TUGAS AKHIR

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG PADA PROYEK PEMBANGUNAN RSIA (RUMAH SAKIT IBU DAN ANAK) STELLA MARIS MEDAN

Diajukan untuk memenuhi syarat-syarat memperoleh
gelar sarjana teknik sipil pada fakultas teknik
universitas muhammadiyah sumatera utara

DISUSUN OLEH:

DERMA SARI SIMAIBANG
2407210179P



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama	: Derma Sari Simaibang
Tempat/Tanggal Lahir	: Medan, 15 September 2001
NPM	: 2407210179P
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan RSIA (Rumah Sakit Ibu Dan Anak) Stella Maris Medan
Bidang Ilmu	: Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 2026

Dosen Pembimbing

Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.,

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama	: Derma Sari Simaibang
Tempat/Tanggal Lahir	: Medan, 15 September 2001
NPM	: 2407210179P
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan RSIA (Rumah Sakit Ibu dan Anak) Stella Maris Medan
Bidang Ilmu	: Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada program studi Teknik sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 08 September 2026

Mengetahui dan menyetujui

Dosen Pembimbing

Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.,

Dosen pembanding I	Dosen pembanding II
Assoc. Prof, Dr. Fahrizal Zulkarnain	Muhammad Husin Gultom, ST., M.T.

Ketua program studi Teknik sipil

Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Derma Sari Simaibang
Tempat/Tanggal Lahir	: Medan, 15 September 2001
NPM	: 2407210179P
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

"Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan RSIA (Rumah Sakit Ibu Dan Anak) Stella Maris Medan".

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, Saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan Saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 Agustus 2026

Saya yang menyatakan,



Derma Sari Simaibang

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini yang berjudul "Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Rsia (Rumah Sakit Ibu Dan Anak) Stella Maris Medan" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan-masukan dan bantuan kepada penulis, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing dan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof, Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Dosen Pembanding I.
3. Bapak Ir. Muhammad Husin Gultom, ST., MT selaku Dosen Pembanding II.
4. Bapak Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Orang tua penulis untuk semua dukungan serta kasih sayang dan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena

itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 14 Januari 2026

Penulis



Derma Sari Simaibang

NPM 2407210179P

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING Error! Bookmark not defined.

LEMBAR PENGESAHAN Error! Bookmark not defined.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR Error! Bookmark not defined.

KATA PENGANTAR **iv**

DAFTAR ISI **vii**

DAFTAR TABEL **x**

DAFTAR GAMBAR **xi**

DAFTAR LAMPIRAN **xiii**

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN **xiv**

ABSTRAK **xvi**

ABSTRACT **xvii**

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Ruang Lingkup Penelitian 2

1.4 Tujuan penelitian 3

1.5 Manfaat Penelitian 4

1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 Pondasi 6

2.1.1 Jenis jenis Pondasi 6

2.1.2 Fungsi dan tujuan pondasi 9

2.1.3 Faktor yang mempengaruhi pemilihan pondasi 10

2.2 Pekerjaan Penyelidikan tanah *(soil investigation)* 11

2.3 Penentuan kapasitas dukung tanah di lapangan 14

2.3.1 Pengujian Pengeboran Dan *Standard Penetration Test* 14

2.3.2 *Sondering test* 15

2.3.3 *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD) 16
2.4 Pondasi Tiang Pancang 18
2.4.1 Pemilihan pondasi tiang 18
2.4.2 Kekuatan Pondasi Tiang 19
2.4.3 Daya dukung tiang Tunggal 20
2.5 Penelitian terdahulu 21

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 25
3.1 Bagan Alir Penelitian 25
3.2 Deskripsi proyek 26
3.3 Data Teknik proyek 26
3.4 Metode pengumpulan data 27
3.5 Data perencanaan 27
3.6 Instrumen Penelitian 28
3.7 Teknik analisis data 28
3.8 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang 28
3.8.1 Berdasarkan data N-SPT 29
3.8.2 Menurut Mayerhof (1956) 29
3.8.3 Metode Aoki dan Velloso (1975) 30
3.8.4 Metode Tomlinson 33
3.8.5 Metode Schmertmann 36
3.9 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok 37
3.9.1 Efisiensi kelompok tiang 38
3.10 Penurunan pondasi *(settlement)* 39
3.10.1 Penurunan Elastis Kelompok Tiang 39
3.10.2 Penurunan izin 41

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 42
4.1 Pendahuluan 42
4.4.1 Pengumpulan data 42
4.2 Menurut Mayerhof (1956) 43
4.3 Menurut Aoki dan Velloso (1975) 46

4.4 Menurut Tomlinson 50
4.5 Metode Schmertmann 54
4.6 Hasil pengukuran data HSPD *(Hydraulic Static Pile Driver)* 62
4.7 Perhitungan Efisiensi dan Daya Dukung Kelompok Tiang Qu 67
4.7.1 Efisiensi kelompok tiang *converse-labarre formula* 67
4.8 Penurunan pondasi *(settlement)* 69

BAB 5 KESIMPULAN 71
5.1 Kesimpulan 71
5.2 Keterbatasan Penelitian 72
5.3 Saran 72

DAFTAR PUSTAKA **73**
LAMPIRAN **75**

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Penelitian Terdahulu. 23

Tabel 3.1: Faktor koreksi F1 dan F2 31

Tabel 3.2: Faktor koreksi K dan α 31

Tabel 3.3: Harga Cp (Vesic, 1977) 40

Tabel 4.1: Nilai Standard Penetration Test (SPT) 43

Tabel 4.2: Nilai Standard Penetration Test (SPT) 44

Tabel 4.3: Hasil perlawanan konus CR 46

Tabel 4.4: Nilai F1 dan F2 47

Tabel 4.5: Nilai K dan α (%) perlapis berdasarkan data bore hole 47

Tabel 4.6: Perhitungan Qs 48

Tabel 4.7: CR dari data sondir 50

Tabel 4.8: Perhitungan Qs. 52

Tabel 4.9: Nilai CR dari kedalaman 8, 42 meter sd 10,4 meter. 55

Tabel 4.10: Nilai CR dari kedalaman 8 meter sd 11,8 meter. 56

Tabel 4.11: Perhitungan Qs. 58

Tabel 4.12: Bacaan dari HSPD *(Hydraulic Static Pile Driver)* No.44 63

Tabel 4.13: Bacaan dari HSPD *(Hydraulic Static Pile Driver)* No.45 64

Tabel 4.14: Bacaan dari HSPD *(Hydraulic Static Pile Driver)* No. 46 65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Pondasi memanjang (Triastuti, 2022). 7

Gambar 2.2: Pondasi telapak (Triastuti, 2022). 7

Gambar 2.3: Pondasi rakit (Triastuti, 2022). 8

Gambar 2.4: Pondasi sumuran (Triastuti, 2022). 8

Gambar 2.5: Pondasi tiang (Hakam, 2008). 9

Gambar 2.6: Bagan alir soil test untuk perencanaan pondasi (BPPS Semarang 2003). 12

Gambar 2.7: Ilustrasi pengujian laboratorium (Bengt-Broms, 1970). 14

Gambar 2.8: Split barrel sampler (Hardiyatmo, 2019) 15

Gambar 2.9: Cara kerja alat penetrasi kerucut statis (Hardiyatmo, 2019). 15

Gambar 2.10: *Hydraulic Static Pile Driver* (Hakim dan Akbar, 2018). 17

Gambar 2.11: Beberapa kasus penggunaan pondasi tiang (Hakam, 2008). 19

Gambar 2.12: Dimensi dan daya dukung pondasi tiang (Hakam, 2008). 21

Gambar 3.1: Bagan alir penelitian 25

Gambar 3.2: Peta Lokasi Penelitian 26

Gambar 3.3: Kasus 1 faktor adhesi (α). (Hardiyatmo, 2008). 34

Gambar 3.4: Kasus 2 faktor adhesi (α). (Hardiyatmo, 2008). 35

Gambar 3.5: Kasus 3 faktor adhesi (α). (Hardiyatmo, 2008). 35

Gambar 3.6: Menentukan qc berdasarkan metode Schmertmann (Hanafiah dkk.,2020). 37

Gambar 3.7: Pondasi kelompok tiang 38

Gambar 4.1: Perbandingan daya dukung ultimit Qu. 62

Gambar 4.2: Perbandingan daya dukung izin Qi. 62

Gambar 4.3: Perletakan pondasi kelompok 62

Gambar 4.4: Detail Pondasi P3 67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Layout pondasi tiang pancang 73

Lampiran 2: Perhitungan struktur pondasi 74

Lampiran 3: Gambar dan detail pondasi 75

Lampiran 4: Pembacaan HSPD NO 46 76

Lampiran 5: Pembacaan HSPD NO 45 77

Lampiran 6: Pembacaan HSPD NO 44 78

Lampiran 7: Dokumentasi pekerjaan pemancangan 79

Lampiran 8: Hasil perhitungan NSPT 80

Lampiran 9: *Site lay out* 81

Lampiran 10: Hasil *sondering test* 82

Lampiran 11: Hasil *sondering test* 83

Lampiran 12: Hasil Pengujian lubang Bor, BH-1 84

Lampiran 13: Dokumentasi pekerjaan *soil test* 85

Lampiran 14: Spesifikasi teknis pemancangan pondasi 86

Lampiran 15: lembar asistensi sempro 87

Lampiran 16: Lembar asistensi semhas 88

Lampiran 17: Daftar Riwayat Hidup 89

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

A	: Luas penampang tiang
A_p	: Luas ujung tiang
A_s	: Luas selimut tiang
$B\ g$	: lebar kelompok tiang (m)
BH	: Bore Hole
CPT	: *Cone penetration test*
$c\ d$	: adhesi antara dinding tiang dan tanah disekitarnya
$C\ s$	: konstanta empiris
D	: Diameter tiang
E	: Modulus elastisitas
E_g	: efisiensi kelompok tiang
F_s	: Faktor Keamanan
HSPD	: *Hydraulic Static Pile Driving*
L	: panjang tiang
ΔL	: interval perhitungan
$\overline{N}$	: Rata-rata NSPT
N_c	: faktor daya dukung tanah
N_q	: Faktor daya dukung tanah
N_s	: jumlah pukulan pada standard penetration test
p	: keliling tiang
P_u	: Beban ultimit
Q_g	: Kapasitas daya dukung kelompok tiang
Q_i	: Kapasitas daya dukung izin tiang
Q_p	: Kapasitas tahanan ujung tiang
Q_s	: Kapasitas daya dukung ultimit tiang
q_c	: Tahanan konus
s	: penurunan elastic tiang tunggal

$s\ g\ (e\ )$: penurunan elastisitas kelompok tiang

SPT : Standard penetration test

σ : Tegangan normal

α : Faktor adhesi

ABSTRAK

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG PADA PROYEK PEMBANGUNAN RSIA (RUMAH SAKIT IBU DAN ANAK) STELLA MARIS MEDAN

Derma Sari Simaibang
2407210179P
Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.,

Pondasi merupakan struktur bawah yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah yang memiliki daya dukung memadai sehingga kestabilan bangunan dapat terjamin. Pada Proyek Pembangunan RSIA Stella Maris Medan digunakan pondasi tiang pancang untuk menopang beban bangunan bertingkat. Oleh karena itu, diperlukan analisis daya dukung pondasi untuk memastikan kapasitas pondasi memenuhi beban struktur sesuai ketentuan yang berlaku. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan daya dukung ultimit dan daya dukung izin tiang pancang berdasarkan data hasil uji lapangan *Standard Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration Test* (CPT), serta menganalisis dan membandingkan kapasitas daya dukung pondasi menggunakan metode Aoki dan Velloso (1975), Meyerhof (1976), Tomlinson (1977), dan Schmertmann (1978). Selain itu, dilakukan analisis efisiensi kelompok tiang, penurunan pondasi, serta evaluasi hasil pengujian *Hydraulic Static Pile Driving* (HSPD). Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder berupa hasil pengujian SPT, CPT, HSPD, dan data pembebanan struktur. Analisis dilakukan melalui perhitungan daya dukung tiang tunggal menggunakan empat metode, dilanjutkan dengan analisis efisiensi kelompok tiang menggunakan metode *Converse-Labarre* serta analisis penurunan pondasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya dukung ultimit yang diperoleh berturut-turut sebesar 218,93 ton (Meyerhof), 188,88 ton (Aoki dan Velloso), 234,38 ton (Tomlinson), dan 182,46 ton (Schmertmann), sedangkan daya dukung izin masing-masing sebesar 72,97 ton, 62,96 ton, 78,13 ton, dan 60,82 ton. Analisis efisiensi kelompok tiang menghasilkan nilai efisiensi sebesar 0,83 yang menunjukkan kelompok tiang masih bekerja secara efektif. Hasil analisis penurunan menunjukkan penurunan tiang tunggal sebesar 12,70 mm dan penurunan kelompok tiang sebesar 27,53 mm, keduanya lebih kecil dari penurunan izin sebesar 154,70 mm. Berdasarkan hasil pengujian HSPD diperoleh daya tekan akhir sebesar 1345,21 ton, lebih besar daripada beban struktur sebesar 221,20 ton, sehingga pondasi tiang pancang pada Proyek Pembangunan RSIA Stella Maris Medan dinyatakan memenuhi persyaratan keamanan dari segi daya dukung dan penurunan.

Kata kunci: pondasi tiang pancang, daya dukung pondasi, efisiensi kelompok tiang, penurunan pondasi, HSPD (*Hydraulic Static Pile Driving)*.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE BEARING CAPACITY OF PILE FOUNDATIONS IN THE CONSTRUCTION PROJECT OF RSIA (MOTHER AND CHILD HOSPITAL) STELLA MARIS MEDAN

Derma Sari Simaibang
2407210179P
Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.,

The foundation is a substructure that functions to transfer structural loads to soil layers with adequate bearing capacity, thereby ensuring the stability of the building. In the construction project of RSIA Stella Maris Medan, pile foundations were selected to support the loads of the multi-storey hospital building. Therefore, an analysis of the pile foundation bearing capacity is required to ensure that the foundation capacity is sufficient to support the structural loads in accordance with applicable standards. This study aims to determine the ultimate bearing capacity and allowable bearing capacity of pile foundations based on Standard Penetration Test (SPT) and Cone Penetration Test (CPT) data, as well as to analyze and compare the bearing capacity using the Aoki and Velloso (1975), Meyerhof (1976), Tomlinson (1977), and Schmertmann (1978) methods. In addition, pile group efficiency, foundation settlement, and Hydraulic Static Pile Driving (HSPD) test results were evaluated.This study employed a quantitative descriptive method using secondary data obtained from SPT, CPT, HSPD, and structural loading data. The analysis was carried out by calculating the bearing capacity of a single pile using four analytical methods, followed by pile group efficiency analysis using the Converse-Labarre method and foundation settlement analysis.The results showed that the ultimate bearing capacities obtained using the Meyerhof, Aoki and Velloso, Tomlinson, and Schmertmann methods were 218.93 tons, 188.88 tons, 234.38 tons, and 182.46 tons, respectively. The corresponding allowable bearing capacities were 72.97 tons, 62.96 tons, 78.13 tons, and 60.82 tons, respectively. The pile group efficiency analysis produced an efficiency value of 0.83, indicating that the pile group was still able to perform effectively. The settlement analysis showed that the single pile settlement was 12.70 mm, while the pile group settlement was 27.53 mm, both of which were lower than the allowable settlement of 154.70 mm. Furthermore, the HSPD test indicated an end bearing capacity of 1345,21 tons, which exceeded the structural load of 221.20 tons. Therefore, the pile foundation used in the RSIA Stella Maris Medan construction project satisfies the safety requirements in terms of both bearing capacity and settlement.

Keywords: *pile foundation, bearing capacity, pile group efficiency, foundation settlement, Hydraulic Static Pile Driving (HSPD).*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur bangunan terdiri dari beban struktur atas *(superstructure/upper structure)* dan struktur bawah *(substructure)*. Struktur bawah berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah dasar, sehingga kestabilan bangunan sangat bergantung pada kekuatan pondasinya. Dalam pembangunan Rumah Sakit Ibu dan Anak (RSIA) Stella Maris yang berlokasi di Jl. Juanda, Kota Madya Medan - Prov. Sumatera Utara, penggunaan pondasi tiang pancang *(pile foundation)* dipilih sebagai sistem pondasi utama mengingat Pondasi tiang pancang mampu menopang beban besar bangunan rumah sakit bertingkat dengan aman.

Pondasi tiang pancang bekerja dengan menyalurkan beban bangunan melalui tiang-tiang beton bertulang atau baja ke lapisan tanah keras di kedalaman tertentu. Jenis pondasi ini umum digunakan pada proyek gedung bertingkat, terutama pada kawasan perkotaan dengan kondisi tanah lunak atau berair.

Dalam perencanaan pondasi konstruksi bangunan dalam hal ini diperlukan adanya Penyelidikan mengetahui parameter-parameter tanah yang akan digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah pondasi. Daya dukung tanah sangat berpengaruh pada bentuk dan dimensi pondasi agar diperoleh perencanaan pondasi yang optimal.

Analisis pondasi tiang pancang pada proyek RSIA Stella Maris dilakukan untuk memastikan bahwa kapasitas daya dukung tiang memenuhi beban struktur atas *(superstructure)* sesuai dengan ketentuan teknis dan standar nasional yang berlaku, seperti SNI 8460:2017 tentang Perencanaan Pondasi Tiang.

Pada proyek pembangunan RSIA Stella Maris, pengujian pondasi tiang pancang dilaksanakan menggunakan metode *Hydraulic Static Pile Driving* (HSPD). Metode ini berfungsi sebagai sistem pemancangan sekaligus pengujian kapasitas tiang secara statis, sehingga hasil tekanan selama proses pemancangan

dapat digunakan untuk menilai kemampuan daya dukung aktual pondasi. Pengujian HSPD tersebut dianggap telah mewakili seluruh kebutuhan verifikasi kapasitas tiang di lapangan karena mampu menunjukkan respons beban tiang secara langsung tanpa memerlukan pengujian tambahan. Data hasil HSPD kemudian digunakan sebagai dasar analisis kapasitas pondasi baik secara teoritis maupun praktis.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini yang berjudul Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan RSIA (Rumah Sakit Ibu Dan Anak) Stella Maris Medan diantaranya:

1. Berapa besar daya dukung ultimit dan daya dukung izin tiang pancang berdasarkan data tanah (SPT/CPT) pada lokasi proyek pembangunan RSIA Stella Maris?
2. Seberapa besar perbedaan hasil perhitungan daya dukung tiang pancang antara Metode Aoki dan Velloso (1975), Metode Meyerhof Static (1976), Metode Tomlinson (1977) dan Metode Schmertmann (1978)?
3. Seberapa besar efisiensi kelompok tiang, penurunan pondasi serta hasil pengujian HSPD terhadap beban struktur pada Proyek Pembangunan RSIA Stella Maris Medan?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis membatasi masalah pada parameter-parameter berikut ini:

1. Penelitian ini difokuskan pada analisis daya dukung aksial tiang pancang yang digunakan pada proyek Pembangunan Gedung RSIA Stella Maris. Analisis hanya dilakukan pada elemen pondasi dalam berupa tiang pancang
2. Data yang digunakan pada penelitian ini terbatas pada data uji lapangan yang tersedia, yaitu hasil soil investigation (SPT/CPT), data pemancangan berupa *Hammer Stroke per Depth* (HSPD) dan data perhitungan perencanaan struktur

pondasi (sebagai pembanding). Perhitungan difokuskan pada analisis daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data tersebut. Penelitian ini tidak mencakup pengujian tambahan seperti PDA *Test, Pile Integrity Test* (PIT), maupun Uji Beban Statis *(Static Load Test)*.

3. Metode perhitungan yang digunakan dibatasi pada 4 metode, yaitu:
    1. Metode Aoki dan Velloso (1975) berdasarkan data CPT.
       Metode yang menggunakan nilai tahanan konus (qc) dari Cone Penetration Test (CPT) untuk menentukan daya dukung ujung dan friksi selimut.
    2. Metode *Static* Meyerhof (1976) berdasarkan data SPT.
       Menghitung komponen tahanan ujung dan gesekan selimut tiang secara statis dengan memanfaatkan nilai N-SPT pada setiap lapisan tanah.
    3. Metode Tomlinson (1977) berdasarkan data CPT.
       Metode yang menggunakan nilai tahanan konus (qc) dari Cone Penetration Test (CPT) untuk menentukan daya dukung ujung dan friksi selimut.
    4. Metode Schmertmann (1978) berdasarkan data CPT.
       Metode yang menggunakan nilai tahanan konus (qc) dari Cone Penetration Test (CPT) untuk menentukan daya dukung ujung dan friksi selimut.
4. Analisis yang dilakukan mencakup perhitungan daya dukung ultimit dan daya dukung izin tiang pancang, Evaluasi stabilitas lateral, *settlement* tiang, serta analisis kelompok tiang.

1.4 Tujuan penelitian

Tugas akhir ini disusun dengan tujuan:

1. Untuk menentukan besar daya dukung ultimit dan daya dukung izin tiang pancang berdasarkan data tanah hasil uji lapangan (SPT/CPT) pada lokasi proyek pembangunan RSIA Stella Maris Medan.
2. Untuk menganalisis dan membandingkan kapasitas daya dukung tiang pancang yang diperoleh dari perhitungan yaitu Metode Aoki dan Velloso (1975), Metode Meyerhof *Static* (1976), Metode Tomlinson (1977) dan Metode Schmertmann (1978)?

3. Menganalisis efisiensi kelompok tiang, penurunan pondasi, serta mengevaluasi hasil pengujian HSPD terhadap beban struktur pada Proyek Pembangunan RSIA Stella Maris Medan.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Secara akademis, menambah wawasan tentang perbandingan metode analisis daya dukung tiang pancang.
2. Secara praktis, dapat dijadikan pedoman awal dalam perencanaan dan evaluasi pondasi tiang pancang pada proyek konstruksi.
3. Sebagai referensi Tugas Akhir, untuk mahasiswa teknik sipil yang ingin mengambil topik penelitian terkait pondasi dalam.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini berisikan pendahuluan yang menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini merupakan bab berisikan teori yang berupa pengertian dan defenisi yang diambil dari kutipan buku, jurnal dan artikel yang berkaitan dengan penyusunan tugas akhir serta beberapa literature review yang berhubungan dengan penelitian.

Bab 3 Metodologi Penelitian

Bab ini diuraikan mengenai tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, Teknik pengumpulan data, bahan dan peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, dan analisis data.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisikan hasil penelitian yang telah dilakukan, permasalahan yang terjadi dan pemecahan masalah selama proses penelitian berlangsung

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan yang telah diperoleh dari penelitian dan memberikan saran untuk penelitian lebih lanjut

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pondasi

Hardiyatmo (2002) Pondasi adalah komponen struktur terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya.

Dalam bidang teknik sipil, pondasi pada umumnya dapat didefinisikan sebagai bagian dari struktur yang menyalurkan beban langsung ke tanah dan/atau batuan di bawahnya dengan aman. Ini juga kadang-kadang disebut bangunan bawah, karena bangunan atas membawa beban ke pondasi, atau bangunan bawah. Istilah tanah pondasi biasanya digunakan untuk menggambarkan material di bawahnya di dalam zona yang berdekatan yang akan dipengaruhi oleh struktur bawah dan bebannya. Ini juga kadang-kadang disebut tanah pendukung, atau lapisan dasar, karena struktur total akan bertumpu di atasnya (Panguriseng dan Sariman, 2022).

2.1.1 Jenis jenis Pondasi

Secara umum, fondasi dapat dikelompokkan menjadi dua jenis utama, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Adapun kriteria penentuan jenis fondasi dibedakan berdasarkan rasio kedalaman dan lebar fondasi (Terzaghi (1943), yaitu:

1. Fondasi dikategorikan sebagai fondasi dangkal apabila rasio kedalaman terhadap lebar fondasi memenuhi syarat $Df/B \leq 1$.
2. Fondasi dikategorikan sebagai fondasi dalam apabila perbandingan kedalaman terhadap lebar fondasi mencapai $Df/B \geq 1$.

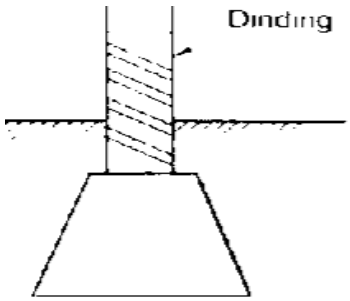
Jadi menurut Terzaghi, suatu pondasi dikatakan dangkal jika kedalamannya (Df) sama dengan atau kurang dari lebarnya (B). Pondasi Dalam adalah pondasi dengan kedalamannya (Df) sama dengan atau lebih besar dari lebarnya (B).

Selanjutnya menurut Hardiyatmo (2002), bahwa berdasarkan tingkat kedalaman pondasi di kedalaman tanah, makan pondasi dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Fondasi Dangkal *(Shallow Foundation)*

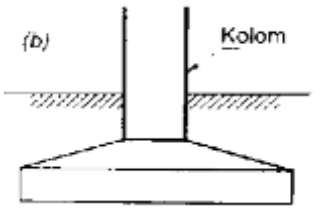
   Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban bangunan dan menyalurkannya ke tanah pada kedalaman yang relatif dangkal dibandingkan dimensi lebarnya (Hardiyatmo, 2020). Yang termasuk fondasi dangkal antara lain:

   a. Pondasi memanjang, Pondasi memanjang adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung kolom sederhana yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain. Gambar pondasi memanjang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



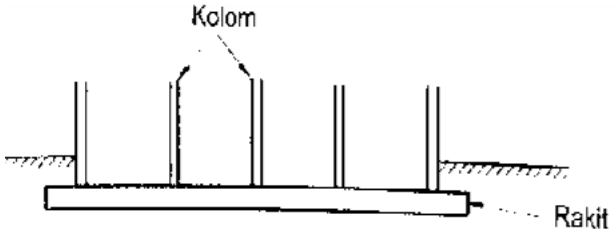
Gambar 2.1: Pondasi memanjang (Triastuti, 2022).

   b. Pondasi telapak, Pondasi telapak merupakan pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom. Gambar pondasi telapak dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Pondasi telapak (Triastuti, 2022).

c. Pondasi rakit *(raft fundation),* Pondasi rakit merupakan pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat di semua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi-sisinya berimpit satu sama lain. Jenis pondasi ini umumnya diterapkan untuk tanah yang mempunyai daya dukung tanah yang sangat kecil. Pondasi rakit dapat dilihat pada Gambar 2.3.



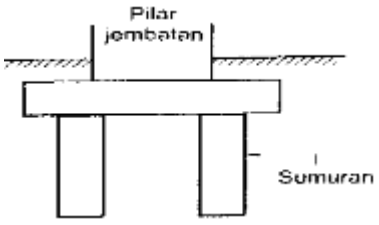
Gambar 2.3: Pondasi rakit (Triastuti, 2022).

2. Pondasi Dalam *(Deep Foundation)*

Fondasi dalam didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang terletak relative jauh dari permukaan (Hardiyatmo, 2011).

a. Pondasi sumuran *(pier foundation)*

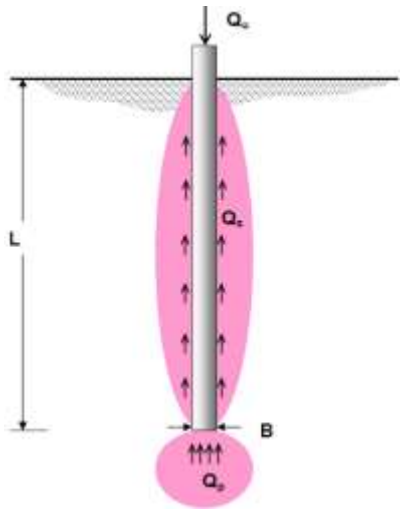
Pondasi sumuran *(pier foundation).* Pondasi ini merupakan peralihan antar pondasi dangkal dan pondasi dalam, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman sekitar 10 m atau relatif dalam. Gambar pondasi sumuran dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4: Pondasi sumuran (Triastuti, 2022).

b. Pondasi tiang (*pile foundation*)

Pondasi tiang (*pile foundation*) digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Gambar pondasi tiang dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Pondasi tiang (Hakam, 2008).

2.1.2 Fungsi dan tujuan pondasi

Pondasi tiang digunakan pada dunia konstruksi bangunan bawah (*sub construction*), baik pada bangunan struktur gedung atau jembatan, yang bertujuan untuk meneruskan beban bagunan yang terletak diatas tanah lunak atau air ke lapisan pendukung yang kuat. Menurut Hardiyatmo (2019), tujuan pondasi dapat di tuliskan sebagai berikut:

1. Memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban bangunan melalui gesekan dinding tiang dengan tanah sekitar (lapisan tanah keras relative dalam).
2. Menahan beban horizontal dan beban yang arahnya miring (misalnya dinding penahan pondasi dermaga).
3. Menahan beban bangunan untuk tanah mengembang (*Expansive soil*) akibat kembang-susut tanah karena perubahan musaim tropis (kemarau-hujan).

4. Mendukung pondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air (misalnya abutment jembatan).
5. Memadatkan tanah pasir sehingga kapasitas dukung tanah meningkat).

2.1.3 Faktor yang mempengaruhi pemilihan pondasi

Ada pun faktor yang mempengaruhi pemilihan pondasi (Hakam, 2008) yaitu:

a. Apabila lapisan tanah atas terlalu lunak untuk mendukung beban dengan menggunakan pondasi dangkal, maka diperlukan pondasi yang dalam (panjang) yang lebih kuat untuk meneruskan beban kebagian tanah keras (ideal).
b. Pondasi tiang digunakan pada tanah yang sangat kompresif atau memiliki sifat kembang-susut tinggi sehingga dapat menyebabkan penurunan atau pengangkatan fondasi.
c. Pondasi tiang mampu menahan beban horizontal yang besar, seperti pada dinding penahan tanah, bangunan tinggi, maupun struktur yang menerima beban angin dan gempa.
d. Pondasi tiang digunakan pada tanah permukaan yang mudah hancur atau tidak stabil akibat pengaruh udara maupun air.
e. Pondasi tiang dipilih pada kondisi yang memungkinkan terjadinya gaya angkat (*uplift*), seperti pada pondasi tower, struktur lepas pantai, dan basement di bawah muka air tanah.
f. Pondasi tiang digunakan pada tanah dasar yang berisiko mengalami penggerusan (*scouring*), misalnya pada pilar dan abutment jembatan.
g. Pemilihan pondasi tiang juga dapat dipertimbangkan berdasarkan efisiensi biaya konstruksi, terutama pada daerah yang memiliki keterbatasan material untuk fondasi dangkal.

2.2 Pekerjaan Penyelidikan tanah *(soil investigation)*

Menurut Hanafiah dkk. (2020), dalam perencanaan pondasi dalam hal ini diperlukan adanya Penyelidikan mengetahui parameter-parameter tanah yang akan digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah pondasi. Daya dukung tanah sangat berpengaruh pada bentuk dan dimensi pondasi agar diperoleh perencanaan pondasi yang optimal.

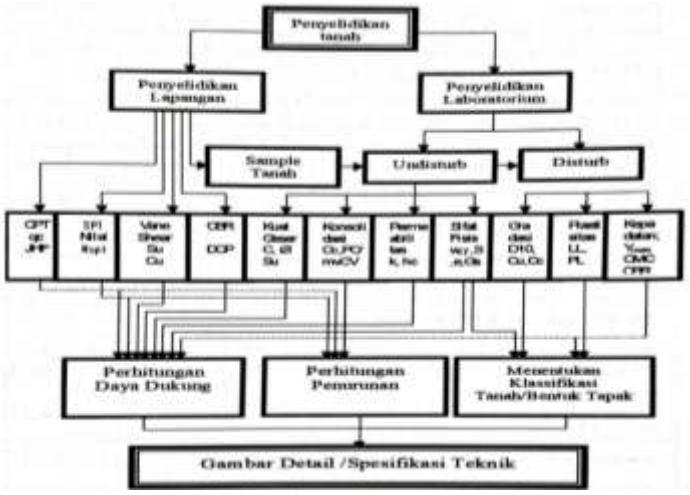
Menurut Hanafiah dkk. (2020), Penyelidikan tanah merupakan upaya memperoleh informasi bawah tanah untuk merencanakan pondasi bangunan. Hal ini mencakup:

1. Pemboran tanah
2. Pengambilan contoh tanah
3. Pengujian lapangan
4. Pengujian laboratorium
5. Observasi air tanah

Menurut Hanafiah dkk. (2020), Hasil akhir penyelidikan tanah berupa laporan yang menjadi acuan informasi bagi perencana pondasi seperti:

1. Stratifikasi lapisan tanah di proyek
2. Sifat indeks pada setiap lapisan tanah
3. Sifat mekanis pada setiap lapisan tanah, seperti kekuatan geser dan kompresibilitias
4. Kondisi air tanah
5. Jenis fondasi bangunan yang sudah ada di sekitarnya.

Alur penyelidikan tanah dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Bagan alir soil test untuk perencanaan pondasi (BPPS Semarang 2003).

Penyelidikan tanah laboratorium untuk keperluan perencanaan pondasi, secara umum terdiri hasil pengujian laboratorium dan pengujian lapangan Hanafiah dkk. (2020), yaitu:

a. Sifat fisik tanah/ Index Properties

   Index Properties merupakan sifat-sifat fisik dasar tanah yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan tanah berdasarkan karakteristiknya. Parameter yang termasuk dalam *index properties* antara lain kadar air, berat jenis tanah, berat isi, angka pori, porositas, derajat kejenuhan, analisis saringan, dan batas Atterberg (Das, 2011). Parameter Index Properties meliputi:

   - Kadar air (*Water Content, w*)
   - Berat jenis butiran tanah (*Specific Gravity, Gs*)
   - Berat isi tanah (*Unit Weight, γ*)
   - Angka pori (*Void Ratio, e*)
   - Porositas (*Porosity, n*)
   - Derajat kejenuhan (*Degree of Saturation, Sr*)

b. Sifat plastisitas tanah (*Atterberg Limits*)

   Menurut Albert Atterberg, batas-batas Atterberg (*Atterberg Limits*) merupakan batas kadar air yang digunakan untuk menentukan perubahan konsistensi tanah berbutir halus dari kondisi padat, semi padat, plastis, hingga cair. Parameter meliputi:

- *Liquid Limit* (LL) – Batas Cair
- *Plastic Limit* (PL) – Batas Plastis
- *Plasticity Index* (PI) – Indeks Plastisitas
- *Shrinkage Ind Activity* (AC atau A) – Aktivitas Tanah Lempungex (SI) – Indeks Susut
- *Liquidity Index* (LI) – Indeks Likuiditas

c. Pengujian Konsolidasi (Consolidation Test)

Menurut Karl Terzaghi, pengujian konsolidasi adalah pengujian laboratorium yang dilakukan untuk mengetahui besarnya pemampatan dan laju penurunan tanah akibat pembebanan. Parameter meliputi:

- mv *(Coefficient of Volume Compressibility)*
- Cc *(Compression Index)*
- Cr *(Recompression Index)*
- Cs *(Swelling Index)*
- Ca *(Secondary Compression Index)*
- Cv *(Coefficient of Consolidation)*
- Pc atau σ'p *(Preconsolidation Pressure)*

d. Sifat kuat geser tanah

Menurut Karl Terzaghi, kuat geser tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan tegangan geser tanpa mengalami keruntuhan. Parameter meliputi:

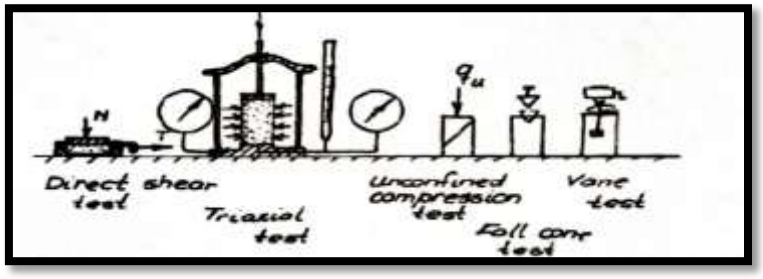
- ϕ (Phi) – Sudut Geser Dalam (*Angle of Internal Friction*)
- c – Kohesi (*Cohesion*)
- γ (Gamma) – Berat Isi Tanah (*Unit Weight*)
- Su – Kuat Geser Tak Terdrainase (*Undrained Shear Strength*)
- qu – Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compressive Strength*)
- St – Sensitivitas Tanah (*Sensitivity*)
- Es – Modulus Elastisitas Tanah (*Modulus of Elasticity*)

e. Sifat Compaction Tanah Timbunan

Menurut Ralph R. Proctor, pemadatan tanah (*soil compaction*) adalah proses peningkatan kepadatan tanah dengan cara mengurangi volume udara dalam pori-pori tanah melalui energi mekanis. Parameter yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

- γ maks *(Maximum Dry Unit Weight)*
- OMC *(Optimum Moisture Content)*
- CBR *(California Bearing Ratio)*
- RD *(Relative Density)*

Ilustrasi pengujian laboratorium dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7: Ilustrasi pengujian laboratorium (Bengt-Broms, 1970).

2.3 Penentuan kapasitas dukung tanah di lapangan

Pengujian untuk menentukan kapasitas daya dukung tanah di lapngan terutama dilakukan pada tanah-tanah yang mudah terganggu pada waktu pengambilan Hanafiah dkk. (2020), Uji di lapangan yang digunakan meliputi pengujian Cone Penetration Test, Standard Penetration Test, serta metode pemancangan menggunakan *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD).

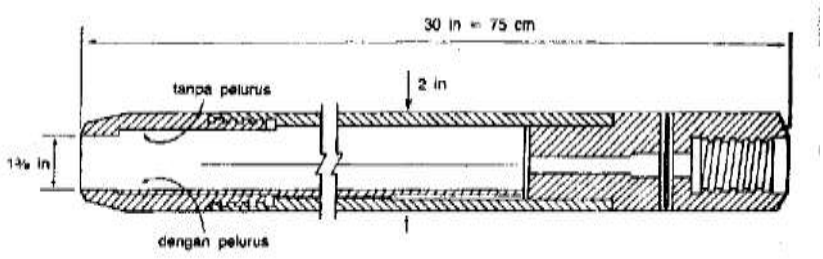
2.3.1 Pengujian Pengeboran Dan *Standard Penetration Test*

Pemboran tanah menurut Hanafiah dkk. (2020) adalah membuat lubang kedalam tanah dengan menggunakan alat bor manual maupun alat bor mesin, dengan tujuan:

1. Mengidentifikasi jenis tanah sepanjang kedalaman lubang bor
2. Untuk mengambil contoh tanah asli maupun tidak asli pada kedalaman yang dikehendaki
3. Untuk memasukkan alat uji penetrasi baku SPT pada kedalaman yang dikehendaki

4. Untuk memasukkan alat uji lainnya ke dalam tanah yang dikehendaki. Misalnya uji rembesan lapangan, uji *vane shaer*, uji *presuremeter*, pengukuran tekanan air pori, dan lain sebagainya.

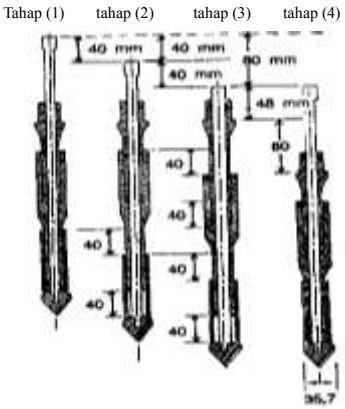
Berikut Gambar 2.8 *Split barrel sampler* alat pengambil sampel tanah yang digunakan pada pengujian Standard Penetration Test (SPT).



Gambar 2.8: *Split barrel sampler* (Hardiyatmo, 2019)

2.3.2 *Sondering test*

Uji penetrasi kerucut statis atau uji sondir termasuk jenis alat penetrometer statis. Alat pengujian berupa kerucut dengan diameter 3,57 cm atau luas tampang 1000 mm^2 seperti Gambar 2.9.



Gambar 2.9: Cara kerja alat penetrasi kerucut statis (Hardiyatmo, 2019).

Kerucut dihubungkan dengan batang besi di dalam pipa besi penekan. Pipa dan mata sondir ditekan secara terpisah dengan penekan hidrolis atau Gerakan gerigi

dari hasil putaran dengan tangan. Kecepatan penekanan mata konus 10 mm/detik. Pembacaan tahanan konus dilakukan dengan melihat arloji pengukurnya. (Hardiyatmo, 2019).

Salah satu metode uji in-situ yang paling efektif dan banyak digunakan adalah uji *Cone Penetration Test* (CPT) (Wadi dkk.,2022). Pengujian ini dianggap ekonomis dan cepat, dengan interpretasi dan korelasi yang kuat serta hasil yang konsisten, jika dilakukan pada lokasiyang sama (Lunne dkk., 2002).

Hasil uji sondir menurut Hanafiah dkk. (2020), bertujuan untuk:

1. Evaluasi kondisi tanah bawah permukaan di lapangan, stratigrafi (menduga struktur lapisan tanah), klasifikasi lapisan tanah, serta kekuatan lapisan tanah dan kedalaman lapisan tanah keras.
2. Menentukan lapisan tanah yang harus dibuang dan diganti dengan tanah yang lebih baik dan dipadatkan dan kontrol kepadatan tanah timbunan.
3. Perencanaan pondasi dan perhitungan settlement atau penurunan.
4. Perencanaan stabiltas lereng galian atau timbunan dan lain-lain.

2.3.3 *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD)

Realisasi pekerjaan pondasi tiang pancang memerlukan proses pemancangan menggunakan alat pancang tertentu. Pada daerah perkotaan yang padat penduduk, pelaksanaan pemancangan memerlukan alat yang ramah lingkungan seperti *Hydraulic Static Pile Driver* (*HSPD*) agar dampak proyek dapat diminimalkan. Penggunaan alat ini dapat mengurangi kerugian akibat komplain dari masyarakat sekit ar yang terkena dampak dengan demikian keuntungan kontraktor tetap terjaga (Warsito dan Hatmoko, 2016).

Beberapa keunggulan *Hydraulic Static Pile Driver* terkait dengan masalah lingkungan diantaranya adalah:

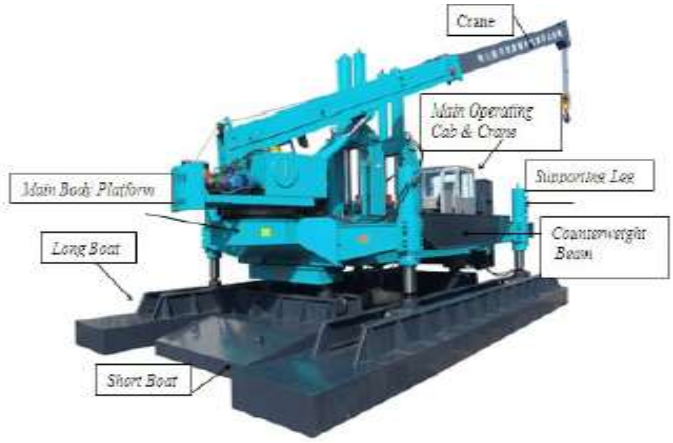
1. Cocok untuk memancangkan tiang di area yang memiliki ruang gerak terbatas karena tiang dapat dipancang dalam ukuran pendek dan disambung (Peurifoy dkk., 2006);

2. Memungkinkan tiang diinstalasi dekat struktur yang telah ada sebelumnya tanpa mengganggu aktivitas manusia (White dkk., 2002);
3. Cocok untuk lokasi proyek pada daerah padat penduduk dan bangunan (BPP (Berdikari Pondasi Perkasa, 2009);
4. Teknik instalasi hampir bebas getaran dan sedikit kebisingan dibandingkan dengan system pemancangan yang lainnya (Chan, 2006).

Beberapa kekurangan *Hydraulic Static Pile Driver* terkait dengan masalah lingkungan diantaranya adalah:

1. HSPD membutuhkan area kerja yang cukup luas karena ukuran dan berat alat relatif besar sehingga kurang efektif pada lokasi dengan ruang gerak terbatas (Hakim dan Akbar, 2018).
2. Mobilisasi dan perpindahan alat cukup sulit, terutama pada kondisi tanah lunak atau akses proyek yang terbatas karena alat memiliki beban yang besar (Hakim dan Akbar, 2018).
3. Produktivitas alat dapat menurun pada kondisi lapangan tertentu sehingga durasi pekerjaan pemancangan menjadi lebih lama dibanding metode lain (Puspitasari dan Nursin, 2021).

Hydraulic Static Pile Driver dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10: *Hydraulic Static Pile Driver* (Hakim dan Akbar, 2018).

2.4 Pondasi Tiang Pancang

Menurut Bowles (1991), pondasi tiang pancang merupakan elemen struktur yang digunakan untuk meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih dalam dan memiliki daya dukung yang memadai.

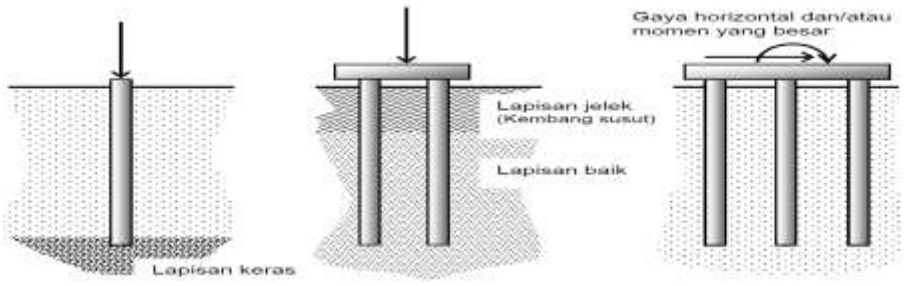
2.4.1 Pemilihan pondasi tiang

Menurut Hakam (2008), Pemilihan pondasi tiang dapat ditentukan sebagai berikut:

a. Apabila lapisan tanah atas terlalu lunak untuk mendukung beban dengan menggunakan pondasi dangkal, maka diperlukan pondasi yang dalam (panjang)untuk meneruskan beban dari atas ke dalam lapisan tanah bawah yang lebih kuat.
b. Kondisi tanah yang sangat kompresif dan/atau bersifat kembang-susut tinggi sehingga dapat berpengaruh pada nilai perpindahan (naik-turun) dari pondasi yang melebihi nilai batas toleransinya. Pada kondisi ini, bagian pondasi yang berada pada lapisan kembang susut tidak boleh diperhitungkan sebagai pendukung beban pada semua kondisi, bahkan pada kondisi tertentu, bagian ini harus diperhitungkan untuk mengurangi beban akibat mengembangnya (*heaving*) tanah disisinya (*negative skin friction*).
c. Pada kondisi beban horizontal yang besar, pondasi tiang dapat menahan beban horizontal (bending) sementara daya dukung vertikalnya relatif tidak terganggu. Situasi semacam ini dapat terjadi pada sistem dinding penahan tanah dan juga pada bangunan tinggi akibat beban angin dan/atau beban gempa.
d. Pada kondisi tanah atas yang mudah hancur. Ada terdapat beberapa jenis material geologi yang mempunyai daya dukung cukup tinggi namun pada keadaan tertentu mudah hancur (*break down and collaps*), misalnya terkena udara atau air.

e. Kondisi-kondisi yang memungkinkan adanya gaya angkat (*up lift*) yang cukup besar. Misalnya *up-lift* pada pondasi tower, pada bangunan lepas pantai, pondasi basement bangunan yang berada dibawah muka air tanah
f. Kondisi tanah dasar yang berisiko terhadap penggerusan. Kondisi ini sering dijumpai pada struktur pilar dan abutment jembatan dimana resiko erosi akibat aliran air sangat besar.
g. Pertimbangan biaya konstruksi, walaupun pada keadaan umum biasanya pondasi dangkal memerlukan biaya pekerjaan yang lebih murah, namun pada keadaan khusus dimana konstruksi tiang dapat menjadi lebih murah dibanding pondasi dangkal.

Beberapa kasus penggunaan pondasi tiang pada Gambar 2.11 dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2.11: Beberapa kasus penggunaan pondasi tiang (Hakam, 2008).

2.4.2 Kekuatan Pondasi Tiang

Hanafiah dkk. (2020), mengemukakan Kekuatan pondasi tiang adalah kekuatan dari material pondasi itu sendiri dan kekuatan secara keseluruhan dengan interaksinya terhadap tanah dan struktur lainnya yang ditahannya. Kekuatan struktur dilakukan tanpa memperhitungkan pengaruh tekuk yang menyebabkan daya dukung tiang ditentukan oleh tegangan izin dari bahan tiang yang dipakai dari teori Mekanika Bahan. Hal tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \bar{\sigma} \qquad (2.1)$$

dengan

σ = Tegangan pada penampang tiang

$\bar{\sigma}$ = tegangan izin bahan dari tiang

P = beban total konstruksi bangunan atas

A = luas penampang tiang

2.4.3 Daya dukung tiang Tunggal

Menurut Meyerhof (1976), kapasitas ultimit tiang diperoleh dari penjumlahan tahanan ujung tiang dan tahanan gesek selimut tiang, yang secara umum dinyatakan dengan persamaan:

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_P \quad (2.2)$$

$$Q_{all} = Q_u/SF \quad (2.3)$$

Dengan,

Q_u= kapasitas daya dukung tiang ultimit (batas)

Q_p= kapasitas daya dukung ujung (didasar) pondasi

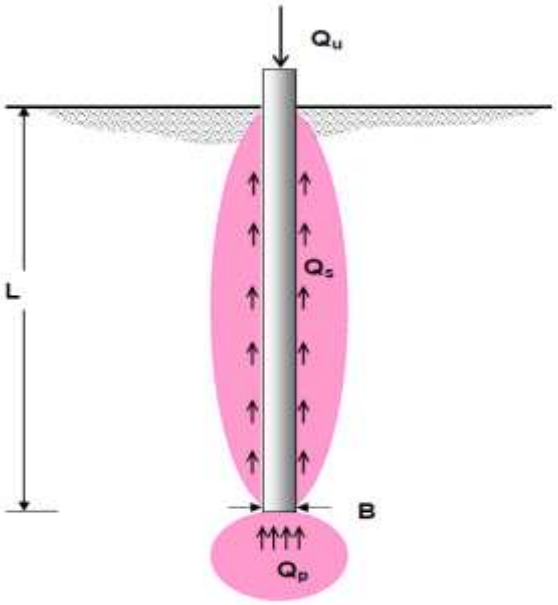
Q_s= kapasitas daya dukung sisi (gesekan) sepanjang pondasi

Q_{all}=daya dukung tiang izin

W_P= berat sendiri tiang

SF=faktor keamanan *(safety factor)*

Dimensi dan daya dukung pondasi tiang dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12: Dimensi dan daya dukung pondasi tiang (Hakam, 2008).

2.5 Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai bahan referensi dan perbandingan dalam penelitian ini. Kajian terhadap penelitian sebelumnya bertujuan untuk mengetahui metode, hasil, serta perkembangan penelitian yang berkaitan dengan topik yang dibahas.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Seran dan Prijasambada (2023) berjudul Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Koperasi Astra Internasional Jakarta Pusat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya dukung aksial tekan, daya dukung aksial tarik, dan penurunan tiang pancang tunggal berdasarkan data SPT. Analisis dilakukan menggunakan metode Meyerhof dan Reese dan Wright untuk daya dukung, serta metode Vesic (1977) dan *Plaxis* 2D V22 untuk analisis penurunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Reese dan Wright menghasilkan daya dukung yang lebih besar dibandingkan metode Meyerhof.
2. Nuryanto dan Wulandari (2013) dalam penelitian berjudul Perencanaan Pondasi Tiang Pada Tanah Lempung melakukan perencanaan pondasi tiang yang disesuaikan dengan kondisi tanah lempung. Analisis dilakukan

menggunakan metode Tomlinson untuk perhitungan manual dan model tanah *Mohr-Coulomb* pada program *Plaxis*. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi analisis teoritis dan numerik dapat digunakan untuk mengevaluasi perilaku pondasi pada tanah lempung.

3. Tanjung dan Zaki (2025) melakukan penelitian berjudul Analisis Tiang Pancang dengan Uji Dinamis dan Statis terhadap Kapasitas Ijin Manufaktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kapasitas daya dukung tiang pancang yang diperoleh dari metode statis dan data lapangan. Analisis dilakukan menggunakan metode Meyerhof (1956), Poulos dan Davis, Schmertmann, Coyle dan Castillo, serta metode Alpha dan Lambda. Hasil penelitian digunakan untuk menentukan metode yang paling sesuai dalam memprediksi kapasitas daya dukung tiang pancang.
4. Rivai dan Setiawati (2015) meneliti Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Hotel Santika Premiere Palembang. Penelitian ini bertujuan menghitung kapasitas daya dukung ujung dan selimut tiang pancang pada tanah rawa dan timbunan agar pondasi mampu menahan beban bangunan dengan aman. Analisis dilakukan menggunakan metode Aoki dan De Alencar berdasarkan data CPT (sondir), metode *Converse-Labarre* untuk efisiensi kelompok tiang, serta perhitungan penurunan elastis pondasi.
5. Yatnikasari dkk (2022) melakukan penelitian berjudul Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang Pada Bangunan Gedung *Control Room* Di Kalimantan Timur. Penelitian ini bertujuan mengetahui kapasitas daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang sebagai alternatif pengganti pondasi bored pile. Analisis dilakukan menggunakan metode Meyerhof berdasarkan data SPT dan metode Aoki dan De Alencar berdasarkan data CPT/sondir.
6. Saputro dan Buwono (2013) dalam penelitian Studi Pengaruh Jarak Tiang Pancang Pada Kelompok Tiang Terhadap Perubahan Dimensi *Pile Cap* menganalisis pengaruh variasi jarak antar tiang dalam kelompok tiang pancang terhadap dimensi *pile cap*. Metode yang digunakan adalah perhitungan efisiensi kelompok tiang dengan beberapa variasi jarak antar tiang, kemudian membandingkan perubahan dimensi *pile cap* yang dihasilkan.

Hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1: Penelitian Terdahulu.

NO.	Penelitian	kesimpulan
1.	Ana Maria Tey Seran dan Prijasambada (2023)	– Metode Reese dan Wright menghasilkan daya dukung aksial yang lebih besar dibandingkan metode Meyerhof, sedangkan hasil penurunan dari Plaxis lebih besar dibandingkan hasil loading test lapangan.
2.	Nuryanto, Sri Wulandari (2013)	– Perencanaan pondasi tiang pada tanah lempung dengan metode Tomlinson dan analisis *Plaxis* menunjukkan bahwa pondasi yang direncanakan mampu memenuhi persyaratan daya dukung dan stabilitas tanah.
3.	Dian Kurniawan Tanjung dan M. Zaki (2025)	– Terdapat perbedaan nilai kapasitas daya dukung yang diperoleh dari berbagai metode analisis statis dan hasil pengujian lapangan, sehingga diperlukan pemilihan metode yang paling sesuai dengan kondisi tanah dan data yang tersedia.

Tabel 2.1: Lanjutan

NO.	Penelitian	kesimpulan

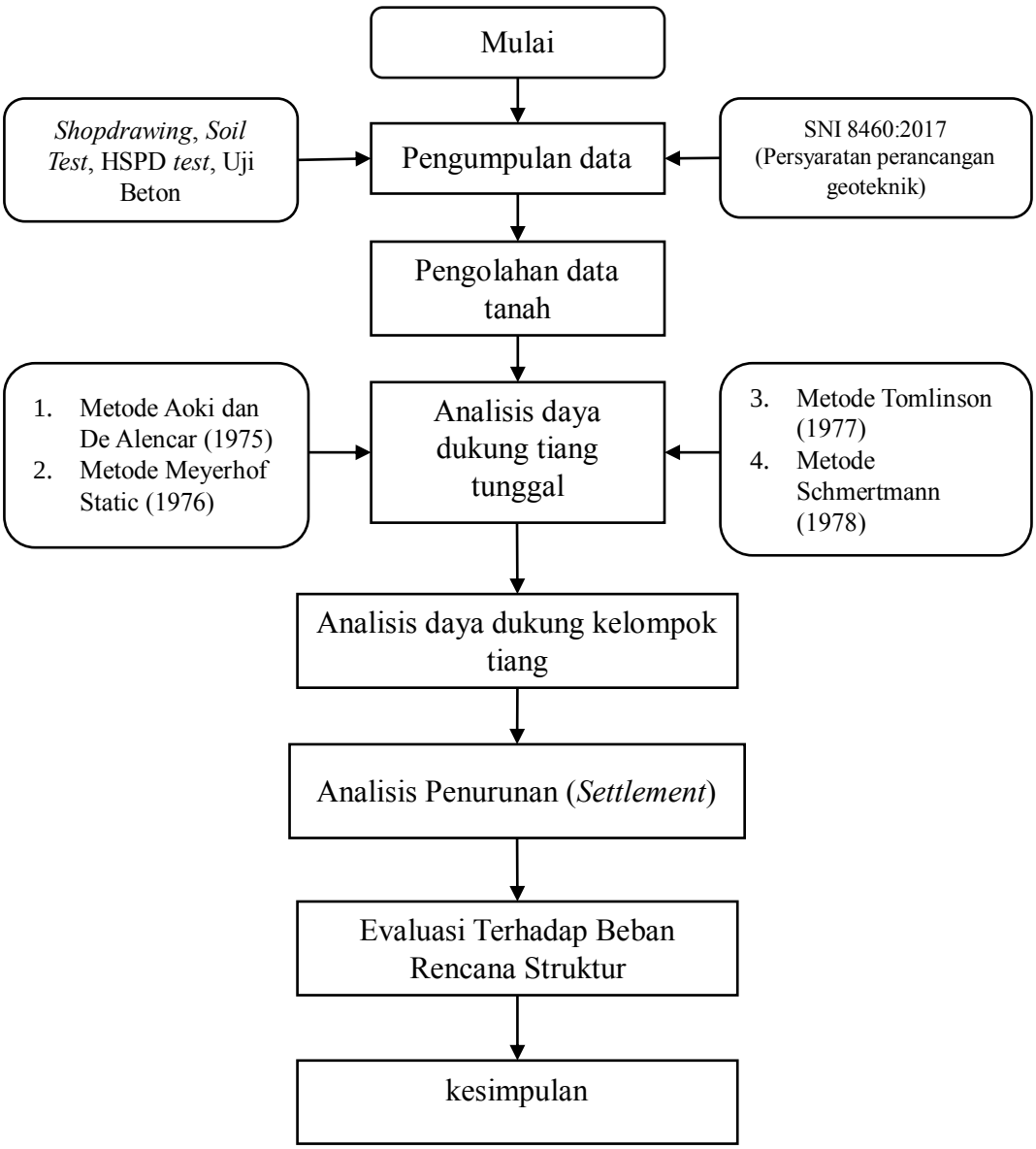
4.	Masri A. Rivai & Mira Setiawati (2015)	– Pondasi tiang pancang yang dianalisis memiliki kapasitas daya dukung yang mampu menahan beban bangunan dengan aman, serta nilai penurunan yang masih berada dalam batas yang diizinkan.
5.	Santi Yatnikasari, Adde Currie Siregar, Maulana Rizki Azis, Chandra Kusuma (2022)	– Pondasi tiang pancang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pondasi bored pile karena memiliki kapasitas daya dukung yang memadai dan penurunan yang masih memenuhi persyaratan desain.
6.	Dona Dwi Saputro & Haryo Koco Buwono (2013)	– Jarak antar tiang dalam kelompok tiang memengaruhi efisiensi kelompok dan dimensi pile cap, di mana semakin besar jarak antar tiang umumnya meningkatkan efisiensi kelompok tiang

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Adapun bagan alir penelitian Tugas Akhir, di buat seperti pada *Flowchart* berikut ini:



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian

3.2 Deskripsi proyek

Adapun deskripsi Proyek Pembangunan Rumah Sakit Ibu dan Anak (RSIA) Stella Maris Medan adalah sebagai berikut:

1. Nama proyek : Proyek Pembangunan Rumah Sakit Ibu dan Anak (RSIA) Stella Maris Medan
2. Lokasi : Jalan Samanhudi No.20, J A T I, Kec. Medan Maimun, Kota Medan, Sumatera Utara
3. Pemilik Proyek : PT. Stella Mandiri Husada
4. Kontraktor Struktur : PT. Prima Abadi Jaya
5. Konsultan Perencana : PT. Maxim Griya Utama
6. Jumlah lantai : 11 lantai dan 2 Basement (total 13 lantai)
7. Peta Lokasi : Dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Peta Lokasi Penelitian

3.3 Data Teknik proyek

Data teknis tiang pancang yang diperoleh dari pihak kontraktor/konsultan sebagai berikut:

Data ini diperoleh dari pihak konsultan MK dengan data sebagai berikut:

1. Jenis Pondasi : Tiang Pancang Beton
2. Diameter Tiang Pancang : 600 mm
3. Denah Titik Tiang Pancang : lampiran 1 layout pondasi tiang pancang

3.4 Metode pengumpulan data

Dalam penelitian ini, pengumpulan data yang diperlukan untuk menentukan analisis pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan RSIA Stella Maris Medan yaitu:

1. Metode Observasi adalah data yang berhubungan dengan data teknis gedung dan pondasi diperoleh langsung dari lokasi Proyek Pembangunan
2. Metode dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan dokumen yang berkaitan dengan penelitian, seperti gambar rencana, data *soil investigation*, data sondir/CPT, data pemancangan, dan dokumentasi lapangan.
3. Metode pengumpulan data teknis
   Metode ini dilakukan dengan memperoleh data teknis dari pihak kontraktor atau konsultan proyek, meliputi data perencanaan pondasi, spesifikasi teknis, dan data pemancangan.

3.5 Data perencanaan

Adapun data yang diperoleh untuk menyusun laporan tugas akhir ini adalah:

1. Data Sekunder

   Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait, meliputi;

   a. Data hasil *Soil Test* dan HSPD *(Hammer Stroke Pile Driving)* dari proyek
   b. Data teknis pondasi (ukuran tiang, kedalaman, jumlah tiang, jarak antar tiang)
   c. Data beban struktur dari gambar desain

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat atau media yang digunakan untuk memperoleh data penelitian. Adapun instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data hasil penyelidikan tanah (soil investigation)
2. Data hasil sondir/CPT
3. Data pemancangan pondasi menggunakan HSPD
4. Laporan teknis proyek
5. Gambar kerja dan spesifikasi teknis
6. Laptop dan perangkat lunak pengolah data
7. Kamera atau dokumentasi lapangan

Instrumen tersebut digunakan untuk mendukung proses pengumpulan dan analisis data penelitian.

3.7 Teknik analisis data

Tahapan analisis data dalam penelitian ini meliputi:

1. Pengumpulan data hasil *soil investigation* dan data pemancangan.
2. Identifikasi parameter tanah berdasarkan data sondir/CPT dan SPT.
3. Perhitungan daya dukung pondasi tiang menggunakan metode yang digunakan dalam penelitian.
4. Perbandingan hasil analisis dengan data aktual pemancangan di lapangan.
5. Evaluasi hasil analisis untuk memperoleh kesimpulan penelitian.

3.8 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Tanah menahan fondasi, berarti tanah memikul beban fondasi yang berarti bahwa tanah harus mempunyai kemampuan memikul beban (daya dukung). Untuk menentukan besarnya kemampuan tanah dalam memikul beban (daya dukung tanah), dapat didekati dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah disampaikan oleh peneliti-peneliti terdahulu, antara lain:

3.8.1 Berdasarkan data N-SPT

Daya dukung pondasi tiang ditentukan berdasarkan pengujian SPT, dengan rumus dasar:

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (3.1)$$

Dimana,

Q_u = kapasitas daya dukung tiang ultimit (batas)

Q_p= kapasitas daya dukung ujung (didasar) pondasi

Q_s = kapasitas daya dukung sisi (gesekan) sepanjang pondasi

3.8.2 Menurut Mayerhof (1956)

Perhitungan dalam menghitung daya dukung pondasi dengan menggunakan metode Mayerhof (1956) dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Tahanan Ujung Q_p (*End Bearing*) yaitu:

   $$q_p = 40.\overline{N}.\frac{L}{D} \leq 400 \quad (3.2)$$

   Dimana,

   A_p = luas ujung tiang

   L = panjang tiang pancang

   D = lebar tiang

   $\overline{N}$ = Rata-rata NSPT dari 10D di atas dan 4D di bawah ujung tiang

2. Gesekan Selimut Q_s (*Skin Friction*)

   $$Q_s = p.L.f_{av} \quad (3.3)$$

   Dimana,

   p = keliling tiang

   f_{av} = friksi tiang $= 2\ x\ \overline{\mathrm{N}}rata - rata$

3. Kapasitas Ultimit daya dukung Q_u

$$Q_u = 40.A_p.\bar{N}.\frac{L}{D} + p.L.f_{av} \quad (3.4)$$

4. Kapasitas daya dukung izin pondasi tiang menjadi:

$$Q_i = \frac{Q_u}{SF} \quad (3.5)$$

Dimana,

Q_{all} = kapasitas daya dukung batas tiang

FS = angka keamanan (2,5 s/d 4,0)

3.8.3 Metode Aoki dan Velloso (1975)

Aoki dan Velloso (1975) mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data CPT dapat dilihat sebagai berikut:

1. Tahanan Ujung Tiang (End Bearing Resistance)

   Tahanan ujung tiang (Q_p) dihitung berdasarkan nilai tahanan konus pada ujung tiang yang diperoleh dari hasil pengujian CPT. Persamaan yang digunakan menurut Aoki dan Velloso (1975) adalah:

   $$Q_p = A_p\left(\frac{q_c}{F1}\right) \quad (3.6)$$

   dengan,

   Q_p= tahanan ujung tiang (kg)

   A_p= luas penampang ujung tiang (cm²)

   q_c = tahanan konus pada ujung tiang (kg/cm²)

   $F1$= faktor koreksi jenis tiang.

   Luas ujung tiang dihitung menggunakan persamaan:

   $$A_p = \frac{\pi D^2}{4} \quad (3.7)$$

   Dengan

   D= diameter tiang (cm)

   Untuk memperoleh faktor koreks F1 berdasarkan jenis pondasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1berikut:

Tabel 3.1: Faktor koreksi F1 dan F2

NO.	*Type of pile*	F1	F2
1.	Franki dan franki (cased)	2,5	5,0
2.	Steel	1,75	3,5
3.	Precast concrete	1,75	3,5

2. Tahanan Gesek Selimut *(Skin Friction Resistance)*

   Tahanan gesek selimut Q_s merupakan tahanan yang bekerja di sepanjang permukaan atau selimut tiang akibat interaksi antara permukaan tiang dengan tanah di sekelilingnya.

$$Q_s = U \sum \left(\frac{\alpha \text{ x } q_c}{F2} \right) \Delta L \qquad (3.8)$$

   Dengan,

   Q_s= tahanan gesek selimut (kg)

   U = (π x D) keliling tiang (cm)

   q_c= tahanan konus pada setiap interval kedalaman (kg/cm²)

   α = koefisien adhesi tanah

   $F2$= faktor koreksi jenis tiang.

   ΔL = panjang setiap interval perhitungan (cm)

   Nilai faktor korelasi K dan koefisien adhesi α\alphaα berdasarkan jenis tanah menurut Aoki & Velloso (1975), yang digunakan dalam perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2: Faktor koreksi K dan α

NO.	*Soil*	α
1.	Sand	1.4

Tabel 3.2: Lanjutan

NO.	*Soil*	α
2.	Silty sand	2.0
3.	Silty clayey sand	2.4
4.	Clayey sand	3.0
5.	Clayey silty sand	2.8
6.	Silt	3.0
7.	Sandy silt	2.2
8.	Sandy clayey silt	2.8
9.	Clayey silt	3.4
10.	Clayey sandy silt	3.0
11.	Clay	6.0
12.	Sandy clay	2.4
13.	Sandy silty clay	2.8
14.	Silty clay	4.0
15.	Silty sandy clay	3.0

3. Kapasitas Ultimit daya dukung Q_u

$$Q_u = A_p \left(\frac{q_c}{F1}\right) + U \sum \left(\frac{\alpha \text{ x } q_c}{F2}\right) \Delta L \qquad (3.9)$$

Q_u= Kapasitas Ultimit daya dukung

Q_p= kapasitas daya dukung ujung (didasar) pondasi

Q_s = Tahanan Gesek Selimut *(Skin Friction Resistance)*

4. Kapasitas daya dukung izin pondasi tiang Q_i menjadi:

$$Q_i = \frac{Q_u}{SF} \qquad (3.10)$$

Dimana,

Q_{all} = kapasitas daya dukung batas tiang

FS = angka keamanan (2,5 s/d 4,0)

3.8.4 Metode Tomlinson

Metode Tomlinson pada tanah lempung menggunakan nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) dianggap = 0 karena nilai sudut geser yang kecil dapat diabaikan pada perhitungan.

Dalam metode Tomlinson (1977), tahanan ujung tiang dan tahanan gesek tiang juga dinyatakan oleh:

$$Q_b = A_b q_c \tag{3.11}$$

$$Q_s = c_d A_s \tag{3.12}$$

$$c_d = \alpha_d c_u \tag{3.13}$$

Dengan,

A_b= luas ujung bawah tiang (cm^2)

A_s= luas selimut tiang (cm^2)

c_d= adhesi antara dinding tiang dan tanah disekitarnya (kN/m^2)

α_d=factor adhesi

c_u=kohesi tak terdrainase

q_c=f_b=tahanan konus (kg/cm^2)

Kapasitas ultimit tiang pancang dinyatakan dalam:

$$Q_u = A_b q_c + A_s \alpha_d c_u \tag{3.14}$$

Dengan,

Q_u=kapasitas ultimit tiang pancang (Kn)

A_b=luas ujung bawah tiang (cm^2)

A_s=luas selimut tiang (cm^2)

α_d=factor adhesi

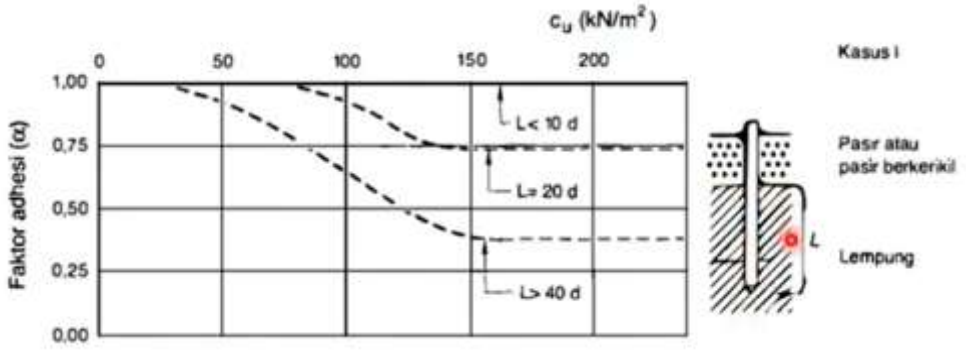
c_u=kohesi tak terdrainase

q_c=f_b=tahanan konus (kg/cm^2)

Pada factor adhesi, Tomlinson (1997) memperhatikan pengaruh bentuk bentuk lapisan tanah seperti pada Gambar 3.3

- Dalam kasus 1

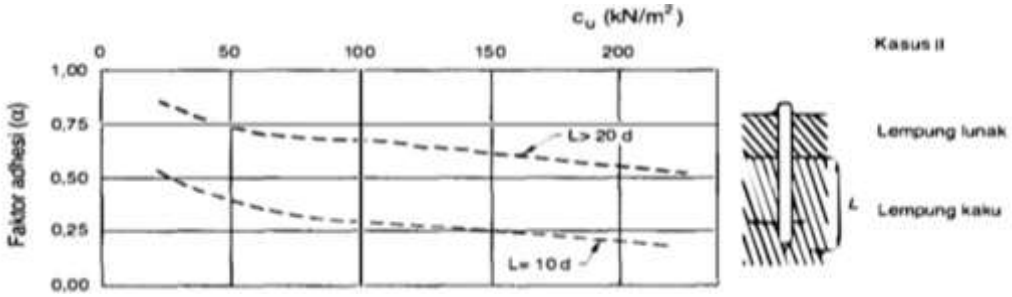
  Tiang pancang berada dalam tanah pasir atau tanah berpasir yang terletak diatas lapisan lempung kaku. Celah yang cenderung terbentuk diantara sisi tiang dan tanah sekitarnya, terisi oleh bahan glanular dengan tidak ada tanahan gesek dinding yang hilang. Kasus 1 faktor adhesi (α) dapat diliat pada Gambar 2.13.



Gambar 3.3: Kasus 1 faktor adhesi (α). (Hardiyatmo, 2008).

- Dalam kasus 2

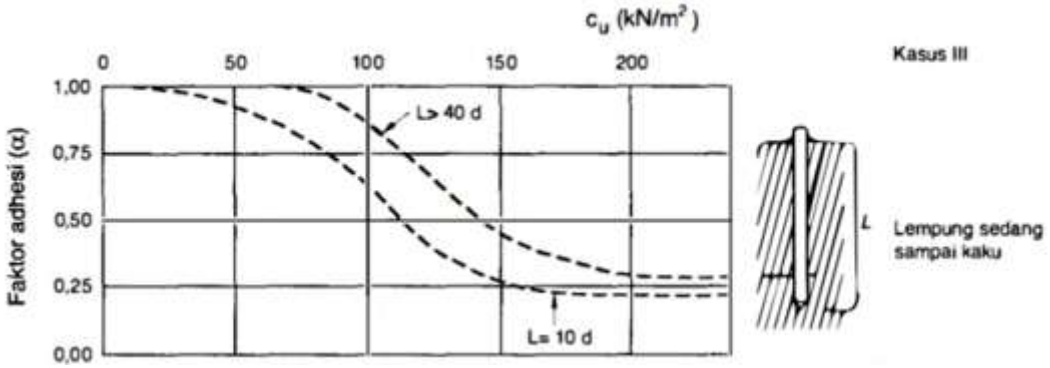
  Tanah lempung lunak yang terletak diatas lempung kaku, desakan lempung lunak kebawah mengisi celah diantara dinding dan tanah lempung kaku sekitarnya, karena itu mengurangi nilai gesekan dinding. Kasus 2 faktor adhesi (α) dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.4: Kasus 2 faktor adhesi (α). (Hardiyatmo, 2008).

– Dalam kasus 3

Tiang pancang pada lempung kaku yang homogen. Celah yang terbentuk terdapat di sekeliling bagian atas tiang. Pada bagian ini tidak ada gesekan dinding yang bekerja. Makin dangkal penembusan tiang dan makin kaku lempungnya, semakin besar pula celah yang terbentuk. Kasus 2 faktor adhesi (α) dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.5*:* Kasus 3 faktor adhesi *(α). (*Hardiyatmo*, 2008).*

Berdasarkan pengamatan pada kasus I hingga III, dapat disimpulkan bahwa faktor adhesi terbesar diperoleh pada kasus I. Tomlinson (1977) menyatakan bahwa hasil perhitungan dapat menghasilkan nilai faktor adhesi yang terlalu besar untuk tiang dengan penetrasi dangkal ke dalam lapisan lempung kaku pada

kondisi yang menyerupai kasus II. Sebaliknya, perhitungan tersebut memberikan hasil yang sangat konservatif untuk kondisi seperti pada kasus I.

Tanah lempung lunak dan lanau lunak bersifat sensitif terhadap perubahan bentuk akibat proses pemancangan tiang. Oleh karena itu, bergantung pada tingkat sensitivitas tanah, kuat geser tanah di sekitar tiang dapat mengalami penurunan, yang selanjutnya menyebabkan berkurangnya tahanan gesek sisi tiang.

3.8.5 Metode Schmertmann

Schmertmann memberikan persamaan untuk menghitung daya dukung tiang sebagai berikut:

$$q_u = q_p + q_s \tag{3.15}$$

$$q_p = \frac{(q_{c1}+q_{c2}):2+q_{c3}}{2} \tag{3.16}$$

$$q_s = K_{s,c}.\left[\sum_{L=0}^{L=8}\left(\frac{1}{8}D\right).\mathrm{f}_s.A_s + \sum_{L=8D}^{L=L}\mathrm{f}_s.A_s\right] \tag{3.17}$$

Atau dalam bentuk sederhana :

$$q_s = K_{s,c}\sum(\mathrm{f}_s.A_s) \tag{3.18}$$

dengan faktor reduksi linier pada zona 0–8D dari ujung tiang.

- pada ujung tiang → kontribusi selimut hampir nol
- kemudian meningkat linier sampai 8D

dimana :

q_p = daya dukung ujung tiang

q_s = daya dukung akibat lekatan

q_{c1} = nilai tahanan kerucut rata-rata dari (0,7 sd 4) D di bawah ujung tiang, kg/ cm²

q_{c2} = nilai tahanan kerucut min dari (0,7 sd 4) D di bawah ujung tiang, kg/ cm²

q_{c3} = nilai tahanan kerucut rata-rata dari (0 sd 8) D di bawah ujung tiang, kg/ cm²

$K_{s,c}$ = faktor koreksi

K_s $= \mathbf{0,6–0,9}$

K_c $= 2$ untuk lempung

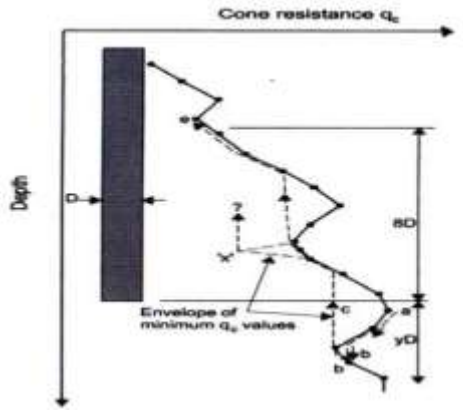
D = diameter tiang, cm.

f_s = hambatan lekatan tanah dari data sondir

A_s = luas selimut tiang

L = panjang total tiang

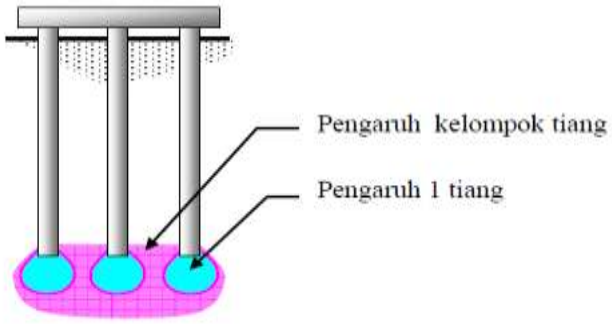
Langkah-langkah dalam menentukan q_{c1} dan q_{c2} terdapat pada Gambar 2.16.



Gambar 3.6: Menentukan qc berdasarkan metode Schmertmann (Hanafiah dkk.,2020).

3.9 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang kelompok dilakukan untuk mengetahui kemampuan kelompok tiang dalam menahan beban struktur. Kapasitas daya dukung kelompok tiang dipengaruhi oleh jumlah tiang, jarak antar tiang, kapasitas masing-masing tiang, serta kondisi tanah di sekitar pondasi.



Gambar 3.7 Pondasi kelompok tiang

3.9.1 Efisiensi kelompok tiang

Dari hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal akan di gabungkan menjadi daya dukung tiang pancang kelompok, Maka untuk mendapatkan hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang kelompok menggunakan Efisiensi kelompok tiang metode *Converse Labarre* sebagai berikut, (Meisari dan Yakin, 2017).

$$E_g = 1 - \theta.\left[\frac{(n'-1)m+(m-1)n'}{90.m.n'}\right] \quad (3.33)$$

Dimana,

E_g = Efisiensi kelompok tiang

θ = arc.tg (B/s), dalam derajat (□)

m = Jumlah baris tiang

n' = Jumlah tiang dalam satu baris

s = Jarak pusat ke pusat tiang (m)

B = Diameter tiang (m)

Sehingga daya dukung pondasi kelompok tiang bisa dihitung dengan metode di bawah ini:

Q_g = n. Q_{all} . E_g (3.34)

Dimana,

Q_g = Daya dukung kelompok tiang

E_g = Efisiensi kelompok tiang

n' = Jumlah tiang pancang

Q_{all}= Q_i= Daya dukung ijin tiang Tunggal

3.10 Penurunan pondasi *(settlement)*

Besarnya penurunan yang terjadi pada suatu fondasi bangunan dipengaruhi oleh:

1. Berdasarkan data pengukuran penurunan (*settlement record*) dari struktur dan fondasi sejenis yang ada di lokasi sekitarnya
2. Berdasarkan metode analitis penurunan yang sudah baku yang dilakukan berdasarkan data tanah yang diperoleh dari uji lapangan dan uji laboratorium dan muka air tanah yang ada dan beban yang bekerja pada fondasi;
3. Berdasarkan metode empiris yang sudah baku dan sesuai dengan kondisi tanah di Indonesia serta sesuai dengan kasus-kasus yang telah dilakukan di Indonesia.

3.10.1 Penurunan Elastis Kelompok Tiang

Untuk tiang kelompok pada lapisan pasir Meyerhof (1976) menyarankan hubungan empiris sebagai berikut:

$$s_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}}s \tag{3.35}$$

Dimana,

$s_{g(e)}$ = penurunan elastisitas kelompok tiang (mm)

B_g = lebar kelompok tiang (m)

D = diameter/lebar tiang Tunggal

s = penurunan elastic tiang tunggal

Sehingga penurunan total elastis tiang Tunggal dapat diperoleh dari akumulasi penurunan.total dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \tag{3.36}$$

Dengan:

S = penurunan elastis tiang Tunggal

$$S_1 = \frac{(Q_{wp}+\xi.Q_{ws}).L}{A_p.E_p} \quad (3.37)$$

Dimana,

S_1 = penurunan yang terjadi sepanjang tiang

Q_{wp} = beban yang diterima pada ujung tiang

Q_{ws} = beban yang diterima sepanjang kulit tiang

A_p = luas penampang tiang

L = panjang tiang

E_p = modulus elastisitas material (umumnya : $2{,}1.10^6 N/m^2$)

$$S_2 = \frac{Q_{wp}.C_p}{D.q_p} \quad (3.38)$$

Dimana,

S_2 = penurunan tiang oleh beban yang bekerja pada ujung tiang

Q_{wp} = beban yang diterima pada ujung tiang

C_p = koefisien empiris

D = lebar/diameter tiang

q_p = daya dukung batas ujung tiang

Berikut harga C_p dapat dilihat sebagai berikut pada Tabel 2.2

Tabel 3.3:Harga C_p (Vesic, 1977)

No.	*Soil type*	*Driven pile*	*Bore pile*
1.	*Sand (dense to loose)*	0,02-0,04	0,09-0,18
2.	*Clay (stiff to soft)*	0,02-0,03	0,03-0,06
3.	*Silt (dense to loose)*	0,03-0,05	0,09-0,12

$$S_3 = \frac{Q_{wp}.C_s}{L.q_s} \quad (3.39)$$

S_3 = penurunan tiang oleh beban friksi sepanjang selimut tiang /keliling tiang

Q_{wp} = beban yang diterima pada ujung tiang

q_p = daya dukung batas ujung tiang

C_s = konstanta empiris

$$C_s = \left(0{,}93 + 0{,}16\sqrt{(L/D)}\right).C_p$$

3.10.2 Penurunan izin

Besarnya penurunan total dan beda penurunan yang diizinkan ditentukan berdasarkan toleransi struktur atas dan bangunan sekitar yang harus ditinjau berdasarkan masing-masing kasus tersendiri dengan mengacu pada integritas, stabilitas dan fungsi dari struktur diatasnya. Penurunan izin < 15 cm + b/600 (b dalam satuan cm) untuk bangunan tinggi dan bisa dibuktikan struktur atas masih aman. Beda penurunan *(differential settlement)* yang diperkirakan akan terjadi harus ditentukan secara saksama dan konservatif, serta pengaruhnya terhadap bangunan gedung tinggi di atasnya harus dicek untuk menjamin bahwa beda penurunan tersebut masih memenuhi kriteria kekuatan dan kemampulayanan sebesar 1/300. (SNI 8460:2017)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Pengaplikasian metode perhitungan daya dukung yang telah disampaikan pada bab 2 akan dijelaskan pada bab ini yaitu:

a. Daya dukung tiang dengan menggunakan metode *Mayerhoff* akan dihitung menggunakan data N-SPT
b. Daya dukung tiang akan dihitung menggunakan metode Aoki dan Velloso menggunakan data sondir
c. Daya dukung tiang akan dihitung menggunakan metode *Tomlinson* menggunakan data sondir
d. Daya dukung tiang akan dihitung menggunakan metode Schmertmann menggunakan data sondir
e. Efisiensi kelompok tiang akan dihitung menggunakan metode *Converse-Labarre* dan menghitung daya dukung kelompok tiang.

4.4.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data penilitian ini yaitu berdasarkan:

a. Pengumpulan Data *Standard Penetration Test* (SPT)

Data hasil pengujian tersebut berupa nilai jumlah pukulan (N-SPT) yang diperoleh pada setiap kedalaman pengujian. Hasil pengujian SPT pada masing-masing titik bor selanjutnya digunakan sebagai salah satu parameter dalam menganalisis kondisi dan daya dukung tanah pada lokasi proyek. Data hasil pengujian Standard Penetration Test (SPT) pada setiap interval kedalaman 2 m untuk masing-masing titik bor disajikan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1: Nilai Standard Penetration Test (SPT)

NO.	Bor No.Kedalaman (m)	BH – 1
1.	2.00-2.45	2
2.	4.00-4.45	2
3.	6.00-6.45	4
4.	8.00-8.45	22
5.	10.00-10.45	55
6.	12.00-12.50	42
7.	14.00 - 14.45	35
8.	16.00 - 16.45	17
9.	18.00 - 18.45	42
10.	20.00 - 20.45	51
11.	22.00 – 22.45	55
12.	24.00 - 24.45	58
13.	26.00 – 26.45	63
14.	28.00 – 28.45	64

4.2 Menurut Mayerhof (1956)

Kapasitas daya dukung batas oleh mayerhof yaitu:

1. Data tiang
   - diameter tiang = 60 cm = 0,6m
   - panjang tiang = 800 cm = 8 m
2. luas dan keliling tiang
   - $A_p = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14x60^2}{4} = 2826\ cm^2$

     $A_p = 0,2826\ m^2$
   - $p = \pi D = 3,14x60 = 1884\ m$

     $p = 1,884\ m$
3. N-SPT di Zona Ujung Tiang

Metode Meyerhof mengambil rata-rata NSPT dari 10D di atas ujung tiang sampai 4D di bawah ujung, dapat dilihat pada tabel 4.2:

- 10D = 10 x 0,6 = 6 m→ zona NSPT (8 m – 6m) = 2 m
- 4D = 4 x 0,6 = 2,4 m → zona NSPT (8 m+ 2,4m) =10,4 m
- $\frac{L}{D} = \frac{8}{0,6} = 13,33$

Tabel 4.2:Nilai Standard Penetration Test (SPT)

NO	Bor No.Kedalaman (m)	N
1.	2	2
2.	4	2
3.	6	4
4.	8	22
5.	10	55
6.	12	42
7.	14	35
8.	16	17
9.	18	42
10.	20	51
11.	22	55
12.	24	58

4. Hitung $\bar{N}$

   diambil rata-rata dari NSPT sepanjang tiang 2 m sampai 10,4 m

   $\bar{N}k = (2+2+4+22+55)/5 = 17$

5. Hitung tahanan ujung Q_p

$q_p = 40 \text{ x } \bar{N} \text{ x } \frac{L}{D} \leq 400 \bar{N}$

– $40 \text{ x } 17 \text{ x } \frac{8}{0,6} = 9066,7 \text{ kN/m}^2$

– $400 \bar{N} = 400 \text{ x } 17 = 6800 \text{ kN/m}^2$

$9066,7 > 6800$, maka q_p yang digunakan adalah $q_p = 6800 \text{ kN/m}^2$

$Q_p = q_p \text{ x } A_p$

$Q_p = 6800 \text{ kN/m}^2 \text{ x } 0,2826 \text{ m}^2$

$Q_p = 1921,7 \text{ kN}$

$Q_p = 195,889 \text{ ton}$

6. Hitung gesekan selimut Q_s

diambil rata-rata dari NSPT sepanjang tiang (0–8 m)

$\bar{N} = (2+2+4+22+5)/5 = 7,5$

$f_{av} = 2 \, x \, \bar{N}$

$f_{av} = 2 \, x \, 7,5$

$f_{av} = 15 \text{ kN/m}^3$

$Q_s = p. L. f_{av}$

$= 1,884 \text{ m}^2 . 8 \text{ m} . 15 \text{ kN/m}^3$

$= 226,08 \text{ kN}$

$= 23,05 \text{ ton}$

7. Kapasitas ultimit Q_u

$Q_u = Q_p + Q_s$

$= 195,889 \text{ ton} + 23,05 \text{ ton}$

$= 218, 93 \text{ ton}$

8. Jika dihitung daya dukung izin

$Q_i = \frac{Q_u}{FK}$, *(FK = Faktor keamanan daya dukung ujung tiang dipakai 3)*

$= \left(\frac{195,889}{3}\right) + \left(\frac{23,05 \text{ ton}}{3}\right)$

$= 72,97 \text{ ton}$

b. Pengumpulan Data Sondir

Berdasarkan nilai perlawanan konus (CR), tingkat kepadatan relatif lapisan tanah dapat diperoleh dari lampiran No 10 dan dapat dilihat dari Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3: Hasil perlawanan konus CR

NO	CR (kg/cm2)	Tingkat Kepadatan Relatif
1.	0 - 16	Sangat Lepas
2.	16 - 40	Lepas
3.	40 - 120	Sedang
4.	120 - 200	Padat
5.	> 200	Sangat Padat

4.3 Menurut Aoki dan Velloso (1975)

Aoki dan Velloso mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data Sondir.

1. Data tiang
   - diameter tiang (D) = 60 cm = 0,6 m
   - panjang tiang = 800 cm = 8 m
2. luas ujung tiang
   - $A_b = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14x60^2}{4} = 2826\ cm^2$

     $A_b = 0,2826\ m^2$
3. luas selimut tiang
   - $A_s = \pi DL = 3,14x60 = 1884\ cm^2$

     $A_s = 1,884\ m^2$
4. Penentuan Nilai F1 dan F2

   Nilai F1 dan F2 dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4: Nilai F1 dan F2

NO.	Type of pile	F1	F2
1.	Franki dan franki (cased)	2,5	5,0
2.	Steel	1,75	3,5
3.	Precast concrete	1,75	3,5

Berdasarkan Tabel 4.4 data pondasi yang digunakan pada proyek penelitian ini, yaitu *Precast Concrete Pile* (tiang pancang beton pracetak), maka nilai faktor yang digunakan dalam perhitungan ditentukan berdasarkan jenis dan karakteristik pondasi tersebut. Dengan demikian, nilai faktor F1 sebesar 1,75 dan faktor F2 sebesar 3,50

5. Penentuan hasil boring BH-1 diperoleh stratifikasi tanah sampai kedalaman 8m dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5: Nilai K dan α (%) perlapis berdasarkan data *bore hole*

NO.	Kedalaman	N-SPT	Deskripsi Tanah	α (%)
1.	0,00-1,40	2	Sandy Silty Clay	2,8
2.	1.40 – 3.50	2	Sandy Silty Clay	2,8
3.	3,50-7,80	4	Sandy Clay	2,4
4.	7,80–8,00	22	Sand	1,4

6. Menentukan daya dukung ujung (Qp)

$Q_p = A_p \left(\frac{q_c}{F1}\right)$, $q_c = 108$, *diperoleh dari nilai qc pada tabel 4.7 pada kedalaman 8m*

$Q_p = 2826\ cm^2\ (\frac{108\ \text{kg/cm}^2}{1{,}75})$

$Q_p = 174404{,}57\ kg$

$Q_p = 174{,}4$ ton

7. Menentukan daya dukung selimut (Qs)

$$Q_s = U \sum \left(\frac{\alpha \text{ x } q_c}{F2}\right) \Delta L$$

Berikut daya dukung selimut Qs perlapisan dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6: Perhitungan Qs

NO.	Depth (m)	qc	α (%)	ΔL	Q_s
1.	0,00	0	2,8	0	0
2.	0,20	3	2,8	20	90,432
3.	0,40	3	2,8	20	90,432
4.	0,60	4	2,8	20	120,576
5.	0,80	2	2,8	20	60,288
6.	1,00	20	2,8	20	602,88
7.	1,20	7	2,8	20	211,008
8.	1,40	10	2,8	20	301,44
9.	1,60	5	2,8	20	150,72
10.	1,80	5	2,8	20	150,72
11.	2,00	7	2,8	20	211,008
12.	2,20	20	2,8	20	602,88
13.	2,40	37	2,8	20	1115,328
14.	2,60	10	2,8	20	301,44
15.	2,80	5	2,8	20	150,72
16.	3,00	6	2,8	20	180,864
17.	3,20	4	2,8	20	120,576
18.	3,40	4	2,8	20	120,576
19.	3,60	3	2,4	20	77,51314
20.	3,80	5	2,4	20	129,1886
21.	4,00	4	2,4	20	103,3509
22.	4,20	8	2,4	20	206,7017
23.	4,40	6	2,4	20	155,0263
24.	4,60	6	2,4	20	155,0263
25.	4,80	9	2,4	20	232,5394

Tabel 4.6: Lanjutan

NO	Depth (m)	qc	α (%)	ΔL	Q_s
26.	5,00	5	2,4	20	129,1886
27.	5,20	7	2,4	20	180,864
28.	5,40	10	2,4	20	258,3771
29.	5,60	8	2,4	20	206,7017
30.	5,80	7	2,4	20	180,864
31.	6,00	8	2,4	20	206,7017
32.	6,20	7	2,4	20	180,864
33.	6,40	8	2,4	20	206,7017
34.	6,60	11	2,4	20	284,2149
35.	6,80	7	2,4	20	180,864
36.	7,00	9	2,4	20	232,5394
37.	7,20	21	2,4	20	542,592
38.	7,40	44	2,4	20	1136,859
39.	7,60	37	2,4	20	955,9954
40.	7,80	90	2,4	20	2325,394
41.	8,00	108	1,4	20	1627,776
	TOTAL Q_s				14477,73 Kg 14,48 ton

Maka diperoleh nilai Q_s

$Q_s = 14{,}48$ ton

8. Menentukan daya dukung ultimit (Qu)

   Qu= $Q_p + Q_s = 174{,}4$ ton $+ 14{,}48$ ton

   Qu= $Q_p + Q_s = 188{,}88$ ton

   Qu= 188,88 ton

9. Menentukan daya dukung izin (Qi)

   Qi= $\frac{Q_p}{FK1} + \frac{Q_s}{FK2}$

   Qi= $\frac{174{,}4 \text{ ton}}{3} + \frac{14{,}48}{3}$

   Qi= 62,96 ton

4.4 Menurut Tomlinson

Perhitungan daya dukung dengan menggunakan metode Tomlinson dapat dilihat dari perhitungan berikut:

1) Data tiang
   - diameter tiang = 60 cm
   - panjang tiang = 8 m = 800 cm
2) Luas Ujung Tiang A_b

$$A_b = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14x60^2}{4} = 2826\ cm^2$$

$$A_b = 0,2826\ m^2$$

3) Luas selimut Tiang A_s

$$A_s = \pi DL = 3,14x60x800 = 150720\ cm^2$$

$$A_s = 15,0720\ m^2$$

Berikut tabel CR data sondir dari lampiran nomor 10 dapat di lihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: CR dari data sondir

No.	Depth (m)	CR (Kg/Cm2)
1.	7,40	44
2.	7,60	37
3.	7,80	90
4.	8,00	108
5.	8,20	33
6.	8,40	72
7.	8,60	35
8.	8,80	30
9.	9,00	53

Tabel 4.7: Lanjutan

No.	Depth (m)	CR (Kg/Cm2)
10.	9,20	57
11.	9,40	71
12.	9,60	44
13.	9,80	70
14.	Rata -rata (q_c)	57,23

4) Kapasitas tahanan ujung tiang (Q_b)

$Q_b = A_b q_c$

Q_b =2826 2826 cm^2 x 57,23 (Kg/Cm2)

Q_b = 161734,154 kg

Q_b = 161,73 ton

5) Tahanan Geser Selimut Tiang (Q_s)

$Q_s = c_d A_s$

$c_d = \alpha_d c_u$

c_u = CR/ N□

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, lapisan tanah terdiri dari lempung berpasir berlanau dan pasir halus dengan kepadatan rendah sampai padat. Kondisi ini mendekati kasus II menurut Tomlinson (1977), dimana tanah granular atau campuran berada di atas lapisan yang lebih kaku. Oleh karena itu, faktor adhesi (α) diambil diantara 0,4-0,7 disesuaikan dengan nilai cu.

Perhitungan Q_s dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut, dihitung dengan menjumlahkan daya dukung per lapisan.

Tabel 4.8: Perhitungan Q_s.

No.	Depth (m)	CR = qc (Kg/Cm^2)	$c_u = \frac{c_r}{15}$ (Kg/Cm^2)	c_u (kN/m^2)	α_d	$Q_s(\alpha_d c_u A_{s)}$ (Kg)
1.	0,00	0	0	0	0	0
2.	0,20	3	0,2	19,613	0,7	527,52
3.	0,40	3	0,2	19,613	0,7	527,52
4.	0,60	4	0,27	26,151	0,7	703,36
5.	0,80	2	0,13	13,076	0,7	351,68
6.	1,00	20	1,33	130,755	0,5	2512
7.	1,20	7	0,47	45,764	0,7	1230,88
8.	1,40	10	0,67	65,378	0,6	1507,2
9.	1,60	5	0,33	32,689	0,7	879,2
10.	1,80	5	0,33	32,689	0,7	879,2
11.	2,00	7	0,47	45,764	0,7	1230,88
12.	2,20	20	1,33	130,755	0,5	2512
13.	2,40	37	2,47	241,897	0,4	3717,76
14.	2,60	10	0,67	65,378	0,6	1507,2
15.	2,80	5	0,33	32,689	0,7	879,2
16.	3,00	6	0,40	39,2266	0,7	1055,04
17.	3,20	4	0,27	26,151	0,7	703,36
18.	3,40	4	0,27	26,151	0,7	703,36
19.	3,60	3	0,20	19,6133	0,7	527,52
20.	3,80	5	0,33	32,6888	0,7	879,2

Tabel 4.8: Lanjutan

No.	Depth (m)	CR = qc (Kg/Cm^2)	$c_u = \frac{c_r}{15}$ (Kg/Cm^2)	c_u (kN/m^2)	α_d	$Q_s(\alpha_d c_u A_{s)}$ (Kg)
21.	4,00	4	0,27	26,1511	0,7	703,36
22.	4,20	8	0,53	52,3021	0,6	1205,76
23.	4,40	6	0,40	39,2266	0,7	1055,04
24.	4,60	6	0,40	39,2266	0,7	1055,04
25.	4,80	9	0,60	58,8399	0,6	1356,48
26.	5,00	5	0,33	32,6888	0,7	879,2
27.	5,20	7	0,47	45,7644	0,7	1230,88
28.	5,40	10	0,67	65,3777	0,6	1507,2
29.	5,60	8	0,53	52,3021	0,6	1205,76
30.	5,80	7	0,47	45,7644	0,7	1230,88
31.	6,00	8	0,53	52,3021	0,6	1205,76
32.	6,20	7	0,47	45,7644	0,6	1055,04
33.	6,40	8	0,53	52,3021	0,6	1205,76
34.	6,60	11	0,73	71,9154	0,6	1657,92
35.	6,80	7	0,47	45,7644	0,7	1230,88
36.	7,00	9	0,60	58,8399	0,6	1356,48
37.	7,20	21	1,40	137,293	0,5	2637,6
38.	7,40	44	2,93	287,662	0,4	4421,12
39.	7,60	37	2,47	241,897	0,4	3717,76
40.	7,80	90	6,00	588,399	0,4	9043,2

41.	8,00	108	7,20	706,079	0,4	10851,84
			$Q_s = \sum \alpha_d c_u A_s$			72647,04 Kg
						72,65 TON

*c_u=CR/ N□

*N□ = faktor konus (15-20), = faktor konus (konstanta untuk jenis tanah tersebut). N□ ditemukan berada pada rentang 5 hingga 75; namun, sebagian besar nilai berada pada kisaran 15 - 20.

5. Menentukan Daya Dukung Ultimate Tiang Q_u

$Q_u = Q_b + Q_s$

$Q_u = 161{,}73 \text{ ton} + 72{,}65 \text{ ton}$

$Q_u = 234{,}38 \text{ ton}$

6. Menentukan Daya Dukung izin Q_i

$Q_i = \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{3}$

$Q_i = \frac{161{,}73}{3} + \frac{72{,}65}{3} = 78{,}13 \text{ ton}$

4.5 Metode Schmertmann

Schmertmann memberikan persamaan untuk menghitung daya dukung tiang sebagai berikut:

1. Data tiang
   - diameter tiang= 60 cm
   - panjang tiang = 8 m = 800 cm
2. Luas Ujung Tiang A_b

$$A_b = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14x60^2}{4} = 2826\ cm^2$$

3. Luas selimut Tiang A_s

$$A_s = \pi DL = 3{,}14x60x20 = 3768\ cm^2$$

$$A_s = 0,3768\ m^2$$

4. hitung q_{c1} dan q_{c2} rentang 0,7D sd 4D

– 0,7D = 0,7 x 0.6 = 0,42 m, maka kedalaman dari 8 + 0,42 = 8,42 m

– 4D = 4 x 0,6 = 2,4 m, maka kedalaman sampai 8+2,4 = 10,4 m

Kedalaman mulai dari 8,42 meter sd 10,4 meter dapat dilihat pada tabel Tabel 4.9 yang diperoleh dari data sondir.

Tabel 4.9: Nilai CR dari kedalaman 8, 42 meter sd 10,4 meter.

No.	Depth (m)	CR $\left(kg/cm^2\right)$
1.	8,20	33
2.	8,40	72
3.	8,60	35
4.	8,80	30
5.	9,00	53
6.	9,20	57
7.	9,40	71
8.	9,60	44

9.	9,80	70

Tabel 4.9: Lanjutan

No.	Depth (m)	CR $\left(\text{kg}/\text{cm}^2\right)$
10.	10,00	54
11.	10,20	62
12.	10,40	80
	$\overline{CR}$	55,08 kg/cm^2

q_{c1}= rata rata CR

q_{c1}= 55,08 x 0,75 = 41,31 kg/cm^2

q_{c2}= nilai minimum CR = 30 x 0,75 = 22,5 kg/cm^2

Schmertment Menyarankan harga qc dikalikan 0,75 (Hardiyatmo,2003). Untuk memperhitungkan pengurangan tegangan efektif yang bekerja sepanjang tiang.

5. Menentukan q_{c3} rata rata dari kedalaman 0 sd 8D

diatas ujung tiang yaitu kedalaman 8 m sd 11,8 m

Kedalaman mulai dari 8 meter sd 11,8 meter meter dapat dilihat pada tabel Tabel 4.10 yang diperoleh dari data sondir.

Tabel 4.10: Nilai CR dari kedalaman 8 meter sd 11,8 meter.

No.	Depth (m)	CR $\left(\text{kg}/\text{cm}^2\right)$

1.	8,00	108
2.	8,20	33

Tabel 4.10: Lanjutan

No.	Depth (m)	CR $\left(^{kg}/_{cm^2}\right)$
3.	8,40	72
4.	8,60	35
5.	8,80	30
6.	9,00	53
7.	9,20	57
8.	9,40	71
9.	9,60	44
10.	9,80	70
11.	10,00	54
12.	10,20	62
13.	10,40	80
14.	10,60	91
15.	10,80	108
16.	11,00	120
17.	11,20	152
18.	11,40	190
19.	11,60	194
20.	11,80	202

q_{c3}= 91,3 x 0,75 = 68,475 kg/cm^2

6. Menentukan daya dukung dari ujung bawah tiang (base)

   Maka, nilai dari q_p adalah:

   $$q_p = \frac{(q_{c1}+q_{c2}):2+q_{c3}}{2}$$

   $$= \frac{(41{,}31+22{,}5):2+68{,}475}{2}$$

   = 50,19 kg/cm^2

   Maka $Q_p = q_p$ x A_b = 50,19 kg/cm^2 x 2826 cm^2

   Q_p= 50,19 kg/cm^2 x 2826 cm^2

   Q_p= 141838,7 kg

   Q_p= 141,84 ton

7. Menentukan daya dukung dari gesekan tanah di sepanjang sisi tiang

   $q_s = K_{s,c} \sum(f_s . A_s)$

Perhitungan daya dukung selimut dapat diperoleh dari Tabel 4.11 berikut ini dengan menjumlahkan total (Q_s) perlapisan.

Tabel 4.11: Perhitungan Q_s.

No.	Depth (m)	f_s (kg/cm^2)	$Q_s = K_s$x f_sxA_s (perlayer)
1.	0,00	0,00	0
2.	0,20	0,10	263,76
3.	0,40	0,10	263,76
4.	0,60	0,10	263,76

5.	0,80	0,10	263,76
6.	1,00	0,60	1582,56
7.	1,20	0,30	791,28

Tabel 4.11: Lanjutan

No.	Depth (m)	f_s (kg/cm^2)	$Q_s = K_s x\ f_s x A_s$ (perlayer)
8.	1,40	0,50	1318,8
9.	1,60	0,40	1055,04
10.	1,80	0,30	791,28
11.	2,00	0,30	791,28
12.	2,20	0,70	1846,32
13.	2,40	0,80	2110,08
14.	2,60	0,50	1318,8
15.	2,80	0,20	527,52
16.	3,00	0,20	527,52
17.	3,20	0,10	263,76
18.	3,40	0,10	263,76
19.	3,60	0,10	263,76
20.	3,80	0,10	263,76
21.	4,00	0,10	263,76
22.	4,20	0,40	1055,04

23.	4,40	0,20	527,52
24.	4,60	0,20	527,52
25.	4,80	0,20	527,52

Tabel 4.11: Lanjutan

No.	Depth (m)	f_s (kg/cm^2)	$Q_s = K_s x\ f_s x A_s$ (perlayer)
26.	5,00	0,30	791,28
27.	5,20	0,50	1318,8
28.	5,40	0,50	1318,8
29.	5,60	0,40	1055,04
30.	5,80	0,30	791,28
31.	6,00	0,40	1055,04
32.	6,20	0,30	791,28
33.	6,40	0,40	1055,04
34.	6,60	0,40	1055,04
35.	6,80	0,30	791,28
36.	7,00	0,30	791,28
37.	7,20	0,60	1582,56
38.	7,40	0,80	2110,08
39.	7,60	0,80	2110,08
40.	7,80	1,20	3165,12

41.	8,00	1,20	3165,12
		Total Q_s	40619,04 kg atau 40,62 ton

*K_s= 0,7 Lokasi penelitian didominasi oleh tanah lempung lunak (tanah kohesif)

8. Daya dukung ultimit

   Maka $Q_u = Q_p + Q_s$

   Q_u = 141, 84 ton+ 40,62 ton

   Q_u = 182,46 ton

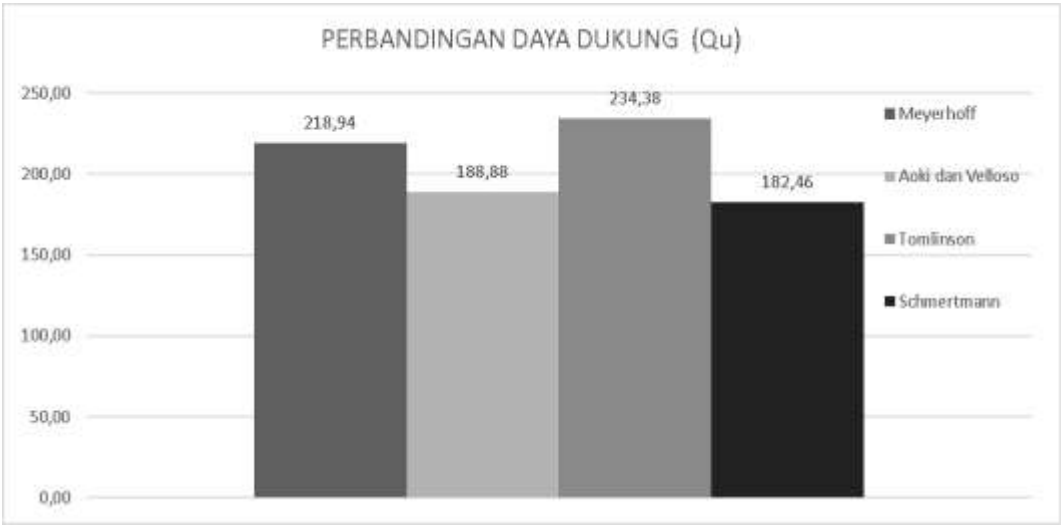
9. daya dukung izin

   $Q_i = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5}$

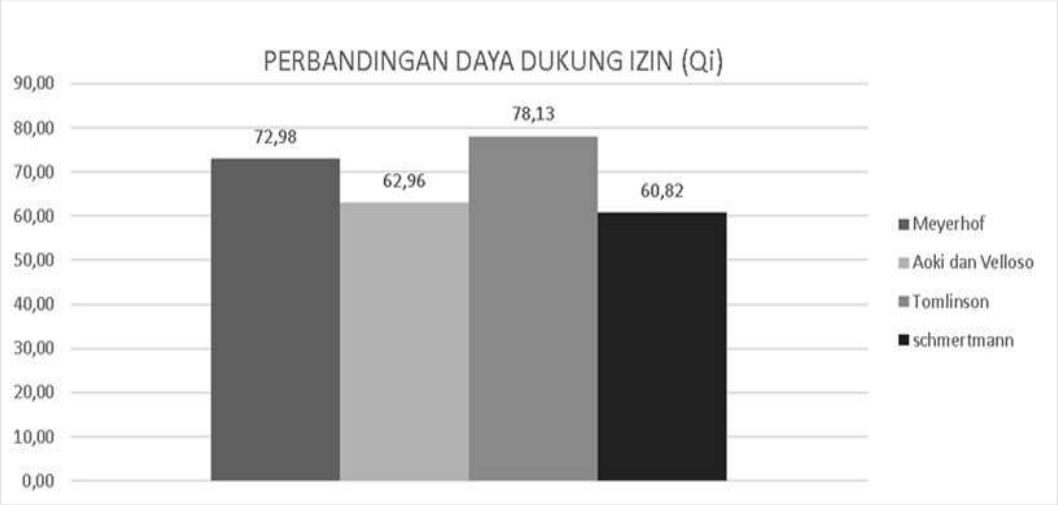
   $Q_i = \frac{141,84}{3} + \frac{40,62}{3}$

   Q_i = 60,82 ton

Perbandingan nilai daya dukung ultimit (Qu) berdasarkan masing-masing metode disajikan pada Gambar 4.1, sedangkan perbandingan nilai daya dukung izin (Qi) disajikan pada Gambar 4.2.



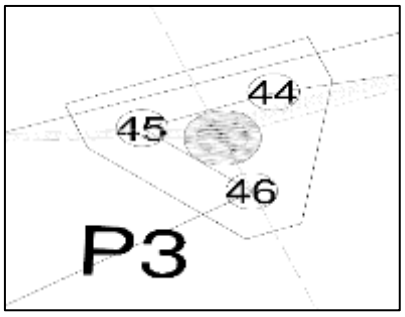
Gambar 4.1: Perbandingan daya dukung ultimit Qu.



Gambar 4. 2: Perbandingan daya dukung izin Qi.

4.6 Hasil pengukuran data HSPD *(Hydraulic Static Pile Driver)*

Pondasi kelompok terdiri dari 3 tiang pancang yaitu tiang pancang nomor 44, 45 dan 46 yang berbentuk segitiga. Bentuk dan perletakan dapat di lihat pada Gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.3: Perletakan pondasi kelompok

a. Pondasi No. 44

Hasil pembacaan alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) pada tiang pancang nomor 44 diperoleh dari proses pengujian di lapangan. Adapun hasil pembacaan dan parameter pengujian tiang pancang tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12: Bacaan dari HSPD (*Hydraulic Static Pile Driver*) No.44

No.	*Penetration* (m)	*Pressure* (Mpa) Kg/cm2	*Bearing* (Ton)
1.	0,00-1,00	2	65,62
2.	1,00-2,00	2	65,62
3.	2,00-3,00	2	65,62
4.	3,00-4,00	2	65,62
5.	4,00-5,00	2	65,62
6.	5,00-6,00	2	65,62
7.	6,00-7,00	2	65,62
8.	7,00-8,00	2	65,62
9.	8,00-9,00	5	164,05
10.	9,00-10,00	9	295,29
11.	10,00-10,30	14	459,34

Daya dukung berdasarkan bacaan manometer yang mendekati dengan titik pengujian SPT berada pada tiang pancang spun pile nomor 44 yang dapat dilihat pada Lampiran 6 dengan daya dukung sebesar 14 Mpa atau 459,34 ton.

b. Pondasi No. 45

Hasil pembacaan alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) pada tiang pancang nomor 45 diperoleh dari proses pengujian di lapangan. Adapun hasil pembacaan dan parameter pengujian tiang pancang tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13: Bacaan dari HSPD (*Hydraulic Static Pile Driver*) No.45

No.	*Penetration* (m)	*Pressure* (Mpa) Kg/cm2	*Bearing* (Ton)
1.	0,00-1,00	2	65,62
2.	1,00-2,00	2	65,62
3.	2,00-3,00	2	65,62
4.	3,00-4,00	2	65,62
5.	4,00-5,00	2	65,62
6.	5,00-6,00	2	65,62
7.	6,00-7,00	2	65,62
8.	7,00-8,00	2	65,62
9.	8,00-9,00	5	164,05
10.	9,00-10,00	10	328,1
11.	10,00-10,40	13	426,53

Daya dukung berdasarkan bacaan manometer yang mendekati dengan titik pengujian SPT berada pada tiang pancang *spun pile* nomor 44 yang dapat dilihat pada Lampiran 5 dengan daya dukung sebesar 13 Mpa atau 426, 53 ton.

c. Pondasi No. 46

Hasil pembacaan alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) pada tiang pancang nomor 46 diperoleh dari proses pengujian di lapangan. Adapun hasil pembacaan dan parameter pengujian tiang pancang tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.14: Bacaan dari HSPD *(Hydraulic Static Pile Driver)* No. 46

No.	*Penetration* (m)	*Pressure* (Mpa) Kg/cm2	*Bearing* (Ton)
1.	0,00-1,00	2	65,62
2.	1,00-2,00	2	65,62
3.	2,00-3,00	2	65,62
4.	3,00-4,00	2	65,62
5.	4,00-5,00	2	65,62
6.	5,00-6,00	2	65,62
7.	6,00-7,00	2	65,62
8.	7,00-8,00	2	65,62
9.	8,00-9,00	5	164,05
10.	9,00-10,00	9	295,29
11.	10,00-10,30	14	459,34

Daya dukung berdasarkan bacaan manometer yang mendekati dengan titik pengujian SPT berada pada tiang pancang spun pile nomor 44 yang dapat dilihat pada Lampiran 4 dengan daya dukung sebesar 14 Mpa atau 459,34 ton.

1. Perbandingan bacaan HSPD dengan beban struktur pondasi P3
   a. Pu (beban ultimit/factored load) HSPD adalah:
      - Pu total = $459{,}34 \text{ ton} + 426{,}53 \text{ ton} + 459{,}34 \text{ ton} = 1345{,}21 \text{ ton}$
   b. Daya dukung pondasi P3 dapat dilihat pada lampiran ke 2 yaitu:
      - Beban mati = 1730 kN = 176,35 ton
      - Beban hidup = 440 kN = 44,85 ton
      - Total beban struktur P3 = 176,35 ton + 44,85 ton = 221,20 ton
   c. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh bahwa kapasitas total hasil HSPD sebesar $1345{,}21$ ton lebih besar daripada beban ultimit struktur (Pu) sebesar 221,20 ton. Dengan demikian, secara kapasitas kelompok tiang, pondasi P3 dinyatakan mampu menahan beban struktur yang bekerja.
2. Analisis Kesesuaian Hasil HSPD dengan Spesifikasi Teknis Pemancangan
   a. Spesifikasi teknis pemancangan berdasarkan lampiran no 14:
      - Kedalaman akhir pemancangan: −6,60 m atau mencapai dolly (yaitu pada kedalaman 8 m (panjang tiang) + 6,60 m = 14,6 m
      - Gaya tekan akhir setiap tiang: 250–350 ton.
      - Kekuatan izin tiang menahan gaya axial minimum 250 ton, dengan kekuatan ultimate (batas) axial minimal 500 ton.
      - Kekuatan izin tiang menahan gaya lentur minimum 17,00 Ton-m, dengan kekuatan ultimate (batas) lentur minimal 25,50 ton-m
   b. Kedalaman pemancangan

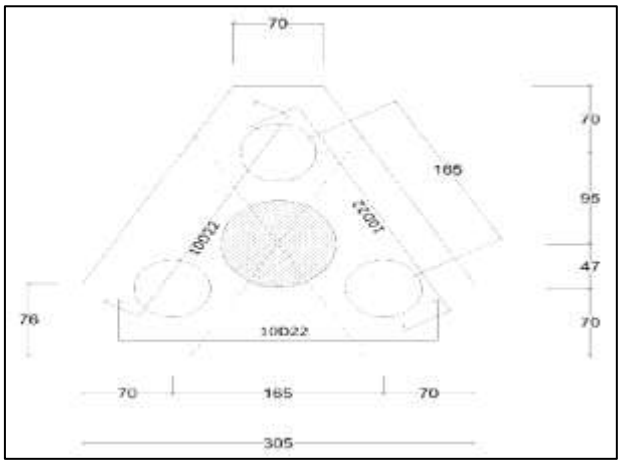
      Berdasarkan hasil HSPD, kedalaman pemancangan pada titik indikator adalah:
      - P44 = kedalaman akhir sebesar 11,0 m dengan gaya tekan 459,34 ton
      - P45 = kedalaman akhir sebesar 10,4 m dengan gaya tekan 426,53 ton
      - P46 = kedalaman akhir sebesar 10,3 m dengan gaya tekan 459,34 ton

      kekuatan ultimit aksial minimum 500 ton sesuai dengan yang dipersyaratkan.
   c. Pile Indicator
      - P44, P45, dan P46 merupakan kelompok tiang indikator (pile indicator).

- Hasil pemancangan ketiga titik tersebut digunakan sebagai indikator kondisi aktual tanah dan respons tiang terhadap gaya tekan HSPD.
- Gaya tekan yang relatif tinggi menunjukkan adanya tahanan tanah yang cukup besar terhadap penetrasi tiang pada titik-titik tersebut.

4.7 Perhitungan Efisiensi dan Daya Dukung Kelompok Tiang Q_u

Nilai kapasitas daya dukung ultimit tiang kelompok memperhatikan faktor efisiensi tiang yaitu dengan menggunakan metode *Converse-Labarre*. Sedangkan untuk perhitungan daya dukung kelompok tiang menggunakan data dari uji sondir, SPT dan bacaan alat HSPD. Detail pondasi P3 dapat dilihat pada Gambar 4.4:



Gambar 4.4: Detail Pondasi P3

4.7.1 Efisiensi kelompok tiang *converse-labarre formula*

Perhitungan Efisiensi kelompok tiang pada pondasi jenis P3 dihitung menggunakan Metode Converse-*Labarre.* Gambar detail pondasi dapat di lihat pada Gambar 4.4.

1. Data berdasarkan gambar :
   - Jumlah tiang 3 buah (bentuk segitiga)
   - Diameter pondasi D = 60 cm = 0,6 m
   - Jarak antar pusat tiang = 165 cm = 1,65m

- Panjang tiang L= 8 meter
- Jumlah baris tiang (m) = 2
- Jumlah tiang dalam satu baris (n') = 2

2. Perhitungan efisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - \theta.\left[\frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90.m.n'}\right]$$

$$-\theta = tan^{-1}\left(\frac{D}{s}\right) = tan^{-1}\left(\frac{60}{165}\right) = tan^{-1}(0{,}3636) = 20°$$

$$-E_g = 1 - 20.\left[\frac{(2-1)2+(2-1)2}{90.2.2}\right]$$

$$= 1 - 20.\left[\frac{2+2}{90.2.2}\right]$$

$$= 0{,}83$$

3. Menghitung Daya Dukung Kelompok Tiang

Sehingga daya dukung pondasi kelompok tiang masing masing metode dapat dihitung seperti di bawah ini :

a. Metode Mayerhoff

$$Q_g = \mathrm{n.Q_i\,.E_g}$$

$$= 3.72{,}98\,.0{,}83$$

$$= 181{,}72 \text{ ton}$$

b. Metode Aoki dan Velloso (1975)

$$Q_g = \mathrm{n.Q_i\,.E_g}$$

$$= 3.62{,}96.0{,}83$$

$$= 156{,}77 \text{ ton}$$

c. Metode Tomlinson

$$Q_g = \mathrm{n.Q_i\,.E_g}$$

$$= 3.78{,}13.0{,}83$$

$$= 194{,}54 \text{ ton}$$

d. Metode Schemertmann

$Q_g = \mathrm{n.Q_i\,.E_g}$

$= 3.60{,}82.0{,}83$

$=151,44\ \mathrm{ton}$

4.8 Penurunan pondasi *(settlement)*

a) Diketahui:

- *Jenis* tanah yaitu tanah lempung dan tiang pancang beton
- $\mathrm{A}_p = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4}(3{,}14)(0{,}6)^2 = 0{,}2827m^2$
- C_p = 0,02 (diperoleh dari Tabel 3.3 yaitu jenis tanah *clay* dan *driven pile* rentang antara 0,02-0,03)
- Mutu beton *f'c*=30 Mpa= $\mathrm{Ec} = 4700\sqrt{30} = 25{,}741Mpa = 2{,}63 \times 10^6\ ton/m^2$

  Data berdasarkan hasil perhitungan dari metode Tomlinson
- $Q_{wp} = Q_b = 161{,}73\ ton$
- $Q_{ws} = Q_{bs} = 72{,}65\ Ton$
- $q_{p\,=}q_{c(rata-rata)} = 57{,}23\frac{kg}{cm^2} = 572{,}3\ ton/m^2$

b) Penyelesaian:

Penurunan pondasi (settlement) dapat dihitung sebagai berikut:

1. Hitung C_s

$C_s = (0{,}93 + 0{,}16.\sqrt{L/D.})C_p$

$C_s = (0{,}93 + 0{,}16.\sqrt{8/0{,}6.})\ 0{,}02$

$C_s = 0{,}0303$

2. Hitung Settlement Elastis Tiang (S_1)

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi.Q_{ws}).L}{A_p.E_p}$$

$$S_1 = \frac{(161{,}73\ \mathrm{ton} + 0{,}5\ x\ 72{,}65\ \mathrm{ton})x\ 8m}{0{,}2827m^2 x\ 2{,}63 \times 10^6\ ton/m2}$$

$S_1 = 0{,}002237\ m$

$S_1 = 2{,}237\ mm$

3. Hitung Settlement Settlement Ujung (S_2)

$$S_2 = \frac{Q_{wp.}C_p}{D.q_p}$$

$$S_2 = \frac{161{,}73 \text{ x } 0{,}02}{0{,}6\ x\ 572{,}3}$$

$S_2 = 0{,}00942\ m$

$S_2 = 9{,}42\ mm$

4. Settlement Selimut (S_3)

$$S_3 = \frac{(Q_{wp}.C_s}{L.q_p}$$

$$S_3 = \frac{161{,}73 \text{ ton x } 0{,}0303}{8m\ x\ 572{,}3 \text{ ton/m}^2}$$

S_3 =0,00107 m

S_3 =1,07 mm

5. Hitung settlement total tiang tunggal

Maka diperoleh

$S = 2{,}237\ mm + 9{,}42\ mm + 1{,}07$ mm

$S = 12{,}37\ mm$

6. Hitung settlement kelompok tiang

$B_g = \frac{1}{2}\sqrt{3} x\ jarak\ antar\ pondasi$

$= \frac{1}{2}\sqrt{3}\ x1{,}65$ m

$= 2{,}029$ m

$$s_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}}s$$

$$s_{g(e)} = \sqrt{\frac{2{,}029\ m}{0{,}6\ m}}.12{,}70\ mm$$

$s_{g(e)} = 23{,}40\ mm$

7. Penurunan izin pondasi (s_i)

   s_i < 15 cm + 202,9/600 (b dalam satuan cm)

   s_i < 15 cm + 202,9 cm /600

   s_i < 15,338 cm

   s_i < 153,38 mm
8. Maka diperoleh bawah, penurunan kelompok tiang $23{,}40\ mm <$ 153,38 mm dan penurunan tiang Tunggal $12{,}37\ mm <$ 153,38 maka penurunanan kelompok Tunggal dan kelompok masih dalam katergori **Aman**

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis, dan pembahasan yang telah diuraikan pada Bab IV mengenai analisis daya dukung pondasi tiang pancang pada Proyek Pembangunan RSIA Stella Maris Medan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis data SPT dan CPT pada Proyek Pembangunan RSIA Stella Maris Medan, diperoleh nilai daya dukung ultimit (Qu) berturut-turut sebesar 218,93 ton (Meyerhof), 188,88 ton (Aoki dan Velloso), 234,38 ton (Tomlinson), dan 182,46 ton (Schmertmann). Nilai daya dukung izin (Qi) masing-masing sebesar 72, 97 ton, 62,96 ton, 78,13 ton, dan 60,82 ton.
2. Analisis efisiensi kelompok tiang dengan Metode Converse-Labarre menghasilkan nilai efisiensi sebesar 0,83, yang menunjukkan kelompok tiang masih bekerja secara efektif dalam menahan beban struktur.
3. Berdasarkan hasil pemancangan menggunakan Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) pada tiang indikator P44, P45, dan P46, diperoleh gaya tekan akhir masing-masing sebesar 459,34 ton, 426,53 ton, dan 459,34 ton. Nilai tersebut masih berada di bawah kekuatan ultimit aksial minimum sebesar 500 ton yang dipersyaratkan dalam spesifikasi teknis. Selanjutnya, berdasarkan hasil HSPD,

diperoleh daya dukung izin sebesar 1345,21 ton yang lebih besar daripada beban struktur sebesar 221,20 ton, sehingga pondasi tiang pancang dinyatakan memenuhi persyaratan keamanan.

4. Hasil analisis penurunan menunjukkan penurunan tiang tunggal sebesar 12,37 mm dan penurunan kelompok tiang sebesar 23,40 mm. Kedua nilai tersebut masih lebih kecil dari penurunan izin sebesar 153, 38 mm, sehingga pondasi dinyatakan aman terhadap penurunan.

5.2 Keterbatasan Penelitian

Berisi kendala atau keterbatasan yang dihadapi selama penelitian mengenai daya dukung pondasi tiang pancang pada Proyek Pembangunan RSIA Stella Maris Medan yaitu:

1. Penelitian hanya menggunakan data SPT, CPT, dan HSPD yang tersedia dari proyek.
2. Analisis dilakukan pada satu jenis pondasi (P3) dan satu lokasi proyek.
3. Tidak dilakukan verifikasi menggunakan uji beban statis (Static Load Test) atau PDA Test.
4. Perhitungan menggunakan metode empiris sehingga hasil dipengaruhi oleh asumsi dan parameter tanah yang digunakan.

5.3 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan penelitian mengenai daya dukung pondasi tiang pancang pada Proyek Pembangunan RSIA Stella Maris Medan, maka penulis memberikan beberapa saran yaitu sebaiknya dilakukan pengujian lapangan tambahan, seperti *Static Load Test* (SLT) atau *Pile Driving Analyzer* (PDA), sebagai pembanding terhadap hasil analisis teoritis sehingga tingkat keakuratan perhitungan dapat ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 8460:2017—*Persyaratan perencanaan geoteknik*. Badan Standardisasi Nasional.

Hakim, A. R., Akbar, A. (2018). *Analisis Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver Pada Pembangunan Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten*. Jurnal Teknik Sipil ITB, Vol.25 (2), hal.103-104

Wati, E. D., Sari, K. I. (2024). *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Al-Rahmat di Kota Medan (Studi Kasus)*. Jurnal Teknik Sipil (JTSIP), Vol.3 (1), hal.79–80.

Sukri, M. (2022). *Analisis Perbandingan Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok Pada Konstruksi Gedung Dengan Berbagai Bentuk Variasi Penampang Tiang*. Tugas Akhir. Pekanbaru: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

Seran, A. M. T., Prijasambada. (2023). *Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Koperasi Astra Internasional Jakarta Pusat*. IKRAITH-Teknologi, Vol.7 (3), hal.85-96.

Nuryanto., Wulandari, S. (2013). *Perencanaan Pondasi Tiang Pada Tanah Lempung. Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, Vol.12 (3), hal.T-10–T-16.

Aoki N. and Velloso D. (1975). *An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering,* V, Buenos Aires. V.1, 367-376

Tanjung, D. K., Zaki, M. (2025). *Analisis Tiang Pancang dengan Uji Dinamis dan Statis terhadap Kapasitas Ijin Manufaktur. Journal of Comprehensive Science*, Vol.4 (1), hal.501-516.

Rivai, A., Setiawati, M. (2015). *Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Hotel Santika Premiere Palembang (Studi Kasus: Kel. Talang Jambe, Kec. Sukarame)*. Vol.4 (2), hal.84-88.

Yatnikasari, S., Siregar, A. C., Azis, M. R., Kusuma, C. (2022). *Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang Pada Bangunan Gedung Control Room Di Kalimantan Timur*. Rang Teknik Journal, Vol.5 (2), hal.204-211.

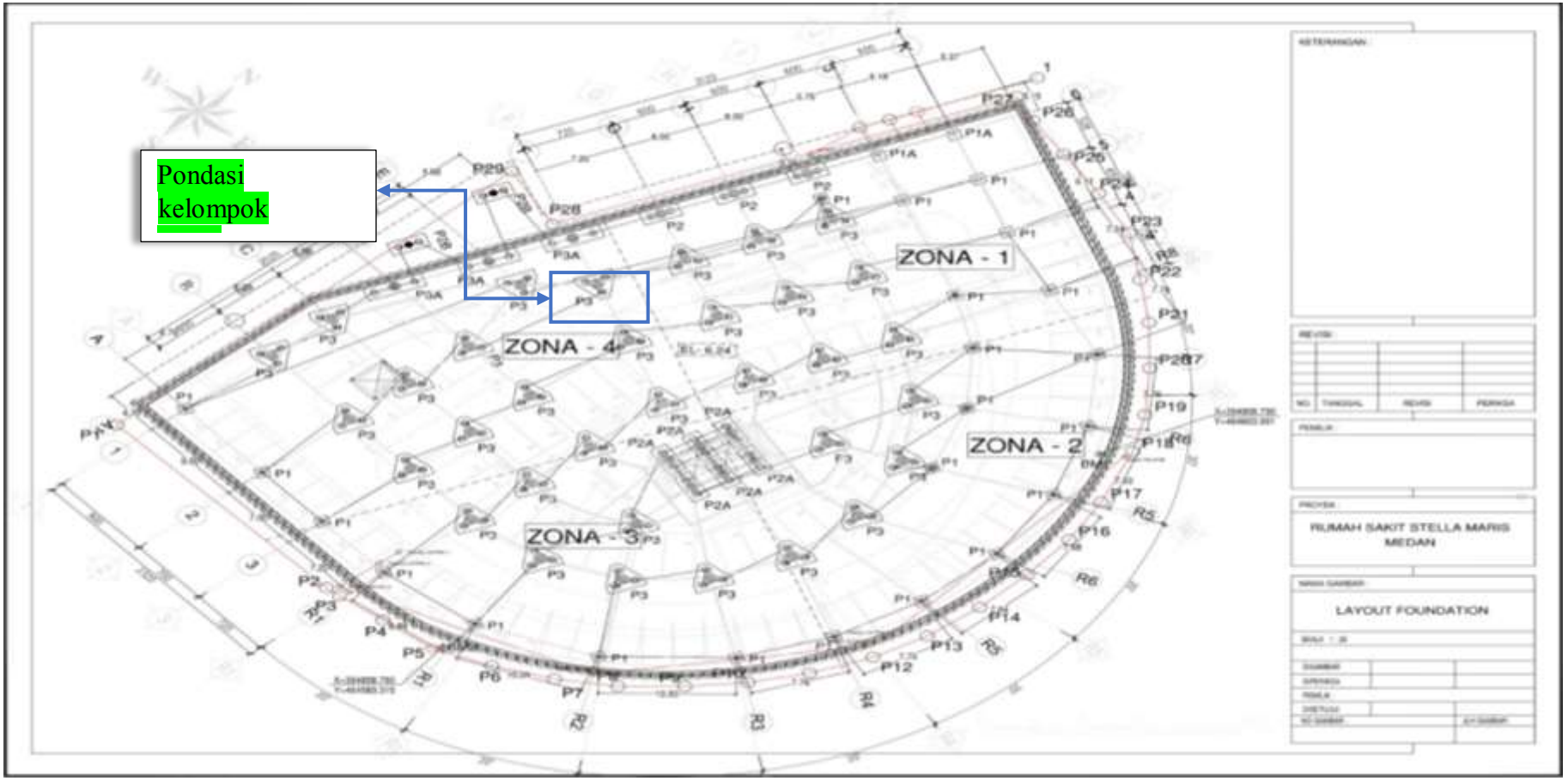
Saputro, D. D., Buwono, H. K. (2013). *Studi Pengaruh Jarak Tiang Pancang Pada Kelompok Tiang Terhadap Perubahan Dimensi Pile Cap*. *Jurnal Konstruksia*, Vol.5 (1), hal.86-88.

Hardiyatmo, H.C. (2018) *Mekanika tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hanafiah, H.Z., Jaya, Z. dan Reza, M. (2020) *Rekayasa Fondasi untuk Program Vokasi*. Yogyakarta: ANDI.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Layout pondasi tiang pancang



Lampiran 2: Perhitungan struktur pondasi

I PERHITUNGAN PONDASI

B PERHITUNGAN PILE CAP
TYPE PILE CAP 3 PILE

1 Data

As Kolom / Pondasi		=	P3		
Mutu Bahan	Beton	=	30.00	Mpa	
	Baja	=	400.00	Mpa	
Ukuran Kolom	Tinggi kolom	=	900.00	mm	(searah Sb Y)
	Lebar kolom	=	900.00	mm	(searah Sb X)
Daya Dukung Pile	Beban Mati	=	1,730.00	KN	
	Beban Hidup	=	440.00	KN	
Faktor Beban	Beban Mati	=	1.20		
	Beban Hidup	=	1.60		
Ukuran Pile	dp	=	600.00	mm	
Jarak Pile ke Pile	Sp	=	2.75	x dp	
Tebal Pile Cap	h	=	1,000.00	mm	

2 Perhitungan

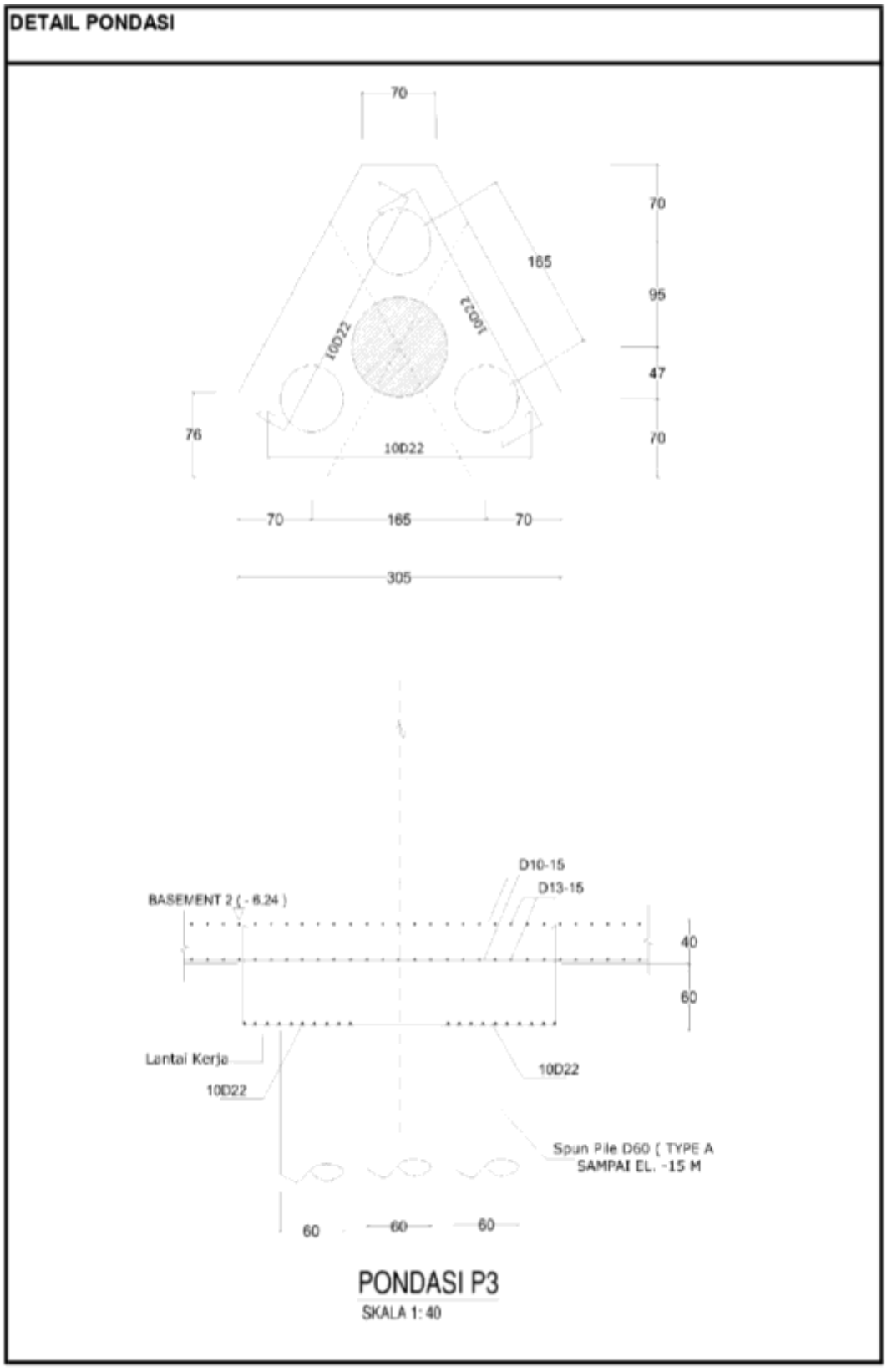
a Ukuran Pile Cap / Beban Pile

Beban terfaktor Pile	Pu	=	2,780.00	KN	
Panjang alas	Lc	=	3,048.00	mm	
Tinggi	bc	=	2,826.50	mm	
Tebal	h	=	1,000.00	mm	
Tebal selimut + diameter/2	s	=	50.00	mm	
Tebal effektip	d	=	950.00	mm	

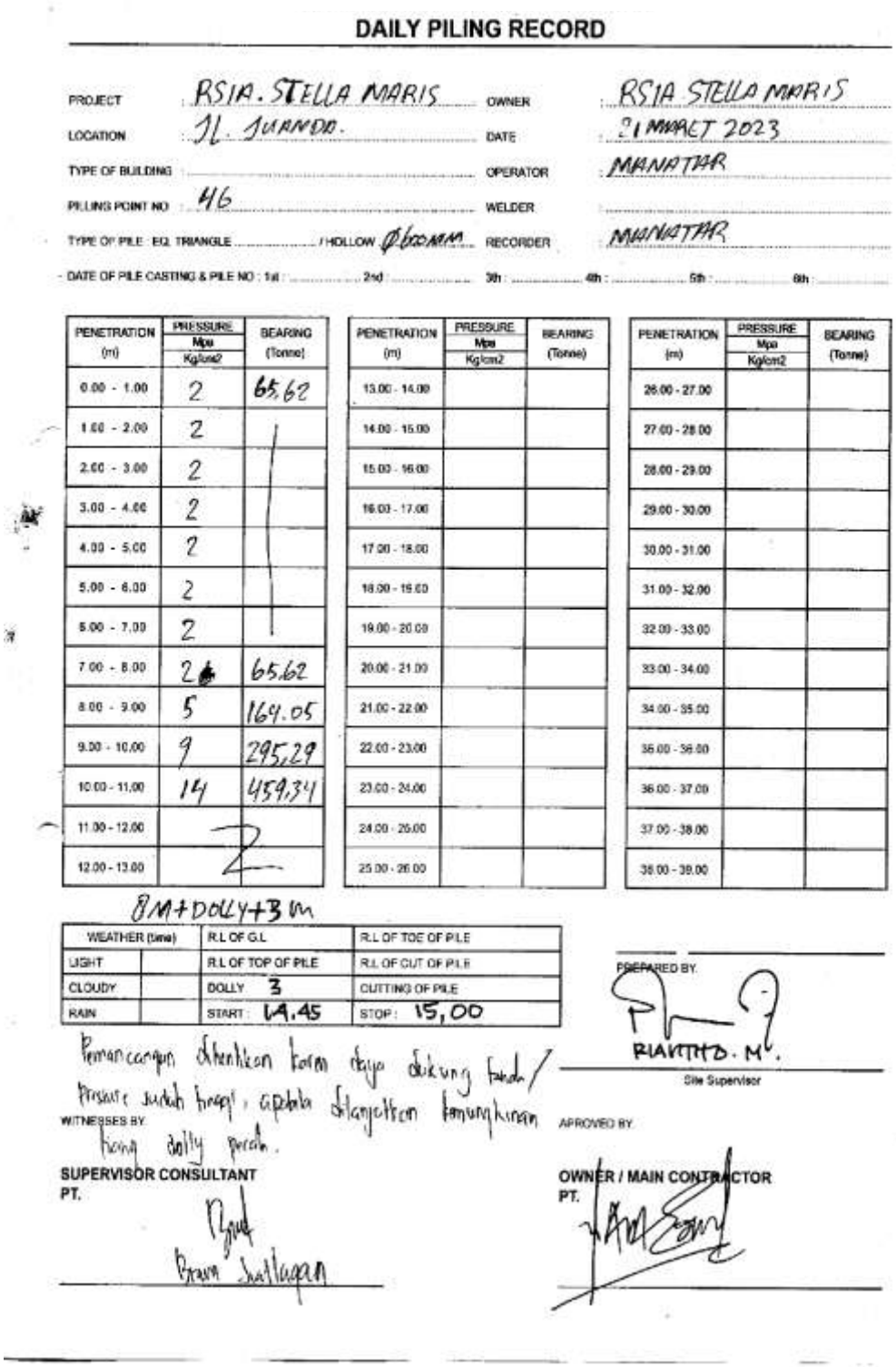
b Geser 2 arah

Ukuran Pile	dp	=	600.00	mm	
Beban terfaktor Pile	Pu	=	2,780.00	KN	
Tebal effektip	d	=	950.00	mm	
Ukuran Kolom	Tinggi kolom	=	900.00	mm	(searah Sb Y)
	Lebar kolom	=	900.00	mm	(searah Sb X)
Bidang kritis dari sisi kolom		=	475.00	mm	
Jarak bidang kritis dari As kolom	(bid searah sb Y)	=	925.00	mm	
Jarak bidang kritis dari As kolom	(bid searah sb x)	=	925.00	mm	

Lampiran 3: Gambar dan detail pondasi



Lampiran 4: Pembacaan HSPD NO 46



DAILY PILING RECORD

PROJECT : RSIA. STELLA MARIS — OWNER : RSIA STELLA MARIS
LOCATION : JL. JUANDO. — DATE : 21 MARET 2023
TYPE OF BUILDING : — OPERATOR : MANATAR
PILLING POINT NO : 46 — WELDER :
TYPE OF PILE : EQ. TRIANGLE ..... / HOLLOW Ø600MM — RECORDER : MANATAR
DATE OF PILE CASTING & PILE NO : 1st : ..... 2nd : ..... 3th : ..... 4th : ..... 5th : ..... 6th : .....

PENETRATION (m)	PRESSURE Mpa / Kg/cm2	BEARING (Tonne)
0.00 - 1.00	2	65,62
1.00 - 2.00	2	
2.00 - 3.00	2	
3.00 - 4.00	2	
4.00 - 5.00	2	
5.00 - 6.00	2	
6.00 - 7.00	2	
7.00 - 8.00	2	65,62
8.00 - 9.00	5	164.05
9.00 - 10.00	9	295,29
10.00 - 11.00	14	459,34
11.00 - 12.00		
12.00 - 13.00		

PENETRATION (m)	PRESSURE Mpa / Kg/cm2	BEARING (Tonne)
13.00 - 14.00		
14.00 - 15.00		
15.00 - 16.00		
16.00 - 17.00		
17.00 - 18.00		
18.00 - 19.00		
19.00 - 20.00		
20.00 - 21.00		
21.00 - 22.00		
22.00 - 23.00		
23.00 - 24.00		
24.00 - 25.00		
25.00 - 26.00		

PENETRATION (m)	PRESSURE Mpa / Kg/cm2	BEARING (Tonne)
26.00 - 27.00		
27.00 - 28.00		
28.00 - 29.00		
29.00 - 30.00		
30.00 - 31.00		
31.00 - 32.00		
32.00 - 33.00		
33.00 - 34.00		
34.00 - 35.00		
35.00 - 36.00		
36.00 - 37.00		
37.00 - 38.00		
38.00 - 39.00		

8M+DOLLY+3M

WEATHER (time)		R.L OF G.L	R.L OF TOE OF PILE
LIGHT		R.L OF TOP OF PILE	R.L OF CUT OF PILE
CLOUDY		DOLLY 3	CUTTING OF PILE
RAIN		START : 14.45	STOP : 15,00

Pemancangan dihentikan karna ujung dukung tanah / pressure sudah terapi, apabila dilanjutkan kemungkinan

WITNESSES BY : hang dolly perah.

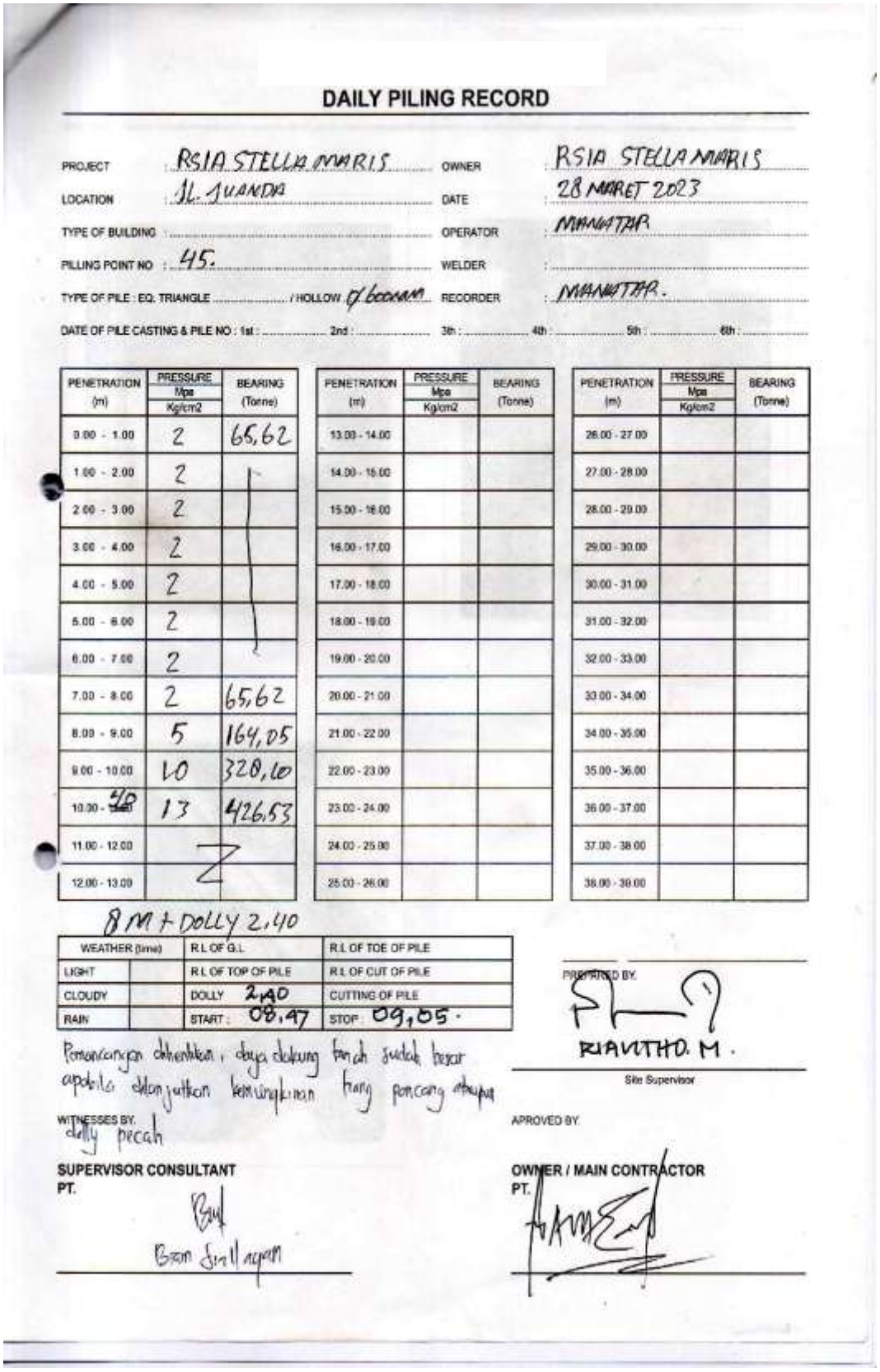
PREPARED BY : RIANTHO. M.
Site Supervisor

APPROVED BY :

SUPERVISOR CONSULTANT
PT.
Ibrahim Sattugan

OWNER / MAIN CONTRACTOR
PT.

Lampiran 5: Pembacaan HSPD NO 45



DAILY PILING RECORD

PROJECT : RSIA STELLA MARIS — OWNER : RSIA STELLA MARIS

LOCATION : Jl. JUANDA — DATE : 28 MARET 2023

TYPE OF BUILDING : — OPERATOR : MANGATAR

PILLING POINT NO : 45. — WELDER :

TYPE OF PILE : EQ. TRIANGLE ..... / HOLLOW Ø 600mm — RECORDER : MANGATAR.

DATE OF PILE CASTING & PILE NO : 1st : ..... 2nd : ..... 3th : ..... 4th : ..... 5th : ..... 6th : .....

PENETRATION (m)	PRESSURE Mpa / Kg/cm2	BEARING (Tonne)
0.00 - 1.00	2	65,62
1.00 - 2.00	2	
2.00 - 3.00	2	
3.00 - 4.00	2	
4.00 - 5.00	2	
5.00 - 6.00	2	
6.00 - 7.00	2	
7.00 - 8.00	2	65,62
8.00 - 9.00	5	164,05
9.00 - 10.00	10	328,10
10.00 - ~~40~~	13	426,53
11.00 - 12.00		
12.00 - 13.00		

PENETRATION (m)	PRESSURE Mpa / Kg/cm2	BEARING (Tonne)
13.00 - 14.00		
14.00 - 15.00		
15.00 - 16.00		
16.00 - 17.00		
17.00 - 18.00		
18.00 - 19.00		
19.00 - 20.00		
20.00 - 21.00		
21.00 - 22.00		
22.00 - 23.00		
23.00 - 24.00		
24.00 - 25.00		
25.00 - 26.00		

PENETRATION (m)	PRESSURE Mpa / Kg/cm2	BEARING (Tonne)
26.00 - 27.00		
27.00 - 28.00		
28.00 - 29.00		
29.00 - 30.00		
30.00 - 31.00		
31.00 - 32.00		
32.00 - 33.00		
33.00 - 34.00		
34.00 - 35.00		
35.00 - 36.00		
36.00 - 37.00		
37.00 - 38.00		
38.00 - 39.00		

8 M + DOLLY 2,40

WEATHER (time)		R.L OF G.L	R.L OF TOE OF PILE
LIGHT		R.L OF TOP OF PILE	R.L OF CUT OF PILE
CLOUDY		DOLLY 2,40	CUTTING OF PILE
RAIN		START : 08,47	STOP : 09,05.

Pemancangan dihentikan, daya dukung tanah sudah besar apabila dilanjutkan kemungkinan tiang pancang akan rusak

PREPARED BY:

RIANTHO. M.

Site Supervisor

WITNESSES BY:
dolly pecah

APROVED BY:

SUPERVISOR CONSULTANT
PT.

Bsm Sinulingga

OWNER / MAIN CONTRACTOR
PT.

Lampiran 6: Pembacaan HSPD NO 44

DAILY PILING RECORD

PROJECT : RSIA STELLA MARIS — OWNER : RSIA STELLA MARIS

LOCATION : JL. JURANDA — DATE : 27 MARET 2023

TYPE OF BUILDING : — OPERATOR : MANIATAR

PILLING POINT NO : 44 — WELDER :

TYPE OF PILE : EQ. TRIANGLE ..... / HOLLOW Ø 600MM — RECORDER : MANIATAR

DATE OF PILE CASTING & PILE NO : 1st : ..... 2nd : ..... 3th : ..... 4th : ..... 5th : ..... 6th : .....

PENETRATION (m)	PRESSURE Mpa / Kg/cm2	BEARING (Tonne)
0.00 - 1.00	2	65,62
1.00 - 2.00	2	
2.00 - 3.00	2	
3.00 - 4.00	2	
4.00 - 5.00	2	
5.00 - 6.00	2	
6.00 - 7.00	2	
7.00 - 8.00	2	65.62
8.00 - 9.00	7	229,67
9.00 - 10.00	11	360,91
10.00 - ~~11.00~~ 10.30	14	459,34
11.00 - 12.00		
12.00 - 13.00		

PENETRATION (m)	PRESSURE Mpa / Kg/cm2	BEARING (Tonne)
13.00 - 14.00		
14.00 - 15.00		
15.00 - 16.00		
16.00 - 17.00		
17.00 - 18.00		
18.00 - 19.00		
19.00 - 20.00		
20.00 - 21.00		
21.00 - 22.00		
22.00 - 23.00		
23.00 - 24.00		
24.00 - 25.00		
25.00 - 26.00		

PENETRATION (m)	PRESSURE Mpa / Kg/cm2	BEARING (Tonne)
26.00 - 27.00		
27.00 - 28.00		
28.00 - 29.00		
29.00 - 30.00		
30.00 - 31.00		
31.00 - 32.00		
32.00 - 33.00		
33.00 - 34.00		
34.00 - 35.00		
35.00 - 36.00		
36.00 - 37.00		
37.00 - 38.00		
38.00 - 39.00		

DM+DOLLY. 2,30

WEATHER (time)		R.L OF G.L	R.L OF TOE OF PILE
LIGHT		R.L OF TOP OF PILE	R.L OF CUT OF PILE
CLOUDY		DOLLY 2,30	CUTTING OF PILE
RAIN		START 16,19	STOP 16,35

Pancancang dihentikan karena daya dukung tanah / pressure sudah besar, apabila dilanjutkan ada

WITNESSES BY.
kemungkinan tiang pancang / dolly patah

PREPARED BY

RIANTHO. M.

Site Supervisor

APROVED BY.

SUPERVISOR CONSULTANT
PT.

Bambang Sulistiyanto.

OWNER / MAIN CONTRACTOR
PT.

Lampiran 7: Dokumentasi pekerjaan pemancangan

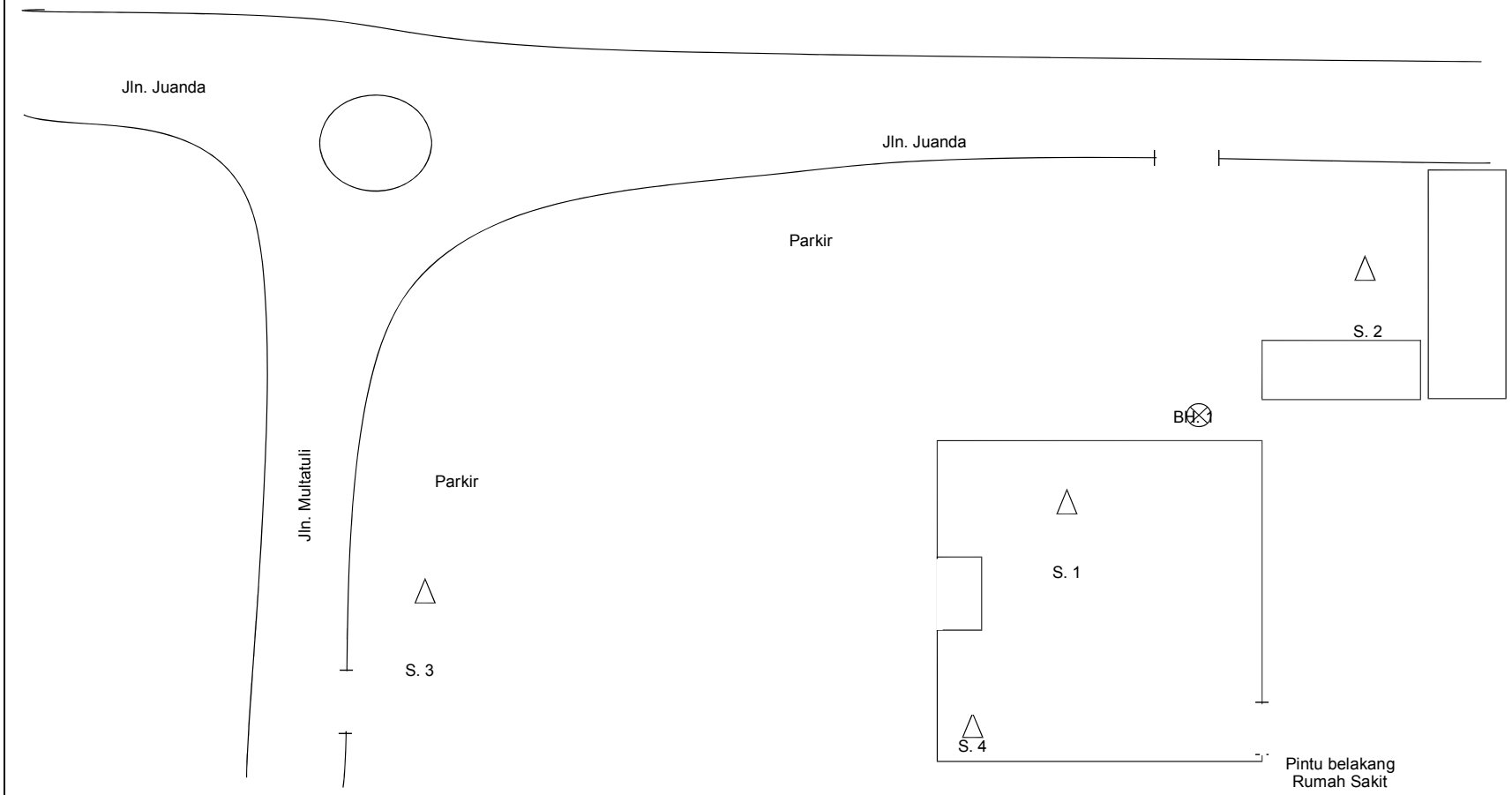
PEMANCANGAN	PHOTO KEGIATAN LAPANGAN
	
	
	
LOCATION Jl. Juanda, Medan. -	

Lampiran 8: Hasil perhitungan NSPT

Bor No. Kedalaman (m)	BH – 1
2.00 - 2.45	2
4.00 - 4.45	2
6.00 - 6.45	4
8.00 - 8.45	22
10.00 - 10.45	55
12.00 - 12.50	42
14.00 - 14.45	35
16.00 - 16.45	17
18.00 - 18.45	42
20.00 - 20.45	51
22.00 – 22.45	55
24.00 - 24.45	58
26.00 – 26.45	63
28.00 – 28.45	64

Lampiran 9: Site lay out

SITE LAY OUT



Project :	Location :
Pembangunan Gedung RSU Stella Maris -	Jl. Juanda, Medan. -

Lampiran 10: *Hasil sondering test*

			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No. : S. 1			Elevation : -			
Date : 27-09-2019			GWL (m) : 3,25			
Tested by : Syaiful. AR			Coordinate X : -			
Sondering Cap. : 2.50 ton.			Y : -			
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
0,00	0	0	0	0	0	0,00
0,20	3	4	1	2	2	0,10
0,40	3	4	1	2	4	0,10
0,60	4	5	1	2	6	0,10
0,80	2	3	1	2	8	0,10
1,00	20	26	6	12	20	0,60
1,20	7	10	3	6	26	0,30
1,40	10	15	5	10	36	0,50
1,60	5	9	4	8	44	0,40
1,80	5	8	3	6	50	0,30
2,00	7	10	3	6	56	0,30
2,20	20	27	7	14	70	0,70
2,40	37	45	8	16	86	0,80
2,60	10	15	5	10	96	0,50
2,80	5	7	2	4	100	0,20
3,00	6	8	2	4	104	0,20
3,20	4	5	1	2	106	0,10
3,40	4	5	1	2	108	0,10
3,60	3	4	1	2	110	0,10
3,80	5	6	1	2	112	0,10
4,00	4	5	1	2	114	0,10
4,20	8	12	4	8	122	0,40
4,40	6	8	2	4	126	0,20
4,60	6	8	2	4	130	0,20
4,80	9	11	2	4	134	0,20
5,00	5	8	3	6	140	0,30
5,20	7	12	5	10	150	0,50
5,40	10	15	5	10	160	0,50
5,60	8	12	4	8	168	0,40
5,80	7	10	3	6	174	0,30
6,00	8	12	4	8	182	0,40
6,20	7	10	3	6	188	0,30
6,40	8	12	4	8	196	0,40
6,60	11	15	4	8	204	0,40
6,80	7	10	3	6	210	0,30
7,00	9	12	3	6	216	0,30
7,20	21	27	6	12	228	0,60
7,40	44	52	8	16	244	0,80
7,60	37	45	8	16	260	0,80
7,80	90	102	12	24	284	1,20
8,00	108	120	12	24	308	1,20
8,20	33	40	7	14	322	0,70
8,40	72	80	8	16	338	0,80
8,60	35	42	7	14	352	0,70
8,80	30	40	10	20	372	1,00
9,00	53	60	7	14	386	0,70
9,20	57	65	8	16	402	0,80
9,40	71	80	9	18	420	0,90
9,60	44	52	8	16	436	0,80
9,80	70	80	10	20	456	1,00
Project : Pembangunan Gedung RSU Stella Maris -			Location : Jl. Juanda, Medan. -			Page :

Lampiran 11: Hasil *sondering test*

Soil & Rock Investigation			**SONDERING TEST**			
Test No. : S. 1			Elevation : -			
Date : 27-09-2019			GWL (m) : 3,25			
Tested by : Syaiful. AR			Coordinate X : -			
Sondering Cap. : 2.50 ton.			Y : -			
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
10,00	54	65	11	22	478	1,10
10,20	62	70	8	16	494	0,80
10,40	80	90	10	20	514	1,00
10,60	91	103	12	24	538	1,20
10,80	108	120	12	24	562	1,20
11,00	120	135	15	30	592	1,50
11,20	152	160	8	16	608	0,80
11,40	190	202	12	24	632	1,20
11,60	194	206	12	24	656	1,20
11,80	202	215	13	26	682	1,30
12,00						
12,20						
12,40						
12,60						
12,80						
13,00						
13,20						
13,40						
13,60						
13,80						
14,00						
14,20						
14,40						
14,60						
14,80						
15,00						
15,20						
15,40						
15,60						
15,80						
16,00						
16,20						
16,40						
16,60						
16,80						
17,00						
17,20						
17,40						
17,60						
17,80						
18,00						
18,20						
18,40						
18,60						
18,80						
19,00						
19,20						
19,40						
19,60						
19,80						
20,00						
Project : Pembangunan Gedung RSU Stella Maris -			Location : Jl. Juanda, Medan. -			Page :

Lampiran 12: Hasil Pengujian lubang Bor, BH-1

Tabel 3.1. Deskripsi Tanah Pada Lobang Bor, BH – 1.

No	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan (m)	Deskripsi Tanah
1	0.00 – 1.40	1.40	Lempung berpasir kelanauan, berwarna hitam kecoklatan.
2	1.40 – 3.50	2.10	Lempung berpasir berlanau, berwarna abu-abu kekuningan, kekakuan rendah, plastis sedang, kadar air sedang.
3	3.50 – 7.80	4.30	Lempung berpasir halus, berwarna kuning gelap, kekakuan rendah, plasrtis rendah, kadar air rendah.
4	7.80 – 11.00	3.20	Pasir halus bercampur tuffa, berwarna abu-abu gelap, padat, tidak berplastis, kadar air rendah.
5	11.00 – 16.00	5.00	Pasir halus kelempungan, berwarna abu-abu gelap, kepadatan sedang, plastis rendah, kadar air sedang.
6	16.00 – 21.00	5.00	Pasir halus, berwarna abu-abu cerah, padat, tidak berplastis, kadar air rendah.
7	21.00 – 28.00	7.00	Pasir halus bercampur tuffa, berwarna abu-abu cerah, sangat padat, tidak berplastis, kadar air rendah.

Lampiran 13: Dokumentasi pekerjaan soil test

SOIL TEST	PHOTO KEGIATAN LAPANGAN







LOCATION

Jl. Juanda, Medan.

-

Lampiran 14: Spesifikasi teknis pemancangan pondasi

III. PEKERJAAN PEMANCANGAN PONDASI

1. Bahan Tiang Pancang

Bahan-bahan tiang yang akan dipakai pada pekerjaan ini harus sesuai dengan persyaratan - persyaratan berikut ini :

a. Dimensi / Ukuran-ukuran
   - Jenis tiang yang dipakai adalah spun pile Ex Wika beton jenis precast yang di pre-stress berpenampang bulat diameter 60 cm Kelas A3.
   - Panjang spun pile 8 m memakai jenis middle pile.

b. Bahan
   - Mutu beton minimum fc' 45 MPa

c. Kekuatan Tiang yang disyaratkan
   - Kekuatan izin tiang menahan gaya axial minimum 250 ton, dengan kekuatan ultimate (batas) axial minimal 500 ton.
   - Kekuatan izin tiang menahan gaya lentur minimum 17,00 Ton-m, dengan kekuatan ultimate (batas) lentur minimal 25,50 ton-m

2. Metode Pemancangan

a. Lokasi dan Setting titik Pancang
   - Penentuan batas bangunan sesuai dengan gambar arsitektur.
   - Penentuan titik dilakukan sesuai dengan gambar pelaksanaan.
   - Sebelum dilakukan pemancangan lokasi / lahan harus bebas dari pondasi-pondasi bangunan sebelumnya (existing).
   - Penentuan titik pancang harus disetujui pengawas dari pemberi kerja
   - Hasil pemancangan Kedalaman - 6,60 m.
   - Setiap titik yang selesai di pancang harus disetujui pengawas dari pemberi kerja.

Lampiran 15: lembar asistensi sempro

LAPORAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan Telp. (061)6622400

LEMBAR ASISTENSI

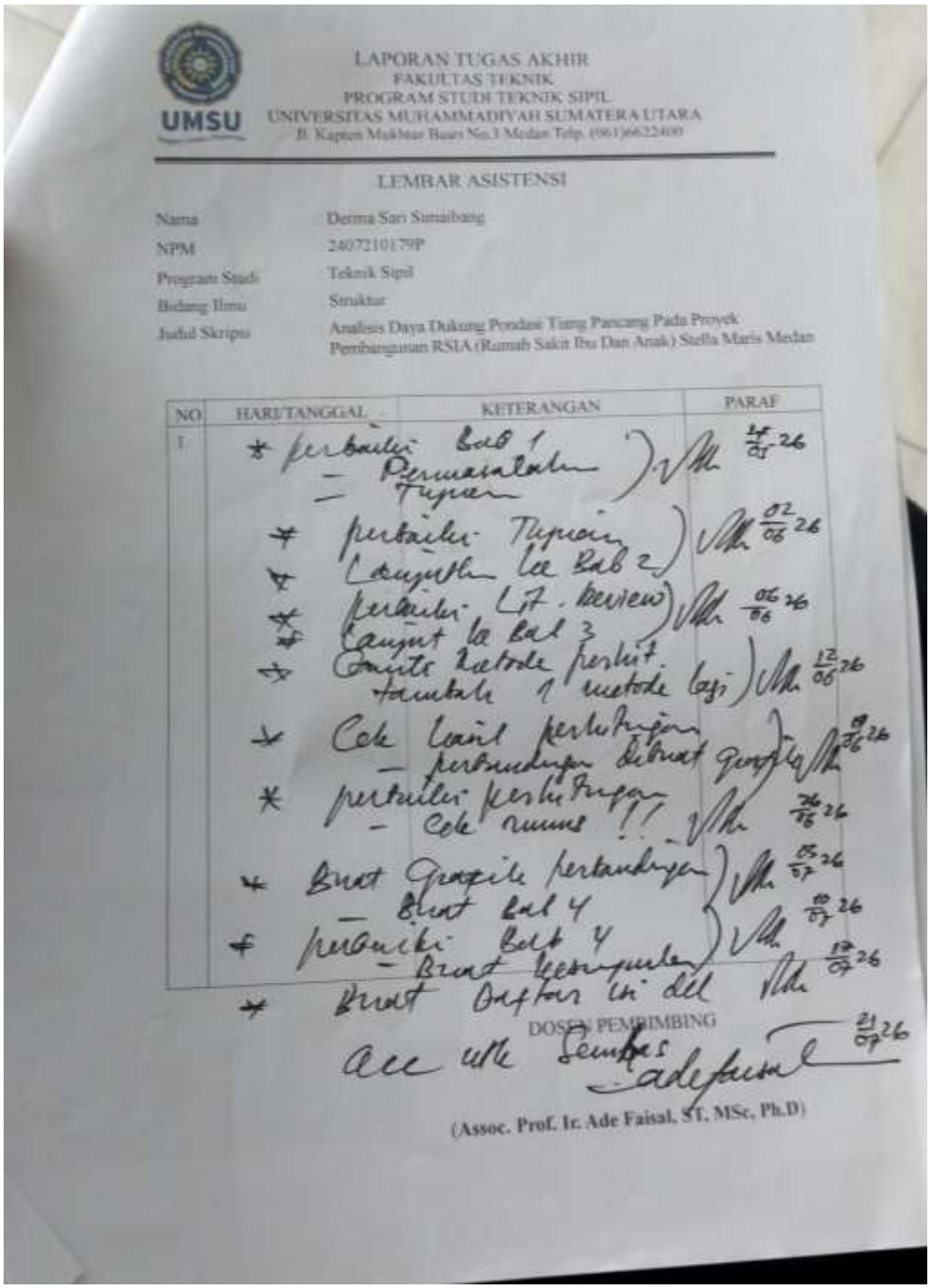
Nama : Derma Sari Simaibang
NPM : 2407210179P
Program Studi : Teknik Sipil
Bidang Ilmu : Struktur
Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan RSIA (Rumah Sakit Ibu Dan Anak) Stella Maris Medan

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	Sabtu, 22 November 2025	1. Minimal menggunakan 4 metode analisa daya dukung 2. Pile group capacity ditinjau 3. Dapatkan dokumen analisa struktur untuk desain 4. Rumusan masalah 3 tidak perlu digunakan 5. Evaluasi stabilitas lateral, settlement, dll wajib di tinjau – Cek dokumen analisa struktur + nilai reaksi perletakan pd kolom + pd perletakan ! acc utk Sempro ! adefaisal	29/11/25 25/11/25 09/01/26

DOSEN PEMBIMBING

(Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST, MSc, Ph.D)

Lampiran 16: lembar asistensi semhas



LAPORAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan Telp. (061)6622400

UMSU

LEMBAR ASISTENSI

Nama	Derma Sari Simaibang
NPM	2407210179P
Program Studi	Teknik Sipil
Bidang Ilmu	Struktur
Judul Skripsi	Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan RSIA (Rumah Sakit Ibu Dan Anak) Stella Maris Medan

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1		perbaiki Bab 1 – Permasalahan – Tujuan	27/05 26
		perbaiki Tujuan Lanjutkan ke Bab 2	02/06 26
		perbaiki Lit. Review Lanjut ke Bab 3	06/06 26
		Cantik Metode perkuat tambah 1 metode lagi	12/06 26
		Cek lagi perbaikan – perbanding dibuat grafik	19/06 26
		perbaiki kesimpulan – Cek rumus !!	26/06 26
		Buat Grafik perbandingan – Buat Bab 4	05/07 26
		perbaiki Bab 4 – Buat kesimpulan	10/07 26
		Buat Daftar isi dll	17/07 26

DOSEN PEMBIMBING

acc utk Sempas

21/07 26

(Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST, MSc, Ph.D)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama	:Derma Sari Simaibang
NPM	: 2407210179P
Jenis kelamin	:Perempuan
Tempat, tanggal lahir	:Medan, 15 September 2001
Alamat	:Jln. Persada, Hutarakyat, Sidikalang
Agama	:Kristen Protestan
Email	: *dermasimaibang789@gmail.com*
No. Hp	:081260957542

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Negeri 030301 Hutaraja 2007-2013
2. SMP Negeri 1 Sidikalang 2013-2016
3. SMA Negeri 1 Sidikalang 2016-2019
4. Politeknik Negeri Medan 2019-2022
5. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara 2024-2026