cm^2)	Undrained Cohesion (t/m^2)
Very Soft	$< 2,5$	$< 1,25$
Soft	$2,5 - 5$	$1,25 - 2,5$
Medium Stiff	$5 - 10$	$2,5 - 5$
Stiff	$10 - 20$	$5 - 10$
Very Stiff	$20 - 40$	$10 - 20$
Hard	> 40	> 20

(Sumber: Begeman, 1965)

Tekanan kerucut (q_c), sudut geser (ϕ), dan nilai N-SPT semuanya memiliki hubungan yang sama dengan kerapatan dan kerapatan relatif. Lihatlah Tabel 2.3. berikut:

Tabel 2.3 Hubungan Antara Kepadatan dengan *Relative Density*

Kepadatan	<i>Relative Density</i> (γ_d)	Nilai N SPT	Tekanan Konus q_c (kg/cm^2)	Sudut Geser ($^\circ$)
<i>Very Loose</i> (sangat lepas)	$< 0,2$	< 4	< 20	< 30
<i>Loose</i> (lepas)	$0,2 - 0,4$	$4 - 10$	$20 - 40$	$30 - 35$
<i>Medium Dense</i> (agak lepas)	$0,4 - 0,6$	$10 - 30$	$40 - 120$	$35 - 40$
<i>Dense</i> (kompak)	$0,6 - 0,8$	$30 - 50$	$120 - 200$	$40 - 45$
<i>Very Dense</i> (sangat kompak)	$0,8 - 1,0$	> 50	> 200	> 45

(Sumber: Mayerhof, 1965)

Faktor reduksi yang disarankan menurut *Brinkgreve and Shen*, 2011 untuk menentukan nilai *Interface Roughness* (R_{inter}). Lihatlah Tabel 2.4. berikut:

Tabel 2.4 *Suggested Reduction Factor* (R_{inter})

<i>Interface Roughness</i> (R_{inter})	
<i>Interaction sand/steel</i>	$= R_{\text{inter}} \approx 0,6 - 0,7$
<i>Interaction clay/steel</i>	$= R_{\text{inter}} \approx 0,5$
<i>Interaction sand/concrete</i>	$= R_{\text{inter}} \approx 1,0 - 0,8$
<i>Interaction clay/concrete</i>	$= R_{\text{inter}} \approx 1,0 - 0,7$
<i>Interaction soil/geogrid (grouted body)</i>	$= R_{\text{inter}} \approx 1,0$
<i>(Interface is not necessary)</i>	

(Sumber: *Brinkgreve and Shen*, 2011)

2.1.3.2 *Modulus Young*. Nilai modulus *young* adalah elastisitas tanah yang termasuk rasio regangan pada tegangan, ditunjukkan oleh nilai. Pengujian Triaxial Test dapat menentukan nilai modulus *young*. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.5 berikut, dengan menggunakan data sondir dan jenis tanah, nilai empiris Modulus Elastisitas (ES) seperti berikut:

Tabel 2.5 Nilai Perkiraan Modulus *Young* (Bowles, 1977)

Macam Tanah	E (kg/cm ²)
LEMPUNG	
Sangat Lunak	3 – 30
Lunak	20 – 40
Sedang	45 – 90
Berpasir	300 – 425
PASIR	
Berlanau	50 – 200
Tidak Padat	100 – 250
Padat	500 – 1000
PASIR DAN KERIKIL	
Padat	800 – 2000
Tidak Padat	500 – 1400
LANAU	20 – 200
LOSES	150 – 600
CADAS	1400 – 14000

(Sumber: Bowles, 1997)

2.1.3.3 *Poisson Ratio*. Kompresi poros terhadap regangan yang disebabkan oleh ekspansi lateral menentukan nilai rasio Poisson. Rasio Poisson dapat dipengaruhi oleh jenis-jenis tanah, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.6. berikut:

Tabel 2.6 Hubungan Antara Jenis Tanah dan *Poisson Rasio*

Jenis Tanah	<i>Poisson Ratio</i> (μ)
Lempung jenuh	0,4 - 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 - 0,3
Lempung berpasir	0,2 - 0,3
Lanau	0,3 - 0,35
Pasir	0,1 - 1,0
Batuan	0,1 - 0,4
Umum di pakai untuk tanah	0,3 - 0,4

(Sumber: Braja M Das, 2011)

2.1.3.4 *Sudut Geser Dalam*. Sudut geser dan nilai kohesi menentukan seberapa tahan tanah terhadap tekanan lateral tanah diperoleh dari tegangan yang bekerja. Pengukuran *Direct Shear Test* akan menghasilkan nilai. Tabel 2.7. menggambarkan hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah, berikut:

Tabel 2.7 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser (°)
Kerikil kepasiran	35° - 40°
Kerikil kerakal	35° - 40°
Pasir Padat	35° - 40°
Pasir Lepas	30°
Lempung Kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

(Sumber: *Braja M Das*, 2011)

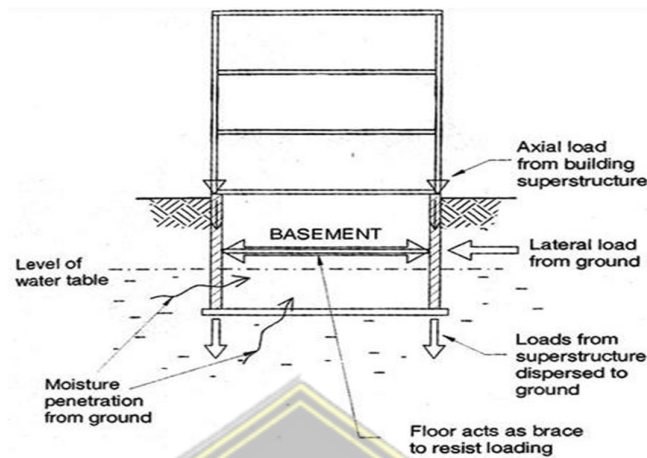
2.1.3.5 *Kohesi*. Gaya tarik menarik antar butiran tanah disebut kohesi. Ketika menentukan kekuatan geser tanah terhadap ketahanan tanah dengan deformasi yang disebabkan oleh tegangan yang bekerja terhadap tanah, ini serupa dengan gerakan lateral pada tanah. Sudut geser dalam dan kohesi adalah satu kesatuan. Keadaan kritis pada normal dan tegangan geser yang lebih besar dari aktor keamanan yang direncanakan meemuhi untuk menyebabkan deformasi ini. *Direct Shear Test* menghasilkan nilai. Dari data sondir (q_c), nilai kohesi secara empiris dapat dihitung sebagai berikut: Kohesi (c) = $q_c/20$.

2.2 Basement

Basement ialah tingkat bangunan yang seluruhnya ataupun sebagian berada di bawah tanah. *Basement* merupakan salah satu bagian dari sebuah bangunan gedung. Pembangunan *basement* digunakan untuk memaksimalkan penggunaan lahan di pasar yang semakin padat dan mahal. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan ruang parkir pada gedung bertingkat adalah dengan menggunakan *basement* sekarang. Selain berfungsi sebagai tempat parkir bawah tanah, juga dapat dimanfaatkan di gedung bertingkat sebagai utilitas.

Perancangan struktur *basement* dengan nilai potensial yang lebih tinggi memberikan para konsultan untuk mendapatkan titik balik dalam pengeluarannya dan pelanggan (klein) juga mendapatkan keuntungan. Tiga faktor penting dalam

pelaksanaan konstruksi *basement*, yaitu: metode konstruksi, dinding penahan, dan *dewatering*.



Gambar 2.1 Struktur *Basement* (Maudy, 2010)

Membuat bangunan *basement* ada faktor-faktor yang harus diperhitungkan untuk menentukan jenis tipe *basement* seperti apa yang akan di bangun. Faktor tersebut sebagai berikut:

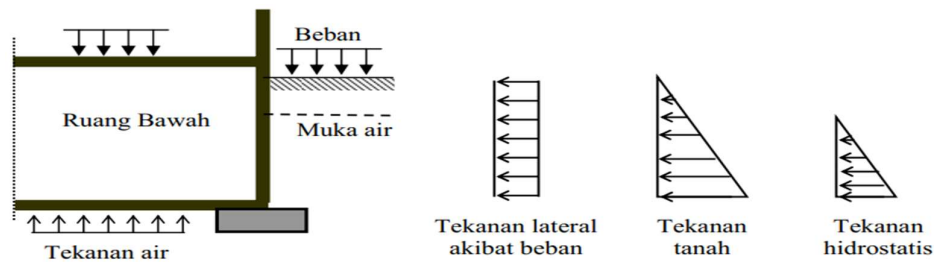
1. Jenis tanah
2. Ketinggian air tanah
3. Drainase alami
4. Kemungkinan terkontaminasi dari air ke tanah

Selain menentukan jenis faktor dari pembangunan *basement*, ada hal yang harus diperhatikan yaitu dinding *basement* juga diperhitungkan sesuai kebutuhannya, sebagai berikut:

1. Kemantapan *structural*
2. Ketahanan
3. Pengeluaran kelembaban
4. *Buildability*

Dinding *basement* dan lantai dirancang untuk menerima gaya akibat tanah dan air. Dinding ruang bawah tanah mengalami tekanan lateral sebagai akibat dari tekanan hidrostatik dan tanah. Sementara itu, tekanan air ke atas atau disebut juga *uplift pressure* akan berdampak pada pelat lantai *basement*. Jika pada dinding *basement* diberikan beban di sekitar permukaan dinding, misalnya beban

kendaraan, maka akan terjadi tekanan lateral pada dinding *basement* akibat dari beban kendaraan pada dinding seperti Gambar 2.2. di bawah ini.



Gambar 2.2 Gaya-gaya yang Bekerja pada *Basement* (Maudy, 2010)

2.3 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah yaitu Struktur yang dirancang untuk menahan keruntuhan dari lereng yang curam dan lereng yang stabilitasnya ditentukan oleh kondisi topografi daripada oleh lereng itu sendiri. Dalam kebanyakan kasus, tujuan dari dinding penahan adalah untuk menahan jumlah tekanan yang diberikan pada tanah lateral oleh tanah asli yang tidak stabil atau terakumulasi. Elemen struktural pondasi seperti *basement* dan *abutment*, serta dasar jembatan dan *abutment*, berfungsi ganda untuk mempertahankan tanah di sekitarnya.

Dinding penahan tanah mempunyai fungsi sebagai penahan terjadinya longsor pada tanah. Untuk menghindari tanah longsor dan tanah yang tidak stabil, hal ini harus diperhitungkan dengan cermat saat memilih dinding penahan tanah. Tanah longsor dan struktur tanah yang tidak stabil dapat diakibatkan oleh pekerjaan penggalian, khususnya. Dinding *basement* berfungsi sebagai penghalang gaya horizontal untuk pelat lantai *basement* dan berfungsi sebagai penghalang penguras air selama konstruksi.

Sistem pendukung, kondisi air tanah, dimensi kontrol galian, struktur galian, dan sifat-sifat tanah merupakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pergerakan tanah, khususnya di ruang bawah tanah. Metode *system open cut* yang umum digunakan tidak digunakan dalam pembangunan *basement*. Berikut ini metode yang bisa digunakan diantaranya *sheet piles*, *H-pile with lagging*, *diaphragm wall* atau *soldier pile*.

2.3.1 Sheet Pile

Sheet pile adalah struktur vertikal yang relatif tipis untuk menahan air keluar dari lubang galian dan menahan tanah di tempatnya. *Sheet pile* disusun dengan cara tertentu sehingga dapat disusun dan diikat menjadi satu sesuai dengan rencana. Selain mudah ditemukan, keunggulan tipe ini ialah menghemat lahan yang terbatas.

Sheet pile atau turap membutuhkan *dewatering*, biasanya lebih sering digunakan terutama pada saat membangun dermaga atau fasilitas untuk sandar kapal. Dengan membandingkan jumlah material yang digunakan dengan jenis material, maka dapat diperoleh berbagai sifat dan kekuatan. Manfaat *sheet pile* yaitu :

- a. Penampung tebing galian sementara
- b. Bangunan-bangunan pelabuhan (dermaga)
- c. Dinding penahan tanah

Biaya material yang tinggi jika struktur dicabut kembali, ketidakmampuannya untuk menembus lapisan tanah yang keras, dan tidak cocok digunakan terhadap tanah yang banyak mengandung batuan adalah beberapa kelemahan struktur ini.

2.3.2 Diaphragm Wall

Diaphragm wall adalah komposit dinding atau panel dengan ketebalan 600 hingga 1200 mm. Pengeboran digunakan untuk konstruksi sebelum penggalian, dan pengecoran digunakan untuk pemasangan tulangan. Penggalian tanah dilakukan pada saat struktur *diaphragm wall* mencapai umur beton dan memiliki kekuatan yang cukup. Selain itu, jenis dinding ini biasanya dipasangkan dengan sistem jangkar untuk meningkatkan daya dukung tanah terhadap tekanan aktif lateral dan berfungsi sebagai *dewatering and cut-off dewatering*.

Kelebihan dalam menggunakan struktur *diaphragm wall* diantaranya, seperti berikut:

- 1 Proses pengerjaannya lebih cepat, dibandingkan konstruksi lainnya.
- 2 Dapat digunakan bersama dengan metode *top down construction* untuk menguragi waktu kerja.
- 3 Pengerjaan yang minim menimbulkan polusi udara dan getaran.

Selain kelebihan adapun kekurangan dari penggunaan struktur *diaphragm wall* ini, diantaranya:

1. Biaya relatif mahal dibandingkan konstruksi lainnya.

2. Rawannya sambungan panel dinding diafragma bocor, sehingga diperlukan pemasangan grouting pada area yang terkena.

2.3.3 *Soldier Pile*

Soldier Pile ialah dinding penahan yang dibangun dari rangkaian atau deretan *bored pile* yang dicor beton di tempat dalam galian *basement*. Struktur dinding ini tersusun dari deretan tiang bor yang saling bersilangan sehingga jarak antara poros dan tiang bor lebih kecil dari diameter tiang bor. Tiang yang tidak terpotong (*soft pile*) tidak menggunakan tulangan untuk menahan momen atau gaya, sedangkan tiang yang terpotong (*hard pile*) menggunakan tulangan. Akibatnya, struktur ini sebanding dengan dinding diafragma, yang dapat digunakan pada struktur dalam.

Pengerjaan dalam membuat struktur *soldier pile* adalah mengikuti rencana atau gambar kerja, mengukur pekerjaan dan menentukan titik yang akan dibor. Penyiapan area kerja dan akses jalan untuk alat berat merupakan langkah awal dalam pekerjaan *soldier pile*. Pembuatan tulangan dilakukan di lokasi pengeboran untuk mempermudah proses konstruksi. Menurut Hardiyatmo, 2010. Tahapan-tahapan mengerjakan *soldier pile* sebagai berikut:

1. Mengebor lubang pada *soldier pile* harus sesuai dengan *shop drawing*, menggunakan metode *dry drilling* dan *wash boring*.
2. Tahap pembersihan biasanya mengacu pada proses menghilangkan lumpur dan tanah longsor pada lubang bor.
3. Memasang atau memasukan besi beton setelah rangka baja terpasang ditempat pembuatan besi, digunakan *mobile crane* untuk mengangkatnya tegak lurus lubang bor dan menurunkannya secara perlahan agar tidak terlalu menyentuh lubang bor.
4. Mengisi lubang dengan beton. mengikuti *tes slump* beton. Corong tremi menerima beton dengan cepat. Setelah tremi dinaikkan, nilai *tes slump* berulang kali naik atau turun sebesar ± 20 cm hingga beton jatuh.
5. Penggalan tanah dan pekerjaan struktural pada balok yang tertutup.

Pada lokasi yang padat penduduk dan daerah sekelilingnya dipadati oleh bangunan tinggi, dalam mendirikan suatu bangunan. Jika dibandingkan dengan memanfaatkan pemancangan, pekerjaan pengeboran adalah salah satu pilihan

terbaik. Alasannya, pengeboran memiliki kemampuan untuk meredam getaran, mencegah kerusakan bangunan di sekitarnya yang disebabkan oleh getaran.

2.4 Tekanan Tanah Aktif dan Tekanan Tanah Pasif

Pada perhitungan dinding penahan tanah memakai teori Coulomb, yang mengasumsikan bahwa bidang tanah longsor itu dasar. Selain itu, gesekan dinding dengan tanah di belakangnya diperhitungkan. Dalam teori penurunan tekanan tanah, prinsip umum Coulomb seringkali kohesif (kekuatan geser tanah dinyatakan dengan persamaan $\tau_f = \sigma \tan \Phi$ (Das 1987).

a. Tekanan Tanah Aktif

Beban tambahan atau tekanan horizontal tanah itu sendiri bertindak sebagai beban vertikal di belakang tekanan tanah aktif. Persamaan tekanan tanah aktif yaitu :

$$\sigma_a = K_a \gamma H \quad (2,1)$$

dimana,

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

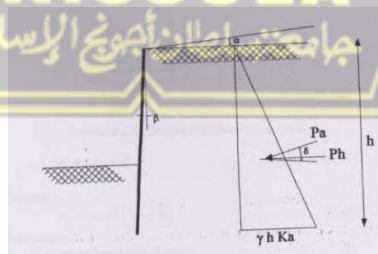
Keterangan :

σ_a = tegangan tanah aktif

K_a = koefisien tanah aktif

γ = berat isi tanah

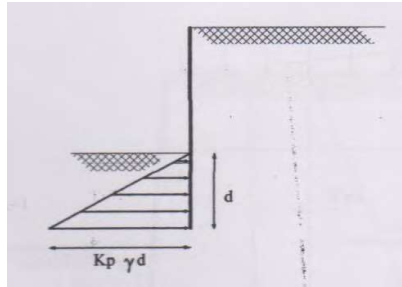
H = tinggi dinding



Gambar 2.3 Diagram Tekanan Tanah Aktif (Teng, 1962)

b. Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah pasif adalah tekanan horizontal bagian depan struktur yang terendam (Gambar 2.4)



Gambar 2.4 Diagram Tekanan Tanah Pasif (Teng, 1962)

$$\sigma_p = K_p \gamma d \dots\dots\dots (2,3)$$

dimana :

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2,4)$$

Keterangan :

ϕ = sudut geser dalam tanah

γ = berat volume tanah

d = panjang yang terbenam dalam tanah

c. Perhitungan Distribusi Momen

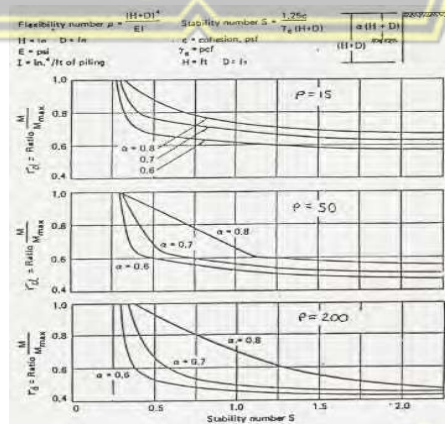
Distribusi tekanan tanah dan momen lihatlah Gambar 2.5. sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sum M = 0$$

$$(M_{01(pa1)} + M_{02(pa2)}) - M_{03(pp)} = 0 \dots\dots\dots (2,5)$$

$$(Pa_1 (1/2 h) + (Pa_2 (1/3 h) - Pp (1/3d) = 0 \dots\dots\dots (2,6)$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai d merupakan kedalaman *soldier pile*.



Gambar 2.5 Moment Reduction Factor for Cohesive Soil (short-tern) (Rowe & TENG)

d. Cek Faktor Keamanan

Perlu dilakukan perhitungan untuk mengecek apakah struktur dinding penahan tanah tersebut aman terhadap kelongsoran atau tidak. Berikut merupakan rumus perhitungannya :

$$FK = \frac{\text{Tekanan Tanah Pasif}}{\text{Tekanan Tanah Aktif}} \dots\dots\dots (2,7)$$

Berikut merupakan syarat minimum nilai faktor keamanan yang harus dipenuhi nilai kemananan pada struktur dinding penahan tanah.

Tabel 2.8 Faktor Keamanan

Kondisi	Faktor Keamanan (FK)
TSA	1,50
TSA-RD	1,20
TSA-EQ	1,10
ESA	1,30

(Sumber: Bowles, 1997)

Pada analisis stabilitas digunakan 4 parameter kondisi yang berbeda-beda seperti berikut :

1. *Total Stress Analysis* (TSA) atau kondisi Jangka Pendek
2. *Total Stress Analysis Rapid Drawdown* (TSA-RD)
3. *Total Stress Analysis* dengan Gempa (TSA-EQ)
4. *Effective Stress Analysis* (ESA) atau Kondisi Jangka Panjang

2.5 Analisa Rembesan

Air tanah adalah air yang berasal dari bawah muka air tanah. Air dalam pori-pori menimbulkan gaya tarik-menarik antarmolekul. Pori-pori tanah dipisahkan satu sama lain sehingga air dapat mengalir melalui ruang-ruang di antaranya. Rembesan atau *seepage*, adalah proses dimana air mengalir melalui pori-pori tanah, dan permeabilitas atau *permeability* adalah kemampuan tanah untuk merembes.

Rembesan terjadi dalam sebuah konstruksi *basement*, karena struktur yang berperan mengalami, seperti berikut:

1. Penggalan *basement* berada dibawah permukaan tabel air tanah.

2. Struktur menahan beban dari atas yang mengakibatkan penurunan (*settlement*).
3. Menurunnya stabilitas lereng galian pada tanah.
4. Kecepatan rembesan yang mungkin berpengaruh pada struktur dinding penahan pada *basement*.

Suatu faktor yang mempengaruhi rembesan pada suatu konstruksi *basement*, antara lain:

1. Ukuran partikel
2. Kadar air pori
3. Susunan tanah
4. Struktur tanah
5. Derajat kejenuhan

Kegagalan yang terjadi pada pembuatan *basement* disebabkan karena kurangnya analisis dan pengaplikasian masalah rembesan. Hal ini, mengakibatkan *settlement* sehingga timbul retakan-retakan pada dinding *basement* yang dekat dengan area galian.

Rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung total rembesan air yang masuk ke area galian:

$$Q = v \cdot A \dots\dots\dots (2,8)$$

dengan,

Q = debit air

v = kecepatan rembesan

A = luas penampang

Setelah debit air diketahui hasilnya, maka selanjutnya menghitung kebutuhan pompa yang akan dibutuhkan saat pelaksanaan *dewatering*. Untuk rumus kebutuhan pompa yaitu :

$$\text{Kebutuhan pompa} = \frac{\text{Debit air (Q)}}{\text{kapasitas pompa}} \dots\dots\dots (2,9)$$

2.6 Analisa Dewatering

Dewatering adalah cara menurunkan air tanah dengan cara memompa melalui saluran atau sumur. *Dewatering* itu sendiri dapat mencegah rembesan di area galian agar tidak mengganggu pekerjaan, menstabilkan lereng untuk mencegah longsor, meningkatkan kepadatan tanah di bagian bawah galian *basement*, mengatasi gaya angkat selama proses pekerjaan, dan mengeringkan area galian.

Dewatering dibagi menjadi 2 berdasarkan masa pelaksanaannya, yaitu sebagai berikut:

1. *Dewatering* Sementara

Proses pengangkutan air ke lokasi galian dilakukan hanya saat pelaksanaan pekerjaan struktural. Struktur tersebut kemudian digenangi air. Struktur yang dibangun dilapisi dengan *waterproofing* dan *waterstop* berfungsi mencegah rembesan air memasuki struktur.

2. *Dewatering* Tetap

Proses pengangkutan air yang dilakukan secara berlanjutan, meskipun struktur sudah selesai. Biasanya digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah supaya menjauhkan air korosif dari struktur.

Secara luas pelaksanaan pekerjaan *dewatering* dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Metode *Pre-Drainage*

Pre-Drainage melakukannya dengan cara menurunkan permukaan pada air ke tanah dengan cara membuat sumur drainase yang dilakukan sebelum dilakukan penggalian di area tersebut.

2. Metode *Open Pumping*

Pemompaan terjadi setelah air tanah mengalir keluar secara langsung dari kemiringan dan dasar galian. *Open pumping* biasanya digunakan jika debit air kecil, dan galian tidak dalam.

3. Metode *Cut Off*

Metode ini dilakukan dengan membagi area proyek sehingga air tanah tidak dapat masuk ke dalamnya dengan menghentikan aliran air tanah. *Cut off* biasanya digunakan bila tidak ada saluran air, tanah berbutir berukuran seragam, dan berdekatan dengan bangunan lain yang dapat mengakibatkan kehilangan air tanah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan guna menganalisa rembesan dan *dewatering* pada dinding *basement* pada proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang. Analisis permodelan dinding penahan tanah jenis *soldier pile*, menentukan angka keamanan (*safety factor*) dan kecepatan rembesan air (*flow field*) menggunakan bantuan *software PLAXIS v.8.6.*, menghitung tekanan tanah lateral dalam keadaan aktif pada persamaan rumus (2,1) dan dalam keadaan pasif pada persamaan rumus (2,3), menghitung momen pada persamaan rumus (2,5), menghitung faktor keamanan terhadap keruntuhan blok menurut Bowles pada persamaan (2,7). Sehingga hasil dari *software PLAXIS v.8.6* dan perhitungan tersebut yang akan dibandingkan. Kemudian selanjutnya menghitung debit air pada persamaan (2,8), sedangkan untuk metode yang akan digunakan pada *dewatering* yaitu dengan *open pumping*.

3.2 Pengumpulan Data

Data primer adalah data yang dikumpulkan langsung dari survei atau penelitian dan observasi. Pengamatan atau observasi langsung ke lapangan mencakup:

- Keadaan lokasi proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang
- Kondisi bangunan di sekitar proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang
- Denah lokasi perencanaan

Data-data pada proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang sebagai berikut:

a. Data Umum Proyek :

Nama proyek : Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang
 Lokasi proyek : Jl. Kopol Maksum, Peterongan, Kota Semarang, Jawa Tengah
 Fungsi bangunan : Mendukung infrastruktur kesehatan di kota Semarang
 Struktur atap : Konstruksi rangka baja

Struktur bangunan : Konstruksi rangka beton bertulang

Jumlah lantai : 5 lantai dan 1 *basement*

b. Data Utama

Pelat lantai : $f'c = 30 \text{ MPa}$

Pelat tangga : $f'c = 30 \text{ MPa}$

Balok : $f'c = 30 \text{ MPa}$

Kolom : $f'c = 30 \text{ MPa}$

Pondasi : $f'c = 52 \text{ MPa}$

Tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ (polos)

$f_y = 400 \text{ MPa}$ (ulir)

Data sekunder adalah data pendukung yang digunakan selama proses penelitian dan pembuatan laporan akhir ini. Data sekunder ini tidak diperoleh langsung dari lapangan pada saat pengamatan atau observasi. Yang terdiri dari data sekunder antara lain, nilai *safety factor*, kecepatan rembesan air, total rembesan, kebutuhan pompa, dan metode yang efektif untuk menentukan *dewatering* di area *basement*.

Pemilihan metode pengumpulan data merupakan langkah selanjutnya setelah memperoleh data yang diperlukan, antara lain :

- Observasi

Adalah pengumpulan data menggunakan metode dengan cara survei atau pengamatan secara langsung di tempat observasi ataupun lokasi pada lapangan yang ingin diobservasi.

- Studi Pustaka

Adalah pengumpulan data melalui perpustakaan atau instansi terkait dengan menggunakan data hasil penelitian, investigasi, uji laboratorium, pedoman, dan bahan referensi di gedung perencanaan.

3.2.1 Data Tanah

Data hasil pengujian tanah digunakan sebagai acuan rencana pembangunan gedung Laboratorium Klinik Pramita Semarang. Pelaksanaan uji tanah pada proyek dilakukan sebanyak 3 titik sondir kapasitas 2,5 ton (ASTM D-3441) yang telah ditentukan oleh pihak perencana. Dan pengujian penetrasi standar (SPT) dengan interval kedalaman 2 m yang dilakukan dengan *automatic trip hammer*.

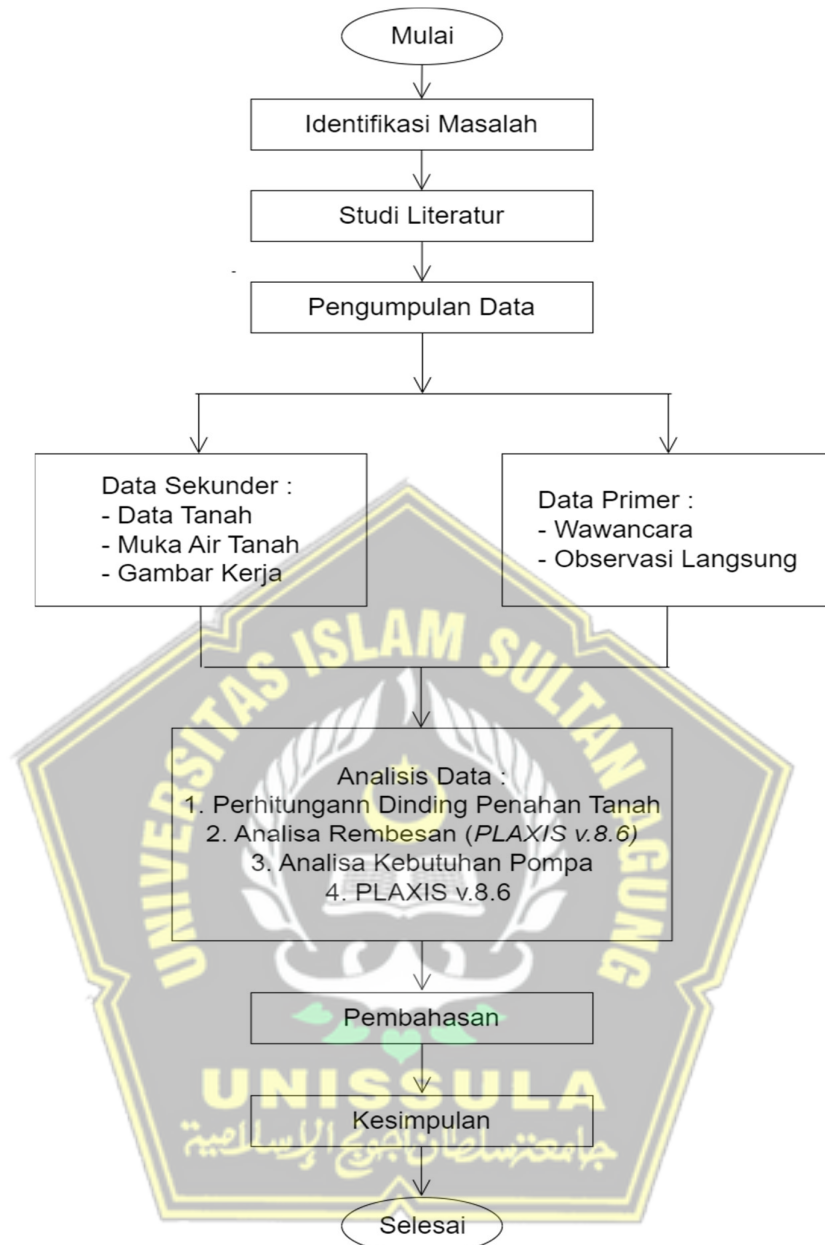
Sedangkan untuk pengujian di laboratorium yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Kadar air (*moisture content*), ASTM D-2216.
- b. Batas-batas Atterberg (*plastic limit & liquid limit*), ASTM D-4318.
- c. Berat jenis (*specific gravity*), ASTM D-854.
- d. Berat isi (*unit weight*), ASTM D-2937.
- e. Analisa ayakan dan hidrometer (*grain size distribution & hydrometer*), ASTM D-421 & D-422.
- f. Kuat geser tanah dalam kondisi tegangan total, meliputi uji direct shear (ASTM D-3080) dan Triaxial-UU (ASTM D-2850), sedangkan kuat geser tanah dalam kondisi tegangan efektif dilakukan dengan uji Triaxial-CU (ASTM D-4767).
- g. Konsolidasi (*consolidation*), ASTM D-2435.

3.3 Analisis Data

Untuk menganalisis data yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

- a. Untuk menentukan tujuan awal yaitu menganalisa rembesan dan *dewatering* pada dinding *basement* dengan mendesain dinding penahan tanah jenis *soldier pile*, menentukan angka keamanan (*safety factor*) dan menghitung kecepatan rembesan air (*flow field*) menggunakan bantuan *software PLAXIS v.8.6*.
- b. Menghitung tekanan tanah lateral dalam keadaan aktif pada persamaan rumus (2,1) dan dalam keadaan pasif pada persamaan rumus (2,3).
- c. Menghitung momen pada persamaan rumus (2,5).
- d. Menghitung factor keamanan terhadap keruntuhan blok menurut Bowles pada persamaan rumus (2,7).
- e. Kemudian menghitung debit air pada persamaan rumus (2,8).
- f. Menganalisa *dewatering* yang efektif yaitu menggunakan metode *open pumping*.



Gambar 3.1 Diagram Alir Analisis Rembesan dan *Dewatering* pada Dinding Basement

3.4 Analisa Perhitungan Dinding Penahan Tanah

Perhitungan ini dimulai dengan membuat rencana struktur dinding penahan tanah, berupa bentuk, ketinggian dinding, lebar telapak, dan kemudian mendapatkan nilai hasil angka keamanan (*safety factor*). Menurut Coduto (2001), dinding penahan tanah adalah struktur yang dibuat untuk menjaga dan menstabilkan dua elevasi tanah yang berbeda. Bangunan berupa struktur dinding penahan tanah digunakan

sebagai struktur penahan terhadap tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil.

Untuk menganalisa dinding penahan tanah yaitu menghitung tekanan tanah lateral dalam keadaan aktif pada persamaan rumus (2,1) dan dalam keadaan pasif pada persamaan rumus (2,3), menghitung momen pada persamaan rumus (2,5), menghitung factor keamanan terhadap keruntuhan blok menurut Bowles pada persamaan (2,7).

3.5 Analisis dengan *Software PLAXIS v.8.6*

Penggunaan *PLAXIS* dimaksudkan sebagai alat untuk mengetahui stabilitas dan deformasi dua dimensi dalam rekayasa geoteknik. Model konstruktif tingkat lanjut ini biasanya diperlukan pada *software* geoteknik untuk mensimulasikan perilaku tanah dan batuan yang non-linier, bergantung pada waktu serta anisotropik. Selain itu, teknik prosedur diperlukan untuk menganalisa tekanan hidrostatik dan non-hidrostatik dalam tanah karena tanah adalah material multi-fase.

3.5.1 Prosedur Analisa *Software PLAXIS v.8.6*

Perencanaan desain pada struktur pondasi dimodelkan dengan bentuk 2D yang ditampilkan dengan *software PLAXIS v.8.6*. Perencanaan struktur dinding penahan tipe *soldier pile* tanah pada *basement* dan angka keamanan (*safety factor*) diperhitungkan dari aspek kedalaman galian, dan jenis tanah. Parameter yang digunakan parameter *soil*, *soldier pile*, dan *dewatering* yang sangat berpengaruh terhadap hasil.

3.5.2 Penentuan Input *Software PLAXIS v.8.6*

Input data yang digunakan pada permodelan *PLAXIS v.8.6*, antara lain:

1. Stratigrafi tanah, merupakan suatu penggambaran penampang melintang tanah yang mengacu pada kedalaman tanah pada uji data *bored log* pada lokasi tersebut.
2. Percepatan gravitasi yang digunakan $9,8 \text{ m/s}^2$.
3. Satuan, dalam analisis dinamik menggunakan satuan waktu atau umumnya detik, dan satuan panjang menggunakan satuan meter, penggunaan satuan gaya menggunakan satuan kN.

3.5.3 Output Software PLAXIS v.8.6

Hasil analisis *software PLAXIS v 8.6* yang dihasilkan antara lain :

1. Menampilkan hasil permodelan dinding penahan tanah jenis *soldier pile*.
2. Menampilkan hasil angka keamanan atau nilai *safety factor*.
3. Menampilkan hasil angka kecepatan rembesan air (*flow field*).

3.6 Analisa Rembesan (Seepage)

Untuk analisa kecepatan air rembesan dihitung menggunakan bantuan *software PLAXIS v.8.6*. Ketika air rembesan naik di atas permukaan tanah atau ketika air hujan masuk ke area penggalian *basement* dan mengganggu pekerjaan, dilakukan dewatering. Selain itu, persamaan tersebut dapat digunakan untuk menentukan total rembesan air ke dalam area penggalian. (2,8).

3.7 Analisa Metode Dewatering

Pada pekerjaan galian *basement* permasalahan yang sering terjadi yaitu adanya air tanah. Oleh karena itu, pekerjaan pengurusan harus disiapkan sebelum penggalian ruang bawah tanah untuk mencegah air tanah mengganggu pelaksanaan ruang bawah tanah. Hal ini, harus diperhitungkan jika tanahnya lunak atau memiliki pasir lepas dalam kondisi air tanah yang tinggi..

Masalah yang terjadi pada proses *dewatering* dapat ditinjau dari 2 permasalahan, yaitu:

1. Pengeringan permukaan lapangan kerja, contohnya air banjir atau air hujan yang masuk ke area galian.
2. Dinding dan permukaan *basement* dapat merembeskan air ke dalam area galian, yang dapat mengganggu proses konstruksi *basement*.

Pekerjaan *dewatering* ini dilakukan setelah mengetahui analisis rembesan yang menggunakan alat bantu *software PLAXIS v.8.6* dengan mengetahui nilai rembesan air (*flow field*) yang nantinya sebagai acuan untuk menentukan jenis metode.

Dalam analisa ini menggunakan metode *dewatering open pumping*. Metode ini lebih murah daripada metode *predrainage*, tidak perlu bor, dan pekerjaan penempatan pipa hanya dilakukan di lubang penampungan air, sehingga mengurangi waktu pengerjaan dan efek *dewatering* pada sumur di sekitar area

proyek. Saat memilih pompa untuk pekerjaan *dewatering*, kapasitas hisap, dan kemampuan untuk memompa air dari sumber (total head) atau dasar galian harus dipertimbangkan.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Tahap analisis meliputi analisa data yang didapat dari hasil pengolahan data pada Proyek Pembangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang, yang digunakan sebagai sarana untuk mengolah data sekunder dan data primer dengan bantuan *software* PLAXIS 2D v.8.6 yang kemudian hasilnya dianalisa untuk mengetahui tekanan air pori, debit yang akan dipompa, metode *dewatering* yang efektif, nilai *safety factor*, penurunan tanah dan bidang momen beserta gambarnya.

4.2 Data Tanah

4.2.1 Laporan Penyelidikan Tanah

Pengumpulan data penyelidikan tanah ini dipakai guna mengetahui jenis tanah pada setiap kedalaman beserta nilai N-SPT nya. Berdasarkan data-data yang diperoleh dari penyelidikan tanah di lapangan secara umum kondisi tanah seperti berikut:

Tabel 4.1 Profil Tanah DB-1

DB-1			
No	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N-SPT
1	0,00-1,00	Lempung Kelanauan	7
2	1,00-3,00	Lempung Kelanauan	1
3	3,00-5,00	Pasir	4
4	5,00-7,00	Pasir	5
5	7,00-9,00	Pasir	4
6	9,00-11,00	Pasir	4
7	11,00-13,00	Pasir	8
8	13,00-15,00	Lempung Kelanauan	2
9	15,00-17,00	Lempung Kelanauan	14
10	17,00-19,00	Lempung Kelanauan	18
11	19,00-21,00	Lempung Kelanauan	14
12	21,00-23,00	Lempung Kelanauan	18
13	23,00-25,00	Lempung Kelanauan	50
14	25,00-27,00	Lempung Kelanauan	38
15	27,00-30,00	Lempung Kelanauan	29

(Sumber: *Data Tanah Proyek*, 2020)

4.2.2 Penentuan Kategori Tanah

Penentuan dengan menggunakan data yang ada, maka dapat dikategorikan tanah pada lokasi proyek merupakan tanah lunak. Hal ini diperoleh dari parameter rata-rata N-SPT (bpf), dimana hasil tersebut seperti pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata N-SPT (bpf)

Data Bor	Σt_i	N-SPT (bpf) $\Sigma (t_i/N_i)$	Rerata	Klasifikasi Situs Berdasarkan SNI 1726:2012
DB-1	30	6,11	4,91	Tanah lunak (S_E)

(Sumber: Data Tanah Proyek, 2020)

Untuk menentukan jenis kepadatan tanah atau konsistensi tanah pada setiap interval ± 2 meter yang dinyatakan dalam nilai N-SPT atau dari hasil pengujian *Standart Penetration Test* (SPT) dapat menggunakan hubungan antara nilai N-SPT dengan tingkat kepadatan tanah yang diusulkan Terzghi and Peck (1948), lihatlah Tabel 4.3 berikut ini.

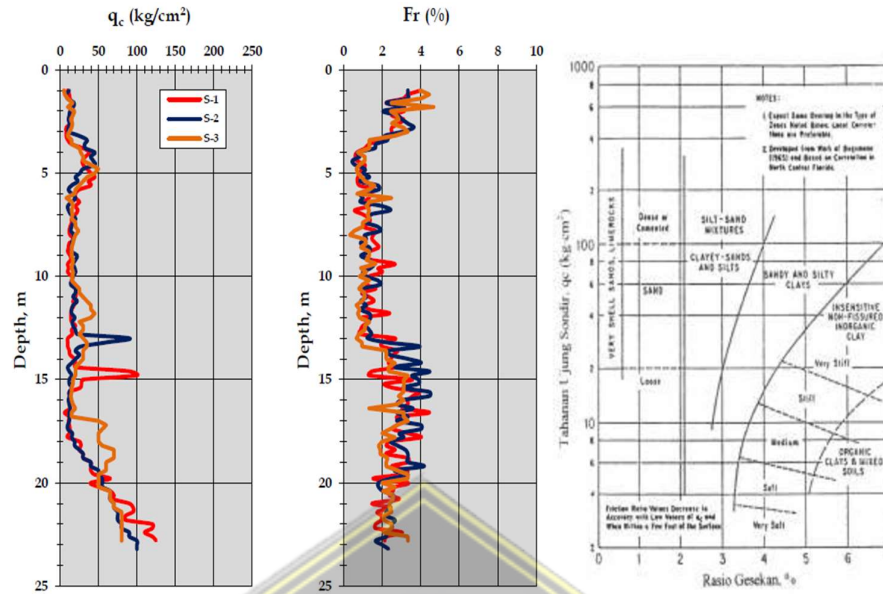
Tabel 4.3 Hubungan antara N-SPT dengan Tingkat Kepadatan Tanah

No	Tanah Berbutir Kasar		Tanah Berbutir Kasar	
	NSPT (<i>blows/ft</i>)	Kepadatan	NSPT (<i>blows/ft</i>)	Kepadatan
1	< 4	Amat lepas	< 2	Sangat lunak
2	4 – 10	Lepas	2 – 4	Lunak
3	10 – 30	Agak Padat	4 – 8	Sedang
4	30 – 50	Padat	8 – 15	Kaku
5	> 50	Amat padat	15 – 30	Amat kaku
6	-	-	> 30	Keras

(Sumber: Data Tanah Proyek, 2020)

4.2.3 Hasil Penyelidikan Tanah

4.2.3.1 Sondir Mekanis. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kedalaman lapisan penopang dan daya dukung tanah pada setiap lapisan. Hasil dari pengujian tanah ini menghasilkan parameter-parameter tanah yaitu tahanan konus (q_c , kg/cm²), dan nilai rasio gesekan (F_s , %). Parameter N-SPT, c , ϕ , γ_{wet} , γ_{dry} , dan γ_{sat} merupakan parameter yang berguna dalam perencanaan konstruksi. Di bawah ini hasil dari pengujian sondir mekanis dalam bentuk grafik tahanan konus (q_c), dan nilai rasio gesekan (F_s) dengan kedalaman (m) beserta klasifikasi tanah berdasarkan chart Schmertmann (1978) seperti Gambar 4.1 berikut:



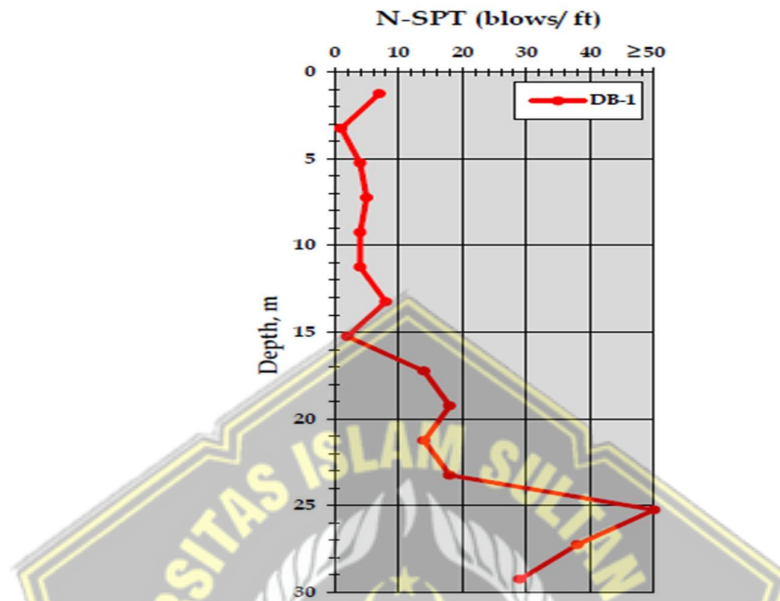
Gambar 4.1 Hasil Pengujian Sondir Grafik *Schmertmann* (1978)

Berdasarkan gambar di atas menunjukkan bahwa hubungan antara tahanan ujung konus (q_c) dan rasio gesekan (F_s) dengan konsidi lapisan di bawah urugan adalah lapisan lempung berlanau yang mengandung pasir, lunak hingga sedang, hingga kedalaman ± 3 meter. Pada kedalaman ± 14 meter berupa lapisan sangat lepas hingga lepas, lapisan berikutnya lapisan lempung berlanau sedang hingga sangat kaku sampai berakhir hingga kedalaman penetrasi sondir 23,20 m.

4.2.3.2 Pengeboran dan SPT. Pada pengujian ini dilakukan 1 titik pengeboran dengan kedalaman 30 meter dilaksanakan dengan 1 unit mesin bor *system* putaran YBM IWA-1 dengan pompa lumpur SC-45 dilengkapi diesel penggerak. Pengambilan sampel tanah dilakukan hanya menggunakan satu tabung *inti* (STCB : *Single Tube Core Barrel*) memiliki diameter luar 79 mm dan ujung bit logam *tungsten carbide*. Agar tidak terjadi kelongsoran pada dinding-dinding lubang pengeboran dipasang *casing* berdiameter 89 mm. Hasil tersebut disusun dalam kotak pemboran (*core box*) untuk mengetahui susunan dan jenis lapisan tanah.

Profil tanah yang didapatkan dari pengujian SPT terhadap kedalaman setiap lapisan tanah disajikan dalam grafik Gambar 4.2 di bawah ini. Hasil pengeboran hampir sama dengan pengujian sondir, dimana lapisan tanah di bawah urugan berupa lapisan lempung berlanau berkonsistensi sedang hingga ± 3 meter, dilanjutkan dengan lapisan pasir mengandung lanau dengan kepadatan sangat lepas

hingga lepas, sampai di kedalaman $\pm 13,5$ meter. Di bawah lapisan tersebut merupakan lapisan lempung berlanau berkonsistensi lunak hingga keras sampai kedalaman akhir pengeboran 30 meter.



Gambar 4.2 Nilai SPT dengan Kedalaman (m) (Data Tanah Proyek, 2020)

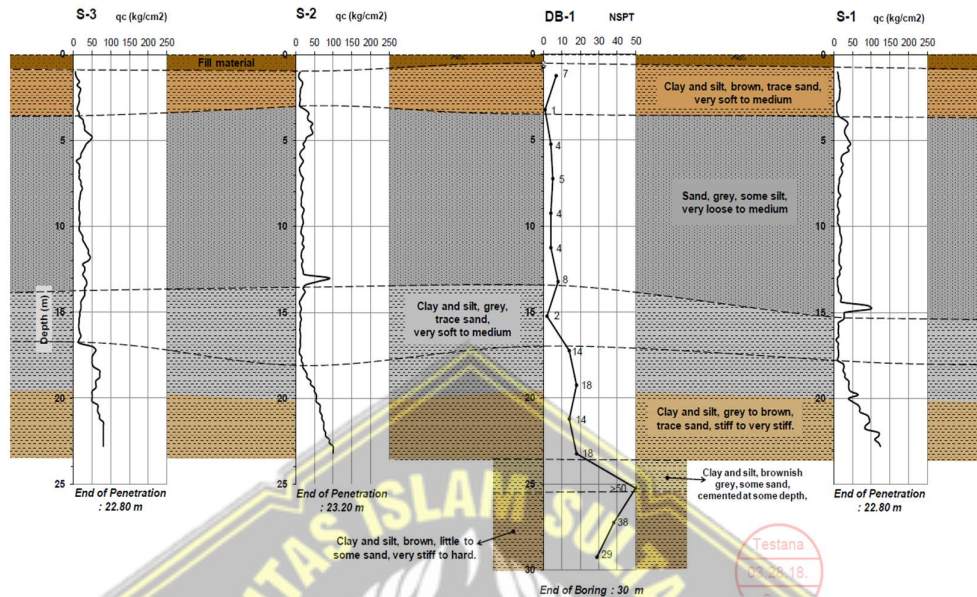
4.2.4 Muka Air Tanah

Pengamatan dilakukan secara berkala, muka air tanah terdeteksi pada masing-masing pengeboran yang banyak terjadi pada permukaan tanah eksisting. Hasilnya pada kedalaman ± 1 meter. Tidak menutup kemungkinan muka air yang tercatat pada lubang bor masih bercampur dengan air bilas pengeboran. Pengujian lebih spesifik (pencatatan dalam waktu yang cukup lama sampai berganti musim) dilakukan dengan pemasangan sumur observasi dan beberapa *piezometer* untuk memastikan kedalaman muka air tanah. Fluktuasi muka air tanah perlu diperhatikan terutama pada pembuatan konstruksi *basement* pada sebuah proyek. Untuk mendapatkan parameter *transmissibility* serta besarnya debit air yang ada pada proyek konstruksi hingga dibutuhkan pengujian *pumping test*.

4.2.5 Profil Irisan Tanah

Untuk mempermudah mempelajari kondisi lapisan tanah pada lokasi Proyek Laboratorium Klinik Pramita Semarang, maka diberikan profil irisan tanah seperti

Gambar 4.3 yang didasarkan oleh hasil penyelidikan tanah di lapangan meliputi 3 titik sondir dan 1 titik bor dalam.

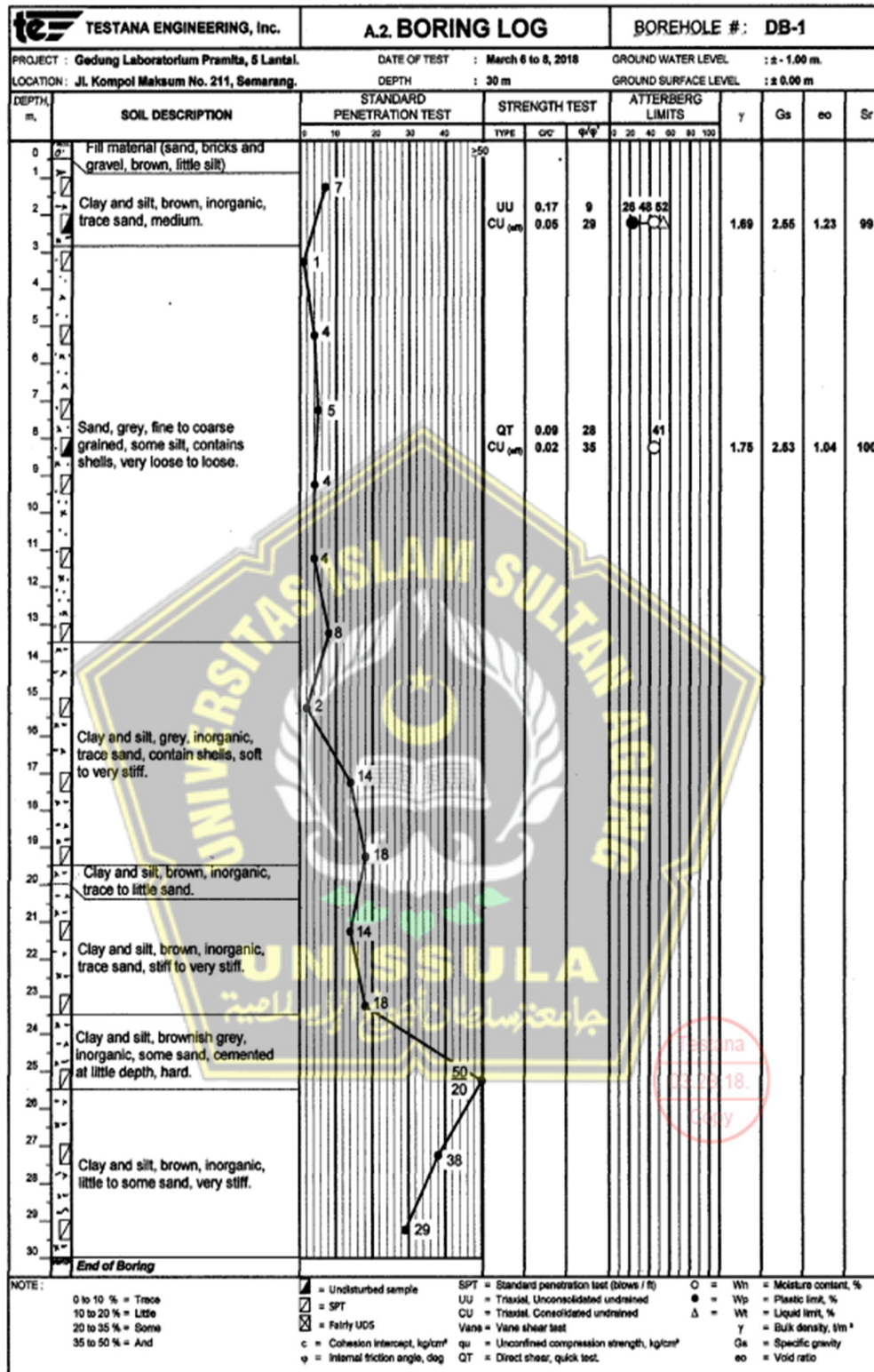


Gambar 4.3 Potongan Profil Irisan Tanah (Data Tanah Proyek, 2020)

Berdasarkan gambar di atas menunjukkan bahwa profil irisan tanah setiap kedalaman yaitu pada kedalaman 0,5 meter merupakan tanah asli (pasir, batuan, kerikil, dan sedikit lumpur), kedalaman 0,5 meter sampai 13,5 meter adalah tanah berpasir kategori agak kelanauan dari sangat lepas hingga lepas, kedalaman 13,5 meter sampai 19,5 meter merupakan tanah lempung kelanauan kategori sangat lunak hingga sedang, yang terakhir 19,5 meter sampai *end of boring* yaitu 30 meter merupakan tanah lempung kelanauan kategori sangat kaku hingga kaku.

4.2.6 Pengujian Laboratorium

Setelah dilakukan pengeboran di lapangan, selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium untuk mendapatkan parameter-parameter fisik tanah maupun mekanis tanah. Hasil-hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Data Bore Log (Data Tanah Proyek, 2020)

Berdasarkan pada Gambar 4.4 dapat dideskripsi lebih detail untuk parameter-parameter tanah pada pengeboran DB-1 dapat dilihat pada Tabel 4.4 antara lain:

Tabel 4.4 Deskripsi Tanah DB-1

Kedalaman (m)	Keterangan
0,00-1,00	Pada elevasi 0,00 m sampai 1,00 m berupa lempung kelanauan, kerikil, berwarna coklat dan sedikit lumpur. Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 7 blows.
1,00-3,00	Pada elevasi 0,50 m sampai 3,00 m berupa lempung ke lanauan, berwarna coklat, sedikit berpasir. Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 1 blows.
3,00-5,00	Pada elevasi 3,00 m sampai 5,00 m berupa pasir, berwarna abu-abu, berbutir halus, sedikit lanau, ikatan tanah sangat lepas. Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 4 blows.
5,00-7,00	Pada elevasi 5,00 m sampai 7,00 m berupa pasir, berwarna abu-abu, berbutir halus, sedikit lanau, ikatan tanah sangat lepas. Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 5 blows.
7,00-9,00	Pada elevasi 7,00 m sampai 9,00 m berupa pasir, berwarna abu-abu, berbutir halus, sedikit lanau, ikatan tanah sangat lepas. Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 4 blows.
9,00-11,00	Pada elevasi 9,00 m sampai 11,00 m berupa pasir, berwarna abu-abu, berbutir halus, sedikit lanau, ikatan tanah sangat lepas. Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 4 blows.
11,00-13,00	Pada elevasi 11,00 m sampai 13,00 m berupa pasir, berwarna abu-abu, berbutir halus, sedikit lanau, ikatan tanah sangat lepas. Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 8 blows.
13,00-15,00	Pada elevasi 13,00 m sampai 15,00 m berupa lempung kelanauan, berwarna abu-abu, mengandung pasir halus, dengan konsistensi <i>soft to very stiff</i> (lunak hingga sangat teguh). Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 8 blows.
15,00-17,00	Pada elevasi 15,00 m sampai 17,00 m berupa lempung kelanauan, berwarna abu-abu, mengandung pasir halus, dengan konsistensi <i>soft to very stiff</i> (lunak hingga sangat teguh). Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 2 blows.
17,00-19,00	Pada elevasi 17,00 m sampai 19,00 m berupa lempung kelanauan, berwarna abu-abu, mengandung pasir halus, dengan konsistensi <i>soft to very stiff</i> (lunak hingga sangat teguh). Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 14 blows.
19,00-21,00	Pada elevasi 19,00 m sampai 21,00 m berupa lempung ke lanauan, berwarna coklat, dan sedikit berpasir. Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 18 blows.
21,00-23,00	Pada elevasi 21,00 m sampai 23,00 m berupa lempung kelanauan, berwarna coklat, sedikit pasir, dengan konsistensi <i>stiff to very stiff</i> (teguh hingga sangat teguh). Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 18 blows.

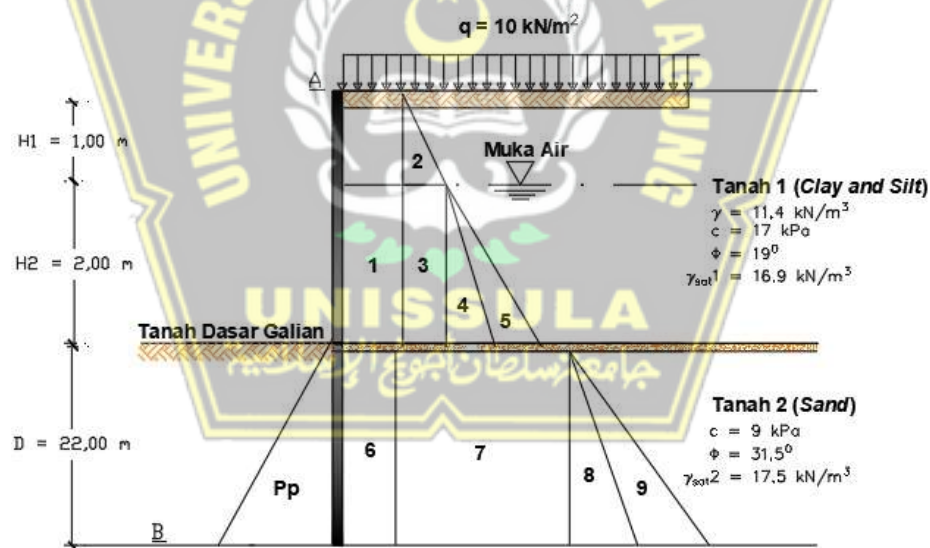
23,00-25,00	Pada elevasi 23,00 m sampai 25,00 m berupa lempung kelanauan, berwarna abu-abu kecoklat, sedikit pasir, dengan konsistensi <i>hard</i> (keras). Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 50 blows.
25,00-27,00	Pada elevasi 25,00 m sampai 27,00 m berupa lempung kelanauan, berwarna coklat, sedikit pasir, dengan konsistensi <i>very stiff</i> (sangat kaku). Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 38 blows.
27,00-30,00	Pada elevasi 27,00 m sampai 30,00 m berupa lempung kelanauan, berwarna coklat, sedikit pasir, dengan konsistensi <i>very stiff</i> (sangat kaku). Lapisan ini mempunyai nilai pukulan N-SPTnya 29 blows.

(Sumber: *Data Tanah Proyek*, 2020)

4.3 Analisa Perhitungan Dinding Penahan Tanah

4.3.1 Perhitungan Manual

Pada proyek gedung Laboratorium Klinik Pramita Semarang menggunakan dinding penahan tanah dengan struktur *soldier pile* dengan lapisan tanah dan parameternya seperti gambar berikut :



Gambar 4.5 Dimensi Tanah

Diketahui data tanah berikut:

$$q = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$H1 = 1 \text{ m}$$

$$H2 = 2 \text{ m}$$

$$H_{\text{tot}} = 3 \text{ m}$$

$$D = 22 \text{ m}$$

Tanah 1 (*Clay and Silt*)

- Berat isi tanah (γ_1) = 11,4 kN/m³
- γ_{sat1} = 16,9 kN/m³
- Sudut geser (ϕ) = 19,00°
- Kohesi (c_1) = 17 kPa
- Berat isi beton (γ_b) = 24,00 kN/m³

Tanah 2 (*Sand*)

- γ_{sat2} = 17,5 kN/m³
- Sudut geser (ϕ) = 31,5°
- Kohesi (c_2) = 9 kPa

Dari data tersebut, maka perhitungannya sebagai berikut:

4.3.1.1 Perhitungan Koefisien Tekanan Tanah

a. Koefisien Tekanan Tanah Aktif

$$\begin{aligned} K_{a1} &= \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45 - \frac{19}{2} \right) \\ &= \tan^2 (40,5) = 0,73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{a2} &= \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45 - \frac{31,5}{2} \right) \\ &= \tan^2 (29,25) = 0,31 \end{aligned}$$

b. Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned} K_{p1} &= \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45 + \frac{19}{2} \right) \\ &= \tan^2 (49,5) = 1,371 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{p2} &= \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45 + \frac{31,5}{2} \right) \\ &= \tan^2 (60,75) = 3,19 \end{aligned}$$

4.3.1.2 Perhitungan untuk Tekanan Tanah

Tabel 4.5 Perhitungan Tekanan Tanah Terhadap Titik A

BIDANG	RUMUS		HASIL
1	$Ka_1 \times q \times (H_1 + H_2)$	$0,73 \times 10 \times (1 + 2)$	15,26
2	$\frac{1}{2} \times Ka_1 \times \gamma_1 \times (H_1)^2$	$\frac{1}{2} \times 0,73 \times 11,4 \times (1)^2$	2,90
3	$Ka_1 \times \gamma_1 \times (H_2)$	$0,73 \times 16,9 \times (2)$	17,20
4	$\frac{1}{2} \times Ka_1 \times (\gamma_{sat1} - \gamma_w) \times (H_2)^2$	$\frac{1}{2} \times 0,73 \times (16,9 - 10) \times 2^2$	7,02
5	$\frac{1}{2} \times \gamma_w \times (H_2)^2$	$\frac{1}{2} \times 10 \times 2^2$	20,00
6	$Ka_2 \times q \times D$	$0,31 \times 10 \times 22$	69,00
7	$[(H_1 \times \gamma_1) + (H_2 \times \gamma_{sat1})] \times Ka_2 \times D$	$[(1 \times 11,4) + (2 \times 16,9)] \times 0,31 \times 22$	311,87
8	$\frac{1}{2} \times D^2 \times (\gamma_{sat2} - \gamma_w) \times Ka_2$	$\frac{1}{2} \times 22^2 \times (17,5 - 10) \times 0,31$	569,24
9	$\frac{1}{2} \times D^2 \times (\gamma_w)$	$\frac{1}{2} \times 22^2 \times 10$	2420,00
Pp	$\frac{1}{2} \times D^2 \times (\gamma_{sat2} - \gamma_w) \times Kp_2$	$\frac{1}{2} \times 22^2 \times (17,5 - 10) \times 3,19$	5787,07

4.3.1.3 Perhitungan Jarak Lengan Momen Terhadap Titik A

Tabel 4.6 Perhitungan Jarak Lengan Momen Terhadap Titik A

JARAK	RUMUS		HASIL (m)
l_1	$\frac{1}{2} \times (H_1 + H_2)$	$\frac{1}{2} \times (1 + 2)$	1,50
l_2	$\frac{2}{3} \times H_1$	$\frac{2}{3} \times 1$	0,67
l_3	$\frac{1}{2} \times (H_1 + H_2)$	$\frac{1}{2} \times (1 + 2)$	1,50
l_4	$\frac{2}{3} \times (H_1 + H_2)$	$\frac{2}{3} \times (1 + 2)$	2
l_5	$\frac{2}{3} \times (H_1 + H_2)$	$\frac{2}{3} \times (1 + 2)$	2
l_6	$\frac{1}{2} \times D + H_1 + H_2$	$\frac{1}{2} \times D + 1 + 2$	12,50
l_7	$\frac{1}{2} \times D + H_1 + H_2$	$\frac{1}{2} \times D + 1 + 2$	12,50
l_8	$\frac{2}{3} \times D + H_1 + H_2$	$\frac{2}{3} \times D + 1 + 2$	16,67
l_9	$\frac{2}{3} \times D + H_1 + H_2$	$\frac{2}{3} \times D + 1 + 2$	16,67
l_p	$\frac{2}{3} \times D + H_1 + H_2$	$\frac{2}{3} \times D + 1 + 2$	16,67

4.3.1.4 Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Aktif

Tabel 4.7 Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Aktif

NO	Pa (kN)	Jarak (m)	Momen (kN.m)
1	15,26	1,50	22,90
2	2,90	0,67	1,93
3	17,20	1,50	25,80
	7,02	2,00	14,04
5	20,00	2,00	40,00
6	69,00	12,50	862,48
7	311,87	12,50	3898,42
8	569,24	16,67	9487,31
9	2420,00	16,67	40333,33
ΣPa	3432,49	ΣMa	54686,22

4.3.1.5 Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Pasif

Tabel 4.8 Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Pasif

NO	Pp (kN)	Jarak (m)	Momen (kN.m)
1	5787,07	16,67	96451,19
ΣPp	5787,07	ΣMp	96451,2

4.3.1.6 Menghitung Momen Maksimum

$$\Sigma M_{total} = \Sigma M_{aktif} - \Sigma M_{pasif}$$

$$= 54686,22 - 96451,2 = 41764,97$$

Digunakan *soldier pile* material beton dengan profil Larsen dengan $\sigma_t = 210000 \text{ kN}$

$$W = \frac{M_{total}}{\sigma_t} = \frac{41764,97}{210000} = 0,002 \text{ m}^3 = 1989 \text{ cm}^3$$

4.3.1.7 Profil Larssen

Tabel 4.9 Tabel Profil Larssen

Profil	Wt cm ³	Weight kg/linear metres	Width mm	Height mm	Web thickness mm	Back thickness mm	Weight kg/m ³
			(D)	(H)	(S)	(T)	
LARSEN 703	1210	67.5	700	400	8	9.5	96.5
LARSEN 703 K	1300	72.1	700	400	9	10	103
LARSEN 703 K/10/10	1340	73.6	700	400	10	10	108
LARSEN 704	1600	80.5	700	440	9.5	10.2	115
LARSEN 600	510	56.4	600	150	9.5	9.5	94
LARSEN 600 K	540	59.4	600	150	10	10	99
LARSEN 601	745	46.3	600	310	6.4	7.5	77
LARSEN 602	830	53.4	600	310	8	8.2	89
LARSEN 603	1200	64.8	600	310	8.2	9.7	108
LARSEN 603 K	1240	66.1	600	310	9	10	113
LARSEN 603 K/10/10	1260	69.6	600	310	10	10	116
LARSEN 604	1620	74.5	600	380	9	10.5	124
LARSEN 605	2020	83.5	600	420	9	12.5	139
LARSEN 605 K	2030	86.7	600	420	10	12.2	144
LARSEN 606	2500	94.4	600	435	9.2	15.6	157
LARSEN 606 K	2540	97.5	600	435	10	15.6	162
LARSEN 607	3200	114.4	600	435	9.8	21.5	191
LARSEN 607 K	3220	115.2	600	435	10	21.5	192
LARSEN 607 n	3200	114	600	452	10.6	19.0	190
LARSEN 9330/10	1500	65	600	360	10.0	13.0	130
LARSEN 23	2000	77.5	500	420	10	11.5	155
LARSEN 24	2200	87.3	500	420	10	15.6	175
LARSEN 24/12	2550	92.7	500	420	12	15.6	185
LARSEN 25	3040	103	500	420	11.5	20	206
LARSEN 43	1660	83	500	420	12	12	166
LARSEN 430	6450	83	500	420	12	12	235

Maka dapat menggunakan profil dari table larssen dengan profil 23 dengan $W =$

$$1989 < 2000 \text{ cm}^3$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$h = 420 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$s = 11,5 \text{ m}$$

4.3.1.8 Perhitungan Jarak Lengan Momen Terhadap Titik B

Gaya P dan momen akibat tanah aktif dengan D dan pusat lengan di B

$$D = 22 \text{ m}$$

Tabel 4.10 Perhitungan Jarak Momen Terhadap Titik B

NO	RUMUS		HASIL (m)
l ₁	$\frac{1}{2} \times H1 + H2 + D$	$\frac{1}{2} \times (1 + 2 + 22)$	12,50
l ₂	$\frac{1}{3} \times H1 + H2 + D$	$\frac{1}{3} \times (1 + 2 + 22)$	8,33
l ₃	$\frac{1}{2} \times H2 + D$	$\frac{1}{2} \times 2 + 22$	12,00
l ₄	$\frac{1}{3} \times H2 + D$	$\frac{1}{3} \times 2 + 22$	8,00
l ₅	$\frac{1}{3} \times H2 + D$	$\frac{1}{3} \times 2 + 22$	8,00
l ₆	$\frac{1}{2} \times D$	$\frac{1}{2} \times 22$	11,00
l ₇	$\frac{1}{2} \times D$	$\frac{1}{2} \times 22$	11,00
l ₈	$\frac{1}{3} \times D$	$\frac{1}{3} \times 22$	7,33
l ₉	$\frac{1}{3} \times D$	$\frac{1}{3} \times 22$	7,33

4.3.1.9 Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Aktif B

Tabel 4.11 Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Aktif

NO	Pa (kN)	Jarak (m)	Momen (kN.m)
1	15,26	12,50	190,80
2	2,90	8,33	24,17
3	17,20	12,00	206,36
4	7,02	8,00	56,17
5	20,00	8,00	160,00
6	69,00	11,00	758,98
7	311,87	11,00	3430,61
8	569,24	7,33	4174,42
9	2420,00	7,33	17746,67
Σ Pa	3432,49	Σ Ma	26748,18

4.3.1.10 Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Pasif

Tabel 4.12 Perhitungan Gaya Horizontal & Momen Tanah Pasif

NO	Pp (kN)	Jarak (m)	Momen (kN.m)
1	5787,07	7,33	42438,52
Σ Pp	5787,07	Σ Mp	42438,5

Pada perencanaan ini, diperoleh hasil tekanan tanah dan momen yang terjadi sebagai berikut :

$$\sum Pa = 3432,49 \text{ kN}$$

$$\sum Ma = 26748,18 \text{ kN.m}$$

$$\sum Pp = 5787,07 \text{ kN}$$

$$\sum Mp = 42438,52 \text{ kN.m}$$

4.3.1.11 Cek Sliding

$$SF = \frac{Pp}{Pa}$$

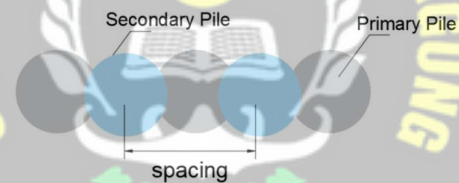
$$SF = \frac{5787,07}{3432,49}$$

$$= 1,69$$

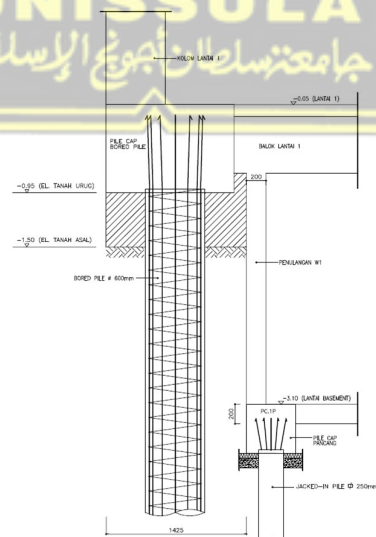
Jadi $SF \ 1,69 > 1,5$ (Dinyatakan AMAN)

4.3.2 Perhitungan *Input Struktur Soldier Pile*

Dalam sebuah perencanaannya untuk mempermudah menggunakan *software* PLAXIS 2D. Sebelum merencanakan menggunakan *software* ada pula perhitungan manual untuk struktur *soldier pile*.



Gambar 4.6 Permodelan *Soldier Pile*



Gambar 4.7 Struktur *Soldier Pile*

Untuk jenis dinding penahan tanah berupa *soldier pile* dengan permukaan pejal maka perlu diubah ke bentuk *plane strain* dapat langsung mengalikan nilai $E_{\text{circle}} \cdot A_{\text{circle}}$ dan $E_{\text{circle}} \cdot I_{\text{circle}}$ lalu masing-masing dibagi dengan jarak *spacing*-nya kemudian dimasukkan pada input parameter PLAXIS 2D.

Diketahui :

- Diameter = 0,6 m
- E = 24000000 Kpa
- γ_{beton} = 24 kN/m³
- Spacing = 1 m

Penyelesaian :

1. Bentuk pejal

$$A_{\text{circle}} = \pi \times d^2 = 3,14 \times 0,6^2 = 1,1304 \text{ m}^2$$

$$I_{\text{circle}} = \frac{1}{64} \times \pi \times d^4 = \frac{1}{64} \times 3,14 \times 0,6^4 = 0,00636 \text{ m}^4$$

2. Konversi ke bentuk persegi

$$s = \sqrt{A_{\text{circle}}} = \sqrt{1,1304} = 1,0632 \text{ m}$$

$$I_{\text{square}} = \frac{1}{12} \times s^4 = \frac{1}{12} \times 1,0632^4 = 0,10648 \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned} E_{\text{square}} &= (E_{\text{circle}} \times I_{\text{circle}}) / I_{\text{square}} \\ &= (24000000 \times 0,00636) / 0,10648 \\ &= 1403264 \text{ Kpa} \end{aligned}$$

3. Konversi ke bentuk *plane strain*

$$h = s, b = 1 \text{ m}$$

$$A_{\text{plane}} = b \times h = 1 \times 1,0632 = 1,0632 \text{ m}$$

$$I_{\text{plane}} = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 1 \times 1,0632^3 = 0,10015 \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned} E_{\text{plane}} &= (E_{\text{square}} \times I_{\text{square}}) / I_{\text{plane}} \\ &= (1403264 \times 0,10648) / 0,10015 \\ &= 1491954 \text{ Kpa} \end{aligned}$$

$$EA = (E_{\text{plane}} \times A_{\text{plane}}) / \text{spacing}$$

$$= (1491954 \times 1,0632) / 1$$

$$= 158600 \text{ kN/m}$$

$$EI = (E_{\text{plane}} \times I_{\text{plane}}) / \text{spacing}$$

$$= (1491954 \times 0,10015) / 1$$

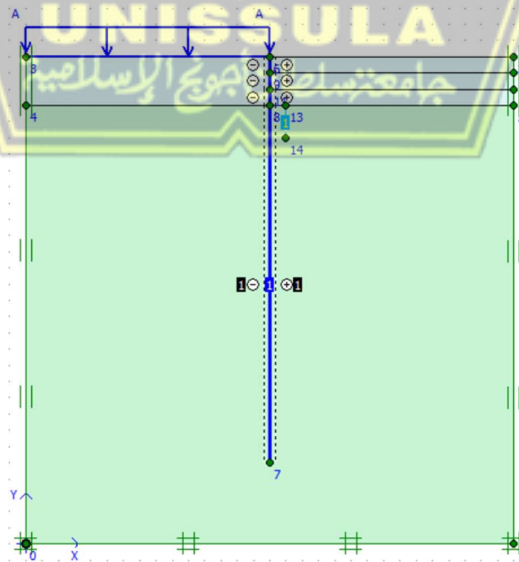
$$= 140542 \text{ kNm}^2/\text{m}$$

4.4 Analisis dengan *Software* PLAXIS v.8.6

Setelah dilakukan perhitungan manual pada dinding penahan tanah jenis *soldier pile*. Selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan *software* PLAXIS v.8.6 untuk menentukan faktor keamanan dan analisis dinding penahan tanah pada konstruksi galian *basement*. Parameter yang digunakan merupakan parameter *soil*, *soldier pile*, dan *dewatering*.

4.4.1 Permodelan PLAXIS 2D v.8.6

Permodelan pertama, pemasangan *soldier pile* atau dinding penahan tanah dengan dimensi rencana galian selebar 12,6 meter dan dalam 3 meter, serta *The traffic load* menurut Jl. H. Fachruddin beban dapat diasumsikan $q = 10 \text{ kN/m}^2$ untuk beban pada permukaan bisa lihat Gambar 4.8 dan pada Gambar 4.9 menjelaskan dimana letak muka air tanah.



Gambar 4.8 Permodelan dengan *Software* PLAXIS v.8.6



4.4.2 Input Data PLAXIS 2D v.8.6

Lapisan/Jenis Tanah (Type)	(Clay and Silt)	(Sand)
Berat volume basah (γ_{sat})	16,9 kN/m ³	17,5 kN/m ³
Berat volume kering (γ_{unsat})	11,4 kN/m ³	12,4 kN/m ³
Permeabilitas arah horizontal (k_x)	0,001	1
Permeabilitas arah vertikal (k_y)	0,001	1
Modulus young (E_{ref})	9000 kN/m ²	50000 kN/m ²
Poisson ratio (μ)	0,35	0,3
Kohesi (c)	17	9
Interface roughness (R_{inter})	1	0,8

Mohr-Coulomb - Clay and Silt

Umum | Parameter | Antarmuka

Kumpulan material

Identifikasi: Clay and Silt

Model material: Mohr-Coulomb

Jenis material: Terdrainase

Sifat umum

γ_{unsat} : 11,400 kN/m³

γ_{sat} : 16,900 kN/m³

Komentar

Permeabilitas

k_x : 1,000E-03 m/hari

k_y : 1,000E-03 m/hari

Tingkat lanjut...

SoilTest Berikutnya OK Batal

Gambar 4.10 *Input Material Clay and Silt*

Mohr-Coulomb - Clay and Silt

Umum | Parameter | Antarmuka

Kekakuan

E_{ref} : 9002,000 kN/m²

ν (nu): 0,350

Alternatif

G_{ref} : 3334,061 kN/m²

E_{oed} : 1,44E+04 kN/m²

Kekuatan

C_{ref} : 17,000 kN/m²

ϕ (phi): 9,000 °

ψ (psi): 5,000 °

Kecepatan

V_s : 53,540 m/dtk

V_p : 111,400 m/dtk

Tingkat lanjut...

SoilTest Berikutnya OK Batal

Gambar 4.11 *Input Parameter Clay and Silt*

Mohr-Coulomb - Clay and Silt

Umum | Parameter | Antarmuka

Kekuatan

☐ Kaku

☒ Manual

R_{inter} : 1,000

Tebal antarmuka sebenarnya

$\delta_{\text{-inter}}$: 0,000

SoilTest Berikutnya OK Batal

Gambar 4.12 *Input Antar Muka Clay and Silt*

Mohr-Coulomb - Sand

Umum | Parameter | Antarmuka

Kumpulan material

Identifikasi: sand

Model material: Mohr-Coulomb

Jenis material: Terdrainase

Sifat umum

γ_{unsat} : 12,400 kN/m³

γ_{sat} : 17,500 kN/m³

Permeabilitas

k_x : 1,000 m/hari

k_y : 1,000 m/hari

Tingkat lanjut...

SoilTest Berikutnya OK Batal

Gambar 4.13 Input Sand

Mohr-Coulomb - Sand

Umum | Parameter | Antarmuka

Kekakuan

E_{ref} : 5,001E+04 kN/m²

ν (nu): 0,300

Alternatif

G_{ref} : 1,924E+04 kN/m²

E_{oed} : 5,723E+04 kN/m²

Kekuatan

c_{ref} : 9,000 kN/m²

ϕ (phi): 31,500 °

ψ (psi): 2,000 °

Kecepatan

V_s : 123,300 m/dtk

V_p : 230,600 m/dtk

Tingkat lanjut...

SoilTest Berikutnya OK Batal

Gambar 4.14 Input Parameter Sand

Mohr-Coulomb - Sand

Umum | Parameter | Antarmuka

Kekuatan

☐ Kaku

☒ Manual

R_{inter} : 0,800

Tebal antarmuka sebenarnya

$\delta_{\text{-inter}}$: 0,000

SoilTest Berikutnya OK Batal

Gambar 4.15 Input Antar Muka Sand

Tabel 4.14 Parameter *Soldier Pile*

<i>Material Type</i>	<i>Soldier Pile</i>
<i>EA</i>	1586000 kN/m
<i>EI</i>	140542 kN/m
<i>D</i>	1,030 m
<i>W</i>	14,6 kN/m
<i>V</i>	0,250

Gambar 4.16 Input *Soldier Pile* dengan *Software PLAXIS v.8.6*

4.4.3 Tahap Perhitungan

Langkah ini merupakan tahapan untuk menghitung hasil analisa pada program PLAXIS 2D v.8.6. Agar mempermudah guna menjelaskannya proses perhitungan berikut tahapan-tahapannya, seperti :

1. *Intial Phase. Default* dari program, sebelum dilakukan penggalian (Fase 0).
2. *Load and Wall (soldier pile)*. Tahapan ini dilakukan sesuai dengan rancangan rencana dengan mengaktifkan *soldier pile*. Mengingat beban di darat, beban lalu lintas di Jl. H. Fachruddin asumsi q dari adalah 10 kN/m². (Fase 1).
3. *Excavation 1 meter*. Tahap kedua perencanaan model galian *basement* meliputi penonaktifan *cluster* paling atas pada area galian dan pelaksanaan galian sedalam satu meter pada tahap pertama. (Fase 2).
4. *Excavation 2 meter*. Tahap kedua perencanaan model galian *basement* adalah penggalian sedalam dua meter dengan menonaktifkan *cluster* di area galian. (Fase 3).

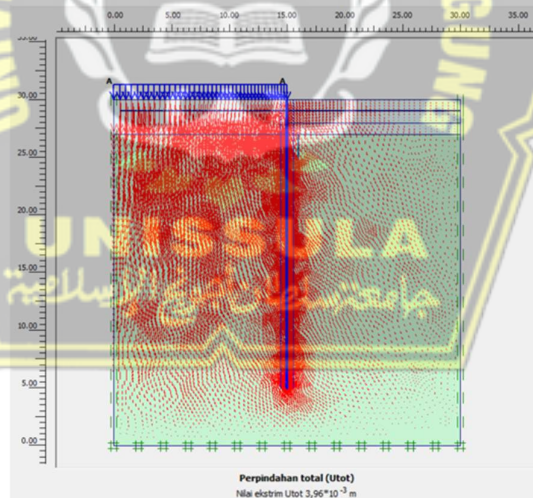
5. *Excavation* 3,0 meter dan *Dewatering*. Tahap ketiga perencanaan model galian *basement* meliputi penonaktifan *cluster* pada area galian dan pelaksanaan galian sedalam 3,0 meter pada tahap kedua dan tahap *dewatering* ini merupakan proses dimana penurunan muka air tanah dari 1 meter dari dasar galian harus di turunkan menjadi 4 meter untuk memudahkan galian *basement* (Fase 4).
6. *Safety Factor*. Nilai keamanan lereng setelah perkuatan dengan *soldier pile* merupakan tahap akhir dari perencanaan model galian *basement*. (Fase 5).

4.4.4 Hasil Perhitungan

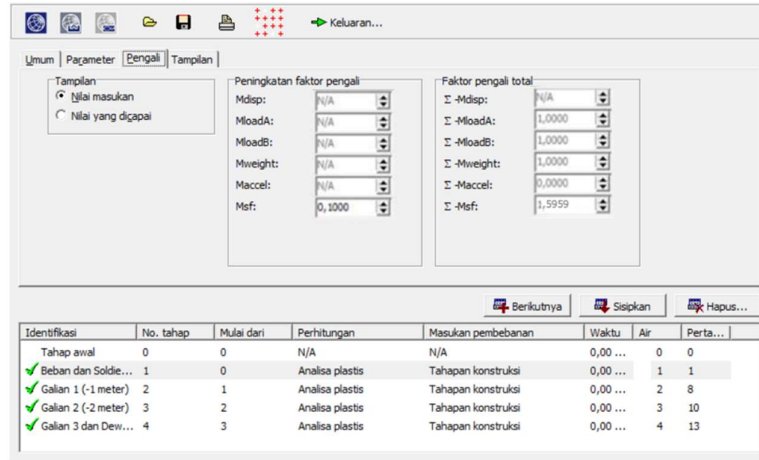
Permodelan ini dilakukan untuk mencoba beberapa alternatif dalam tahapan-tahapan galian. Setelah melakukan permodelan dan analisis tahap perhitungan dilakukan *output* dari hasil permodelan berupa perhitungan tersebut. Hasil perhitungan dengan nilai total penurunan tanah (*displacement*), tekanan air pori berlebih (*excess pore pressure*), dan faktor keamanan (*safety factor*).

1. Pekerjaan konstruksi *soldier pile*

Konstruksi *soldier pile*, mengalami *displacement* atau deformasi sebesar $3,96 \times 10^{-3}$ m dan SF sebesar 1,5959. Lihatlah gambar di bawah ini.



Gambar 4.17 *Displacement* saat Konstruksi *Soldier Pile*

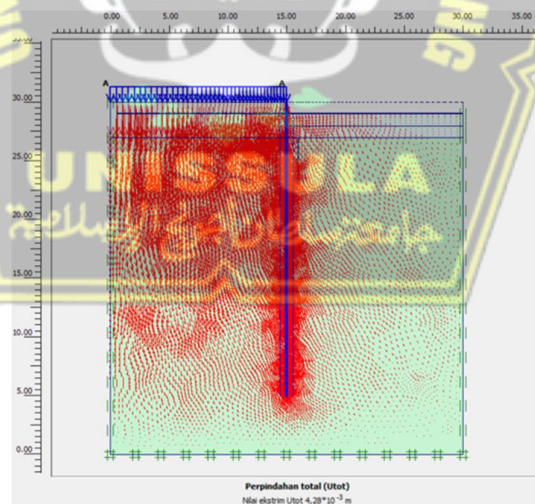


Gambar 4.18 *Safety Factor* Konstruksi *Soldier Pile*

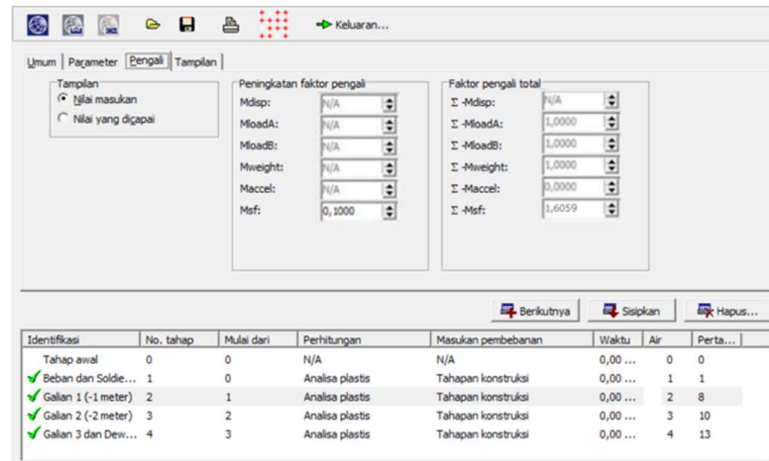
Menurut hasil *running* program PLAXIS pada bidang longsor yang terjadi, mendapatkan nilai untuk *safety factor* sebesar 1,5959. Hal ini, menjelaskan bahwa struktur *soldier pile* aman terhadap kelongsoran.

2. Pekerjaan konstruksi galian -1 meter

Konstruksi galian dilakukan sedalam -1 meter, mengalami *displacement* atau deformasi sebesar $4,28 \times 10^{-3}$ m dan SF sebesar 1,6059. Lihatlah gambar di bawah ini.



Gambar 4.19 *Displacement* saat Konstruksi Galian -1 meter

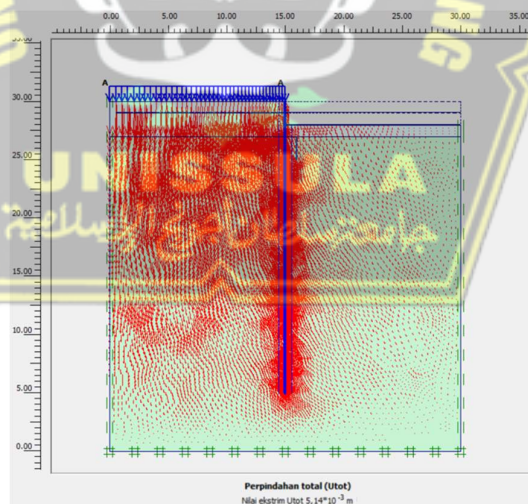


Gambar 4.20 Safety Factor Galian 1 (-1 meter)

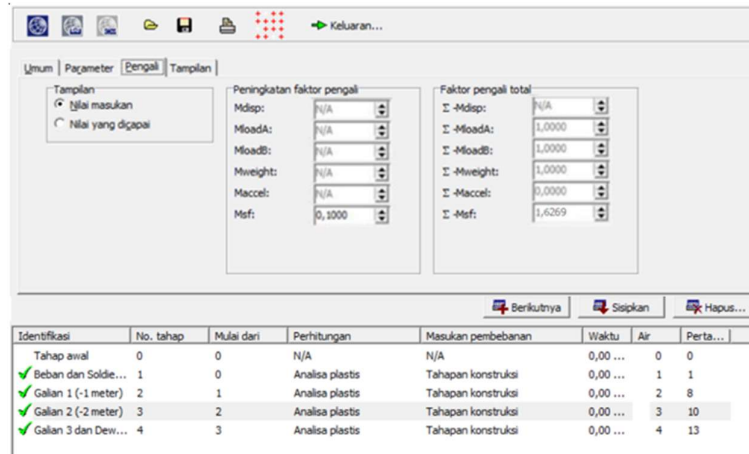
Menurut hasil *running* program PLAXIS pada bidang longsor yang terjadi, mendapatkan nilai untuk *safety factor* sebesar 1,6059. Hal ini, menjelaskan bahwa *soldier pile* aman terhadap kelongsoran.

3. Pekerjaan konstruksi galian -2 meter

Konstruksi galian dilakukan sedalam -2 meter, mengalami *displacement* atau deformasi sebesar $5,14 \times 10^{-3}$ m dan SF sebesar 1,6269. Lihatlah gambar di bawah ini.



Gambar 4.21 Displacement saat Konstruksi Galian -2 meter

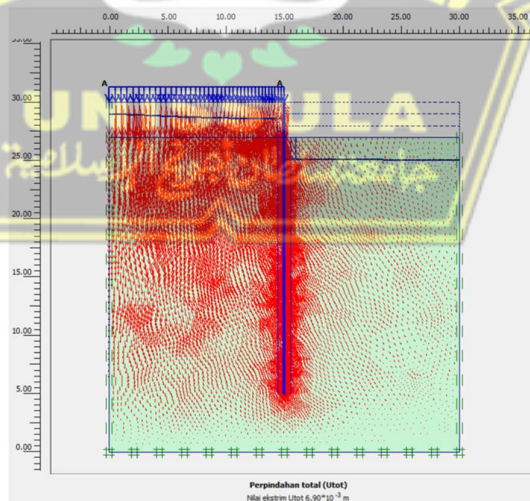


Gambar 4.22 Safety Factor Galian 2 (-2 meter)

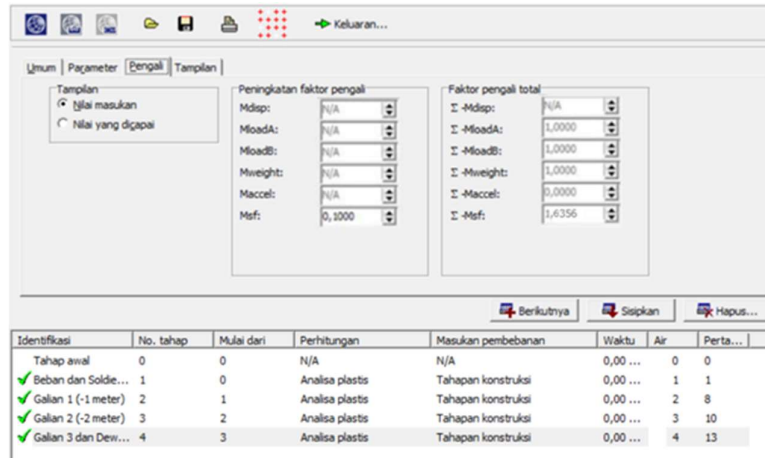
Menurt hasil *running* program PLAXIS pada bidang longsor yang terjadi, didapatkan nilai untuk *safety factor* sebesar 1,6269. Hal ini, menjelaskan bahwa *soldier pile* aman jika terjadi tanah longsor.

4. Pekerjaan galian -3 m , dan *dewatering*

Konstruksi galian dilakukan sedalam -3 meter dan *dewatering*, mengalami *displacement* atau deformasi sebesar $6,90 \times 10^{-3}$ m dan SF sebesar 1,6356. Lihatlah gambar di bawah ini.



Gambar 4.23 Displacement saat Konstruksi Galian -3 meter, dan *Dewatering*



Gambar 4.24 Safety Factor Galian -3 meter, dan *Dewatering*

Menurut hasil *running* program PLAXIS pada bidang longsor yang terjadi, mendapatkan nilai untuk *safety factor* sebesar 1,6356. Hal ini, menjelaskan bahwa *soldier pile* dengan adanya *dewatering* aman terhadap kelongsoran.

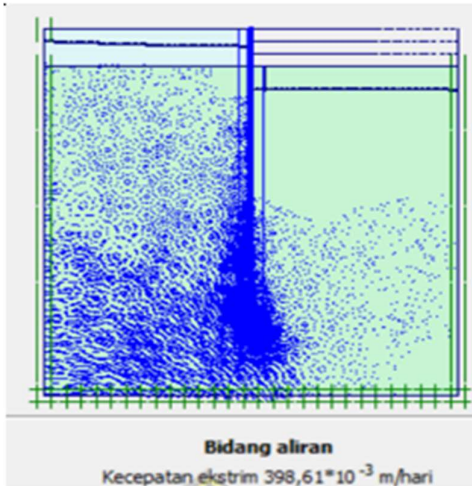
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan (*Output*) Analisis PLAXIS v.8.6

No	Identifikasi	Diplacement (m)	Safety Factor
1	Soldier Pile	$3,96 \times 10^{-3}$	1,5959
2	Galian (1) -1 m	$4,28 \times 10^{-3}$	1,6059
3	Galian (2) -2 m	$5,14 \times 10^{-3}$	1,6269
4	Galian (3) -3 m, dan <i>Dewatering</i>	$6,90 \times 10^{-3}$	1,6356

Hasil analisa perhitungan dinding penahan tanah (*soldier pile*) menggunakan *software* PLAXIS didapatkan nilai keamanan (*safety factor*) sebesar 1,59, sehingga memenuhi syarat yaitu $> 1,5$. Maka dinding penahan tanah termasuk aman untuk digunakan.

4.5 Analisa Rembesan (*Seepage*)

Pekerjaan galian *basement* ini mengalami permasalahan yaitu rembesan air masuk ke area *basement*. Oleh karena itu, pekerjaan konstruksi akan sangat terganggu jika rembesan air tidak dikendalikan. Maka harus diperhitungkan untuk permasalahan rembesan air yang harus dilakukan pekerjaan *dewatering*. Berikut hasil dari perhitungan program PLAXIS tentang kecepatan rembesan air (*flow flied*) yang masuk. Rembesan air (*flow flied*) pada konstruksi *basement*.



Gambar 4.25 Kecepatan Rembesan Air (*flow field*)

Setelah diketahui *flow field* atau kecepatan aliran air, langkah selanjutnya ialah menetapkan metode *dewatering* dan kebutuhan jumlah pompa untuk mengeringkan area *basement*.

Ketika air rembesan telah mencapai permukaan tanah atau air hujan masuk ke area konstruksi galian *basement*, menyebabkan gangguan pekerjaan, dilakukan *dewatering*. Untuk mengetahui total rembesan air yang ada, dapat dirumuskan dengan persamaan di bawah ini :

$$Q = v \cdot A$$

dimana,

Q = debit air

v = kecepatan rembesan

A = luas penampang

Diketahui :

Panjang luas galian = 36,3 meter

Lebar luas galian = 12,6 meter

Tinggi galian = 3 meter

$$v = 398,61 \times 10^{-3} \text{ m/day} = \frac{0,39861 \text{ m/day} \times 86400 \text{ s}}{1000} = 33,722 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 &= 36,3 \text{ m} \times 12,6 \text{ m} \\
 &= 457,38 \text{ m}^2 \\
 &= 4,57 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Ditanya : Q (Debit Air)

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab } &= v \cdot A \\
 &= 33,722 \text{ m}^3/\text{s} \times 4,57 \text{ m}^3 \\
 &= 154,244 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= \frac{154,244}{60} \\
 &= 2,57 \text{ liter/menit}
 \end{aligned}$$

Jadi, Q diperoleh 2,57 liter/menit

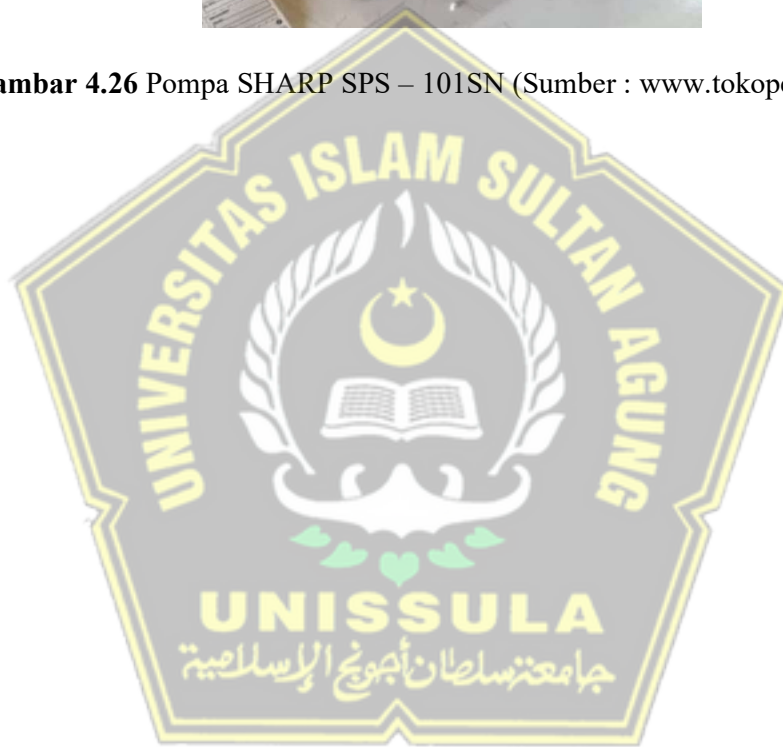
4.6 Analisa Metode *Dewatering*

Langkah setelah mengetahui nilai total rembesan air pada area *basement* maka bisa merencanakan metode apa yang paling efektif dalam pekerjaan *dewatering*. Pekerjaan ini membutuhkan perencanaan kebutuhan pompa yang harus memenuhi kriteria debit air yang keluar atau merembas. Dalam perncangan kali ini menggunakan metode *dewatering* Open Pumping dengan kapasitas minimal pompa 3 liter/menit karena debit rembesan yang keluar sebesar 2,57 liter/menit. Masalah daya hisap pompa dan kemampuan mengalirkan air dari dasar galian atau sumber yang akan dibuang harus menjadi pertimbangan saat memilih pompa.

Untuk jenis pompa yang digunakan pompa dengan Merk SHARP – 101SN yang memiliki kapasitas 10 liter/menit pada saat *head* 9 meter. Sehingga dalam perencanaan *dewatering* ini hanya membutuhkan pompa 1. Maka pompa ini sangat cocok jika digunakan untuk mengeluarkan air yang masih merembas pada *basement*.



Gambar 4.26 Pompa SHARP SPS – 101SN (Sumber : www.tokopedia.com)



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Analisa rembesan dan *dewatering* pada dinding *basement* bangunan Laboratorium Klinik Pramita Semarang dapat diambil kesimpulannya sebagai berikut :

1. Analisis penahan tanah *soldier pile* menggunakan metode Bowles diperoleh nilai keamanan 1,69. Untuk hasil analisis menggunakan *software* PLAXIS v.8.6 didapatkan nilai keamanan 1,59.
2. Analisis hasil debit rembesan dari area *basement* yaitu sebesar 2,57 liter/menit.
3. Penggunaan pompa yang dipakai jenis Merk SHARP – 101SN yang memiliki kemampuan 10 liter/menit pada saat *head* 9 meter.
4. Pekerjaan *dewatering* menggunakan metode *open pumping* karena biaya yang rendah, waktu pelaksanaannya lebih cepat, dan mengurangi dampak lingkungan sekitar proyek, sehingga dapat mewujudkan pembangunan proyek tersebut dengan *green and clean contruction*.

4.2 Saran

Penulis mempunyai beberapa saran, bila dimasa depan dilakukan penelitian yang berikutnya :

1. Dalam perencanaan dinding struktur *basement* menggunakan tipe *soldier pile* perlu adanya data *propertis* tanah secara lengkap dan material yang digunakan.
2. Dalam sebuah perencanaan proyek memiliki tiap-tiap item pekerjaan yang sebaiknya dilakukan perhitungan secara terperinci, data-data lapangan, dan kondisi pada proyek tersebut sangat diperlukan guna mendapatkan hasil yang efektif dan efisien.
3. Di setiap pelaksanaan suatu proyek konstruksi meminimalisir dampak lingkungan merupakan suatu hal yang sangat penting sehingga harus diperhatikan saat menentukan metode pelaksanaan yang tepat guna menciptakan pembangunan yang tidak merusak lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1983), *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Cernica, Jhon N. (1983). *Geotechnical Enginerring Foundation Design*. Jakarta: Erlangga
- Das, Braja M (1988), *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja M (1993), *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*, Jakarta : Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C (2010), *Analisis dan Perancangan Fondasi 1*, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H.C (2010), *Analisis dan Perancangan Fondasi 2*, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Imamuddin, M. (2018). Analisis dewatering pada *basement* (study kasus proyek gedung Jakarta Garden City Jakarta Timur). *Prosiding Semnastek*.
- Kurokawa, A. (2018). *Analisis plaxis untuk dewatering basement di tanah kelempungan dan kepasiran (TS-2374)* (Doctoral dissertation, Universitas Tarumanagara).
- Raynaldo, Y. Y. (2016). *Analisis interaksi sistem dewatering dengan dinding penahan tanah pada tanah dispersif (TS-2113)* (Doctoral dissertation, Universitas Tarumanagara).
- Rowe, P. W. (1952). Anchored Sheet Pile Walls, *Proceeding*. (Vol. Part 1, pp.27-70), London : Institute of Civil Engineers.
- Rowe, P. W. (1952). Sheet Pile Walls in Clay, *Proceedings*, Institute of Civil Engineers (Vol. 7, pp.629-654), London : Institute of Civil Engineers.
- Simatupang, PT. Modul Jenis Turap dan Turap Cantilever. Pusat Pengembangan Bahan Ajar – UMB

Simatupang, PT. Modul II Turap Berjangkar. Pusat Pengembangan Bahan Ajar - UMB

Warsita, I., Permana, S., & Farida, I. (2014). Perancangan Dewatering pada Konstruksi *Basement* (Studi Kasus Proyek Landmark Residence–Bandung). *Jurnal Konstruksi*, 12(1).

Widya, M. N. (2016). Perencanaan Turap / Retaining Wall Pembangunan Jalan Tol Gempol – Pandaan STA 6+575 (Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Wijaya, C. (2020). Analisis dinding diafragma pada konstruksi *basement* di Jakarta dengan menggunakan program elemen hingga 3 dimensi (TS-2609) (Doctoral dissertation, Universitas Tarumanagara).

