

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS *SHEET PILE* DENGAN VARIASI TINGGI PADA FONDASI TIANG BOR

**(Studi Kasus STA 0+500 Sampai STA 0+550 Pada Proyek *Underpass* Di
Simpang Mlati Jombor Yogyakarta)**

(ANALYSIS OF SHEET PILE STABILITY WITH HIGH VARIATION ON THE BORE PILE FONDATION)

***(Case Study STA 0+500 Until STA 0+550 In Underpass Project At Mlati
Jombor Intersection Of Yogyakarta)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Rojab Kuncoro Putro
10.511.239**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2017**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan nama, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, *23 Agustus* 2017

Yang membuat pernyataan,



Rojab Kuncoro Putro
(10511239)

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS SHEET PILE DENGAN
VARIASI TINGGI PADA FONDASI TIANG BOR**
(Studi Kasus STA 0+500 Sampai STA 0+550 Pada Proyek Underpass Di
Simpang Mlati Jombor Yogyakarta)
**(ANALYSIS OF SHEET PILE STABILITY WITH HIGH
VARIATION ON THE BORE PILE FOUNDATION)**
(Case Study STA 0+500 Until STA 0+550 In Underpass Project At Mlati
Jombor Intersection Of Yogyakarta)

Disusun oleh

Rojab Kuncoro Putro
10511239

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 23 Agustus 2017

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I

Hanindya Kusuma A, S.T., M.T.
NIK: 045110407

Penguji I

Akhmad Marzuko, Ir., M.T.
NIK: 885110107

Penguji II

M. Rifqi Abdurrozaq, S.T., M.Eng.
NIK: 135111101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 955110103

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT, Taburan cinta dan kasih sayang—Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan.

Kupersembahkan karya ini untuk Ayah (Asngari) dan Ibu (Siti Khotidjah) tercinta, yang tiada pernah hentinya selama ini memberikan semangat, doa, dorongan, nasehat dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan hingga aku selalu kuat menjalani setiap rintangan yang ada didepanku. Terimalah bukti kecil ini sebagai kado keseriusanku untuk membalas semua pengorbananmu, kalian ikhlas mengorbankan segala perasaan tanpa kenal lelah, dalam lapar berjuang separuh nyawa hingga segalanya. Maafkan anakmu ini yang masih saja menyusahkan kalian.

Kupersembahkan karya ini untuk kakakku (Taufiq, Kurniawan, Kholida, Hartanti), terima kasih atas kesabarannya mau mengalah terus untuk adikmu ini. Terima kasih atas doa dan bantuannya selama ini.

Kupersembahkan karya ini untuk sahabatku grup Lyik yang sudah ku anggap saudara sendiri. Terima kasih Lyik sudah menciptakan suasana yang harmonis selama ini, tanpa kalian aku bukan apa-apa. Kalian memang yang terbaik.

Kupersembahkan karya ini untuk Sipil 2010 Pancen Oye (keluarga besar Teknik Sipil angkatan 2010). Terima kasih teman-teman Sipil 2010 atas dukungannya selama perkuliahan maupun diluar perkuliahan.

Terima kasih yang sebesar besarnya untuk kalian semua, akhir kata saya persembahkan skripsi ini untuk kalian semua, orang-orang yang saya sayangi. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Amin

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Stabilitas Sheet Pile Dengan Variasi Tinggi Pada Fondasi Tiang Bor*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing.
2. Bapak Akhmad Marzuko, Ir. M.T. dan Bapak M. Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji Tugas Akhir.
3. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak dan Ibu serta keluarga tercinta yang tak henti-hentinya memberikan dukungan pada penulis.
5. Segenap teman-teman angkatan 2010 Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, atas bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir.
6. Seluruh pihak yang telah membantu hingga selesainya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 2017
Penulis,

Rojab Kuncoro Putro
10511239

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Lokasi Studi Kasus	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	9
2.2 Penelitian Yang Terdahulu	9
2.2.1 Syamsul Arifin (2013)	9
2.2.2 Linda Kurniaari (2008)	10
2.2.3 Fara Oktaviana (2008)	10
2.2.4 Yobi Candrarozza (2014)	11
2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang	12
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 <i>Sheet Pile</i> Beton	14

3.1.1	Pelaksanaan Konstruksi <i>Secant Pile</i>	14
3.2	Pembebanan Yang Bekerja Pada <i>Sheet Piles</i>	17
3.2.1	Beban Tetap (<i>Permanent Actions</i>)	17
3.3	Analisis Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe <i>Sheet Pile</i>	19
3.3.1	Tekanan Tanah Yang Bekerja Pada Dinding <i>Sheet Pile</i>	20
3.3.2	Dinding Turap Kantilever Pada Tanah Berbutir Kasar (Φ – <i>soils</i>)	22
3.3.3	Perhitungan Desain Turap dengan Metode Penyederhanaan Statika	23
3.4	Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Bor	24
BAB IV METODE PENELITIAN		
4.1	Subjek Dan Objek Penelitian	28
4.2	Pengumpulan Data	30
4.3	Analisis Pembebanan	31
4.4	Analisis <i>Sheet Pile</i>	31
4.5	Pembahasan	32
4.6	Bagan Alir	32
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		
5.1	Perencanaan Kedalaman <i>Sheet Pile</i>	34
5.1.1	Perhitungan Perencanaan <i>Sheet Pile</i> 1 STA 0+500	36
5.1.2	Perhitungan Perencanaan <i>Sheet Pile</i> 2 STA 0+525	42
5.1.3	Perhitungan Perencanaan <i>Sheet Pile</i> 3 STA 0+550	49
5.2	Pembahasan	55
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan	59
6.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian ini dengan Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1	Berat Isi dan Kerapatan Massa untuk Berat Sendiri	18
Tabel 5.1	Perhitungan Momen Aktif <i>Sheet Pile</i> 1 terhadap titik A	38
Tabel 5.2	Perhitungan Momen Pasif <i>Sheet Pile</i> 1 terhadap titik A	38
Tabel 5.3	Perhitungan Momen Aktif <i>Sheet Pile</i> 2 terhadap titik B	44
Tabel 5.4	Perhitungan Momen Pasif <i>Sheet Pile</i> 2 terhadap titik B	45
Tabel 5.5	Perhitungan Momen Aktif <i>Sheet Pile</i> 3 terhadap titik C	51
Tabel 5.6	Perhitungan Momen Pasif <i>Sheet Pile</i> 3 terhadap titik C	51
Tabel 5.7	Angka Aman Terhadap Geser Pada <i>Sheet Pile</i>	57
Tabel 5.8	Angka Aman Terhadap Momen Guling Pada <i>Sheet Pile</i>	57
Tabel 5.9	Kapasitas Dukung Tiaang Tunggal Pada <i>Sheet Pile</i>	58
Tabel 5.10	Stabilitas Internal Terhadap Tegangan Ijin Bahan Pada <i>Sheet Pile</i>	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Proyek <i>Underpass</i> Simpang Mlati Jombor Yogyakarta	4
Gambar 1.2	Rencana Detai <i>Underpass</i> Tampak Atas	5
Gambar 1.3	Gambar Potongan Melintang <i>Underpass</i> Sta 0+500	6
Gambar 1.4	Gambar Potongan Melintang <i>Underpass</i> Sta 0+525	7
Gambar 1.5	Gambar Potongan Melintang <i>Underpass</i> Sta 0+550	8
Gambar 3.1	Susunan <i>Secant Pile</i>	15
Gambar 3.2	PembuatanTiangBor	16
Gambar 3.3	Tekanan Tanah	19
Gambar 3.4	Diagram Tegangan Gaya untukMencariTekananAktif	20
Gambar 3.5	Diagram Tegangan Gaya untukMencariTekananPasif	20
Gambar 3.6	Gaya-Gaya yang BekerjapadaDindingTurap	22
Gambar 3.7	Tahanan Ujung Ultimitpada Tanah Non Kohesif	25
Gambar 3.8	Tahanan Selimut pada Tanah Non Kohesif	26
Gambar 4.1	Gambar Potongan Melintang <i>Underpass</i> Sta 0+500	28
Gambar 4.2	Gambar Potongan Melintang <i>Underpass</i> Sta 0+525	29
Gambar 4.3	Gambar Potongan Melintang <i>Underpass</i> Sta 0+550	29
Gambar 4.4	Dimensi <i>Secant Pile</i>	30
Gambar 4.5	Bagan Diagram Alir Analisis Penelitian	33
Gambar 5.1	Perencanaan Dinding Jalan <i>Underpass</i>	34
Gambar 5.2	Profil Dinding <i>Sheet Pile</i>	35
Gambar 5.3	Diagram Distribusi Tekanan Tanah Lateral <i>Sheet Pile</i> 1	36
Gambar 5.4	Momen yang Terjadi di <i>Sheet Pile</i> 1 TerhadapTitik A	38
Gambar 5.5	Diagram Distribusi Tekanan Tanah Lateral <i>Sheet Pile</i> 2	42
Gambar 5.6	Momen yang Terjadi di <i>Sheet Pile</i> 2 TerhadapTitik B	44
Gambar 5.7	Diagram Distribusi Tekanan Tanah Lateral <i>Sheet Pile</i> 3	49
Gambar 5.8	Momen yang Terjadi di <i>Sheet Pile</i> 3 TerhadapTitik C	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Lokasi Titik Penelitian	65
Lampiran 2	Data Penyelidikan Tanah	68

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_p	= Luas penampang ujung tiang (m^2)
A_s	= Luas selimut tiang (m^2)
c	= Kohesi tanah (t/m^2)
C_p	= Koefisien empiris
d	= Diameter tiang (m)
E_g	= Efisiensi kelompok tiang
E_p	= Modulus elastisitas tiang (kg/m^2)
E_s	= Modulus elastisitas tanah (kg/m^2)
e_o	= Angka pori awal (%)
e_1	= Angka pori saat berakhirnya konsolidasi (%)
e_p	= Angka pori saat akhir konsolidasi primer (%)
f	= Gesekan selimut (t/m^2)
f_{ave}	= Gesekan selimut rata – rata (t/m^2)
H	= Tebal lapisan tanah yang ditinjau (m)
I_{ws}	= Faktor pengaruh
K	= Koefisien tekanan tanah
L	= Panjang tiang (m)
N_q^*	= Faktor kapasitas dukung
N_c^*	= Faktor kapasitas dukung tanah pada ujung tiang
P	= Beban yang bekerja (t)
p	= keliling tiang (m)
Q_a	= Kapasitas dukung ijin tiang (t)
Q_g	= Beban maksimum kelompok tiang (t)
Q_p	= Kapasitas dukung ujung tiang (t)
Q_s	= Kapasitas dukung selimut tiang (t)
Q_u	= Kapasitas dukung ultimate tiang (t)
q	= Tekanan pada dasar pondasi (t/m^2)
q_c	= nilai konus pada rata – rata kedalaman B_g (kg/m^2)
q_p	= Kapasitas dukung batas / unit tahanan ujung (t)

S	= Penurunan total (m)
t_1	= Saat waktu setelah konsolidasi primer berhenti (detik)
ν_s	= <i>Poisson ratio</i> tanah
φ	= Sudut gesek dalam tanah ($^{\circ}$)
φ_r	= Sudut gesek tanah kondisi terdrainasi ($^{\circ}$)
δ	= Sudut gesek permukaan ($^{\circ}$)
λ	= Konstanta
α	= Faktor adhesi
α	= Koefisien yang tergantung pada distribusi gesekan selimut sepanjang tiang
θ	= $\text{arc tg } d/s$ ($^{\circ}$)
ΔL	= Panjang segmen tiang (m)
Δe	= Perubahan angka pori (%)
γ	= Berat volume tanah (kN/m^3)
γ_b	= Berat volume tanah basah (kN/m^3)
W_c	= Berat Jenis beton bertulang

ABSTRAK

Penelitian ini berlokasi pada jalan *underpass* Jombor yang memiliki panjang total 280 m dan lebar 7 m dengan tinggi mulai 2,9 m hingga 5,5 m. Jalan ini melintasi daerah dengan jenis tanah pasir. Pada *underpass* terdapat konstruksi *sheet pile* yang memiliki dimensi berbeda. Kondisi *sheet pile* yang berada pada tanah tersebut perlu dilakukan analisis stabilitas *sheet pile* agar mengetahui seberapa besar stabilitas *sheet pile* mampu mendukung beban perkerasan lentur dan beban perkerasan kaku serta beban lalu lintas untuk menghindari keruntuhan dinding pada jalan *underpass*.

Kondisi dinding *underpass* yang dianalisa adalah *sheet pile* beton bertulang dengan profil lingkaran dan diameter 0,8 meter. Beban yang dikenakan pada tiap variasi tinggi *sheet pile* adalah akibat perkerasan *rigid*, lalu lintas serta pengaruh tekanan tanah. Perhitungan kedalaman *sheet pile* menggunakan metode statis. Kedalaman *sheet pile* ditentukan untuk mendapatkan stabilitas *sheet pile* yang aman.

Analisis *sheet pile* adalah aman dengan nilai *safety factor* pada *sheetpile* 1 adalah $1,90 > 1,5$. Analisis *sheet pile* adalah aman dengan nilai *safety factor* pada *sheetpile* 2 adalah $1,72 > 1,5$. Analisis *sheet pile* adalah aman dengan nilai *safety factor* pada *sheetpile* 3 adalah $1,87 > 1,5$. Kapasitas dukung tiang tunggal pada *sheet pile* 1 STA 0+500 sebesar 3300,31 kN. Kapasitas dukung tiang tunggal pada *sheet pile* 2 STA 0+525 sebesar 6414,17 kN. Kapasitas dukung tiang tunggal pada *sheet pile* 3 STA 0+550 sebesar 2250,64 kN. Stabilitas internal pada *sheet pile* 1 STA 0+500 sebesar 497433,73 kN/m². Stabilitas internal pada *sheet pile* 2 STA 0+525 sebesar 283911,22 kN/m². Stabilitas internal pada *sheet pile* 3 STA 0+550 sebesar 43111,58 kN/m².

Kata kunci : *Sheet pile, safety factor, kapasitas dukung tiang.*

ABSTRACT

The study is located on a Jombor underpass road that has a total length of 280 m and a width of 7 m with a height ranging from 2,9 m to 5,5 m. This road crosses the area with the type of sandy soil. On the underpass there is construction of sheet pile which has different dimensions. The sheet pile condition on the soil needs to be analyzed for sheet pile stability to find out how large sheet pile stability is able to support flexible pavement loads and rigid pavement loads and traffic loads to avoid wall collapse on underpass roads.

The underpass wall condition analyzed was a reinforced concrete sheet pile with a circle profile and a diameter of 0.8 meters. The burden imposed on each variation of sheet pile height is due to rigid pavement, traffic and the effect of soil pressure. Calculation of sheet pile depth using static method. The depth of the sheet pile is determined to obtain stable sheet pile stability.

Analysis of sheet pile is safe with the value of safety factor in sheetpile 1 is $1,90 > 1,5$. Analysis of sheet pile is safe with the value of the safety factor in sheetpile 2 is $1,72 > 1,5$. Analysis of sheet pile is safe with the value of safety factor in sheetpile 3 is $1,87 > 1,5$. Single bearing support capacity on sheet pile 1 STA 0+500 is 3300,31 kN. Single bearing support capacity on sheet pile 2 STA 0+525 is 6414,17 kN. Single bearing support capacity on sheet pile 3 STA 0+550 is 2250,64 kN. Internal stability on sheet pile 1 STA 0+500 is 497433,73 kN/m². Internal stability on sheet pile 2 STA 0+525 is 283911,22 kN/m². Internal stability on sheet pile 3 STA 0+550 is 43111,58 kN/m².

Keywords: Sheet pile, safety factor, bearing capacity of pile.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sebagai prasarana transportasi darat jalan raya merupakan fasilitas utama dalam membentuk jaringan transportasi darat yang menghubungkan dari satu tempat ke tempat lain, sehingga dapat menunjang pertumbuhan laju ekonomi dan pembangunan. Semakin terus bertambahnya populasi jumlah kendaraan mengakibatkan meningkatnya volume lalu lintas, sementara kapasitas jalan raya yang cenderung tetap. Hal inilah yang akan menyebabkan terjadinya kepadatan lalu lintas yang berdampak pada biaya transportasi. Peningkatan fasilitas pelayanan jalan yang jauh lebih baik akan menghasilkan biaya transportasi yang lebih efisien ataupun ekonomis.

Untuk meningkatkan kelancaran serta untuk mengatasi pertumbuhan lalu lintas yang tinggi pada persimpangan Jombor, maka diperlukan solusi untuk memperlancar persimpangan. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah dengan membangun jalan *Fly Over & Underpass*. Pada simpang ini merupakan pertemuan dari 4 arah yang sangat padat yang hanya sekedar untuk melewati kota Yogyakarta untuk menuju ke kota lain maupun yang akan ke Yogyakarta. Sebagai contoh pertemuan kendaraan dari arah Magelang, Solo, Purworejo dan kota Yogyakarta yang mengakibatkan kemacetan pada simpang ini. Yogyakarta itu sendiri merupakan kota pelajar dan termasuk dalam rencana pengembangan wisata budaya selalu dituntut untuk memberikan infrastruktur yang memadai, terutama dalam hal infrastruktur jalan. Untuk mendukung dan meningkatkan ekonomi wisata budaya Yogyakarta dan kelancaran dalam lalu lintas khususnya di simpang Jombor, perlu di tingkatkan jalur pengurai kemacetan dan jalur penghubung untuk meningkatkan akses perekonomian masyarakat Yogyakarta.

Proyek kegiatan pembangunan jalan *Fly Over & Underpass* merupakan bagian usaha untuk meningkatkan kapasitas perlintasan serta mengurangi angka kecelakaan khususnya pada persimpangan Jombor, sehingga diharapkan mampu memecahkan permasalahan yang timbul pada ruas jalan utama. Hal yang menjadi

pertimbangan utama dalam pemilihan jalan *underpass* adalah memberikan jaminan kelayakan pada berbagai aspek yang sesuai dengan batasan standar dan spesifikasi yang sudah ditentukan, terutama kekuatan dan stabilitas struktur, ekonomis, nyaman bagi pengguna jalan *underpass*, durabilitas, hemat pemeliharaan dan dampak lingkungan pada tingkat yang minimal. Untuk dimensi pada *underpass* sendiri adalah dengan panjang total 280 meter, tinggi bebas 5,5 meter, dan lebar 10 meter.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, pembangunan *underpass* ditujukan untuk mengurangi kemacetan lalu lintas dengan memperlancar arus lalu lintas dari arah barat ke timur. Struktur *underpass* dibangun di bawah muka tanah sedalam 5,5 meter yang dapat menyebabkan terjadinya keruntuhan, maka perlu adanya perencanaan konstruksi dinding penahan tanah tipe *sheet pile*. Masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir adalah sebagai berikut ini:

1. bagaimana stabilitas *sheet pile* yang terjadi di STA 0+500 dengan tinggi *sheet pile* 5,5 m pada jalan *underpass*,
2. bagaimana stabilitas *sheet pile* yang terjadi di STA 0+525 dengan tinggi *sheet pile* 4,64 m pada jalan *underpass*, dan
3. bagaimana stabilitas *sheet pile* yang terjadi di STA 0+550 dengan tinggi *sheet pile* 2,9 m pada jalan *underpass*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah disebutkan di atas, maka tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut ini:

1. mengetahui stabilitas *sheet pile* di STA 0+500 dengan tinggi *sheet pile* 5,5 m pada jalan *underpass*,
2. mengetahui stabilitas *sheet pile* di STA 0+525 dengan tinggi *sheet pile* 4,64 m pada jalan *underpass*, dan
3. mengetahui stabilitas *sheet pile* di STA 0+550 dengan tinggi *sheet pile* 2,9 m pada jalan *underpass*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini bertujuan agar masalah yang dibahas dapat terfokus. Hal-hal yang penting yang perlu dibatasi adalah sebagai berikut ini:

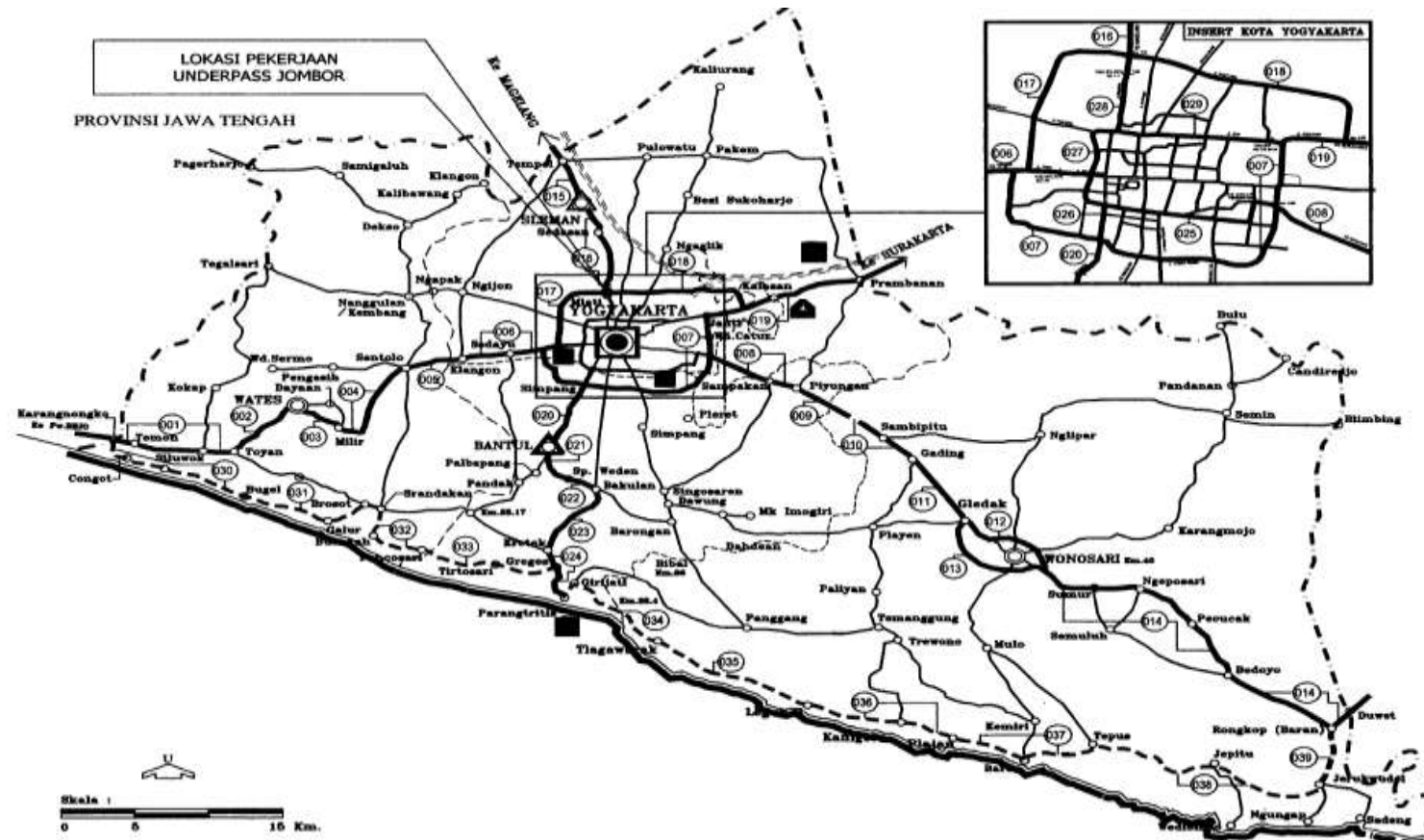
1. lokasi penelitian adalah jalan *underpass* pada simpang Jombor,
2. data geoteknik yang digunakan adalah hasil penyelidikan tanah di lokasi proyek jalan *underpass* pada simpang Jombor,
3. dinding penahan tanah yang direncanakan mempunyai dimensi dan bentuk sesuai dengan aslinya,
4. tiang bor yang digunakan adalah *secant pile* dengan tampang lingkaran dan diameter 0.80 m,
5. analisis stabilitas *sheet pile* dengan menggunakan metode penyederhanaan,
6. analisis stabilitas *sheet pile* pada STA 0+500 sampai STA 0+550,
7. beban lalu lintas pada daerah keruntuhan aktif dan pasif dianggap sebagai beban statis, yaitu setara dengan tanah setebal 0,6 m yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut,
8. titik tertinggi pada *underpass* dari STA 0+500 sampai STA 0+550 adalah sebagai berikut :
 - a. STA 0+500 (*sheet pile* 1) : 5,5 m
 - b. STA 0+525 (*sheet pile* 2) : 4,64 m
 - c. STA 0+550 (*sheet pile* 3) : 2,9 m
9. rencana Anggaran Biaya (RAB) diabaikan.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil yang diperoleh nanti diharapkan dapat memberikan manfaat dan pemahaman tentang stabilitas konstruksi *sheet pile* pada jalan *underpass*.

1.6 Lokasi Studi Kasus

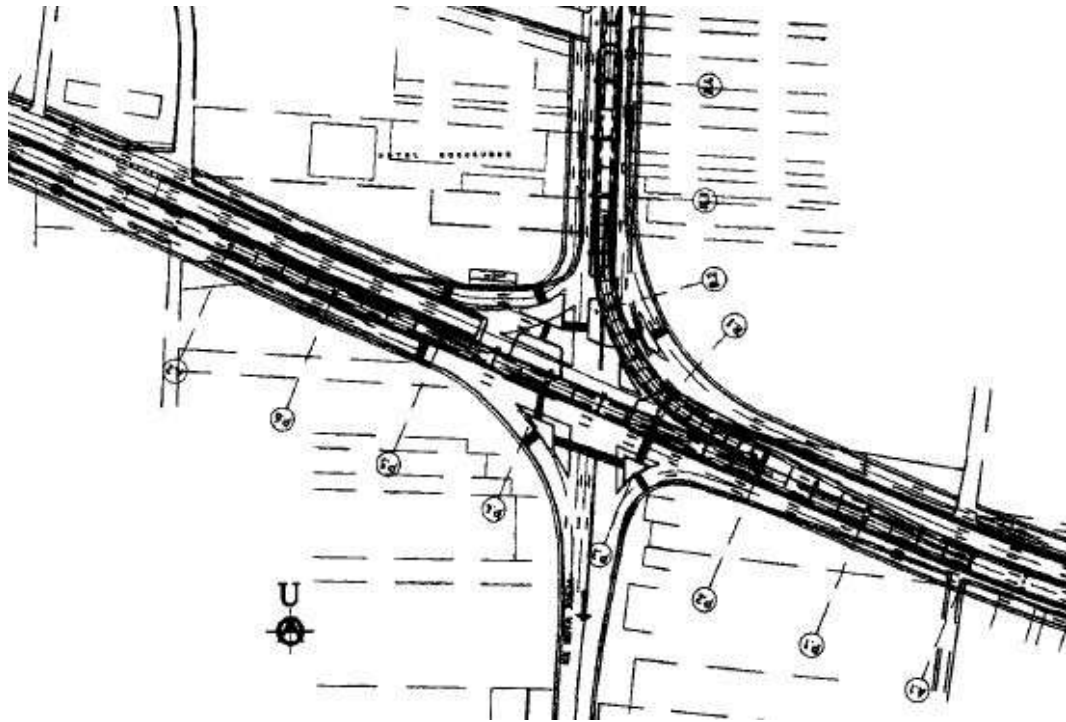
Lokasi studi kasus Tugas Akhir terletak di *ring road* utara simpang Mlati Jombor Yogyakarta. Adapun detail gambar lokasi pada proyek pembangunan *underpass* bisa dilihat pada Gambar 1.1 sampai Gambar 1.5 sebagai berikut.



Gambar 1.1 Lokasi Proyek *Underpass* Simpang Mlati Jombor Yogyakarta

(Sumber : PT Anugerah Kridapradana, PT Nusvey, 2014)

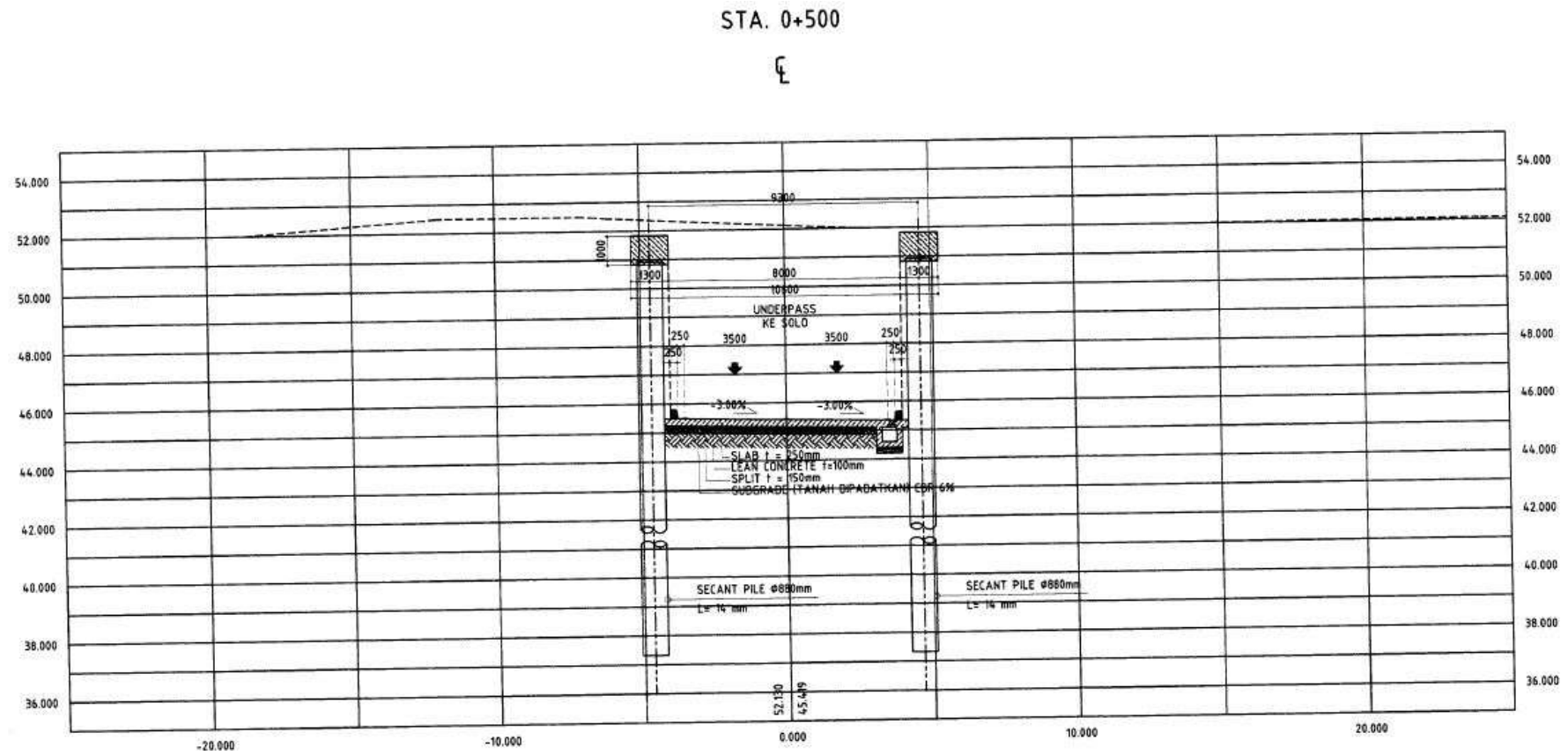
Untuk gambaran yang lebih jelas dan detail pada rencana *underpass* bisa dilihat Rencana dan detail *underpass* pada Gambar 1.2 berikut.



Gamabar 1.2 Rencana Detail *Underpass* Tampak Atas

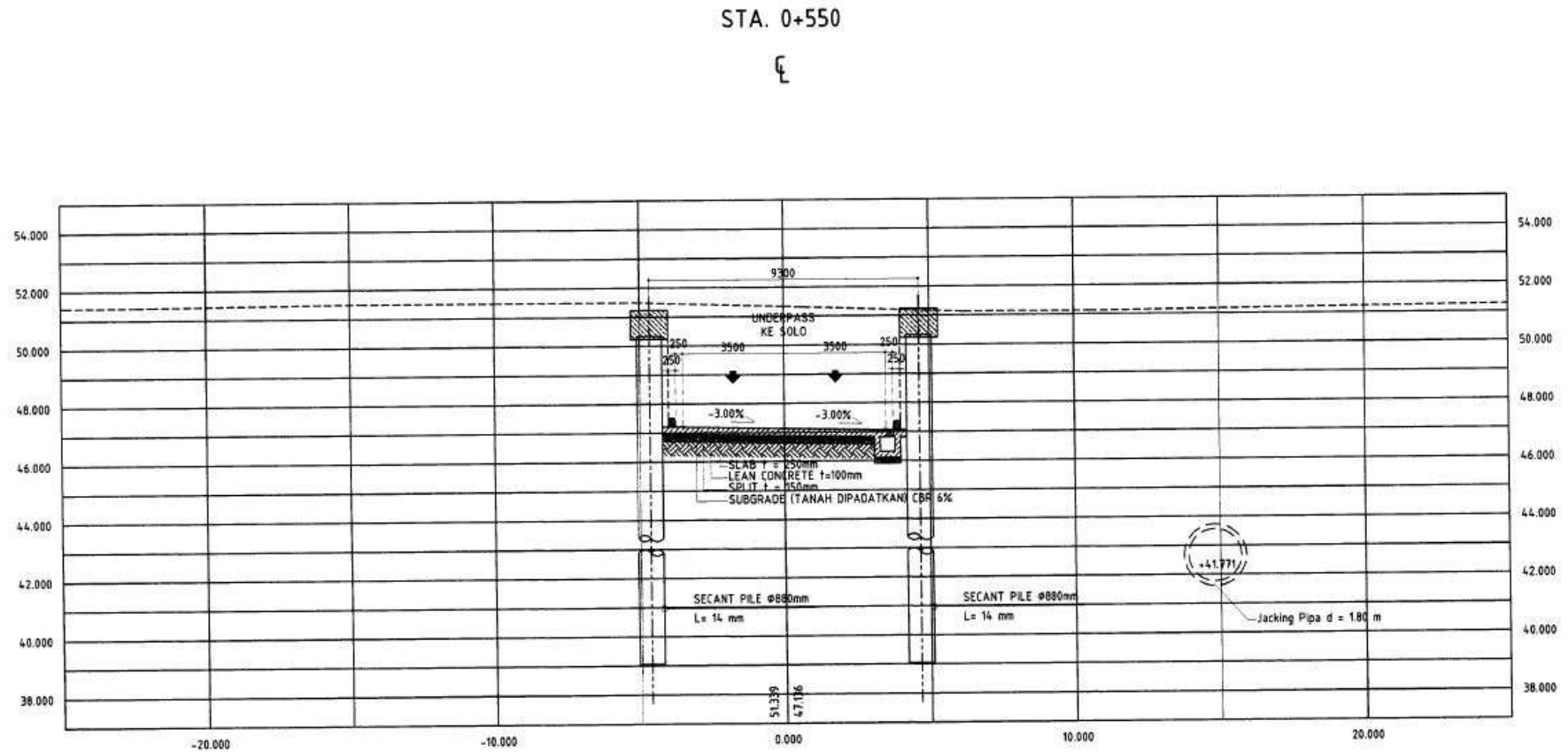
(Sumber : PT Anugerah Kridapradana, PT Nusvey, 2014)

Dari panjang *underpass* sekitar 280 meter penulis hanya fokus pada STA 0+500 sampai dengan STA 0+550. Untuk lebih jelas gambaran yang akan diteliti penulis menyajikan potongan melintang pada STA 0+500, STA 0+525 dan STA 0+550 seperti pada Gambar 1.3 sampai 1.5 berikut ini.



Gambar 1.3 Gambar Potongan Melintang *Underpass* Pada STA 0+500

(Sumber : PT Anugerah Kridapradana, PT Nusvey, 2014)



Gambar 1.4 Gambar Potongan Melintang *Underpass* Pada STA 0+550

(Sumber : PT Anugerah Kridapradana, PT Nusvey, 2014)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka bertujuan untuk mendapatkan informasi-informasi yang relevan. Informasi tersebut dapat diambil dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan. Informasi sangat bermanfaat untuk memperdalam pengetahuan tentang bidang yang dipelajari, mengetahui hasil studi yang sudah pernah dilaksanakan dan memperjelas hubungan antara masalah dengan teori yang relevan. Penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebagai kerangka acuan untuk menyusun tugas akhir ini dapat dilihat pada sub bab berikut ini.

2.2 Penelitian Yang Terdahulu

Berikut beberapa pemaparan penelitian yang pernah dilakukan yang berkaitan dengan judul penulis.

2.2.1 Syamsul Arifin (2013) Perencanaan Jembatan Underpass Dengan *Box Culvert* Surabaya

Penelitian ini untuk mengetahui perencanaan secara lengkap untuk merencanakan sebuah jalan *underpass*, baik dari segi perencanaan jembatan, geometri jalan, dinding penahan tanah dan komponen lainnya sebagai aplikasi ilmu yang telah diberikan selama menempuh kuliah.

Simpulan yang didapat dari penelitian tersebut sebagai berikut :

1. struktur utama jembatan *underpass* di Surabaya menggunakan *double box culvert* dengan beton konvensional.
2. jembatan *underpass* direncanakan terhadap beban yang bekerja.
3. fondasi jembatan hasil perencanaan sudah aman terhadap gaya yang bekerja (momen guling dan gaya geser).
4. struktur gorong- gorong menggunakan *single box culvert* dengan beton konvensional
5. gorong-gorong direncanakan aman terhadap beban yang bekerja.

6. struktur *sheet piles* menggunakan beton bertulang yang direncanakan aman terhadap beban yang bekerja.
7. hasil perencanaan drainase jalan sudah aman terhadap debit yang terjadi.
8. alinyemen vertikal jalan menggunakan 2 alinyemen vertikal cekung dan 2 alinyemen vertikal cembung.

2.2.2 Linda Kurniasari (2008) Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Bor Pada Hotel Ibis Semarang

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kapasitas dukung fondasi tiang bor diameter 0,45 m, pengaruh diameter terhadap kapasitas dukung fondasi tiang bor, dan pengaruh diameter terhadap penurunan yang terjadi pada fondasi tiang bor.

Simpulan yang didapat dari penelitian tersebut sebagai berikut :

1. besar kapasitas dukung tiang bor dengan diameter 450 mm adalah 1022,131 ton lebih besar dari beban kerja yang harus ditransfer ke tanah sebesar 1002,131 ton sehingga fondasi aman,
2. semakin besar diameter tiang, kapasitas dukung tiang semakin besar, dan
3. pada tiang dengan diameter 450 mm besar penurunan tiang tunggal adalah 0.03 m, sedangkan penurunan kelompok tiang adalah 0,06 m. Pemakaian diameter tiang yang besar akan menyebabkan penurunan yang kecil, disebabkan luas penampang tiang berpengaruh terhadap penurunan pada ujung tiang. Dalam kondisi ini tiang termasuk jenis tahanan ujung (*end bearing pile*) ujung tiang tertancap pada tanah keras.

2.2.3 Fara Oktaviana (2008) Analisis Kapasitas Dukung Dan Penurunan Fondasi Tiang Bor Pada Pembangunan Toko Progo Yogyakarta

Penelitian ini untuk Mengetahui kapasitas dukung dan penurunan fondasi tiang bor sesuai dengan kondisi riil di lapangan berdasarkan data CPT dan N-SPT. Mengetahui pengaruh kapasitas dukung dan penurunan fondasi tiang terhadap perbedaan diameter tiang bor, dan membandingkan hasil analisis kapasitas dukung dari uji lapangan yaitu uji CPT dan uji SPT.

Simpulan yang didapat dari penelitian tersebut sebagai berikut :

1. besar kapasitas dukung tiang bor diameter 1,7 m berdasarkan data uji CPT, $Q_a = 2531,37$ ton sedangkan berdasarkan data uji N-SPT, $Q_a = 417,46$ ton. Penurunan tiang tunggal yang terjadi 0,04 m. Berarti kapasitas dukung tiang bor lebih besar dari beban kerja yang harus ditransfer ke tanah sebesar 373,13 ton sehingga fondasi aman,
2. besar kapasitas dukung tiang bor dengan diameter 1 m berdasarkan uji CPT, $Q_a = 1720,39$ ton sedangkan berdasarkan uji N-SPT, $Q_a = 329,04$ ton, penurunan yang terjadi 0,041 m. Besar kapasitas dukung tiang bor dengan diameter 0.8 m berdasarkan uji CPT, $Q_a = 1125,34$ ton sedangkan berdasarkan data uji N-SPT, $Q_a = 248,16$ ton, penurunan yang terjadi 0,045 m. Semakin besar diameter tiang maka akan semakin besar pula kapasitas dukungnya sehingga menyebabkan semakin kecil penurunan ujung tiang. Hal ini disebabkan oleh perbedaan luas penampang yang berpengaruh terhadap kapasitas dukung ujungnya, dan
3. dari hasil perhitungan, dapat disimpulkan kapasitas dukung tiang bor berdasarkan hasil uji CPT ($Q_a = 2531,37$ ton) lebih besar dibandingkan hasil uji SPT ($Q_a = 417,46$ ton).

2.2.4 Yobi Candrarozza (2014) Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Bor Pada Gedung Hotel Abadi Yogyakarta

Tugas akhir yang berjudul. Penelitian ini untuk mengetahui kapasitas dukung dan penurunan fondasi tiang bor berdiameter 0,60 m, dan 1,00 m, dan mengetahui seberapa besar (%) pengaruh diameter tiang terhadap kapasitas dukung dan penurunan fondasi tiang bor.

Simpulan yang didapat dari Penelitian tersebut sebagai berikut :

1. kapasitas dukung fondasi bor
 - $\emptyset 0,6 \text{ m} \rightarrow Q_g = 7864,2 \text{ kN} > \text{Berat Total} = 2491,9474 \text{ kN}$
 - $\emptyset 0,8 \text{ m} \rightarrow Q_g = 8035,1 \text{ kN} > \text{Berat Total} = 2612,9074 \text{ kN}$
 - $\emptyset 1,0 \text{ m} \rightarrow Q_g = 9638,2 \text{ kN} > \text{Berat Total} = 2768,4074 \text{ kN}$
- penurunan fondasi bor
 - $\emptyset 0,6 \text{ m} \rightarrow S_g = 0,1445 \text{ m}$
 - $\emptyset 0,8 \text{ m} \rightarrow S_g = 0,16 \text{ m}$

$\varnothing 1,0 \text{ m} \rightarrow S_g = 0,174 \text{ m}$

2. tiang dengan diameter 0,8 m besar kapasitas dukung adalah 8035,1 kN. Pada tiang berukuran 0,6 m besar kapasitas dukung adalah 7864,2 kN atau berkurang sebesar 2,12 % dari besar kapasitas dukung pada tiang diameter 0,8 m. Pada tiang berukuran 1,0 m besar kapasitas dukung adalah 9638,2 kN atau bertambah sebesar 19,94 % dari besar kapasitas dukung pada tiang diameter 0,8 m. Semakin besar ukuran diameter tiang maka nilai kapasitas dukung dan penurunan akan semakin besar, hal ini disebabkan oleh meningkatnya kemampuan tiang dalam menahan beban yang lebih besar sehingga penurunan yang akan terjadi mengalami peningkatan. Namun, dalam studi kasus Hotel Abadi Yogyakarta, ujung tiang terletak pada tanah keras sehingga penurunan tidak terjadi.

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang

Perbedaan penelitian atau tugas akhir ini dengan beberapa penelitian seperti di atas dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian ini dengan Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul Penelitian	Objek Penelitian	Hasil Penelitian
1	Syamsul Arifin (2013)	Perencanaan Jembatan <i>Underpass</i> Dengan <i>Box Culvert</i> Surabaya	Jembatan <i>Underpass</i> di jalan Mayor Jenderal Sungkono Surabaya	Struktur utama jembatan <i>underpass</i> di Surabaya menggunakan double boc culvert dengan beton konvensional dinyatakan aman dengan beban yang bekerja
2	Linda Kurniasari (2008)	Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Bor pada Hotel Ibis Semarang	Fondasi Bor pada Hotel Ibis Semarang	Kapasitas dukung tiang bor $\varnothing 0,45\text{m}$ adalah 1022,13 ton lebih besar dari beban yang bekerja sebesar 1002,13 ton sehingga fondasi aman

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian ini dengan Penelitian
Terdahulu**

3	Fara Oktaviana (2008)	Analisis Kapasitas dan Penurunan Fondasi Tiang Bor pada Pembangunan Toko Progo Yogyakarta	Fondasi Tiang Bor pada Toko Progo Yogyakarta	Kapasitas dukung tiang bor \varnothing 1,7 m berdasarkan CPT, $Q_a = 2531,37$ ton, berdasarkan N-SPT, $Q_a = 417,46$ ton. Penurunan tiang tunggal yang terjadi 0,004 m. Kapasitas dukung tiang bor lebih besar dari beban kerja yang ditransfer ke tanah sebesar 373,13 ton sehingga fondasi aman
4	Yobi Candrarozza (2014)	Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Bor pada Gedung Hotel Abadi Yogyakarta	Fondasi Tiang Bor pada Gedung Hotel Abadi Yogyakarta	Semakin besar ukuran diameter tiang maka nilai kapasitas dukung dan penurunan akan semakin besar. Kapasitas dukung tiang \varnothing 0,6 = 7864,2 kN, \varnothing 0,8 = 8035,1 kN, \varnothing 1,0 = 9638,2 kN. Penurunan tiang \varnothing 0,6 = 0,1445 m, \varnothing 0,8 = 0,16 m, \varnothing 1,0 = 0,174 m
5	Rojab Kuncoro Putro (2017)	Analisis Stabilitas <i>Sheet Pile</i> Dengan Variasi Tinggi Pada Fondasi Tiang Bor	Jalan <i>underpass</i> Jombor STA 0+500 sampai STA 0+550	Analisi ada pada penelitian ini

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 *Sheet Pile Beton*

Turap atau *sheet piles* adalah tiang yang ditanam ke dalam tanah dengan jarak tertentu, dengan tujuan untuk memberikan kestabilan di suatu lereng atau konstruksi lainnya. Pada sebuah konstruksi turap, gaya-gaya yang bekerja dapat digolongkan menjadi dua, yaitu :

1. Tekanan tanah aktif (Pa)

Yang dimaksud dengan tekanan tanah aktif adalah tekanan tanah lateral minimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menjauhi tanah dibelakangnya (Hardiyatmo,H.C. 1996)

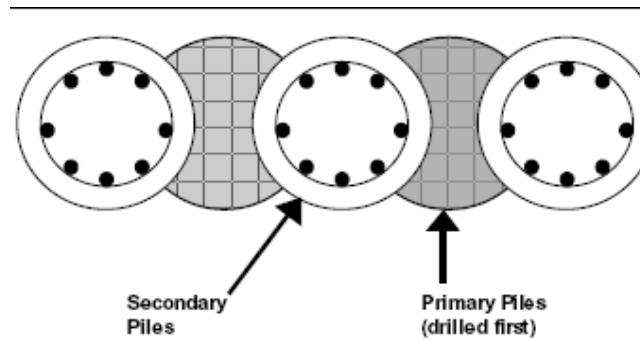
2. Tekanan tanah pasif (Pp)

Yang dimaksud dengan tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug (Hardiyatmo,H.C. 1996)

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa turap mengalami gaya-gaya, yaitu tekanan aktif dan tekanan tanah pasif. Gaya-gaya inilah yang selalu bekerja pada sebuah konstruksi turap.

3.1.1 Pelaksanaan Konstruksi *Secant Pile*

Dinding yang terbuat dari beton pada Gambar 3.1, merupakan dinding menerus yang kedap. Terdiri dari tiang utama (*primary pile*) dan tiang kedua (*secondary pile*). Pada *secondary pile* terdapat tulangan. Proses pemasangannya sama dengan *bored pile*. Biasanya untuk konstruksi *secant pile* diberi perkuatan dengan angkur.



Gambar 3.1 Susunan *Secant Pile*

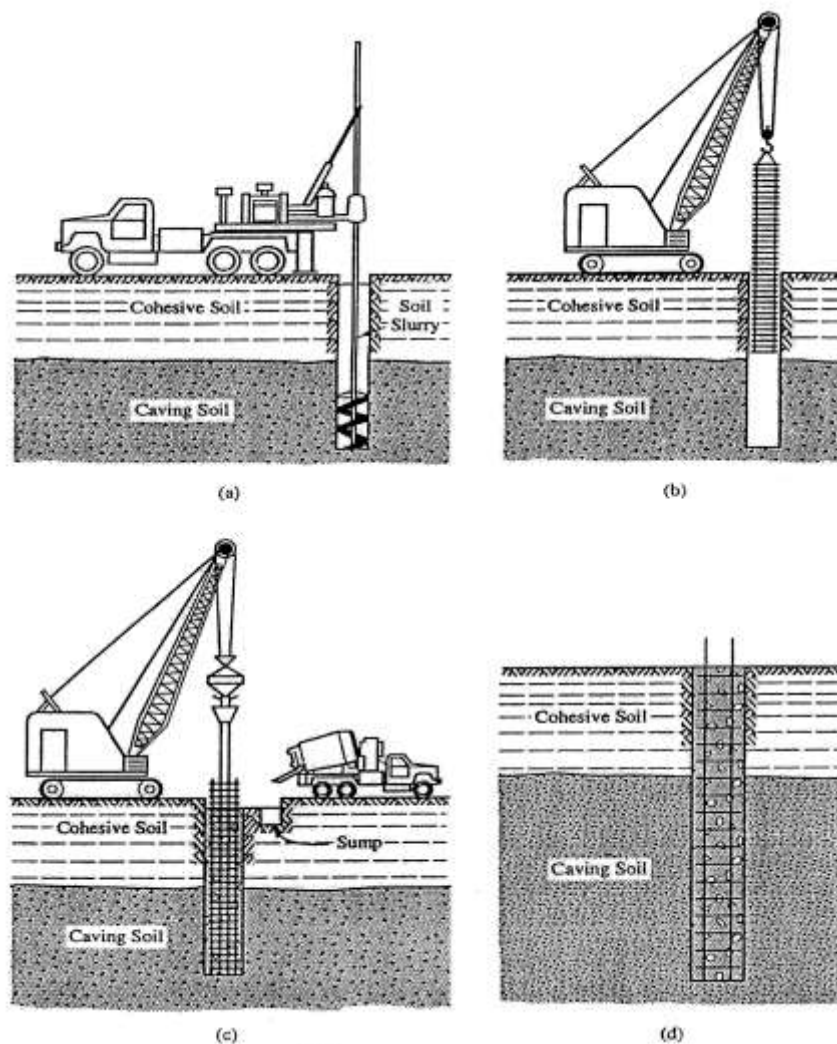
(Sumber : PT Adhi Karya 2014)

Dinding *secant pile* merupakan dinding menerus dan salah satu pengembangan dari *bored pile*. Cara pengerjaan ini sama dengan pengerjaan dari *bored pile*, yaitu dengan mengebor tanah sampai kedalam tertentu sesuai dengan yang direncanakan, lalu dilakukan pengecoran. *Secant pile* terbentuk dari rangkaian dinding *bored pile* yang saling tersambung satu sama lainnya. Sekarang ini *secant pile* banyak digunakan secara luas sebagai konstruksi dinding penahan tanah, karena selain pembuatannya relatif mudah dan cepat, pada proses konstruksi *secant pile* tidak menimbulkan polusi suara, tidak mengganggu struktur bangunan yang ada disekitarnya. Dinding ini juga dapat digunakan untuk membentuk dinding menerus yang kedap.

Biasanya *secant pile* digunakan untuk :

1. *Intake structures*
2. *Below grade holding tanks* (tangi penyimpanan bawah tanah)
3. *Cut and cover tunnel* (terowongan, *underpass*)
4. *Basemet construction*

Konstruksi *secant pile* terdiri dari dua bagian, yaitu *primary pile* dan *secondary pile*. Pada Gambar 3.2 di bawah ini akan dapat terlihat dengan jelas bentuk konstruksi *secant pile*.



Gambar 3.2 Pembuatan tiang bor dengan menggunakan *slurry*: (a) Bor sampai tanah lekukan dan tambahkan adonan seperlunya, (b) Tarik bor dan masukkan kerangka tulangan, (c) Proses pengecoran dan penampang adonan yang dipindahkan ke dalam parit pengendap, (d) Tiang bor yang telah selesai dikerjakan.

(Sumber : Bowles, 1991)

Untuk pelaksanaan konstruksi *secant pile* pertama-tama dibuat dahulu dinding pengaruh (*guide wall*) dari beton sesuai dengan gambar rencana.

Adapun fungsi dari *guide wall* adalah :

1. Sebagai pengarah *grab* agar dapat melakukan penggalian dengan tepat.
2. Menjaga atau memperkuat tebing galian agar tidak runtuh.
3. Sebagai referensi dengan melakukan penandaan panel – panel galian

Setelah pembuatan *guide wall* selesai maka dilakukan pengeboran untuk *primary pile* sesuai dengan kedalaman yang diinginkan. Setelah itu dilakukan pengecoran kedalaman *casing* yang telah dipasang pada lubang hasil pengeboran tersebut. Setelah itu minimal dua hari baru bisa dilakukan pengeboran untuk *secondary pile*. Proses konstruksi untuk *primary* dan *secondary pile* yang membedakan adalah *secondary pile* menggunakan tulangan. Dimana fungsi tulangan tersebut adalah untuk memperkuat konstruksi.

Penggalian untuk konstruksi *secant pile* dapat dilakukan sampai dengan kedalaman 30 m, tetapi jika kedalaman galian sudah mencapai 20 m atau lebih maka tingkat kesulitan pengeboran akan bertambah.

Umumnya konstruksi *secant pile* menggunakan angkur untuk memperkuat konstruksi. Pemasangan angkur dilakukan pada *primary pile* yang diranamkan ke tanah. Adapun jenis angkur ada yang berbeda – beda, penentuan pemakaian angkur tergantung dari perencanaan dan kebutuhan.

Dimana dan bagaimana angkur ditempatkan di belakang dinding konstruksi, bergantung pada jenis angkur dan keadaan tanah disamping faktor – faktor lain. Terutama dengan angkur biasa yang kontinu ataupun yang individual yang sangat penting diperhatikan adalah letak bidang longsor potensial baik untuk dinding konstruksi (bidang longsor aktif) maupun untuk angkur (bidang longsor pasif). Menempatkan angkur biasa cukup jauh di belakang dinding konstruksi sehingga bidang – bidang longsor tidak saling mempengaruhi atau berpotongan, berarti kapasitas angkur yang bersangkutan dapat berkembang secara penuh.

3.2 Pembebanan Yang Bekerja Pada *Sheet Pile*

3.2.1 Beban Tetap (*Permanent Actions*)

1. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri (*self weight*) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang bersifat tetap. Berat sendiri dihitung berdasarkan berat isi dan kerapatan massa (*unit weights and mass densities*) seperti Tabel 3.1 di bawah ini :

Tabel 3.1 Berat Isi dan Kerapatan Massa untuk Berat Sendiri

Bahan	Berat Isi (kN/m³)	Kerapatan Massa (kg/m³)
Lapisan permukaan beraspal	22,0	2240
Timbunan tanah dipadatkan	17,2	1760
Kerikil dipadatkan	18,8 – 22,7	1920 – 2320
Aspal beton	22,0	2240
Beton	22,0 – 25,0	2240 – 2560
Beton prategang	25,0 – 26,0	2560 – 2640
Beton bertulang	23,5 – 25,5	2400 – 2600
Batu pasangan	23,5	2400

(Sumber : BMS 1992)

2. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Beban mati tambahan dapat berupa pelapisan kembali permukaan aspal dan sarana umum (pipa air, lampu jalan, dll).

3. Tekanan Tanah

Tekanan tanah lateral lateral mempunyai hubungan yang tidak linear dengan sifat-sifat bahan tanah. Koefisien tekanan tanah nominal harus dihitung dari sifat-sifat tanah. Sifat-sifat tanah (kepadatan, kadar kelembaban, kohesi sudut geser dalam dan lain sebagainya) bisa diperoleh dari hasil pengukuran dan pengujian tanah. Tekanan tanah lateral daya layan dihitung berdasarkan harga nominal dari γ_b , c , dan ϕ .

γ_b = Berat Volume Tanah

c = Kohesi

ϕ = Sudut Geser dalam Tanah

$$\text{Koefisien tekanan tanah aktif, } K_a = \tan^2 (45 - \phi/2) \quad (3.1)$$

$$\text{Koefisien tekanan tanah pasif, } K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) \quad (3.2)$$

Tanah dibelakang dinding penahan biasanya mendapatkan beban tambahan yang bekerja apabila beban lalu lintas bekerja pada bagian daerah keruntuhan aktif teoritis (lihat Gambar 3.3). Besarnya beban tambahan ini adalah setara dengan tanah setebal 0,6 m yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut.

$$\text{Beban merata, } q = 0,6 \times \gamma b \quad (3.3)$$



Gambar 3.3 Tekanan Tanah

(Sumber : BMS 1992)

3.3 Analisis Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe *Sheet Pile*

Dinding penahan tanah merupakan struktur bangunan yang digunakan untuk menahan tanah atau memberikan kestabilan terhadap tanah.

1. Fungsi *Retaining Wall*

Fungsi utama dari konstruksi penahan tanah (*retaining wall*) adalah menahan tanah yang berada dibelakangnya dari bahaya longsor akibat :

- a. Benda-benda yang ada di atas tanah (perkerasan dan konstruksi jalan, jembatan, kendaraan, dan lain-lain).

Sedangkan Fungsi khusus dari konstruksi dinding penahan tanah adalah sebagai berikut :

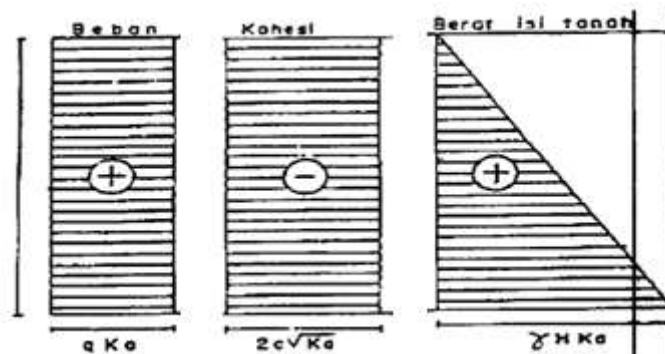
1. Pemanfaatan ruang dari suatu pembangunan jenis sarana dan prasarana lain.
2. Pemeliharaan, penunjang umur dan bagian dari jenis sarana dan prasarana lain, misalnya dinding saluran irigasi, prasarana tepi jalan kondisi khusus.
3. Perlindungan tebing.

3.3.1 Tekanan Tanah Yang Bekerja Pada Dinding *Sheet Pile*

Didalam cara ini tekanan tanah merupakan luas dari diagram tegangan gaya yang terjadi akibat pembebanan, perbedaan tinggi air maupun akibat sifat-sifat tanah (*property of soils*). Diagram tegangan gaya tersebut adalah pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.

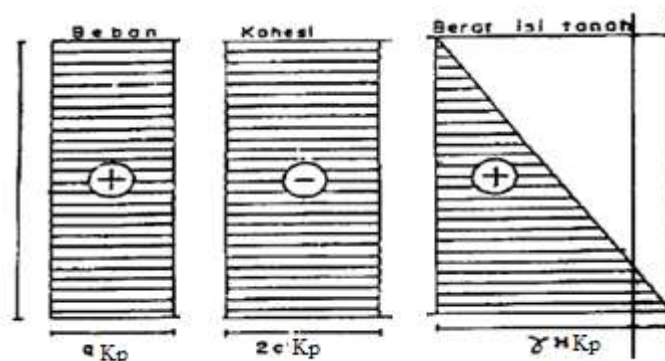
1. Akibat beban merata, membentuk segiempat tegangan gaya.
2. Akibat perbedaan tinggi air, pada mulanya berupa segitiga tegangan gaya kemudian segitiga tegangan gaya ini berupa beban, sehingga bentuk selanjutnya menjadi segiempat tegangan gaya.
3. Akibat Sifat – sifat tanah, dapat berbentuk segiempat dan segitiga. Dibedakan akibat harga kohesinya dan akibat karakteristik berat isinya.

Berikut gambar diagram tegangan gaya tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif :



Gambar 3.4 Diagram Tegangan Gaya untuk Mencari Tekanan Aktif

(Sumber : Joetata Hadihardaja, 1997)



Gambar 3.5 Diagram Tegangan Gaya untuk Mencari Tekanan Pasif

(Sumber : Joetata Hadihardaja, 1997)

Di dalam merencanakan konstruksi dinding *sheetpile* yang stabil dan aman maka konstruksi dinding penahan tanah tadi harus memenuhi kriteria atau syarat kapasitas konstruksi yang stabil dan aman.

Pada kriteria ini yang perlu diperhatikan adalah :

1. Periksa pada kekuatan bahan dinding
2. Kedalaman penetrasi *sheetpile* (D)
3. Panjang *sheet pile* total (L)
4. Tekanan tanah aktif (Pa)

Yang dimaksud dengan tekanan tanah aktif adalah tekanan tanah lateral minimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menjauhi tanah dibelakangnya (Hardiyatmo,H.C. 1996)

5. Tekanan tanah pasif (Pp)

Yang dimaksud dengan tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug (Hardiyatmo,H.C. 1996)

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa turap mengalami gaya-gaya, yaitu tekanan aktif dan tekanan tanah pasif. Gaya-gaya inilah yang selalu bekerja pada sebuah konstruksi turap. Koefisien tekanan tanah dapat dilihat pada rumus dibawah ini

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\Phi}{2} \right) \quad (3.4)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\Phi}{2} \right) \quad (3.5)$$

Dengan pengertian:

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

Φ = sudut geser dalam

Sementara itu tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif merupakan luasan dari diagram tekanan tanah yang terjadi dikalikan dengan koefisien tekanan tanahnya. Bila Diagram tekanan tanahnya berbentuk segi empat, maka rumusnya sebagai berikut

$$P_a = \gamma \cdot K_a \cdot H^2 \quad (3.6)$$

Sedangkan apabila diagram tanah berbentuk segitiga, maka rumusnya adalah

$$P_a = 0,5 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot H^2 \quad (3.7)$$

Dengan pengertian :

γ = Berat volume tanah

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

H = kedalaman titik yang ditinjau dari permukaan tanah

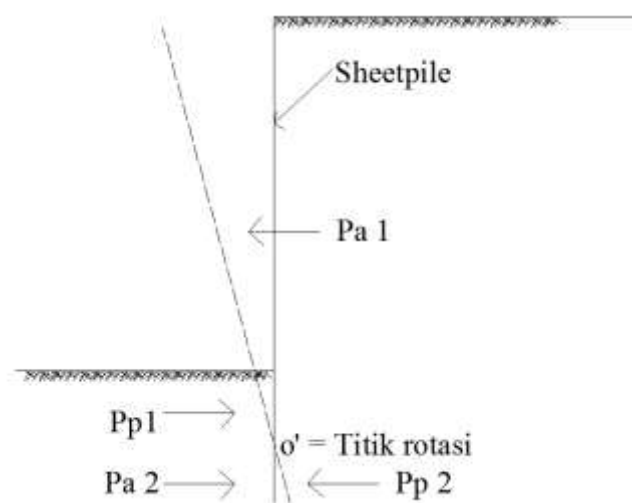
Menghitung angka aman terhadap geser dan guling pada *sheet pile*

$$SF = \frac{\sum P_p}{\sum P_a} > 1,5 \quad (3.8)$$

3.3.2 Dinding Turap Kantilever pada Tanah Berbutir Kasar (Φ – soils)

Yang dinamakan dengan dinding turap kantilever adalah dinding penahan tanah yang tidak menggunakan jangkar (*anchore*). Dinding turap kantilever diperoleh dengan memancangkan turap tersebut pada suatu kedalaman tertentu. Kestabilan dari dinding ini merupakan hasil mobilisasi tekanan tanah lateral pasif sebagai antisipasi dari tekanan-tekanan yang bekerja pada dinding tersebut, antara lain tekanan tanah aktif dan tekanan residu air (Pradoto, 1985).

Tekanan aktif berusaha untuk mendorong *sheet pile* menjauh dari timbunannya (*back fill*). Tekanan pasif didepan dan dibelakang dinding *sheet pile* berusaha menahan pergerakan. Kedua gaya inilah yang diperhitungkan dalam perancangan *cantilever sheet pile wall*. Untuk memperhitungkan tekanan lateral tanah, kondisi yang cocok untuk dinding *sheet pile* adalah kondisi Rankine dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut



Gambar 3.6 Gaya-Gaya yang Bekerja pada Dinding Turap

Akibat beban tanah isian, dinding turap akan berotasi pada titik O, dengan gaya-gaya yang bekerja adalah :

Pa1 = total tekanan aktif diatas titik 0'

Pp1 = total tekanan pasif diatas titik 0'

Pa2 = total tekanan aktif dibawah titik 0'

Pp2 = total tekanan pasif dibawah titik 0'

3.3.3 Perhitungan Desain Turap dengan Metode Penyederhanaan Statika

Metode perhitungan statika dapat diterapkan dalam menghitung kedalaman pemancangan *sheet pile* (D), dan juga metode ini dapat disederhanakan.

Tahapan pertama yang dilakukan untuk menghitung D pada metode penyederhanaan ini sama seperti metode lainnya, yaitu menentukan nilai koefisien tanah aktif (K_a) dan koefisien tanah pasif (K_p). Setelah nilai K_a dan K_p didapat, tahap selanjutnya adalah menghitung nilai gaya tekanan tanah aktif dan nilai gaya tekanan tanah pasif. Besarnya nilai masing-masing gaya tekanan tanah aktif dipengaruhi oleh tegangan akibat berat sendiri dan tegangan akibat kohesi tanahnya. Sedangkan gaya tekanan tanah pasif dipengaruhi oleh tegangan akibat berat sendiri, tegangan akibat beban air dan tegangan akibat kohesi tanahnya. Analisis disederhanakan dengan mengambil asumsi sebagai berikut :

1. Titik rotasi (*inflection joint*) 0' terletak pada dasar dinding turap
2. Terdapat gaya pasif R pada ujung dasar dinding turap sebagai resultan dari tekanan aktif dan pasif yang bekerja pada bagian bawah dinding.

Tegangan yang bekerja pada dinding dapat dilihat pada Gambar 3.10.

Ambil $\sum M$ terhadap dasar dinding turap

$$\sum M = 0$$

$$P_p \frac{D}{3} - P_a \frac{(H+D)}{3} = 0$$

Dimana

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma D^2 K_p$$

$$P_a = \frac{1}{2} (H + D)^2 K_a$$

Jika harga P_p dan P_a dimasukkan persamaan $\sum M$ di atas, kemudian dibagi dengan $(\frac{1}{6}\gamma)$ akan diperoleh :

$$K_p D^3 - K_a (H + D)^3 = 0 \quad (3.9)$$

Dengan cara *trial and error* harga D dapat ditentukan, dan untuk dalam pemancangan didapat minimal $(1,2 D)$. Untuk mendapatkan faktor keamanan yang sebenarnya dapat dihitung kembali tekanan – tekanan yang bekerja dengan dalam pemancangan $(1,2 D)$ tersebut di atas dengan $SF > 1,5$

3.4 Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Bor

Hitungan kapasitas dukung dapat dilakukan berdasarkan karakteristik kuat geser tanah yang diperoleh dari uji tanah di laboratorium dan uji dilapangan, atau dengan cara empiris didasarkan pada alat uji tertentu, seperti uji SPT dan uji CPT. Besarnya kapasitas dukung fondasi tiang pada tanah tergantung pada kapasitas dukung ujung dan kapasitas geser antara struktur fondasi dengan lapisan tanah. Kemampuan geser tanah dipengaruhi oleh panjang tiang, sehingga kemampuan geser tanah semakin tinggi dengan bertambahnya kedalaman tiang di dalam tanah.

Analisis kapasitas dukung pada tiang bor dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui data-data tanah, *pile cap*, kedalaman fondasi, jarak antar tiang dan data pendukung seperti mutu beton. Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang bor dapat dibagi menjadi tiang dengan dukungan ujung (*end bearing pile*) dan tiang dengan gesekan sepanjang permukaan badan tiang (*friction pile*). Kapasitas dukung tiang terdiri dari kapasitas dukung ujung tiang (Q_p) dan daya dukung selimut tiang (Q_s).

1. Kapasitas Dukung Tiang Tunggal

Kapasitas fondasi tiang bor mengikuti rumus umum yang diperoleh dari penjumlahan tahanan ujung dan tahanan selimut tiang, yang dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_p \quad (3.10)$$

Dengan pengertian :

Q_u = Kapasitas dukung ultimit tiang (ton)

Q_p = Kapasitas dukung ujung tiang (ton)

Q_s = Kapasitas dukung selimut tiang (ton)

W_p = Berat tiang (ton)

2. Kapasitas dukung ujung tiang (Q_p).

Kapasitas dukung ujung tiang bor pada tanah pasir dapat ditentukan sebagai berikut :

Metode Reese & Wright (1997)

$$Q_p = A \cdot q_p \quad (3.11)$$

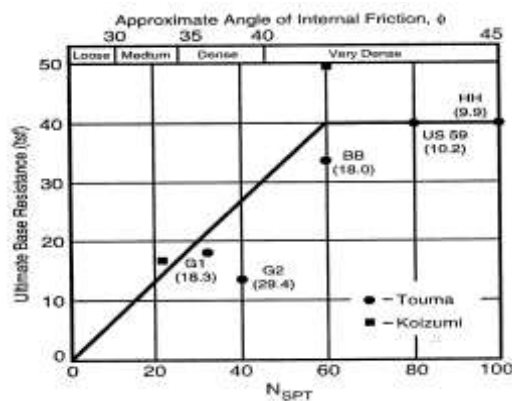
Dengan pengertian :

Q_p = Kapasitas dukung ujung tiang (ton)

A = Luas penampang ujung tiang bor (m^2)

q_p = Tahanan ujung persatuan luas (ton/m^2)

Pada kasus tanah pasir murni besarnya tahanan ujung persatuan luas (q_p) dapat diperoleh dengan hubungan N_{spt} , seperti terlihat pada Gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 Tahanan Ujung Ultimit pada Tanah Non Kohesif

(Sumber : Reese and Wright, 1977)

3. Kapasitas dukung selimut tiang (Q_s)

Kapasitas dukung selimut tiang bor pada tanah pasir dapat ditentukan berdasarkan rumus berikut ini :

$$Q_s = \sum A_s \cdot f \quad (3.12)$$

$$A_s = p \cdot \Delta L \quad (3.13)$$

Dengan pengertian :

Q_s = Kapasitas dukung ultimit selimut tiang (ton)

A_s = luas selimut tiang (m^2)

p = Keliling penampang tiang (m)

ΔL = Panjang tiang bor yang ditinjau (m)

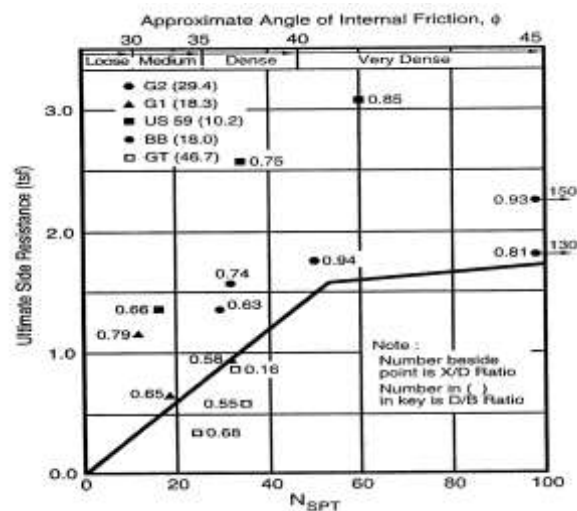
f = Gesekan selimut tiang persatuan luas (t/m^2)

a. Metode Reese & Wright (1977)

Gesekan selimut tiang per satuan luas dipengaruhi oleh jenis tanah dan parameter kuat geser tanah. Untuk tanah pasir dan tanah lempung dapat menggunakan formula sebagai berikut :

b. Tahanan friksi pada tanah pasir

Besarnya nilai f_s dapat diperoleh dari korelasi langsung dengan N-SPT pada Gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 Tahanan Selimut pada Tanah Non Kohesif

(Sumber : Reese and Wright, 1977)

c. Metode Kulhawy (1991)

Tahanan friksi pada tanah pasir

$$f_s = K_o \cdot \sigma'_v \cdot \tan \phi \quad (3.14)$$

Dengan pengertian :

ϕ = Sudut gesek dalam

K_o = Koefisien tekanan tanah saat diam = $1 - \sin \phi$

σ'_v = Tegangan vertikal efektif tanah pada kedalaman yang ditinjau (ton/m^2)

4. Kapasitas Dukung Ijin Tiang (Q_a)

Kapasitas dukung ijin fondasi tiang untuk beban aksial, Q_a atau Q_{all} diperoleh dengan membagi daya dukung ultimit, Q_u atau Q_{ult} , dengan suatu faktor keamanan (SF) baik secara keseluruhan maupun secara terpisah dengan

menerapkan faktor keamanan pada daya dukung selimut tiang dan pada tahanan ujungnya. Karena itu daya dukung ijin tiang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF} \quad (3.15)$$

Dengan pengertian :

Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang (ton)

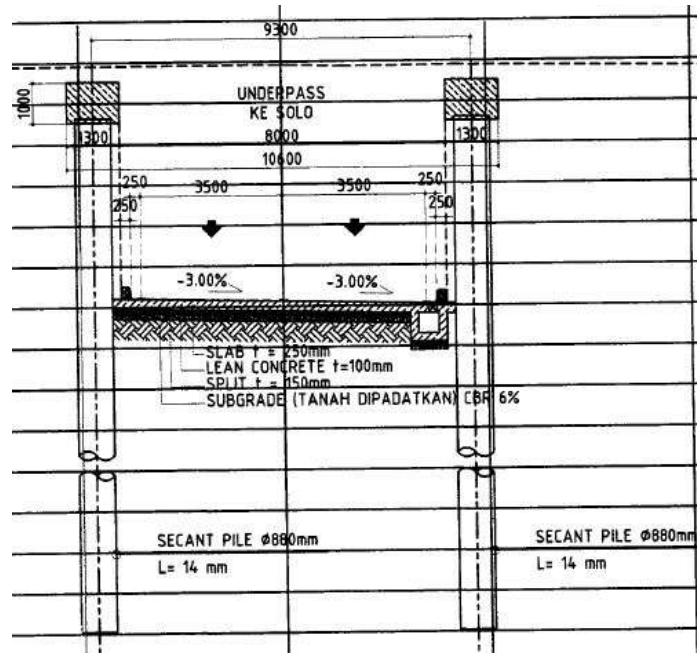
Q_u = Kapasitas dukung *ultimate* tiang (ton)

SF_1 = Faktor keamanan

Penentuan faktor keamanan atau SF tergantung pada beberapa factor, antara lain adalah sebagai berikut :

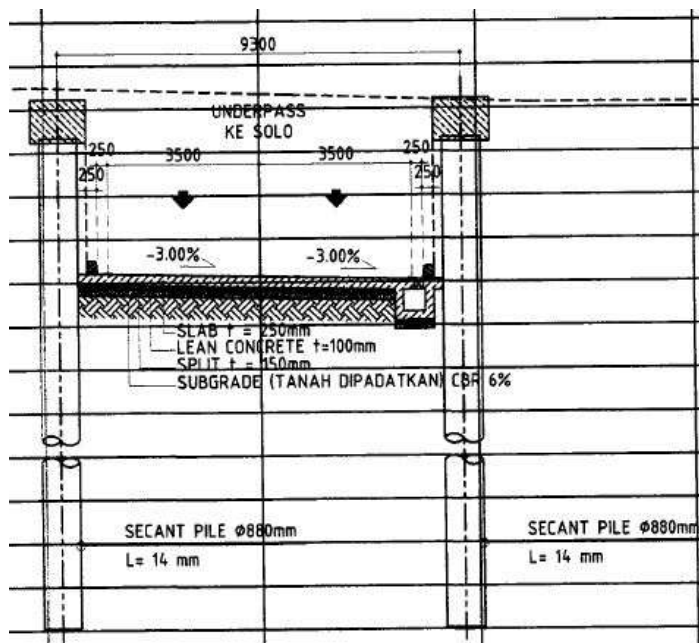
- a. jenis dan kepentingan struktur,
- b. variasi kondisi tanah,
- c. tingkat kehandalan penyelidikan geoteknik,
- d. jumlah dan jenis pengujian geoteknik,
- e. ketersediaan data uji pembebanan di dekat lokasi,
- f. tingkat pengawasan dan pengendalian mutu pekerjaan fondasi, dan
- g. probabilitas beban rencana yang akan terjadi sepanjang masa bangunan.

Untuk dasar tiang yang dibesarkan dengan diameter $d < 2$ m faktor aman ($SF = 2,5$), sedangkan tiang tanpa pembesaran di bagian bawahnya factor aman ($SF = 2$) (Hardiyatmo,H.C. 2001).



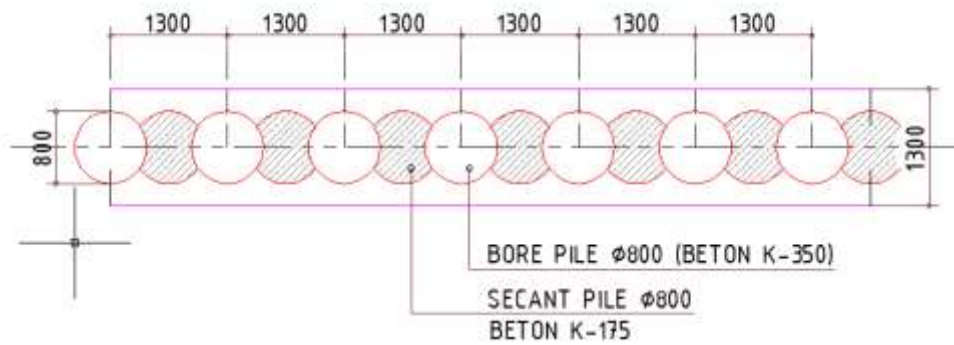
Gambar 4.2 Gambar Potongan Melintang *Underpass* Pada STA 0+525

(Sumber : PT Anugerah Kridapradana, PT Nusvey, 2014)



Gambar 4.3 Gambar Potongan Melintang *Underpass* Pada STA 0+550

(Sumber : PT Anugerah Kridapradana, PT Nusvey, 2014)



SECANT PILE $\phi 800$, L = 6 m

Gambar 4.4 Dimensi *Secant Pile*

(Sumber : PT Anugerah Kridapradana, PT Nusvey, 2014)

4.2 Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian diantaranya adalah :

1. gambar detail *underpass* Jombor Yogyakarta,
2. hasil uji penyelidikan tanah,
3. dimensi tiang bor,
4. kedalaman tiang bor, dan
5. beban lalu lintas simpang Jombor.

Perincian data tersebut adalah sebagai berikut.

1. Gambar Detail jalan *underpass* Jombor Yogyakarta.

Gambar detail *underpass* yang diperlukan adalah gambar *secant pile*, potongan melintang *underpass*.

2. Hasil Uji Penyelidikan Tanah.

Data penyelidikan tanah sebagai berikut :

Pada kedalaman 0 – 11,50 m

- a. Jenis Tanah : Pasir sedang
- b. Kohesi : 0 kN/m²
- c. Sudut gesek dalam : 28,96°
- d. γ_b Berat volume tanah basah: 18 kN/m³

Pada kedalaman 11,50 – 18,50 m

- a. Tanah : Pasir halus
- b. Kohesi : 0 kN/m²
- c. Sudut gesek dalam : 23,43°
- d. γ_b Berat volume tanah basah: 14,6 kN/m³

Pada kedalaman 18,50 – 27,50

- a. Jenis Tanah : Pasir halus
- b. Kohesi : 0 kN/m²
- c. Sudut gesek dalam : 25,02°
- d. γ_b Berat volume tanah basah: 14,6 kN/m³

3. Dimensi Tiang Bor.

Sheet pile dipakai bertampang lingkaran dengan diameter 0,8 m, sedangkan tinggi tiang berbeda pada STA 0+500 sampai STA 0+550.

4.3 Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan digunakan untuk mengetahui seberapa besar beban yang akan diterima *sheet pile*. Analisis stabilitas *sheet pile* dengan menggunakan teori rankine untuk mengetahui kestabilan tiang sebagai dinding penahan tanah. Tahapan perhitungan analisis stabilitas *sheet pile* sebagai berikut :

1. menghitung beban-beban yang bekerja dengan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, 1992 (BMS),
2. menghitung penetrasi kedalaman *sheet pile*,
3. menghitung tekanan tanah aktif (K_a) dan tekanan tanah pasif (K_p) yang bekerja pada struktur *sheet pile*, dan
4. menghitung besarnya *safety factor* pada konstruksi *sheet pile*.

4.4 Analisis Sheet Pile

Dalam menganalisis *sheet pile* harus memenuhi kriteria atau syarat kapasitas konstruksi yang stabil dan aman yaitu sebagai berikut:

1. menggunakan metode penyederhanaan (*Simplified Method*),
2. menghitung kedalaman penetrasi *sheet pile* (D),
3. menghitung panjang total *sheet pile* (L),

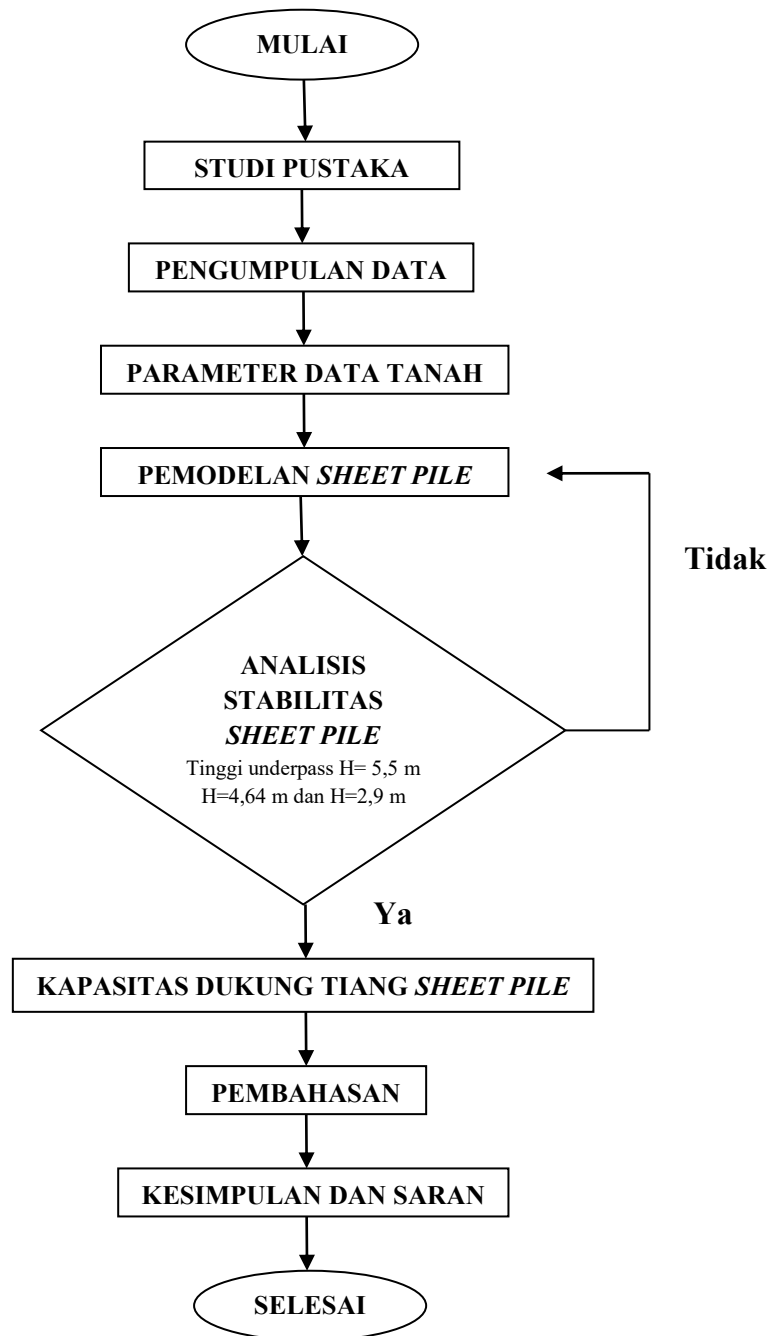
4. tekanan tanah aktif (P_a),
5. tekanan tanah pasif (P_p),
6. menghitung angka aman terhadap geser dan guling pada *sheet pile* ($SF > 1,5$), dan
7. menghitung kapasitas dukung tiang tunggal.

4.5 Pembahasan

Pembahasan merupakan penjabaran dari analisis stabilitas *sheet pile* fondasi tiang bor serta permasalahannya atau kendala yang terjadi selama melakukan proses analisis.

4.6 Bagan Alir

Langkah penelitian dalam Tugas Akhir ini dapat dilihat dari bagan alir pada Gambar 4.5 berikut ini



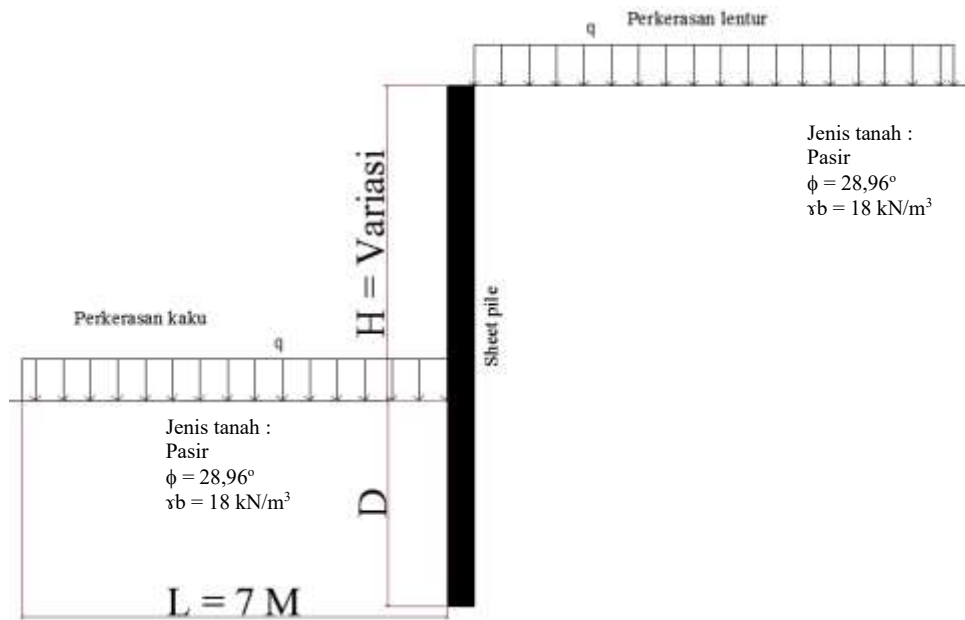
Gambar 4.5 Bagan Diagram Alir Analisis Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

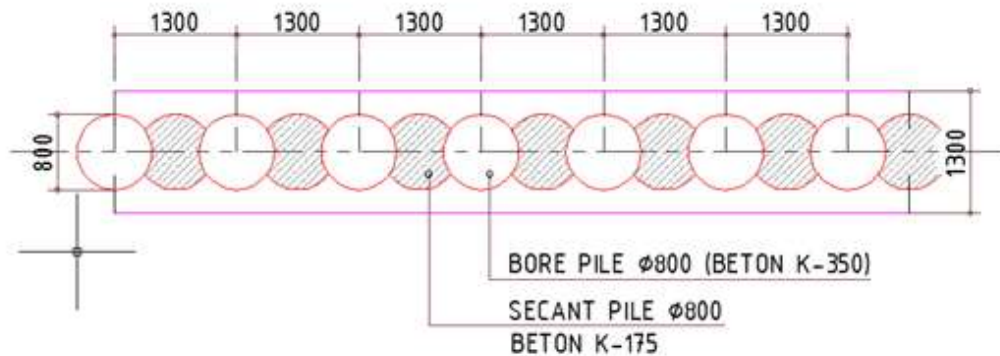
5.1 Perencanaan Kedalaman *Sheet Pile*

Dalam perencanaan *sheet pile* yang berfungsi sebagai dinding penahan tanah ini menggunakan beton bertulang yang mempunyai bentuk profil tertentu yang terdapat pada Gambar 5.1. *Sheet pile* ini akan direncanakan di tepi sepanjang jalan *underpass* sejauh 214 m. Sepanjang jalan *underpass* tersebut mempunyai selisih muka tanah dengan permukaan jalan *underpass* yang berbeda-beda sehingga perencanaan *sheetpiles* dibedakan menjadi 3 jenis.



Gambar 5.1 Perencanaan Dinding Jalan *Underpass*

(Sumber : PT Anugerah Kridapradana, PT Nusvey, 2014)



Gambar 5.2 Profil Dinding *Sheet Pile*

(Sumber : PT Anugerah Kridapradana, PT Nusvey, 2014)

Data teknis pada *sheetpiles* STA 0 + 500 sampai dengan STA 0 + 550 :

H pada STA 0 + 500 (*sheet pile* 1) = 5,5 m

H pada STA 0 + 525 (*sheet pile* 2) = 4,64 m

H pada STA 0 + 550 (*sheet pile* 3) = 2,9 m

L tiang pada lapangan :

Sheetpiles 1 = 18 m

Sheetpiles 2 = 15 m

Sheetpiles 3 = 9 m

Jenis tanah : Pasir

ϕ = 28,96°

γ_b = 18 kN/m³

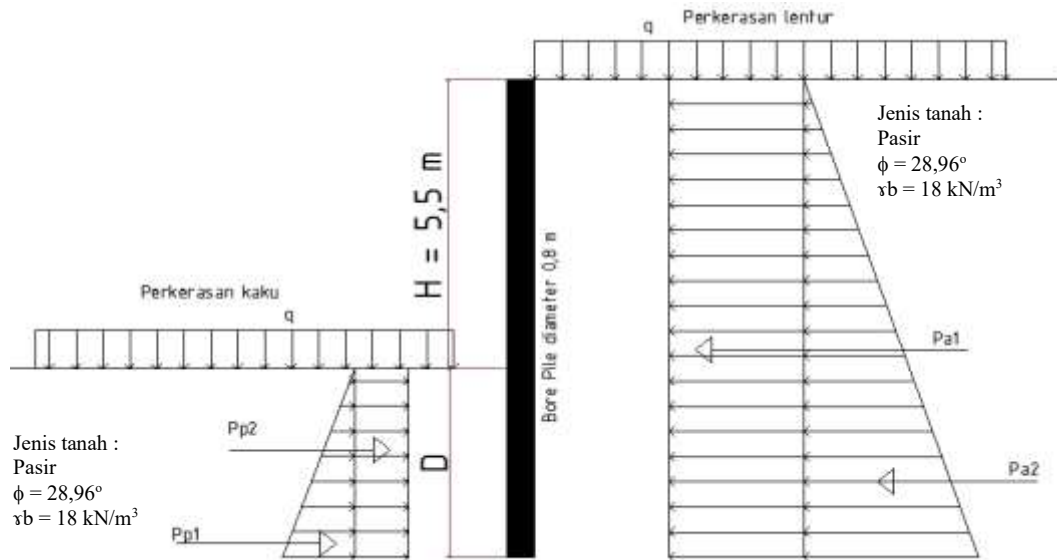
W_c = 25 kN/m³(Berat Jenis beton bertulang pada daerah pasif)

Di atas daerah jalan *underpass* biasanya terdapat beban-beban tambahan yang bekerja, yaitu beban lalu-lintas bekerja pada bagian daerah keruntuhan aktif, dan besarnya beban tambahan ini adalah setara dengan tanah setebal 0,6 m yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati beban lalu lintas tersebut (BMS 1992), kemudian beban yang bekerja pada daerah keruntuhan pasif jalan *underpass*, yaitu perkerasan kaku dan beban lalu-lintas, besarnya beban tambahan

ini adalah setara dengan tanah setebal 0,6 m yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut (BMS, 1992)

5.1.1 Perhitungan Perencanaan *Sheet Pile* 1 (STA 0 + 500)

Diagram distribusi tekanan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut :



Gambar 5.3 Diagram Distribusi Tekanan Tanah Lateral *Sheet Pile* 1

1. Menghitung koefesien tekanan tanah aktif (K_a) dan pasif (K_p)

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{28,96^\circ}{2} \right) = 0,34$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{28,96^\circ}{2} \right) = 2,87$$

2. Akibat beban hidup dibelakang dinding *sheetpiles* dihitung ekuivalen dengan tinggi timbunan sebesar 0,6 m.

Beban tekanan tanah aktif akibat lalu lintas :

$$\begin{aligned} QTa1 &= 0,6 \cdot \gamma_b \cdot K_a \\ &= 0,6 \cdot 18 \cdot 0,34 \\ &= 3,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban tekanan tanah aktif akibat berat tanah :

$$\begin{aligned} QTa2 &= H \cdot \gamma_b \cdot K_a \\ &= (5,5 + D) \cdot 18 \cdot 0,34 \end{aligned}$$

$$= 6,25 + (5,5 + D) \text{ kN/m}$$

Beban tekanan tanah pasif akibat berat tanah :

$$\begin{aligned} Q_{Tp1} &= D \cdot \gamma_b \cdot K_p \\ &= D \cdot 18 \cdot 2,87 \\ &= 51,79D \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban tekanan tanah pasif akibat lalu lintas :

$$\begin{aligned} Q_{Tp2} &= 0,6 \cdot \gamma_b \cdot K_p \\ &= 0,6 \cdot 18 \cdot 2,87 \\ &= 30,67 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3. Menghitung tekanan aktif dan pasif akibat beban Q_{Ta} dan Q_{Tp} :

$$\begin{aligned} P_{a1} \text{ (akibat beban } Q_{Ta1}) &= Q_{Ta1} \cdot (H+D) \\ &= 3,75 \cdot (5,5 + D) \\ &= 20,64 + 3,75D \end{aligned}$$

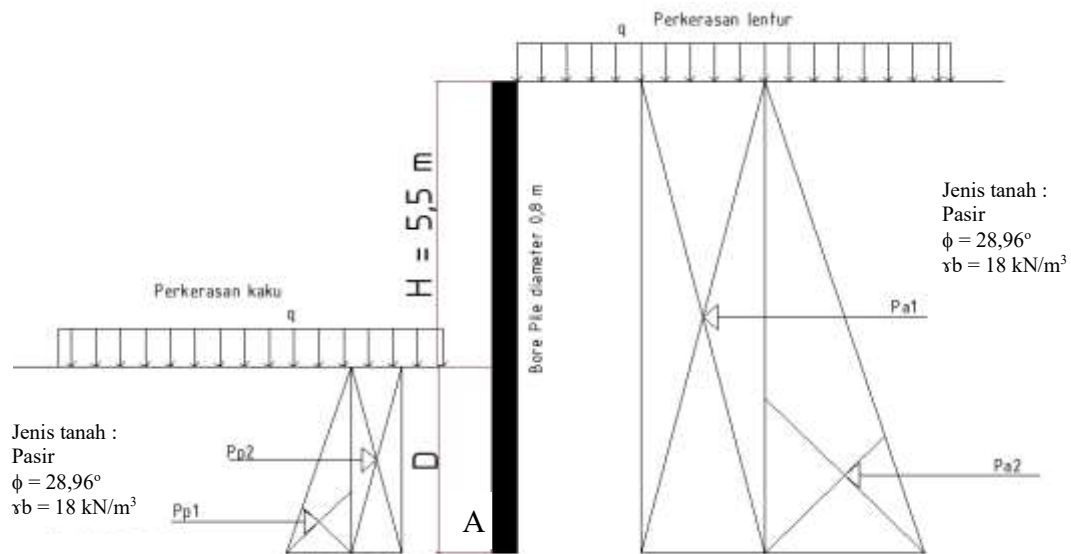
$$\begin{aligned} P_{a2} \text{ (akibat beban } Q_{Ta2}) &= \frac{1}{2} \cdot Q_{Ta2} \cdot (H + D) \\ &= \frac{1}{2} \cdot 6,25 \cdot (5,5 + D) \cdot (5,5 + D) \\ &= 3,12 \times (5,5 + D)^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{p1} \text{ (akibat beban } Q_{Tp1}) &= \frac{1}{2} \cdot Q_{Tp1} \cdot (D)^2 \\ &= 25,89 \cdot D^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{p2} \text{ (akibat beban } Q_{Tp2}) &= Q_{Tp2} \cdot (D) \\ &= 30,67 \cdot (D) \\ &= 30,67D \text{ kN.} \end{aligned}$$

4. Perhitungan momen yang terjadi dan kedalaman penetrasi *sheet pile* 1:

Menghitung momen tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif pada *sheet pile* 1 jarak terhadap titik A dapat dilihat pada Gambar 5.4. Pada perhitungan berikut ini bertujuan untuk mencari penetrasi kedalaman *sheet piles* (D), dan panjang total *sheet pile* (L).



Gambar 5.4 Menghitung Momen Yang Terjadi Di Sheet Pile 1 Terhadap Titik A

Perhitungan momen tekanan tanah aktif dan pasif pada *sheet pile* 1 dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 di bawah ini :

Tabel 5.1 Perhitungan Momen Aktif Sheet Pile 1 Terhadap Titik A

No	Pa	Lengan	Momen
1	$20,64 + 3,75D$	$0,5 (5,5 + D)$	$1,87D^2 + 20,64 D + 56,76$
2	$3,12D^2 + 34,40D + 94,61$	$0,33 (5,5 + D)$	$1,04D^3 + 17,20D^2 + 94,61D + 173,46$
Σ Momen Aktif			$1,04D^3 + 19,07D^2 + 115,25D + 230,22$

Tabel 5.2 Perhitungan Momen Pasif Sheet Pile 1 Terhadap Titik A

No	Pp	Lengan	Momen
1	$25,89D^2$	$0,33D$	$8,63D^3$
2	$30,67D$	$0,5D$	$15,33D^2$
Σ Momen Pasif			$8,63D^3 + 15,33D^2$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri sheet piles 1} &= A \cdot W_c \cdot H \cdot x \\
 &= 0,5 \times 25 \times (5,5 + D) \\
 &= 12,5D + 68,75 \text{ kN.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A \text{ (Luas lingkaran)} &= \frac{1}{4} \pi \emptyset^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 \\
 &= 0,5 \text{ m}^2 \\
 x \text{ (jarak titik berat)} &= \frac{1}{2} \emptyset = \frac{1}{2} 0,8 = 0,4 \text{ m} \\
 \text{Momen pada berat sendiri } \textit{sheet pile} & \\
 &= (12,5D + 68,75) \cdot 0,4 \\
 &= 5,02D + 27,5
 \end{aligned}$$

Menghitung penetrasi kedalaman *sheet pile* 1 (D) dan panjang total *sheet piles* 1

$$\begin{aligned}
 \Sigma \text{ Momen pasif} &= \Sigma \text{ Momen aktif} \\
 1,04D^3 + 19,07D^2 + 115,25D + 230,22 &= 8,63 D^3 + 15,33D^2 + 5D + 27,5 \\
 1,04D^3 + 19,07D^2 + 115,25D + 230,22 - 8,63D^3 - 15,33D^2 - 5D - 27,5 & \\
 = 0 & \\
 7,59 D^3 + (-3,74D^2) + -120,25 D - 257,72 &= 0
 \end{aligned}$$

Perhitungan persamaan polynomial maka didapat $D = 5,009 \text{ m}$, dan total tinggi *sheet pile*, untuk angka keamanan, nilai D dikalikan dengan angka keamanan 1,5 – 2,0 untuk tanah granuler (jenis tanah berbutir seperti : pasir, kerikil, batuan).

Maka :

$$D \text{ untuk } \textit{sheet piles} 1 = 2,0 \times 5,009 \text{ m} = 10,02$$

L tiang *sheet piles* 1 = $H + D = 5,5 + 10,02 = 15,52 \text{ m} \approx 16 \text{ m}$, terdapat selisih 2 m dari perencanaan *sheet pile* sebelumnya yaitu 18 m.

Menghitung angka aman gaya geser pada kedalaman *sheet pile* 1 STA 0+500 m:

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan tanah aktif} &= Pa_1 + Pa_2 \\
 &= 20,64 + 3,75(16) + 3,12(16)^2 + 34,40(16) \\
 &\quad + 94,61 \\
 &= 1524,37 \text{ kN/m} \\
 \text{Tekanan tanah pasif} &= Pp_1 + Pp_2 \\
 &= 25,89(10,02)^2 + 30,67(10,02)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2906,68 \text{ kN/m} \\
 \text{SF (Saftey Factor)} &= \frac{\sum Pp}{\sum Pa} > 1,5 \\
 &= \frac{2906,68}{1524,37} > 1,5 \\
 &= 1,9 > 1,5 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

Menghitung angka aman terhadap momen guling pada *sheet pile* 1 STA 0+500 :

$$\begin{aligned}
 \sum Ma_1 &= \sum Pa_1 \times (0,5 \times 16 \text{ m}) \\
 &= 20,64 + 3,75(16) \times 8 \text{ m} \\
 &= 280,64 \times 8 \text{ m} \\
 &= 2245,12 \text{ kN/m} \\
 \sum Ma_2 &= \sum Pa_2 \times (0,33 \times 16 \text{ m}) \\
 &= 3,12(16)^2 + 34,40(16) + 94,61 \times 5,33 \text{ m} \\
 &= 1443,73 \times 5,33 \text{ m} \\
 &= 7695,08 \text{ kN/m} \\
 \sum Ma &= \sum Ma_1 + \sum Ma_2 \\
 &= 2245,12 \text{ kN/m} + 7695,08 \text{ kN/m} \\
 &= 9940,20 \text{ kN/m} \\
 \sum Mp_1 &= \sum Pa_1 \times (0,33 \times 16 \text{ m}) \\
 &= 25,89(10,02)^2 \times 5,33 \text{ m} \\
 &= 2589 \times 5,33 \text{ m} \\
 &= 13799,37 \text{ kN/m} \\
 \sum Mp_2 &= \sum Pa_2 \times (0,5 \times 16 \text{ m}) \\
 &= 30,67(10,02) \times 8 \text{ m} \\
 &= 307,31 \times 8 \text{ m} \\
 &= 2458,48 \text{ kN/m} \\
 \sum Mp &= \sum Mp_1 + \sum Mp_2 + \text{Momen Berat Tiang} \\
 &= 13799,37 + 2458,48 + 5,02(10,02) + 27,5 \\
 &= 16335,65 \text{ kN/m} \\
 \text{SF (Saftey Factor)} &= \frac{\sum Mp}{\sum Ma} > 1,5
 \end{aligned}$$

$$= \frac{16335,65}{9940,20} > 1,5$$

$$= 1,64 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

Menghitung kapasitas dukung tiang *sheet pile* 1 (STA 0 + 500):

Kapasitas dukung tiang berdasarkan data uji CPT terdiri dari kapasitas dukung ujung tiang (Q_p) dan kapasitas dukung selimut tiang (Q_s).

1. Kapasitas dukung ujung tiang (Q_p)

Untuk menentukan kapasitas dukung ujung tiang diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$Q_p = A_{\text{tiang}} \times p$$

$$A_{\text{tiang}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2$$

$$= 0,5 \text{ m}^2$$

$$W_p = A.L.W_c$$

$$= 0,5.16.25$$

$$= 200 \text{ kN}$$

$$p = 206 \text{ kg/cm}^2 \text{ (data penyelidikan tanah pada kedalaman 16,00 m)}$$

$$= 20201 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = 0,5 \text{ m}^2 \times 20201 \text{ kN/m}^2$$

$$= 10100,50 \text{ kN}$$

2. Kapasitas dukung selimut tiang (Q_s)

Untuk menentukan kapasitas dukung selimut tiang diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$Q_s = O \times L \times c$$

$$O = \pi \times d$$

$$= \pi \times 0,8 \text{ m}$$

$$= 2,51 \text{ m}$$

$$L \cdot c = 1812 \text{ kg/cm}$$

$$= 0,177 \text{ kN/m}$$

$$Q_s = 2,51 \text{ m} \times 0,177 \text{ kN/m}$$

$$= 0,44 \text{ kN}$$

3. Kapasitas dukung ultimit tiang

$$\begin{aligned}
 Q_{ulti} &= Q_p + Q_s - W_p \\
 &= 10100,50 \text{ kN} + 0,44 \text{ kN} - 200 \text{ kN} \\
 &= 9900,94 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. Kapasitas dukung ijin tiang

$$Q_{allow} = \frac{Q_p + Q_s - W_p}{SF}$$

Dengan $SF = 3$

$$\begin{aligned}
 Q_{allow} &= \frac{9900,94}{3} \\
 &= 3300,31 \text{ kN} > (\text{Berat tiang}) = 200 \text{ kN} \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

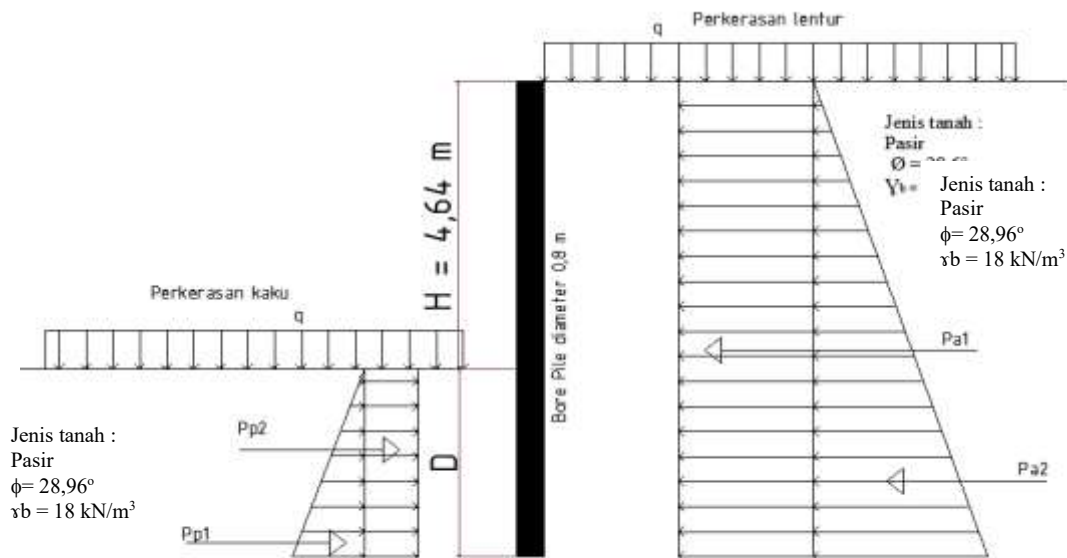
Stabilitas internal :

Tinjauan terhadap tegangan ijin bahan *sheetpile*

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \left(\frac{\sum Pa}{A} + \frac{\sum Ma}{W} \right) = \left(\frac{1524,37}{0,5 \text{ m}^2} + \frac{9940,20}{\frac{1}{64} \pi 0,8^4} \right) < \sigma \text{ ijin bahan} \\
 &= 497433,73 \text{ kN/m}^2 < 569064 \text{ kN/m}^2 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

5.1.2 Perhitungan Perencanaan *Sheet Pile 2* (STA 0 + 525)

Diagram distribusi tekanan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut :



Gambar 5.5 Diagram Distribusi Tekanan Tanah Lateral *Sheet Pile 2*

1. Menghitung koefesien tekanan tanah aktif (K_a) dan pasif (K_p)

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{28,96^\circ}{2} \right) = 0,34$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{28,96^\circ}{2} \right) = 2,87$$

2. Akibat beban hidup dibelakang dinding *sheet pile* dihitung ekivalen dengan tinggi timbunan sebesar 0,6 m.

Beban tekanan tanah aktif akibat lalu lintas :

$$\begin{aligned} Q_{Ta1} &= 0,6 \cdot \gamma_b \cdot K_a \\ &= 0,6 \cdot 18 \cdot 0,34 \\ &= 3,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban tekanan tanah aktif akibat berat tanah :

$$\begin{aligned} Q_{Ta2} &= H \cdot \gamma_b \cdot K_a \\ &= (4,64 + D) \cdot 18 \cdot 0,34 \\ &= 6,25 + (4,64 + D) \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban tekanan tanah pasif akibat berat tanah :

$$\begin{aligned} Q_{Tp1} &= D \cdot \gamma_b \cdot K_p \\ &= D \cdot 18 \cdot 2,87 \\ &= 51,79D \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban tekanan tanah pasif akibat lalu lintas :

$$\begin{aligned} Q_{Tp2} &= 0,6 \cdot \gamma_b \cdot K_p \\ &= 0,6 \cdot 18 \cdot 2,87 \\ &= 30,67 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3. Menghitung tekanan aktif dan pasif akibat beban Q_{Ta} dan Q_{Tp} :

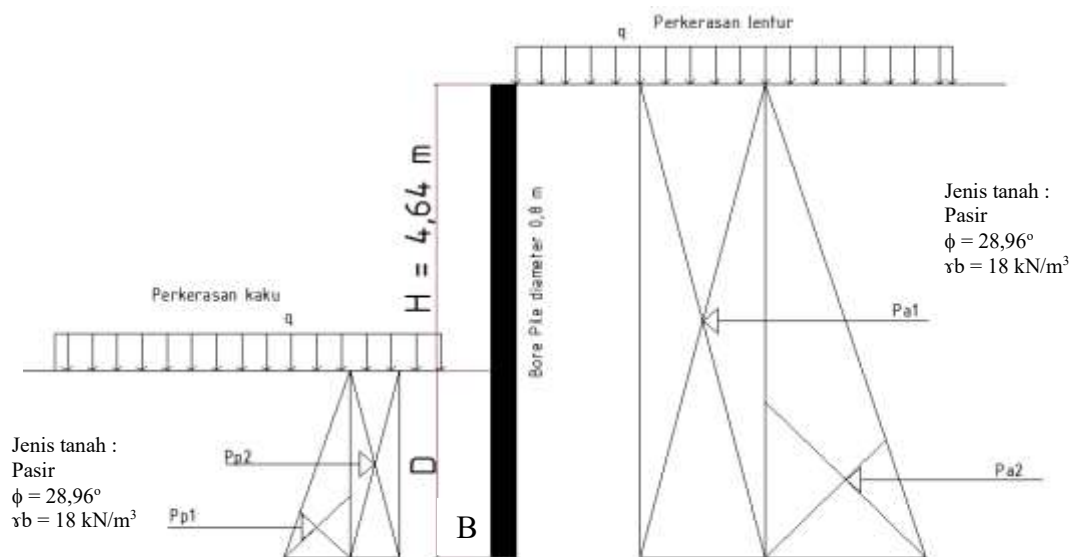
$$\begin{aligned} P_{a1} \text{ (akibat beban } Q_{Ta1}) &= Q_{Ta1} \cdot (H+D) \\ &= 3,75 \cdot (4,64 + D) \\ &= 17,41 + 3,75D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a2} \text{ (akibat beban } Q_{Ta2}) &= \frac{1}{2} \cdot Q_{Ta2} \cdot (H + D) \\ &= \frac{1}{2} \cdot 6,34 \cdot (4,64 + D) \cdot (4,64 + D) \\ &= 3,12 \times (4,64 + D)^2 \end{aligned}$$

$$P_{p1} \text{ (akibat beban } Q_{Tp1}) = \frac{1}{2} \cdot Q_{Tp1} \cdot (D)^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 25,89.D^2 \\
 P_{p2} \text{ (akibat beban } Q_{Tp2}) &= Q_{Tp2}.(D) \\
 &= 30,67.(D) \\
 &= 30,67D \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan momen yang terjadi dan kedalaman penetrasi *sheet pile* 2:
 Menghitung momen tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif pada *sheet pile* 2 jarak terhadap titik B dapat dilihat pada Gambar 5.6. Pada perhitungan berikut ini bertujuan untuk mencari penetrasi kedalaman *sheet piles* (D), dan panjang total *sheet piles* (L).



Gambar 5.6 Menghitung Momen yang Terjadi di *Sheet Pile* 2 Terhadap Titik B

Perhitungan momen tekanan tanah aktif dan pasif pada *sheet pile* 2 dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 di bawah ini :

Tabel 5.3 Perhitungan Momen Aktif *Sheet Pile* 2 Terhadap Titik B

No	Pa	Lengan	Momen
1	$17,41 + 3,75D$	$0,5 (4,64 + D)$	$1,87D^2 + 17,41 D + 40,40$
2	$3,17D^2 + 29,44D + 67,33$	$0,33 (4,64 + D)$	$1,04D^3 + 14,51D^2 + 67,33D + 104,15$
Σ Momen Aktif			$1,04D^3 + 16,38D^2 + 84,75D + 144,55$

Tabel 5.4 Perhitungan Momen Pasif *Sheet Pile 2* Terhadap Titik B

No	Pp	Lengan	Momen
1	$25,89D^2$	$0,33D$	$8,63D^3$
2	$30,67D$	$0,5D$	$15,33D^2$
Σ Momen Pasif		$8,63D^3 + 15,33D^2$	

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri sheet piles 1} &= A \cdot Wc \cdot H \cdot x \\ &= 0,5 \cdot 25 \cdot (4,64 + D) \\ &= 12,5D + 58 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A \text{ (Luas lingkaran)} &= \frac{1}{4} \pi \cdot \emptyset^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 \\ &= 0,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$x \text{ (Jarak titik berat)} = \frac{1}{2} \emptyset = \frac{1}{2} 0,8 = 0,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen pada berat sendiri sheet pile} &= (12,5D + 58) \cdot 0,4 \\ &= 5,02D + 23,2 \end{aligned}$$

Menghitung penetrasi kedalaman *sheet pile 2* (D) dan panjang total *sheet pile 2*

$$\Sigma \text{ Momen pasif} = \Sigma \text{ Momen aktif}$$

$$1,04D^3 + 16,38D^2 + 84,75D + 144,55 = 8,63D^3 + 15,33D^2 + 5D + 23,2$$

$$1,04D^3 + 16,38D^2 + 84,75D + 144,55 - 8,63D^3 - 15,33D^2 - 5D - 23,2 = 0$$

$$7,59 D^3 + (-1,05D^2) + -89,75 D - 167,75 = 0$$

Perhitungan persamaan polynomial maka didapat $D = 4,203 \text{ m}$, dan total tinggi *sheet pile* untuk angka keamanan nilai D dikalikan dengan angka keamanan 1,5 – 2,0 untuk tanah granuler (jenis tanah berbutir seperti : pasir, kerikil, batuan).

Maka :

$$D \text{ untuk sheet pile 2} = 2,0 \times 4,203 \text{ m} = 8,41 \approx 9 \text{ m}$$

$$L \text{ tiang sheet pile 2} = H + D = 4,64 + 9 = 13,64 \text{ m} \approx 14 \text{ m, terdapat selisih 1 m dari perencanaan sheet pile sebelumnya yaitu 15 m.}$$

Menghitung angka aman gaya geser pada kedalaman *sheet pile* 2 STA 0+525 m:

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan tanah aktif} &= Pa_1 + Pa_2 \\
 &= 17,41 + 3,75(14) + 3,12(14)^2 + 29,02(14) \\
 &\quad + 67,33 \\
 &= 1381,37 \text{ kN/m} \\
 \text{Tekanan tanah pasif} &= Pp_1 + Pp_2 \\
 &= 25,89(9)^2 + 30,67(9) \\
 &= 2372,12 \text{ kN/m} \\
 \text{SF (Safety Factor)} &= \frac{\sum Pp}{\sum Pa} > 1,5 \\
 &= \frac{2373,23}{1381,37} > 1,5 \\
 &= 1,72 > 1,5 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

Menghitung angka aman terhadap momen guling :

$$\begin{aligned}
 \sum Ma_1 &= \sum Pa_1 \times (0,5 \times 14 \text{ m}) \\
 &= 17,41 + 3,75(14) \times 7 \text{ m} \\
 &= 6,91 \times 7 \text{ m} \\
 &= 489,37 \text{ kN/m} \\
 \sum Ma_2 &= \sum Pa_2 \times (0,33 \times 14 \text{ m}) \\
 &= 3,17(14)^2 + 29,44(14) + 68,31 \times 4,67 \text{ m} \\
 &= 1101,79 \times 4,67 \text{ m} \\
 &= 5145,36 \text{ kN/m} \\
 \sum Ma &= \sum Ma_1 + \sum Ma_2 \\
 &= 489,37 \text{ kN/m} + 5145,36 \text{ kN/m} \\
 &= 5634,73 \text{ kN/m} \\
 \sum Mp_1 &= \sum Pa_1 \times (0,33 \times 14 \text{ m}) \\
 &= 25,89(9)^2 \times 4,67 \text{ m} \\
 &= 2097,09 \times 4,67 \text{ m} \\
 &= 9793,41 \text{ kN/m} \\
 \sum Mp_2 &= \sum Pa_2 \times (0,5 \times 14 \text{ m}) \\
 &= 30,67(9) \times 7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 276,03 \times 7 \text{ m} \\
 &= 1932,21 \text{ kN/m} \\
 \sum M_p &= \sum M_{p1} + \sum M_{p2} + \text{Momen Berat Tiang} \\
 &= 9793,41 + 1932,21 + 5,02(9) + 23,2 \\
 &= 11794 \text{ kN/m} \\
 \text{SF (Safety Factor)} &= \frac{\sum M_p}{\sum M_a} > 1,5 \\
 &= \frac{11794}{5634,73} > 1,5 \\
 &= 2,09 > 1,5 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

Menghitung kapasitas dukung tiang *sheet pile* 2 (STA 0 + 525):

Kapasitas dukung tiang berdasarkan data uji CPT terdiri dari kapasitas dukung ujung tiang (Q_p) dan kapasitas dukung selimut tiang (Q_s).

1. Kapasitas dukung ujung tiang (Q_p)

Untuk menentukan kapasitas dukung ujung tiang diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= A_{\text{tiang}} \times p \\
 A_{\text{tiang}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \\
 &= 0,5 \text{ m}^2 \\
 W_p &= A.L.W_c \\
 &= 0,5.14.25 \\
 &= 175 \text{ kN} \\
 p &= 396 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 38834,33 \text{ kN/m}^2 \text{ (data penyelidikan tanah pada kedalaman 14 m)} \\
 Q_p &= 0,5 \text{ m}^2 \times 38834,33 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 19417,17 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Kapasitas dukung selimut tiang (Q_s)

Untuk menentukan kapasitas dukung selimut tiang diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= O \times L \times c \\
 O &= \pi \times d
 \end{aligned}$$

$$= \pi \times 0.8 \text{ m}$$

$$= 2.51 \text{ m}$$

$$L \cdot c = 1400 \text{ kg/cm}$$

$$= 0,137 \text{ kN/m}$$

$$Q_s = 2.51 \text{ m} \times 0,137 \text{ kN/m}$$

$$= 0,34 \text{ kN}$$

3. Kapasitas dukung ultimit tiang

$$Q_{ulti} = Q_p + Q_s - W_p$$

$$= 19417,17 \text{ kN} + 0,34 \text{ kN} - 175 \text{ kN}$$

$$= 19242,51 \text{ kN}$$

4. Kapasitas dukung ijin tiang

$$Q_{allow} = \frac{Q_p + Q_s - W_p}{SF}$$

$$\text{Dengan } SF = 3$$

$$Q_{allow} = \frac{19242,51}{3}$$

$$= 6414,17 \text{ kN} > (\text{Berat tiang}) = 175 \text{ kN} \text{ (Aman)}$$

Stabilitas internal :

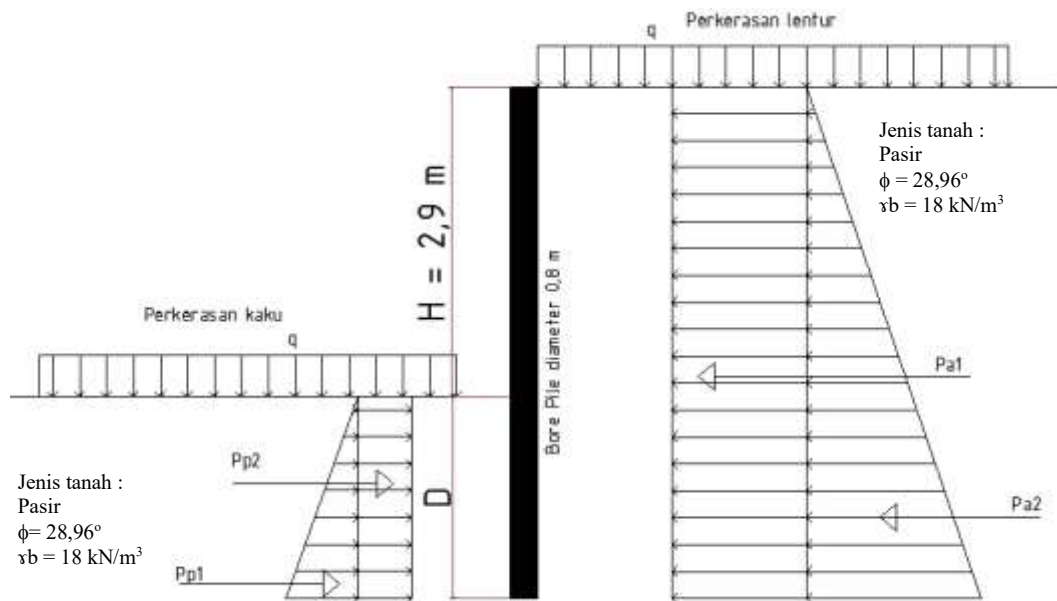
Tinjauan terhadap tegangan ijin bahan *sheetpile*

$$\sigma = \left(\frac{\sum Pa}{A} + \frac{\sum Ma}{W} \right) = \left(\frac{1381,37}{0,5 \text{ m}^2} + \frac{5634,73}{\frac{1}{64} \pi 0,8^4} \right) < \sigma \text{ ijin bahan}$$

$$= 283011,22 \text{ kN/m}^2 < 569064 \text{ kN/m}^2 \text{ (Aman)}$$

5.1.3 Perhitungan Perencanaan *Sheet Pile* 3 (STA 0 + 550)

Diagram distribusi tekanan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut :



Gambar 5.7 Diagram Distribusi Tekanan Tanah Lateral *Sheet Pile* 3

1. Menghitung koefesien tekanan tanah aktif (K_a) dan pasif (K_p)

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{28,96^\circ}{2} \right) = 0,34$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{28,96^\circ}{2} \right) = 2,87$$

2. Akibat beban hidup dibelakang dinding *sheetpiles* dihitung ekuivalen dengan tinggi timbunan sebesar 0,6 m.

Beban tekanan tanah aktif akibat lalu lintas :

$$\begin{aligned} Q_{Ta1} &= 0,6 \cdot \gamma_b \cdot K_a \\ &= 0,6 \cdot 18 \cdot 0,34 \\ &= 3,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban tekanan tanah aktif akibat berat tanah :

$$\begin{aligned} Q_{Ta2} &= H \cdot \gamma_b \cdot K_a \\ &= (2,9 + D) \cdot 18 \cdot 0,34 \\ &= 6,25 + (2,9 + D) \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban tekanan tanah pasif akibat berat tanah :

$$\begin{aligned}
 Q_{Tp1} &= D \cdot \gamma_b \cdot K_p \\
 &= D \cdot 18 \cdot 2,87 \\
 &= 51,79D \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Beban tekanan tanah pasif akibat lalu lintas :

$$\begin{aligned}
 Q_{Tp2} &= 0,6 \cdot \gamma_b \cdot K_p \\
 &= 0,6 \cdot 18 \cdot 2,87 \\
 &= 30,67 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

3. Menghitung tekanan aktif dan pasif akibat beban Q_{Ta} dan Q_{Tp} :

$$\begin{aligned}
 P_{a1} \text{ (akibat beban } Q_{Ta1}) &= Q_{Ta1} \cdot (H+D) \\
 &= 3,75 \cdot (2,9 + D) \\
 &= 10,88 + 3,75D
 \end{aligned}$$

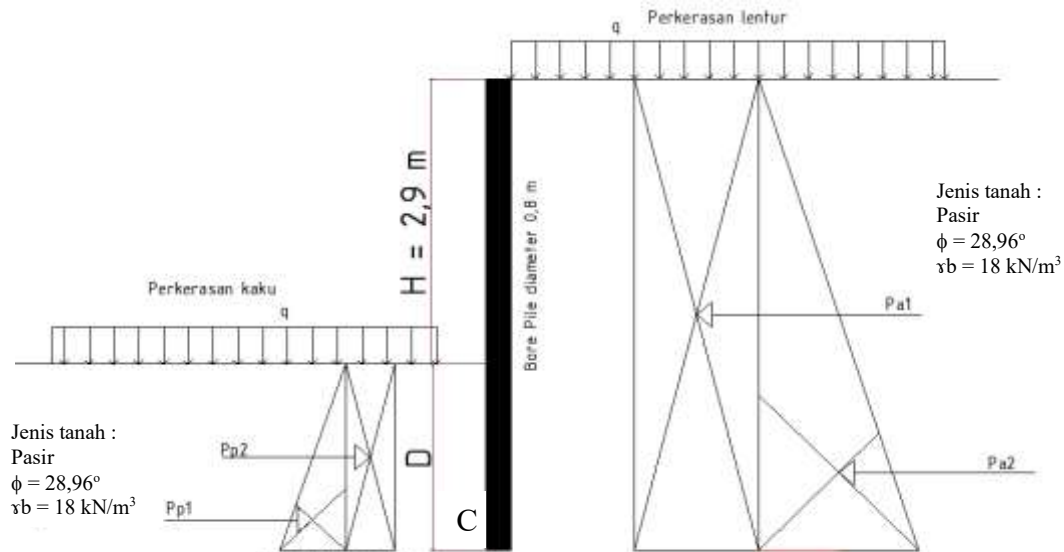
$$\begin{aligned}
 P_{a2} \text{ (akibat beban } Q_{Ta2}) &= \frac{1}{2} \cdot Q_{Ta2} \cdot (H + D) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 6,25 \cdot (2,9 + D) \cdot (2,9 + D) \\
 &= 3,12 \times (2,9 + D)^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{p1} \text{ (akibat beban } Q_{Tp1}) &= \frac{1}{2} \cdot Q_{Tp1} \cdot (D)^2 \\
 &= 25,89 \cdot D^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{p2} \text{ (akibat beban } Q_{Tp2}) &= Q_{Tp2} \cdot (D) \\
 &= 30,67 \cdot (D) \\
 &= 30,67D \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan momen yang terjadi dan kedalaman penetrasi *sheet pile* 3:

Menghitung momen tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif pada *sheetpiles* 1 jarak terhadap titik C dapat dilihat pada Gambar 5.8. Pada perhitungan berikut ini bertujuan untuk mencari penetrasi kedalaman *sheet piles* (D), dan panjang total *sheet piles* (L).



Gambar 5.8 Menghitung Momen Yang Terjadi Di Sheet Pile 3 Terhadap Titik C

Perhitungan momen tekanan tanah aktif dan pasif pada *sheet pile* 3 dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 di bawah ini :

Tabel 5.5 Perhitungan Momen Aktif Sheet Pile 3 Terhadap Titik C

No	Pa	Lengan	Momen
1	$10,88 + 3,75D$	$0,5 (2,9 + D)$	$1,87D^2 + 10,88 D + 15,78$
2	$3,12D^2 + 18,14D + 26,30$	$0,33 (2,9 + D)$	$1,04D^3 + 9,07D^2 + 26,30D + 25,42$
Σ Momen Aktif			$1,06 D^3 + 10,94 D^2 + 37,18 D + 41,21$

Tabel 5.6 Perhitungan Momen Pasif Sheet Pile 3 Terhadap Titik C

No	Pp	Lengan	Momen
1	$25,89D^2$	$0,33D$	$8,63D^3$
2	$30,67D$	$0,5D$	$15,33D^2$
Σ Momen Pasif			$8,63D^3 + 15,33D^2$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri sheet piles 1} &= A.Wc.H.x \\
 &= 0,5.25.(2,9 + D) \\
 &= 12,5D + 36,25 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A \text{ (Luas lingkaran)} &= \frac{1}{4} \pi \emptyset^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 \\
 &= 0,5 \text{ m}^2 \\
 x \text{ (Jarak titik berat)} &= \frac{1}{2} \emptyset = \frac{1}{2} 0,8 = 0,4 \text{ m} \\
 \text{Momen pada berat sendiri } \textit{sheet pile} & \\
 &= (12,5D + 36,25) \cdot 0,4 \\
 &= 5,02D + 14,57
 \end{aligned}$$

Menghitung penetrasi kedalaman *sheet pile* 3 (D) dan panjang total *sheet pile* 3

Σ Momen pasif = Σ Momen aktif

$$\begin{aligned}
 1,06 D^3 + 10,94 D^2 + 37,18 D + 41,21 &= 8,63D^3 + 15,33D^2 + 5,02D + 14,57 \\
 1,06 D^3 + 10,94 D^2 + 37,18 D + 41,21 - 8,63D^3 - 15,33D^2 - 5,02D - 14,57 &= 0 \\
 7,59 D^3 + 4,38D^2 + -42,18 D - 55,71 &= 0
 \end{aligned}$$

Perhitungan persamaan polynomial maka didapat $D = 2,617$ m, dan total tinggi *sheet pile* untuk angka keamanan nilai D dikalikan dengan angka keamanan 1,5 – 2,0 untuk tanah granuler (jenis tanah berbutir seperti : pasir, kerikil, batuan).

Maka :

$$\begin{aligned}
 D \text{ untuk } \textit{sheet pile} 3 &= 2,0 \times 2,617 \text{ m} = 5,234 \\
 L \text{ tiang } \textit{sheet pile} 3 &= H + D = 2,9 + 5,234 = 8,19 \text{ m} \approx 9 \text{ m, kedalaman penetrasi sama dengan perencanaan } \textit{sheet pile} \text{ sebelumnya yaitu } 9 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Menghitung angka aman terhadap geser pada kedalaman *sheet pile* 3 pada STA 0+550 9 m:

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan tanah aktif} &= Pa_1 + Pa_2 \\
 &= 10,88 + 3,75(9) + 3,12(9)^2 + 18,14(9) \\
 &\quad + 26,30 \\
 &= 486,91 \text{ kN/m} \\
 \text{Tekanan tanah pasif} &= Pp_1 + Pp_2 \\
 &= 27,42(5,234)^2 + 30,67(5,234)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 911,69 \text{ kN/m} \\
 \text{SF (Saftey Factor)} &= \frac{\sum Pp}{\sum Pa} > 1,5 \\
 &= \frac{911,69}{486,91} > 1,5 \\
 &= 1,87 > 1,5 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

Menghitung angka aman terhadap momen guling :

$$\begin{aligned}
 \sum Ma_1 &= \sum Pa_1 \times (0,5 \times 9 \text{ m}) \\
 &= 10,88 + 3,75(9) \times 4,5 \text{ m} \\
 &= 44,63 \times 4,5 \text{ m} \\
 &= 200,84 \text{ kN/m} \\
 \sum Ma_2 &= \sum Pa_2 \times (0,33 \times 9 \text{ m}) \\
 &= 3,12(9) + 18,14(9) + 26,30 \times 2,97 \text{ m} \\
 &= 217,64 \times 2,97 \text{ m} \\
 &= 646,39 \text{ kN/m} \\
 \sum Ma &= \sum Ma_1 + \sum Ma_2 \\
 &= 200,84 \text{ kN/m} + 646,39 \text{ kN/m} \\
 &= 847,23 \text{ kN/m} \\
 \sum Mp_1 &= \sum Pa_1 \times (0,33 \times 9 \text{ m}) \\
 &= 27,42(5,234)^2 \times 2,97 \text{ m} \\
 &= 751,16 \times 2,97 \text{ m} \\
 &= 2230,96 \text{ kN/m} \\
 \sum Mp_2 &= \sum Pa_2 \times (0,5 \times 9 \text{ m}) \\
 &= 30,67(5,234) \times 4,5 \text{ m} \\
 &= 160,53 \times 4,5 \text{ m} \\
 &= 722,39 \text{ kN/m} \\
 \sum Mp &= \sum Mp_1 + \sum Mp_2 + \text{Momen Berat Tiang} \\
 &= 2230,96 + 722,39 + 5,02(5,234) + 14,57 \\
 &= 2994,19 \text{ kN/m} \\
 \text{SF (Saftey Factor)} &= \frac{\sum Mp}{\sum Ma} > 1,5
 \end{aligned}$$

$$= \frac{2994,19}{847,23} > 1,5$$

$$= 3,53 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

Menghitung kapasitas dukung tiang *sheet pile* 3 (STA 0 + 550):

Kapasitas dukung tiang berdasarkan data uji CPT terdiri dari kapasitas dukung ujung tiang (Q_p) dan kapasitas dukung selimut tiang (Q_s).

1. Kapasitas dukung ujung tiang (Q_p)

Untuk menentukan kapasitas dukung ujung tiang diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$Q_p = A_{\text{tiang}} \times p$$

$$A_{\text{tiang}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2$$

$$= 0,5 \text{ m}^2$$

$$W_p = A.L.W_c$$

$$= 0,5.9.25$$

$$= 112,5 \text{ kN}$$

$$p = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 13728,40 \text{ kN/m}^2 \text{ (data penyelidikan tanah pada kedalaman 9 m)}$$

$$Q_p = 0,5 \text{ m}^2 \times 13728,40 \text{ kN/m}^2$$

$$= 6864,20 \text{ kN}$$

2. Kapasitas dukung selimut tiang (Q_s)

Untuk menentukan kapasitas dukung selimut tiang diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$Q_s = O \times L \times c$$

$$O = \pi \times d$$

$$= \pi \times 0,8 \text{ m}$$

$$= 2,51 \text{ m}$$

$$L \cdot c = 864 \text{ kg/cm}$$

$$= 0,084 \text{ kN/m}$$

$$Q_s = 2,51 \text{ m} \times 0,084 \text{ kN/m}$$

$$= 0,21 \text{ kN}$$

3. Kapasitas dukung ultimit tiang

$$\begin{aligned} Q_{ulti} &= Q_p + Q_s - W_p \\ &= 6864,20 \text{ kN} + 0,21 \text{ kN} - 112,50 \text{ kN} \\ &= 6751,91 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Kapasitas dukung ijin tiang

$$Q_{allow} = \frac{Q_p + Q_s - W_p}{SF}$$

Dengan $SF = 3$

$$\begin{aligned} Q_{allow} &= \frac{6751,91}{3} \\ &= 2250,64 \text{ kN} > (\text{Berat tiang}) = 112,50 \text{ kN (Aman)} \end{aligned}$$

Stabilitas internal :

Tinjauan terhadap tegangan ijin bahan *sheetpile*

$$\begin{aligned} \sigma &= \left(\frac{\sum Pa}{A} + \frac{\sum Ma}{W} \right) = \left(\frac{486,91}{0,5 \text{ m}^2} + \frac{847,23}{\frac{1}{64} \pi 0,8^4} \right) < \sigma \text{ ijin bahan} \\ &= 43111,58 \text{ kN/m}^2 < 569064 \text{ kN/m}^2 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

5.2 Pembahasan

Dalam perencanaan dinding penahan tanah tipe *sheet pile* pada jalan *underpass* adalah masalah pengaruh akibat koefisien tekanan tanah aktif dan koefisien tekanan tanah pasif yang terjadi, dan ditambah dengan beban perkerasan kaku dan perkerasan lentur, serta beban lalu-lintas pada jalan *underpass*. Kesalahan dalam mengasumsikan pembebanan dan kedalaman penetrasi *sheet pile* akan mengakibatkan keruntuhan dinding pada jalan *underpass* serta bisa melumpuhkan aktivitas lalu lintas pada daerah tersebut. Perhitungan dilakukan pada 3 titik di lokasi jalan *underpass*, yaitu pada STA 0+500, STA 0+525 dan STA 0+550, dengan ketinggian tanah galian yang bervariasi. Pada kondisi ini untuk menentukan kedalaman penetrasi tiang dan panjang total tiang digunakan persamaan polynomial dengan cara menghitung koefisien tekanan aktif dan pasif serta beban yang bekerja pada konstruksi *sheet pile*, kemudian jumlah momen yang terjadi pada daerah tanah aktif $\sum Ma$ dan jumlah momen pada daerah tanah pasif $\sum Mp$. Setelah itu digunakan persamaan polynomial untuk menentukan kedalaman tiang (D) dengan cara coba-coba sampai jumlah momen pada tekanan

aktif dan pasif sama dengan 0. Analisis dilakukan dengan membandingkan kedalaman tiang di lapangan dengan hasil analisis penelitian ini.

Dari hasil analisis di atas pada stabilitas *sheet pile* didapatkan angka aman untuk *sheet pile* sebagai berikut ini.

1. Terhadap geser

Pada STA 0+500 memiliki angka aman (SF) sebesar $1,97 > 1,5$

Pada STA 0+525 memiliki angka aman (SF) sebesar $1,72 > 1,5$

Pada STA 0+550 memiliki angka aman (SF) sebesar $1,87 > 1,5$

2. Terhadap guling

Pada STA 0+500 memiliki angka aman (SF) sebesar $1,64 > 1,5$

Pada STA 0+525 memiliki angka aman (SF) sebesar $2,09 > 1,5$

Pada STA 0+550 memiliki angka aman (SF) sebesar $3,53 > 1,5$

3. Kapasitas dukung ujung tiang

Pada STA 0+500 memiliki Q_p sebesar = 10100,50 kN

Pada STA 0+525 memiliki Q_p sebesar = 19417,17 kN

Pada STA 0+550 memiliki Q_p sebesar = 6864,20 kN

4. Kapasitas dukung selimut tiang

Pada STA 0+500 memiliki Q_s sebesar = 0,44 kN

Pada STA 0+525 memiliki Q_s sebesar = 0,34 kN

Pada STA 0+550 memiliki Q_s sebesar = 0,21 kN

5. Kapasitas dukung ultimit tiang

Pada STA 0+500 memiliki Q_{ult} sebesar = 9900,94 kN

Pada STA 0+525 memiliki Q_{ult} sebesar = 19242,51 kN

Pada STA 0+550 memiliki Q_{ult} sebesar = 6751,91 kN

6. Kapasitas dukung tiang tunggal *sheet pile*

Pada STA 0+500 memiliki Q_{allow} sebesar = 3300,31 kN > 200 kN

Pada STA 0+525 memiliki Q_{allow} sebesar = 6414,17 kN > 175 kN

Pada STA 0+550 memiliki Q_{allow} sebesar = 2250,64 kN $> 112,50$ kN

7. Stabilitas internal terhadap tegangan ijin bahan

Pada STA 0+500 memiliki Tegangan ijin sebesar = 497433,73 kN/m²

Pada STA 0+525 memiliki Tegangan ijin sebesar = 283011,22 kN/m²

Pada STA 0+550 memiliki Tegangan ijin sebesar = 43111,58 kN/m²

Pada STA 0+500 dan STA 0+525 memiliki perbedaan kedalaman *sheet pile* sehingga berpengaruh terhadap angka aman pada momen geser. Semakin dalam *sheet pile* maka angka *safety factor* akan didapatkan semakin tinggi. Sehingga pada *sheet pile* akan sangat kecil gaya geser yang terjadi. Hasil angka aman terhadap gaya geser dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5.7 Angka Aman Terhadap Geser Pada *Sheet Pile*

No	STA	Tinggi <i>Sheet Pile</i>	Kedalaman <i>Sheet Pile</i>		Momen Geser (SF) > 1,5	
			Lapangan	Analisis	Lapangan	Analisis
1	0+500	5,5 m	18 m	16 m	2,1	1,97
2	0+525	4,64 m	15 m	14 m	1,82	1,72
3	0+550	2,9 m	9 m	9 m	1,9	1,87

Pada STA 0+500 dan STA 0+525 memiliki perbedaan kedalaman *sheet pile* sehingga berpengaruh terhadap angka aman pada momen guling. Semakin dalam *sheet pile* maka angka *safety factor* untuk momen guling akan didapatkan semakin tinggi. Hal ini akan berdampak pada kemampuan *sheet pile* menahan gaya guling yang terjadi. Hasil angka aman terhadap momen guling dapat dilihat pada tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5.8 Angka Aman Terhadap Momen Guling Pada *Sheet Pile*

No	STA	Tinggi <i>Sheet Pile</i>	Kedalaman <i>Sheet Pile</i>		Momen Guling (SF) > 1,5	
			Lapangan	Analisis	Lapangan	Analisis
1	0+500	5,5 m	18 m	16 m	1,75	1,64
2	0+525	4,64 m	15 m	14 m	2,12	2,09
3	0+550	2,9 m	9 m	9 m	3,55	3,53

Pada STA 0+500 memiliki perbedaan kedalaman *sheet pile* antara lapangan dan analisis, sehingga kemampuan dukung tiang tunggal juga berbeda. Kedalaman *sheet pile* sangat berpengaruh pada kemampuan kapasitas dukung tiang tunggal dalam menahan beban yang terjadi. Nilai kapasitas dukung tiang tunggal yang semakin besar akan sangat baik dalam menahan beban yang terjadi. Hasil analisis kapasitas dukung tiang tunggal pada *sheet pile* dapat dilihat pada tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Pada *Sheet Pile*

No	STA	Tinggi <i>Sheet Pile</i>	Kedalaman <i>Sheet Pile</i>	Kapasitas Dukung Tiang
1	0+500	5,5 m	16 m	3300,31 kN
2	0+525	4,64 m	14 m	6414,17 kN
3	0+550	2,9 m	9 m	2250,64 kN

Tegangan yang terjadi terhadap stabilitas internal pada sheet pile dapat dilihat pada tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Stabilitas Internal Terhadap Tegangan Ijin Bahan Pada *Sheet Pile*

No	STA	Tinggi <i>Sheet Pile</i>	Kedalaman <i>Sheet Pile</i>	Tegangan Ijin Bahan
1	0+500	5,5 m	16 m	497433,73 kN/m ²
2	0+525	4,64 m	14 m	283011,22 kN/m ²
3	0+550	2,9 m	9 m	43111,58 kN/m ²

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan setelah melaksanakan analisis dan pembahasan, maka kesimpulan yang didapat dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Angka aman pada *sheet pile*

a. Terhadap geser

STA 0+500 = (SF) sebesar $1,97 > 1,5$ berbeda dengan di lapangan yaitu $2,1 > 1,5$.

STA 0+525 = (SF) sebesar $1,72 > 1,5$ berbeda dengan di lapangan yaitu $1,82 > 1,5$.

STA 0+550 = (SF) sebesar $1,87 > 1,5$ berbeda dengan di lapangan yaitu $1,9 > 1,5$.

Perbedaan angka aman terhadap geser disebabkan perbedaan pada kedalaman *sheet pile*. Walaupun hasil analisis kedalaman *sheet pile* lebih dangkal tetapi angka aman di lapangan lebih besar. Sedangkan pada STA 0+550 yang memiliki kedalaman *sheet pile* sama antara lapangan dan analisis tetapi angka *safety factor* memiliki sedikit perbedaan.

b. Terhadap guling

STA 0+500 = (SF) sebesar $1,64 > 1,5$ berbeda dengan di lapangan yaitu $1,75 > 1,5$.

STA 0+525 = (SF) sebesar $2,09 > 1,5$ berbeda dengan di lapangan yaitu $2,12 > 1,5$.

STA 0+550 = (SF) sebesar $3,53 > 1,5$ berbeda dengan di lapangan yaitu $3,55 > 1,5$.

Perbedaan angka aman terhadap guling disebabkan perbedaan pada kedalaman *sheet pile*. Walaupun hasil analisis kedalaman *sheet pile* lebih dangkal tetapi angka aman di lapangan lebih besar. Sedangkan pada STA 0+550 yang memiliki kedalaman *sheet pile* sama antara lapangan dan analisis tetapi angka *safety factor* memiliki sedikit perbedaan.

c. Kapasitas dukung tiang tunggal *sheet pile*

STA 0+500 memiliki kapasitas dukung tiang tunggal sebesar 3300,31 kN.

STA 0+525 memiliki kapasitas dukung tiang tunggal sebesar 6416,17 kN.

STA 0+550 memiliki kapasitas dukung tiang tunggal sebesar 2259,73 kN.

Ketinggian *sheet pile* mempengaruhi seberapa besar kedalaman *sheet pile* dan gaya yang terjadi serta kemampuan kapasitas dukung tiang tunggal.

d. Stabilitas internal terhadap tegangan ijin bahan

STA 0+500 memiliki tegangan ijin = 497433,73 kN/m²

STA 0+525 memiliki tegangan ijin = 283011,22 kN/m²

STA 0+550 memiliki tegangan ijin = 43111,58 kN/m²

6.2 Saran

Dengan memperhatikan hasil kesimpulan di atas, maka dapat diusulkan beberapa saran antara lain sebagai berikut :

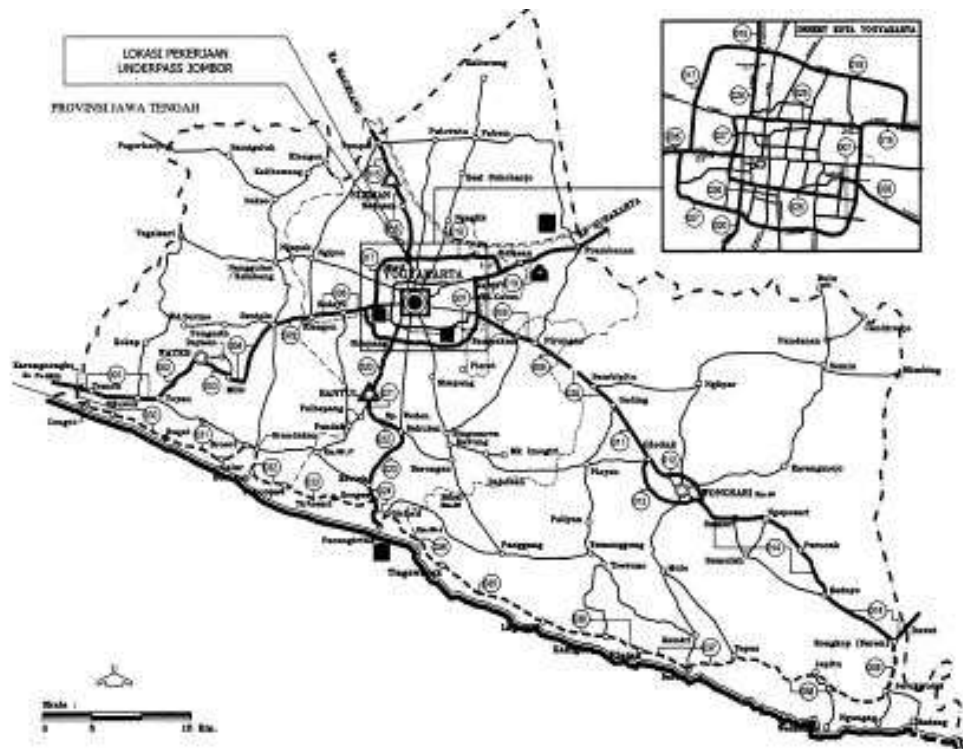
1. Perlu dilakukan analisis *sheet pile* terhadap panjang kedalaman tiang yang lebih variatif.
2. Perlu diversifikasi pada bidang geoteknik dalam analisis stabilitas *sheet pile* dengan menggunakan tiang pancang dan turap baja.
3. Ketelitian penyelidikan tanah di lapangan harus diperhatikan, sehingga keakuratan dalam perhitungan perencanaan fondasi dapat maksimal.
4. Penyusunan data tanah untuk dibuat secara jelas dan rinci supaya mempermudah dalam pengolahan data untuk analisis.
5. Hasil dari analisis bisa dijadikan sebagai referensi terhadap contoh perhitungan yang sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

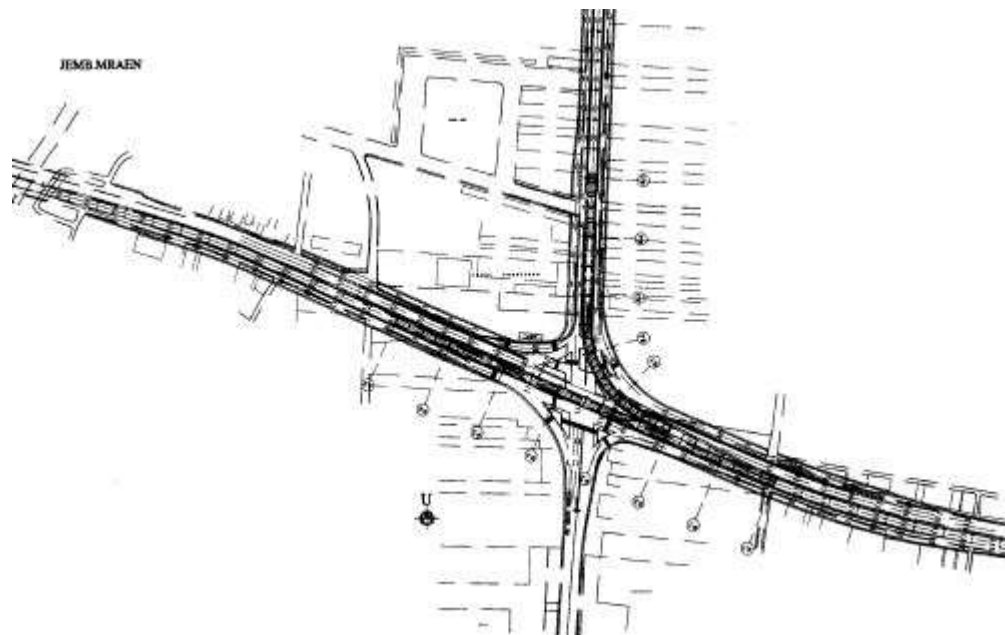
- Bowles, J.E . (1986). *Analisis dan Desain Pondasi jilid 2*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bowles, Joseph E. (1986). *Sifat-sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Bowles, Joseph E. (1988). *Foundation analysis and Design, 4th Edition*. McGraw – Hill.
- Bowles, Joseph E. (1991). *Analisis Dan Desain Pondasi Jilid I*. Erlangga. Jakarta.
- Bowles, Joseph E. (1997). *Analisis Dan Desain Pondasi Jilid II*. Erlangga. Jakarta.
- Broms, B. B. (1964). *The Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soils*. Journal of The Soil Mechanics Divisions. ASCE. Voul. 90. No. SM3. Pp 123-156.
- Candraroza, Yobi. (2014). Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Bor pada Gedung Hotel Abadi Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Das, B.M. (1994). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) jilid 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M. (2007). *Principles of Foundation Engineering 6th Edition*. Chris Carson. Canada.
- Dunn, I.S., Anderson, L.R., Kiefer, F.W. (1980). *Dasar-Dasar Analisis Geoteknik*. Depatemen Teknik Sipil Universitas Negeri Utah.
- Fachrurrozy. (2015). Stabilitas *Sheet Pile* Dan Analisis Lapis Perkerasan Kaku Pada Jalan *Underpass* Jombor Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (1994). *Mekanika Tanah 2*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2001). *Teknik Fondasi II*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2002). *Teknik Fondasi I*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2006). *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (2010). *Mekanika Tanah 1*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

- Hardiyatmo, H.C. (2010). *Stabilitas Tanah untuk Perkerasan Jalan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kurniasari, Linda. (2008). Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Bor pada Hotel Ibis Semarang. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Oktaviana, Fara, (2008). Analisis Kapasitas Dukung Dan Penurunan Fondasi Tiang Bor Pada Pembangunan Toko Progo Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Peck, R.B., Hansen, W.E., dan Thornburn, T.H. (1996). *Teknik Pondasi* . Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- PT Anugerah Kridapradana, (2014). Proyek Peningkatan Simpang Mlati Yogyakarta. Yogyakarta.
- PT Nusvey, (2014). Proyek Peningkatan Simpang Mlati Yogyakarta. Yogyakarta
- Saputro, Cahyo Dita. (2013). Analisis Stabilitas Lereng Dan Kapasitas Dukung Fondasi Bored Pile pada Struktur Abutment A2 Overpass Deres. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Syamsul, Arifin. (2013). Perencanaan Jembatan *Underpass* dengan *Box Culvert* Surabaya. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Vesic, A.S. (1977). *Design of Pile Foundation*. NCHRP Synthesis 43. Transportation Research Board. Washington, D.C.

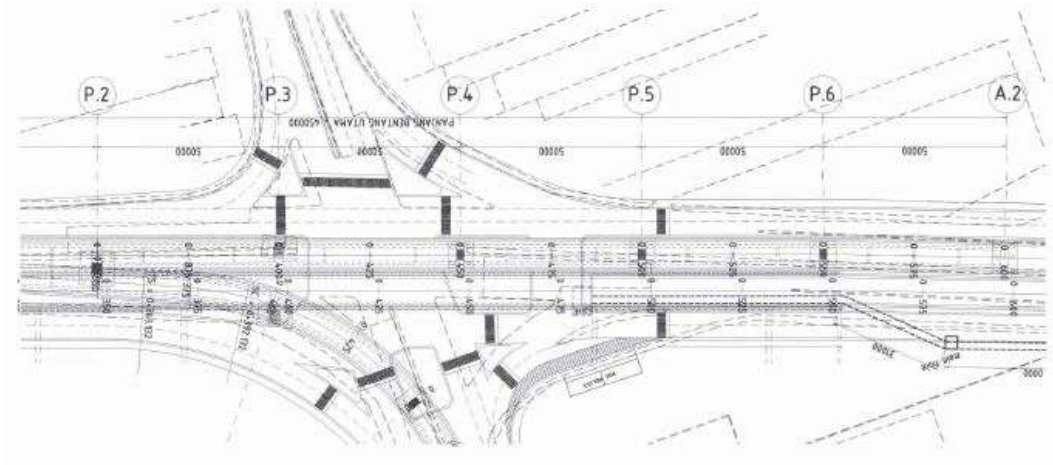
Lampiran 1 Lokasi Titik Penelitian



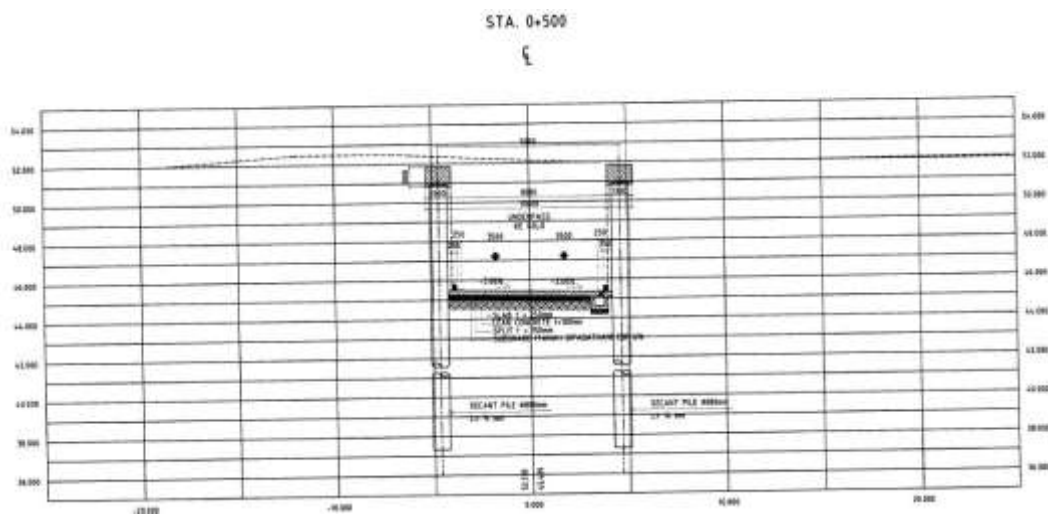
Gambar L-1.1 Lokasi Proyek Underpass Simpang Mlati Jombor Yogyakarta



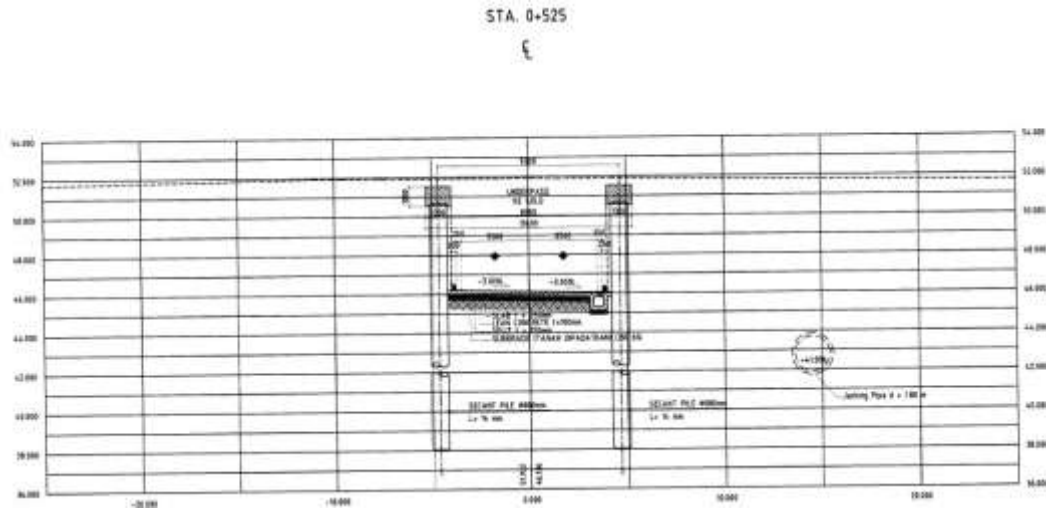
Gambar L-1.2 Rencana Detail Underpass Tampak Atas



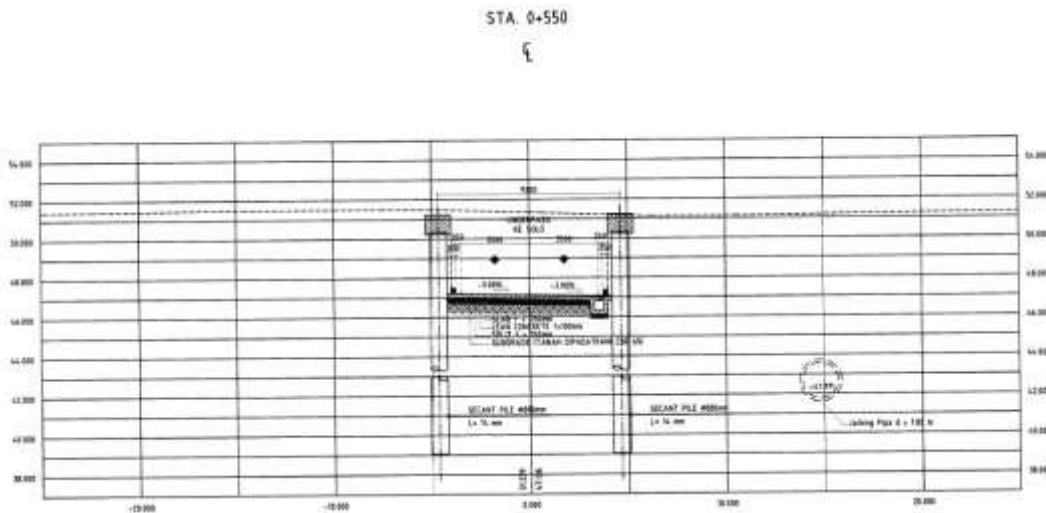
Gambar L-1.3 Potongan Memanjang *Underpass*



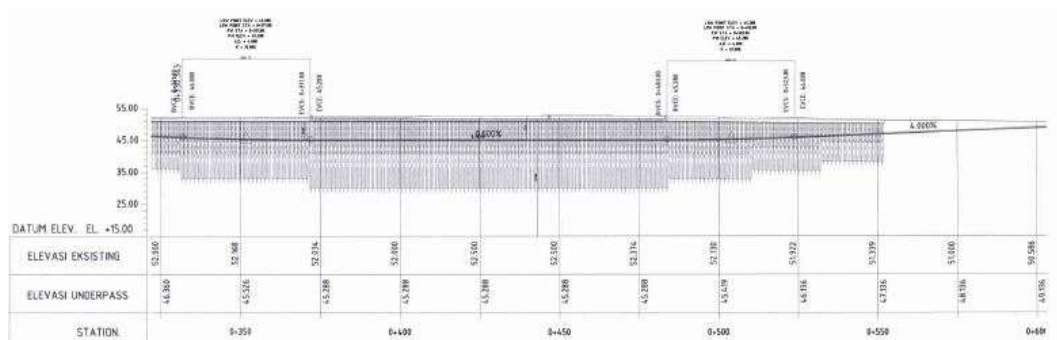
Gambar L-1.4 Potongan Melintang *Underpass* Pada STA 0+500



Gambar L-1.5 Potongan Melintang *Underpass* Pada STA 0+525



Gambar L-1.6 Potongan Melintang *Underpass* Pada STA 0+550



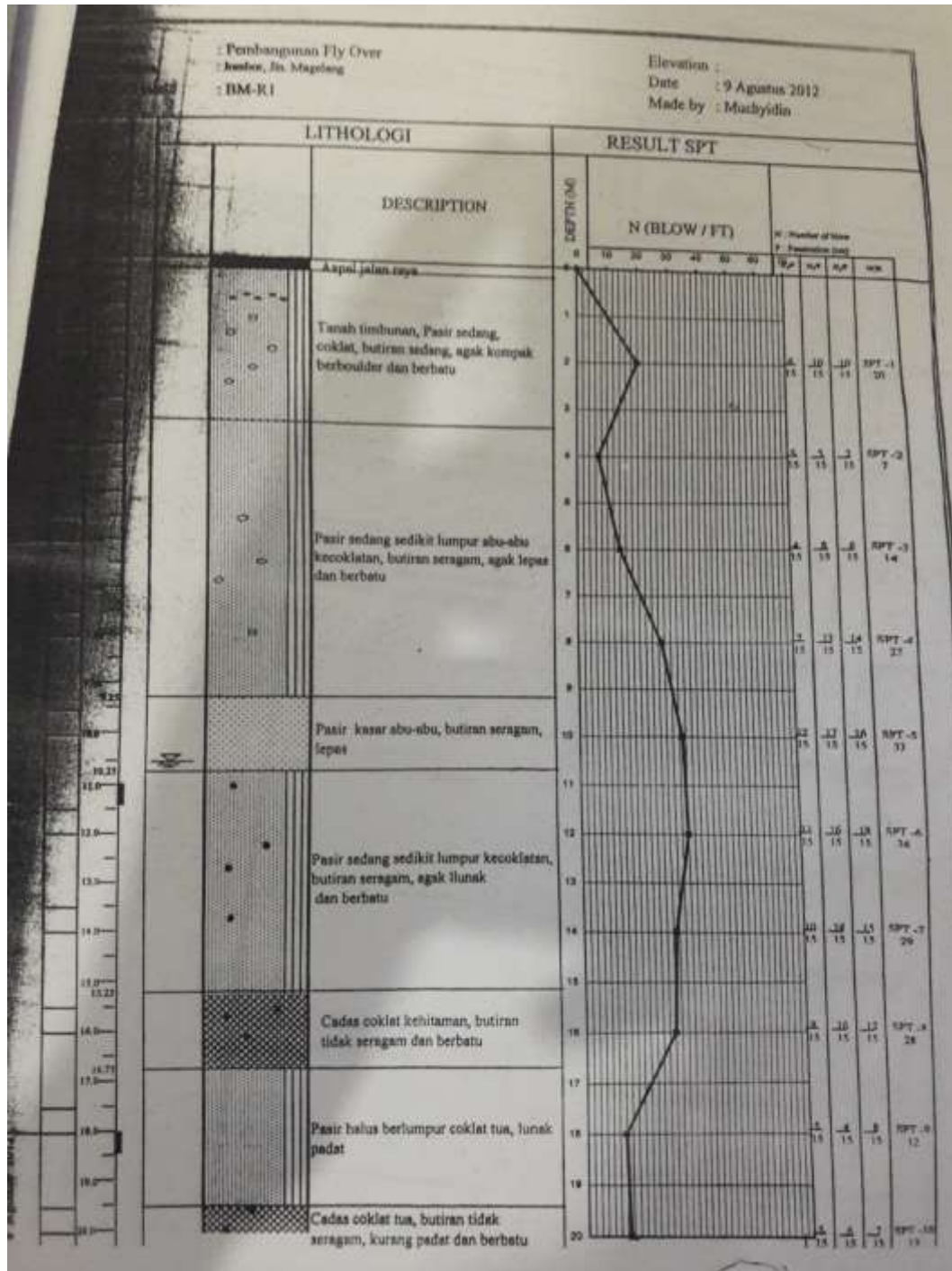
Gambar L-1.7 Potongan Memanjang

Lampiran 2 Data Penyelidikan Tanah

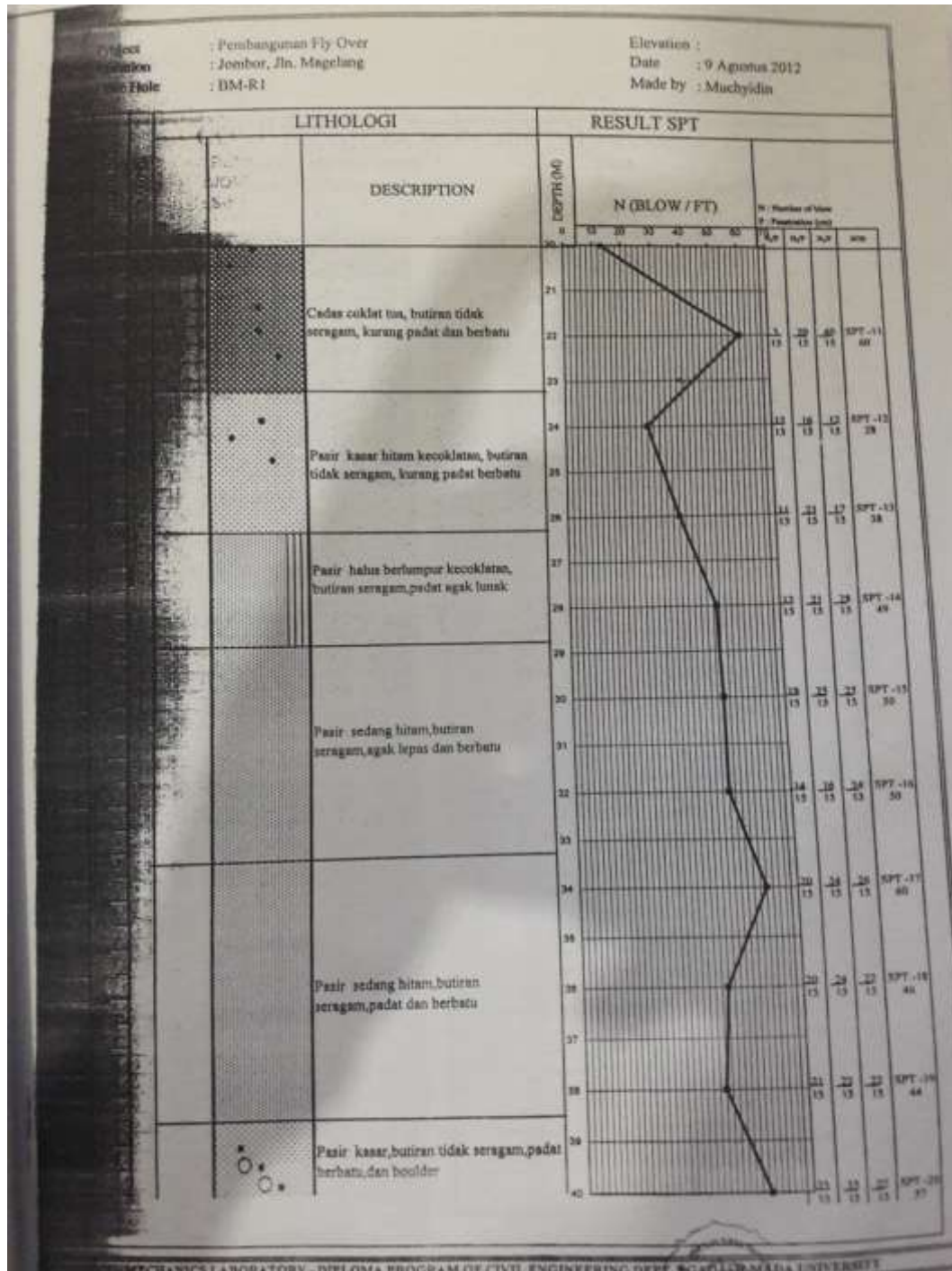
PROJECT NAME		LOCATION			BORHOLE	
		Johor Bahru			BM-R1	
NO	DEPTH (m)	BLOWS			RESULT N/Feet	
		I	II	III		
1	1.55 - 2.00	6	10	10	20	Pasir sedang coklat berbatu
2	3.55 - 4.00	5	5	2	7	Pasir sedikit lumpur kecoklatan
3	5.55 - 6.00	4	8	6	14	Pasir sedikit lumpur kecoklatan
4	7.55 - 8.00	7	13	14	27	Pasir sedang kecoklatan ada batu
5	9.55 - 10.00	12	17	16	33	Pasir sedang kecoklatan(cadas) sedikit krikil
6	11.55 - 12.00	11	16	18	34	Pasir sedang kecoklatan(cadas) sedikit krikil
7	13.55 - 14.00	10	14	15	29	Pasir sedang kecoklatan(cadas) sedikit krikil
8	15.55 - 16.00	8	16	12	28	Pasir kasar coklat kehitaman
9	17.55 - 18.00	5	4	8	12	Lumpur pasir halus coklat
10	19.55 - 20.00	5	6	7	13	Pasir bertumpuk coklat berkril
11	21.55 - 22.00	3	20	40	60	Pasir sedikit lumpur(cadas) kecoklatan
12	23.55 - 24.00	12	16	12	28	Pasir kasar coklat kehitaman
13	25.55 - 26.00	11	21	17	38	Pasir sedang kehitaman
14	27.55 - 28.00	12	21	28	49	Pasir lumpur coklat ada batu
15	29.55 - 30.00	19	25	25	50	Pasir sedang kehitaman berbatu
16	31.55 - 32.00	14	16	34	50	Pasir sedang kehitaman berbatu
17	33.55 - 34.00	20	34	26	60	Pasir sedang kehitaman
18	35.55 - 36.00	20	24	22	46	Pasir sedang kehitaman
19	37.55 - 38.00	21	22	22	44	Pasir sedang kehitaman
20	39.55 - 40.00	23	35	22	57	Pasir kasar kehitaman berkril

* SPT tidak dilanjutkan karena nilainya lebih dari 60 pukulan

Gambar L-2.1 Data Jenis Tanah Pada Kedalaman Tertentu



Gambar L-2.2 Data Jenis Tanah Pada Kedalaman Tertentu



Gambar L-2.3 Data Jenis Tanah Pada Kedalaman Tertentu

CONE PENETRATION TEST (10 TON)

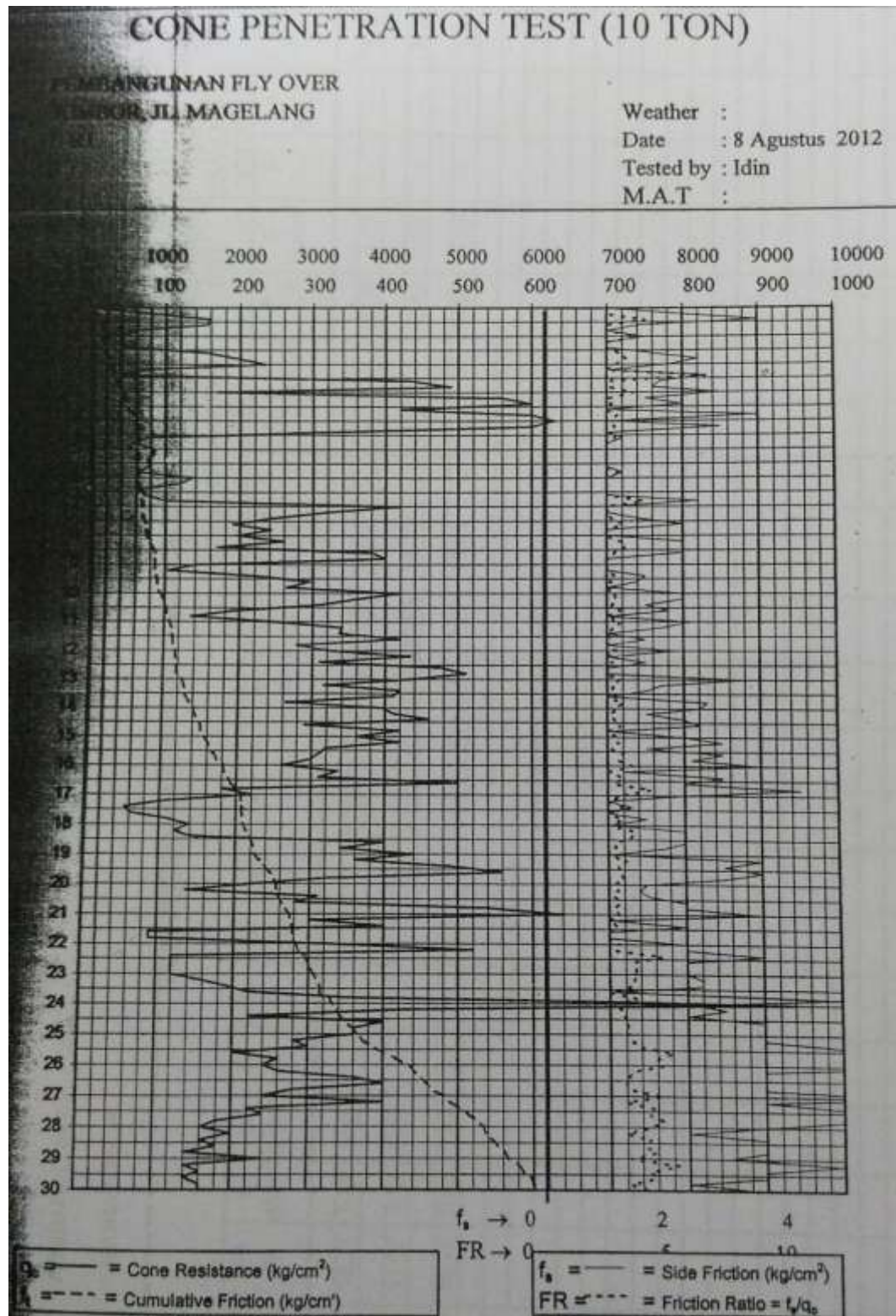
Lokasi : PEMBANGUNAN FLY OVER
 Lokasi : JOMBOR, JL. MAGELANG
 No. : S-R1
 No. :

Weather :
 Date : 8 Agustus
 Tested by : Idin
 M.A.T :

Waktu	Penetration (mm)	Penetration (mm)	Penetration (mm)	Penetration (mm)	Penetration (mm)
0	0	0.0	0	0.00	
0.20	80	100	2.0	40	0.00
0.40	160	200	4.0	120	1.00
0.60	236	164	0.8	136	2.00
0.80	60	60	0.0	136	3.00
1.00	44	54	1.0	156	4.00
1.20	40	40	0.0	156	5.00
1.40	46	46	0.0	156	6.00
1.60	154	166	1.2	180	7.00
1.80	196	220	2.4	228	8.00
2.00	234	250	1.6	260	9.00
2.20	74	74	0.0	260	10.00
2.40	40	66	2.6	312	11.00
2.60	436	450	1.4	340	12.00
2.80	490	502	1.2	364	13.00
3.00	170	200	3.0	424	14.00
3.20	560	570	1.0	444	15.00
3.40	600	620	2.0	484	16.00
3.60	420	420	0.0	484	17.00
3.80	600	640	4.0	564	18.00
4.00	630	630	0.0	564	19.00
4.20	600	630	3.0	624	20.00
4.40	300	300	0.0	624	21.00
4.60	76	80	0.4	632	22.00
4.80	56	56	0.0	632	23.00
5.00	84	84	0.0	632	24.00
5.20	84	84	0.0	632	25.00
5.40	76	76	0.0	632	26.00
5.60	80	80	0.0	632	27.00
5.80	60	64	0.4	640	28.00
6.00	136	136	0.0	640	29.00
6.20	120	120	0.0	640	30.00
6.40	68	68	0.0	640	31.00
6.60	72	72	0.0	640	32.00
6.80	100	124	2.4	688	33.00
7.00	420	420	0.0	688	34.00
7.20	316	316	0.0	688	35.00
7.40	242	250	0.8	704	36.00
7.60	190	210	2.0	744	37.00
7.80	242	242	0.0	744	38.00
8.00	196	196	0.0	744	39.00
8.20	260	280	2.0	784	40.00
8.40	170	190	2.0	824	41.00
8.60	380	400	2.0	864	42.00
8.80	400	400	0.0	864	43.00
9.00	140	140	0.0	864	44.00
9.20	104	104	0.0	864	45.00
9.40	220	230	1.0	884	46.00
9.60	296	304	0.8	900	47.00
9.80	264	264	0.0	900	48.00
10.00	420	440	2.0	940	49.00

Waktu	Penetration (mm)	Penetration (mm)	Penetration (mm)	Penetration (mm)	Penetration (mm)
10.20	360	380	2.0	980	0.56
10.40	310	320	1.0	1000	0.32
10.60	194	210	1.6	1032	0.82
10.80	136	136	0.0	1032	0.00
11.00	248	270	2.2	1076	0.89
11.20	340	354	1.4	1104	0.41
11.40	336	336	0.0	1104	0.00
11.60	420	430	1.0	1124	0.24
11.80	278	278	0.0	1124	0.00
12.00	322	340	1.8	1160	0.56
12.20	434	434	0.0	1160	0.00
12.40	310	320	1.0	1180	0.32
12.60	476	476	0.0	1180	0.00
12.80	510	510	0.0	1180	0.00
13.00	434	470	3.6	1252	0.83
13.20	316	330	1.4	1280	0.44
13.40	420	430	1.0	1300	0.24
13.60	410	410	0.0	1300	0.00
13.80	264	290	2.6	1352	0.98
14.00	396	420	2.4	1400	0.61
14.20	410	420	1.0	1420	0.24
14.40	460	480	2.0	1460	0.43
14.60	290	314	2.4	1508	0.83
14.80	420	420	0.0	1508	0.00
15.00	360	380	2.0	1548	0.56
15.20	420	450	3.0	1608	0.71
15.40	320	330	1.0	1628	0.31
15.60	310	340	3.0	1688	0.97
15.80	298	320	2.2	1732	0.74
16.00	260	300	4.0	1812	1.54
16.20	336	340	0.4	1820	0.12
16.40	310	340	3.0	1880	0.97
16.60	500	520	2.0	1920	0.40
16.80	180	230	5.0	2020	2.78
17.00	220	240	2.0	2060	0.91
17.20	110	110	0.0	2060	0.00
17.40	54	60	0.6	2072	1.11
17.60	60	60	0.0	2072	0.00
17.80	110	120	1.0	2092	0.91
18.00	140	140	0.0	2092	0.00
18.20	120	140	2.0	2132	1.67
18.40	140	160	2.0	2172	1.43
18.60	400	420	2.0	2212	0.50
18.80	340	354	1.4	2240	0.41
19.00	440	440	0.0	2240	0.00
19.20	360	400	4.0	2320	1.11
19.40	490	520	3.0	2380	0.61
19.60	560	600	4.0	2460	0.71
19.80	320	350	3.0	2520	0.94
20.00	220	230	1.0	2540	0.45

Gambar L-2.4 Hasil Uji CPT (Cone Penetration Test)



Gambar L-2.5 Grafik Hasil Uji CPT (Cone Penetration Test)