

**ANALISIS DAYA DUKUNG *SPUN PILE* BERBASIS DATA SPT
MELALUI PENDEKATAN ANALITIK DAN PEMODELAN
*SOFTWARE***

SKRIPSI

OLEH:

**DICKY HAMDANI TAMPUBOLON
228110021**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/7/26

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)15/7/26

**ANALISIS DAYA DUKUNG *SPUN PILE* BERBASIS DATA SPT
MELALUI PENDEKATAN ANALITIK DAN PEMODELAN
*SOFTWARE***

SKRIPSI

Diajukan sebagai bahan sidang dan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil
Universitas Medan Area

Oleh:

**DICKY HAMDANI TAMPUBOLON
228110021**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/7/26

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

Access From (repository.uma.ac.id)15/7/26

HALAMAN PENGESAHAN

Judul skripsi : Analisis Daya Dukung *Spun Pile* Berbasis Data Spt Melalui Pendekatan Analitik dan Pemodelan *Software*
Nama : Dicky Hamdani Tampubolon
Npm : 228110021
Fakultas : Teknik

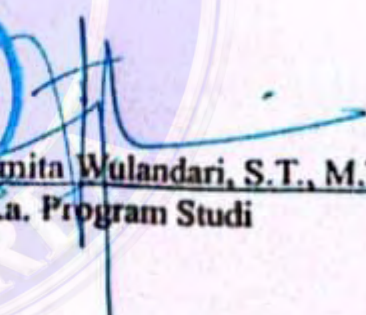
**Disetujui oleh
Komisi pembimbing**


Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T
Pembimbing




Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T
Dekan




Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal lulus : 5 Maret 2026

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama	: Dicky Hamdani Tampubolon
Npm	: 228110021
Program Studi	: Teknik Sipil
Fakultas	: Teknik
Jenis Karya	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Daya Dukung Spun Pile Berbasis Data Spt Melalui Pendekatan Analitik dan Pemodelan *Software*, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : medan
Pada tanggal : 5 Maret 2026
Yang menyatakan:



(Dicky Hamdani Tampubolon)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di medan pada tanggal 27 Oktober 2003 dari ayah Robert Tampubolon dan ibu Lamma br Simbolon. Penulis merupakan anak ke-2 dari 4 bersaudara. Tahun 2022 penulis lulus dari SMK Swasta Tri Sakti dan pada tahun 2022 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2025 penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Alfo Konstruksi Abadi pada Proyek Pembangunan Gedung Showroom dan Kantor.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah pondasi *Spun Pile* dengan judul Analisis Daya Dukung *Spun Pile* Berbasis Data Spt Melalui Pendekatan Analitik dan Pemodelan *Software*.

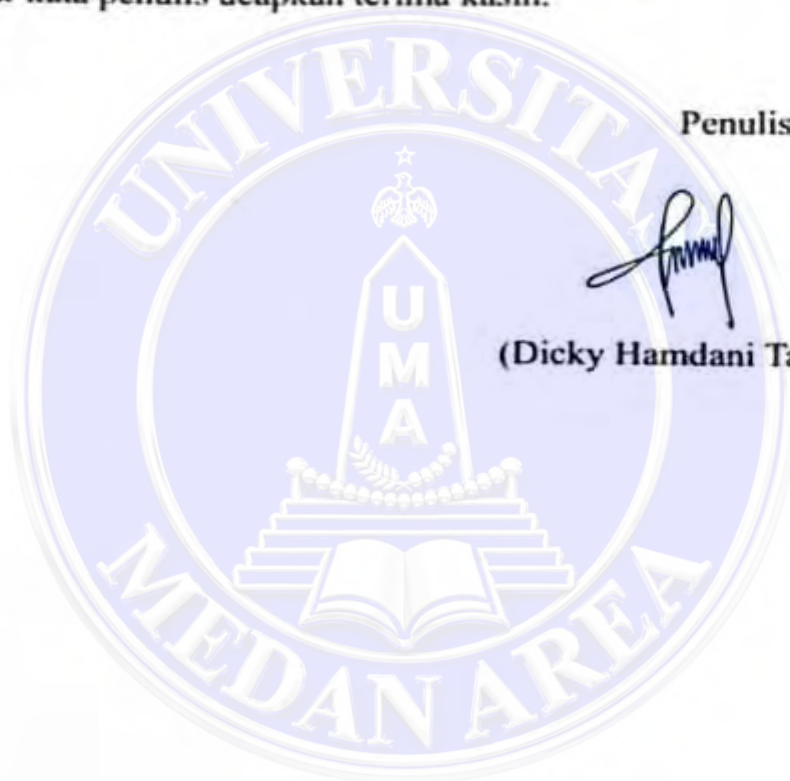
Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta bimbingan yang sangat berarti. Dukungan tersebut, baik berupa moril maupun materil, sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu, penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak:

1. Ucapan terimakasih kepada Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T selaku dosen pembimbing sekaligus Ketua Program Studi, yang selalu meluangkan Waktu ditengah kesibukan beliau untuk membimbing penulis hingga skripsi ini terselesaikan.
Bagi penulis, beliau merupakan sosok dosen yang selalu ceria, rendah hati, serta penuh kepedulian, yang senantiasa memberikan dukungan dan arahan dengan sepuh hati. Nasihat dan bimbingan beliau mengenai langkah ke depan, baik dalam melanjutkan pendidikan maupun menentukan arah karier, menjadi bekal yang sangat berharga bagi penulis.
2. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh dosen yang telah memberikan ilmu, bimbingan, serta didikan selama penulis menempuh pendidikan di bangku perkuliahan. Segala ilmu dan pengalaman yang telah diberikan menjadi bekal yang sangat berharga bagi penulis.
3. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, yang meskipun tidak berkesempatan merasakan bangku perkuliahan, namun dengan penuh cinta dan pengorbanan, mereka mampu mengantarkan anaknya hingga meraih gelar sarjana. Segala doa, dukungan, semangat, motivasi, serta arahan yang tiada henti menjadi kekuatan utama bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
Secara khusus, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada mama tercinta, sosok perempuan yang penuh kebijaksanaan dan keteguhan hati, yang memiliki peran paling besar dalam setiap langkah perjalanan ini. Ketulusan, pengorbanan, serta ketegaran beliau menjadi sumber kekuatan dan inspirasi bagi penulis untuk terus bertahan hingga akhirnya mampu menyelesaikan skripsi ini.
4. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada adik dan kakak tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, serta perhatian selama penulis menjalani masa perkuliahan. Secara khusus, penulis juga berterima kasih kepada kakak yang tidak hanya memberikan dukungan moral,

tetapi juga bantuan materiil yang sangat berarti dalam membantu penulis menyelesaikan studi ini.

5. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada teman-teman yang senantiasa hadir dalam suka maupun duka, yang telah mewarnai hari-hari perkuliahan dengan canda, tawa, serta kebersamaan. Terima kasih atas segala kebersamaan dan dukungan yang telah diberikan dalam perjalanan hidup penulis selama ini. Semoga kita semua senantiasa diberikan kesehatan dan kesuksesan di masa yang akan datang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.



Penulis

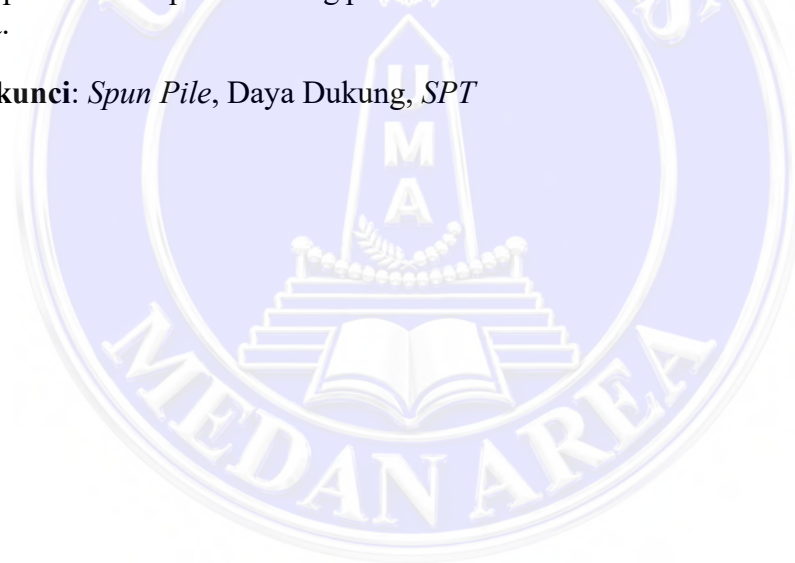


(Dicky Hamdani Tampubolon)

ABSTRAK

Pondasi adalah elemen struktural yang krusial karena menopang seluruh beban bangunan. Di lokasi penelitian, kondisi tanah bervariasi dan kompleks, terdiri dari lapisan lempung dan pasir dengan daya dukung yang tidak merata, sehingga evaluasi kapasitas pondasi yang akurat sangat penting. Penelitian ini membandingkan daya dukung *spun pile* melalui perhitungan Analitik menggunakan metode *Luciano Decourt* dan Numerik menggunakan *Software* GEO5 dengan uji lapangan menggunakan PDA Test yang diperoleh dari lokasi penelitian sebagai acuan. Nilai SPT digunakan sebagai input pada kedua metode Analisis, hasil menunjukkan bahwa daya dukung Analitik metode *Luciano Decourt* sebesar 202,41 Ton, sedangkan pemodelan *software* GEO5 menghasilkan daya dukung sebesar 361,48 Ton. Berdasarkan hasil analisis, metode Numerik menggunakan *software* GEO5 menunjukkan nilai daya dukung yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil PDA Test sebesar 296,7 Ton yang dijadikan sebagai data acuan, sehingga metode Numerik memberikan tingkat keamanan yang lebih besar. Oleh karena itu, Metode Numerik menggunakan *software* GEO5 ini dapat digunakan sebagai referensi dalam perencanaan pondasi tiang pada kondisi tanah dan karakteristik struktur yang serupa.

Kata kunci: *Spun Pile*, Daya Dukung, SPT



ABSTRACT

Foundations are crucial structural elements because they support the entire load of a building. At the research site, the soil conditions are varied and complex, consisting of clay and sand layers with uneven bearing capacity; therefore, accurate evaluation of foundation capacity is essential. This study compares the bearing capacity of spun piles using an analytical calculation based on the Luciano Decourt method and a numerical analysis using GEO5 software, with field test results from a PDA Test at the research location used as a reference. SPT values were used as input parameters for both analysis methods. The results show that the analytical method using Luciano Decourt yields a bearing capacity of 202.41 tons, while modeling with GEO5 software produces a bearing capacity of 361.48 tons. Based on the analysis results, the numerical method using GEO5 software indicates a higher bearing capacity value compared to the PDA Test result of 296.7 tons, which serves as the reference data, thus providing a higher level of safety. Therefore, the numerical method using GEO5 software can be used as a reference in the design of pile foundations under similar soil conditions and structural characteristics.

Keywords: *Spun Pile, Bearing Capacity, SPT*

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Penelitian Terdahulu	7
2.2. Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu	9
2.3. Tanah.....	10
2.4. Sifat-Sifat Teknis Tanah.....	12
2.4.1. Tanah Granuler.....	12
2.4.2. Tanah Kohesif	13
2.4.3. Tanah Lanau Dan Loess	13
2.4.4. Tanah Organik	14
2.5. Penyelidikan Tanah.....	15
2.5.1. <i>Standart Penetration Test</i> (SPT)	15
2.6. <i>PDA (Pile Driving Analyzer) Test</i>	17
2.7. Pondasi.....	19

2.8.	Klasifikasi Pondasi	19
2.8.1.	Pondasi Dangkal	19
2.8.2.	Pondasi Dalam	21
2.9.	Klasifikasi Pondasi Tiang Pancang.....	25
2.9.1.	Tiang Pancang Kayu	26
2.9.2.	Tiang Pondasi Beton	27
2.9.3.	Tiang Pancang Baja	28
2.9.4.	<i>Composite Pile</i>	29
2.10.	Kapasitas Daya Dukung	30
2.10.1.	Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal	31
2.10.2.	Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang.....	35
2.10.3.	Pemodelan <i>Software</i> SAP2000 v14	37
2.10.4.	Analisis <i>Software</i> GEO5	40
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	43
3.1.	Metode Penelitian	43
3.2.	Lokasi Dan Waktu Pelaksanaan.....	43
3.3.	Kondisi Tanah <i>Eksisting</i>	44
3.4.	Spesifikasi Pondasi <i>Spun Pile</i>	46
3.5.	Jenis dan Teknik Pengumpulan Data	46
3.3.1.	Pengumpulan Data Primer	46
3.3.2.	Pengumpulan Data Sekunder	48
3.6.	Kerangka berfikir.....	49
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1	Hasil.....	50
4.1.1.	Hasil Perhitungan daya dukung <i>spun pile</i> tunggal menggunakan metode <i>Luciano Decourt</i>	50
4.1.2.	Hasil Daya Dukung <i>Spun Pile</i> Dengan Diameter Beragam	58
4.1.3.	Hasil Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang	59
4.1.4.	Hasil Analisis menggunakan <i>Software</i> SAP2000 v14 ..	64
4.1.5.	Hasil Analisis menggunakan <i>Software</i> GEO5 v25	66
4.2	Pembahasan	69
4.2.1.	Pembahasan Hasil Pendekatan Analitik.....	69

4.2.2. Pembahasan Hasil Pemodelan SAP2000	71
4.2.3. Pembahasan Hasil Pemodelan <i>Software</i> GEO5	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1. Kesimpulan	75
5.2. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 1	Jenis Tanah Berdasarkan Butir	14
Tabel 2	Nilai Faktor Redaman untuk Metode CASE	17
Tabel 3	Koefisien Tanah K	32
Tabel 4	Koefisien dasar tiang α	32
Tabel 5	Koefisien selimut tiang β	32
Tabel 6	Data N-SPT Tanah	45
Tabel 7	Spesifikasi Pondasi <i>Spun Pile</i>	46
Tabel 8	Nilai rata-rata SPT pada elevasi dasar tiang	51
Tabel 9	Luas penampang tiang dan daya dukung ujung tiang	53
Tabel 10	Nilai rata-rata N-SPT tiang tertanam, luas keliling selimut tiang, dan daya dukung selimut tiang	54
Tabel 11	Daya dukung ultimit dan daya dukung ijin tiang metode <i>Luciano Decourt</i>	56
Tabel 12	Daya dukung <i>Spun Pile</i> diameter beragam	58
Tabel 13	Daya dukung kelompok metode <i>Converse Labarre</i>	61
Tabel 14	Daya dukung kelompok metode <i>Los Angeles</i>	63
Tabel 15	Persentase hasil analisis daya dukung tiang tunggal terhadap PDA Test	70
Tabel 16	Daya Dukung Kelompok Tiang	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kondisi Tanah.....	11
Gambar 2 Alat uji SPT	16
Gambar 3 Instrumen PDA.....	18
Gambar 4 Pondasi Menerus	20
Gambar 5 Pondasi Telapak.....	20
Gambar 6 Pondasi Rakit.....	21
Gambar 7 Pondasi <i>Bored Pile</i>	22
Gambar 8 Pondasi Sumuran.....	24
Gambar 9 Pondasi Tiang Pancang	25
Gambar 10 Tiang Pancang Beton.....	28
Gambar 11 <i>Software</i> SAP2000 V.14	38
Gambar 12 <i>Software</i> GEO5 2025.....	41
Gambar 13 Lokasi Proyek.....	43
Gambar 14 diagram alur penelitian.....	49
Gambar 15 Grafik Daya Dukung <i>Spun Pile</i> metode <i>Luciano Decourt</i>	57
Gambar 16 Grafik daya dukung <i>Spun Pile</i> diameter beragam.....	59
Gambar 17 Tampilan pemodelan struktur showroom dan kantor	65
Gambar 18 Titik joint uji PDA Test grid 2C	66
Gambar 19 Hasil Run Analysis <i>Software</i>	66
Gambar 20 Penginputan N-SPT pada <i>Software</i> GEO5	67
Gambar 21 Stratifikasi Tanah.....	68
Gambar 22 <i>Output Bearing Capacity</i> pada GEO5.....	69
Gambar 23 Grafik Hasil Analisis daya dukung <i>Spun Pile</i> dan PDA Test.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia saat ini sedang gencar melaksanakan pembangunan di berbagai bidang, terutama sektor infrastruktur seperti gedung, perumahan, serta fasilitas publik. Peningkatan kebutuhan ruang akibat pertumbuhan penduduk dan kegiatan ekonomi mendorong munculnya berbagai proyek konstruksi berskala besar. Dalam proses perencanaannya, struktur bangunan harus dirancang agar kuat, stabil, dan memenuhi aspek estetika. Setiap elemen struktur wajib mampu menahan pengaruh beban-beban yang bekerja, baik beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa, maupun beban angin. Dari seluruh komponen tersebut, pondasi memiliki peranan penting karena menjadi elemen yang menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah pendukung di bawahnya (Sawitri, 2023)

Kota Medan, sebagai salah satu kota metropolitan terbesar di Pulau Sumatra, mengalami pertumbuhan pembangunan gedung dan infrastruktur yang cukup pesat dalam dua dekade terakhir. Namun, kondisi tanah di beberapa wilayah Medan sangat bervariasi, dengan lapisan lempung, pasir, dan tanah lunak yang memiliki daya dukung berbeda-beda pada setiap kedalaman. Variasi karakteristik geoteknik ini menjadi tantangan tersendiri bagi para perencana struktur, terutama dalam menentukan jenis pondasi yang sesuai. Pada kawasan dengan daya dukung tanah dangkal yang rendah, pondasi dalam (*deep foundation*) lebih direkomendasikan

untuk menjamin kestabilan dan keamanan struktur bangunan bertingkat (Rahayu et al., 2022)

Permasalahan utama yang melatarbelakangi penelitian ini adalah belum adanya kajian mendalam mengenai kapasitas daya dukung pondasi *spun pile* berdasarkan data *Standard Penetration Test* (SPT) pada proyek konstruksi ini, sementara kondisi tanah di wilayah ini memiliki karakteristik geoteknik yang bervariasi dan kompleks. Lapisan tanah lempung dan pasir dengan nilai daya dukung yang tidak seragam berpotensi menimbulkan perbedaan kinerja pondasi di lapangan, sehingga diperlukan evaluasi yang akurat untuk menjamin kestabilan serta keamanan struktur bangunan (Maizir et al., 2024). Untuk memastikan kemampuan tiang dalam menahan beban, perlu dilakukan evaluasi daya dukung melalui pengujian tanah maupun uji tiang, baik secara statis maupun dinamis (Mutiar, 2020). Sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mengevaluasi kapasitas daya dukung pondasi *spun pile* pada kondisi tanah Kota Medan serta menjadi referensi bagi perencana maupun pelaksana proyek sejenis di masa mendatang.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pemanfaatan pemodelan numerik menggunakan GEO5 untuk menganalisis daya dukung *spun pile* pada proyek yang masih tergolong baru. Penggunaan GEO5 pada kasus *spun pile* sendiri belum banyak dibahas dalam penelitian sebelumnya, sehingga hasil pemodelannya menjadi hal yang menarik untuk dibandingkan dengan perhitungan analitik menggunakan metode *Luciano Decourt* (Rokhman et al., 2023). Selain itu, hasil analisis tersebut juga diuji kesesuaiannya dengan data PDA test dari proyek sebagai acuan kondisi lapangan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan pada

proyek Pembangunan Gedung Showroom dan Kantor di Jl. H. Adam Malik No. 20, Kota Medan, yang menggunakan pondasi *spun pile* sebagai elemen utama struktur bawah. Hingga saat ini, belum terdapat penelitian terdokumentasi yang secara spesifik menganalisis kinerja pondasi *spun pile* pada proyek tersebut dengan menggunakan data SPT. Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan dan memiliki unsur kebaruan yang jelas.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka didapatkan beberapa rumusan masalah, diantaranya yaitu:

1. Bagaimana nilai kapasitas dukung pondasi *Spun Pile* pada proyek Pembangunan Gedung Showroom dan Kantor berdasarkan data SPT menggunakan metode *Luciano Decourt* dan analisis menggunakan *Software GEO5*?
2. Bagaimana perbandingan kapasitas dukung *Spun Pile* berdasarkan hasil perhitungan metode *Luciano Decourt* dan analisis *Software GEO5* berdasarkan data SPT dengan PDA Test?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis daya dukung dari pondasi dalam yang digunakan dengan menggunakan data tanah yang tersedia pada proyek ini yaitu *Standart Penetration Test* (SPT). Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis kapasitas dukung pondasi *Spun Pile* pada proyek Pembangunan Gedung Showroom dan Kantor berdasarkan data SPT menggunakan metode *Luciano Decourt* dan menggunakan *Software GEO5*
2. Menganalisis perbandingan kapasitas dukung pondasi *Spun Pile* berdasarkan hasil perhitungan metode *Luciano Decourt* dan analisis *Software GEO5* berdasarkan data SPT dengan PDA Test.

1.4 Batasan Masalah

Guna menjaga fokus dan kejelasan analisis, ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Fokus pada analisis daya dukung *Vertical Spun Pile* di grid 2C
2. Data tanah yang digunakan dalam analisis perhitungan analitik dan pemodelan numerik adalah hasil uji *Standart Penetration Test* (SPT)
3. Penelitian ini hanya menggunakan hasil uji PDA titik 2C yang terdapat pada data proyek sebagai pembanding dari hasil perhitungan analitik dan pemodelan numerik yang dianalisis penulis
4. Perhitungan analitik dan pemodelan numerik yang digunakan:
 - a. *Luciano De Court*, perhitungan daya dukung *Spun Pile* tunggal
 - b. *Los Angeles Dan Converse Labarre*, perhitungan daya dukung tiang kelompok
 - c. Sap 2000 14, Pemodelan *software* hanya untuk mengetahui beban vertical yang bekerja pada grid 2C.

- d. GEO5 V2025, digunakan sebagai alat bantu analisis dan verifikasi daya dukung tunggal tiang pancang.
5. Penelitian ini hanya menganalisis daya dukung *Spun Pile* dengan kedalaman 20 meter.
6. Kondisi tanah diasumsikan tidak mengalami perubahan signifikan selama masa konstruksi dan operasional.

1.5 Manfaat penelitian

Dilaksanakannya penelitian ini juga dengan harapan memberikan manfaat yang berdampak bagi beberapa kalangan, diantaranya yaitu:

1. Bagi peneliti

Penelitian ini dilaksanakan dengan harapan untuk memperdalam pemahaman saya mengenai perhitungan daya dukung pondasi *Spun Pile* menggunakan metode yang umum diterapkan pada proyek konstruksi. Melalui penelitian ini, saya juga dapat mempersiapkan diri untuk berkontribusi dalam pembangunan negeri, serta menjadi bagian kecil dalam perjalanan kemajuan Indonesia di masa depan.

2. Bagi Universitas

Diharapkan penelitian ini memberikan kontribusi bagi universitas, baik dari segi akademik maupun pengembangan ilmu pengetahuan. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi bagi mahasiswa dalam matak kuliah yang menyangkut geoteknik dan pondasi, sehingga dapat melaksanakan penelitian lebih spesifik lagi nantinya dimasa depan.

3. Bagi Proyek Mendatang

Penelitian dapat dijadikan sebagai salah satu referensi bagi pihak proyek dalam pelaksanaan dan perencanaan mendatang terkait daya dukung *spun pile*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan beberapa jurnal sebagai referensi saya dalam mengamalisis daya dukung *Spun Pile*, berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu:

Dengan judul “Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode *Luciano De Court* dan *Plaxis* Dengan *Pile Driving Analyzer* (PDA) Test Pada Pembangunan Gedung Research Center UPN Veteran Jawa Timur”, Penelitian ini menganalisis daya dukung serta penurunan tiang pancang pada Pembangunan Gedung Research Center di Surabaya. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan dua metode dalam perhitungan daya dukung tiang pancang yaitu *Luciano Decourt* dan *software plaxis* dengan menggunakan data *PDA* hanya sebagai perbandingan dari analisis yang dilakukan. Dari hasil perhitungan daya dukung menggunakan metode *Luciano De Court-Quaresma* (1982) didapat daya dukung tiang pancang sebesar 281,7 ton dengan penurunan sebesar 23 mm dan menggunakan *software plaxis* sebesar 300 Ton dengan penurunan sebesar 20,17 mm, untuk perhitungan daya dukung menggunakan *Plaxis* didapat daya dukung tiang pancang sebesar 300 ton dan penurunan 20 mm (Arliyanto et al, 2024)

Dengan judul “Studi Komparasi Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Secara Analitis Terhadap Hasil Uji Kalendering Dan *Pile Driving Analyzer*”, penelitian ini menganalisis daya dukung tiang pancang yang akan difungsikan sebagai pondasi dari jalan tol di semarang. Penelitian ini menggunakan data *SPT*

untuk metode *mayerhof*, *luciano decourt*, dan *schmertman* sedangkan Kalendering menggunakan metode *Hilley* dalam perhitungan daya dukung tiang pancang. Data *PDA* yang dicantumkan digunakan sebagai pembanding dengan perhitungan *SPT* dan Kalendering. Dari analisis yang telah dilaksanakan, diperoleh daya dukung ultimate tiang pancang dengan kedalaman 44 m dengan metode *Mayerhof* yaitu 149,72 ton, Metode *Luciano Decourt* 210,0451 Ton, dan metode *Schmertman* 185,888 ton, sedangkan dengan data kalendering menggunakan metode *Hilley* yaitu 145,0251 ton. Untuk daya dukung dari data *PDA* yang diperoleh pada proyek ini yaitu 148,73 Ton, sehingga disimpulkan bahwa metode *Mayerhof* merupakan persentase yang paling mendekati dengan daya dukung *PDA* dan Kalendering (Merytsa et al., 2022).

Dengan judul “Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil Uji *SPT* Dan Pengujian Dinamis”, penelitian ini menganalisis perbandingan dari beberapa metode yang kemudian hasil perhitungan empiris *SPT* dijadikan pembanding dari hasil uji *PDA* dan *CAPWAP*. Hasil uji *PDA* menunjukkan daya dukung rata-rata sebesar 432,4 ton, sedikit lebih tinggi (0,4%) dibandingkan dengan perhitungan empiris berdasarkan nilai *N-SPT* yang mencapai 430,7 ton. Sementara itu, analisis *CAPWAP* menghasilkan daya dukung sebesar 401,0 ton, yang 7,3% lebih rendah dari uji *PDA*. Perbedaan ini karena pemrosesan data uji *PDA* lebih lanjut melalui *Signal Matching Analysis (SMA)*. Analisis *CAPWAP* juga mengungkapkan bahwa tahanan lekatan selimut lebih besar dari daya dukung tiang yaitu 71,7%, sedangkan tahanan ujung menyumbang 28,3%. Proporsi ini memiliki selisih 4,4% dibandingkan dengan pendekatan empiris yang menunjukkan tahanan selimut sebesar 67,3% dan tahanan ujung sebesar 32,7%.

Secara keseluruhan, hasil ini menyimpulkan bahwa uji *PDA* cukup reliabel dalam mengkonfirmasi kapasitas daya dukung pondasi tiang yang telah terpasang di lapangan (Santoso & Hartono, 2020).

Dengan judul “Analisis Pondasi Bored Pile dengan variasi diameter pada Proyek Rumah Sakit Bhayangkara menggunakan *Software GEO5*”, pada penelitian ini menganalisis daya dukung *bored pile* menggunakan data *SPT* pada proyek pembangunan Rumah Sakit Bhayangkara di Jayapura. Pemodelan dilakukan menggunakan software *GEO5* dengan memasukkan data hasil uji tanah lapangan dan laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pondasi dengan diameter 0,6 m memiliki kapasitas daya dukung sebesar 417,05 kN dengan faktor keamanan 2,13, sedangkan diameter 0,7 m mencapai 498,92 kN dengan faktor keamanan 2,55, keduanya memenuhi standar keamanan. Sementara itu, pondasi berdiameter 0,5 m hanya memiliki 338,70 kN dengan faktor keamanan 1,73, sehingga dinilai tidak aman. Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan *software GEO5* efektif dalam menganalisis daya dukung dan penurunan pondasi bored pile, serta berperan dalam menentukan diameter pondasi yang optimal dan memenuhi kriteria faktor keamanan (Septory et al., 2023).

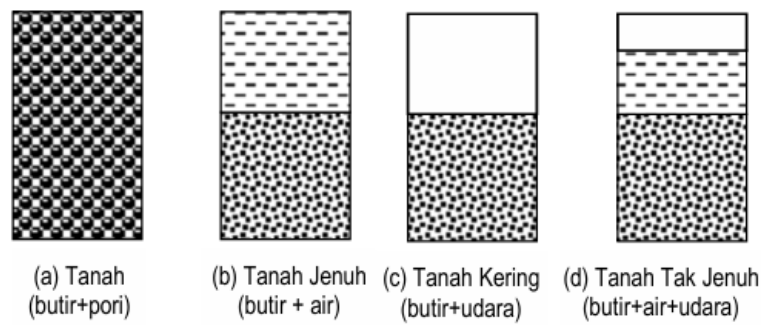
2.2. Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada pendekatan analisis yang digunakan dalam menentukan daya dukung spun pile. Pada penelitian ini, perhitungan daya dukung *spun pile* dilakukan dengan menggunakan metode *Luciano Decourt* yang kemudian diverifikasi melalui analisis empiris dengan pemodelan menggunakan perangkat lunak *GEO5* untuk

mengevaluasi daya dukung tiang tunggal. Sementara itu, penelitian terdahulu melakukan perhitungan secara analitik dan analisis empiris menggunakan perangkat lunak *Plaxis*. Selain perbedaan metode analisis, perbedaan juga terdapat pada lokasi penelitian. Lokasi studi penelitian ini berada di Jl. H. Adam Malik 20, Sialas, Kec. Medan Bar, Kota Medan, Sumatra Utara 20231 pada Proyek Pembangunan Gedung Showroom Dan Kantor. Medan memiliki karakteristik tanah dan kondisi geoteknik yang berbeda dengan lokasi penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan di wilayah Surabaya dan juga Semarang. Perbedaan lokasi ini juga berdampak pada variasi parameter tanah yang digunakan dalam analisis, sehingga hasil yang diperoleh memiliki relevansi khusus terhadap kondisi lokal di Medan.

2.3. Tanah

Tanah merupakan susunan material yang terdiri dari butiran padat, air, dan udara. Tanah yang hanya terdapat butiran dan air merupakan tanah yang berada dalam kondisi jenuh, sedangkan tanah yang mengandung butiran dan udara merupakan tanah dalam kondisi kering. Selain itu, tanah yang mengandung butiran, air, dan udara merupakan tanah dalam kondisi tak jenuh. Tanah sendiri juga merupakan elemen yang sangat penting dalam menjaga kestabilan bangunan, maka dari itu pengujian tanah sudah pasti dilakukan dalam suatu pembangunan terutama pada bangunan berskala besar. Selain sebagai penentu jenis pondasi, hasil dari pengujian tanah juga berfungsi sebagai penentu apakah tanah harus dilakukan perbaikan atau tidak (Darwis, 2018).



Gambar 1 Kondisi Tanah (Darwis, 2018)

Pada umumnya sifat-sifat tanah selalu bergantung pada ukuran butirannya dalam penentuan klasifikasi dari tanah tersebut. Untuk jenis tanah yang berbutir kasar sangat bergantung pada ukuran butirnya, maka itulah yang menjadi parameter dalam pengklasifikasian tanah granuler. Sedangkan dalam pengklasifikasian tanah berbutir halus harus menggunakan metode-metode lain seperti percobaan batas atterberg ataupun percobaan dilatansi. Sistem klasifikasi unified merupakan temuan yang disampaikan oleh prof. Athur cassagrande tahun 1942, dimana pada saat itu ia menggunakannya dalam pekerjaan pembuatan lapangan terbang selama perang dunia ke 2 yang kemudian disempurnakan oleh united bureau of reclamation pada tahun 1952. Pada sistem ini tanah dikelompokkan menjadi 3 bagian besar, yaitu:

1. Tanah dengan Butiran Kasar (*Coarse-Grained Soils*)

Jenis tanah ini terdiri dari kerikil maupun pasir, di mana jumlah butiran yang melewati saringan No. 200 kurang dari 50% ($F_{200} < 50$). Karakteristik utamanya dipengaruhi oleh besar butir dominan serta distribusi gradasinya.

2. Tanah dengan Butiran Halus (*Fine-Grained Soils*)

Kelompok ini mencakup lanau dan lempung, dengan ciri lebih dari 50% partikel tanah melewati saringan No. 200 ($F_{200} \geq 50$). Perilaku teknis tanah ini lebih banyak ditentukan oleh sifat plastisitasnya, sehingga klasifikasinya mengacu pada tingkat plastisitas dan ukuran partikel halus.

3. Tanah Organik (Gambut/Humus)

Tanah jenis ini memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Identifikasinya dapat dilakukan di laboratorium dengan menguji batas cair. Jika perbedaan nilai batas cair antara contoh tanah asli (belum dioven) dan tanah yang telah dioven lebih besar dari 25%, maka tanah tersebut digolongkan sebagai tanah organik.

2.4. Sifat-Sifat Teknis Tanah

Berikut merupakan penjelasan sifat-sifat teknis dari jenis-jenis tanah secara umum:

2.4.1. Tanah Granuler

Tanah granuler merupakan tanah yang mempunyai tahanan geser berupa gesekan, semakin besar tegangan normal maka tahanan gesernya pun bertambah. Tanah granuler berupa pasir, kerikil, batuan, dan campurannya umumnya memiliki sifat teknis yang sangat baik.

Kekuatan geser dan sifat mampat tanah berbutir kasar ditentukan oleh tingkat kepadatannya, yang dinyatakan dengan kerapatan relatif (D_r). Dalam pekerjaan timbunan, kepadatan ini biasanya dinyatakan sebagai persentase

atau kepadatan relatif (R_e). Nilai tersebut dapat diperoleh melalui uji pemadatan di laboratorium maupun diperkirakan dengan uji penetrasi seperti SPT, semakin besar dan kasar permukaan butiran maka semakin besar kuat gesernya. Kerikil dan pasir padat mampu mendukung beban besar, namun kondisi terlalu padat menyulitkan pemancangan tiang. Pasir juga memiliki daya dukung dan kompresibilitas yang sama seperti kerikil jika padat.

2.4.2. Tanah Kohesif

Lempung, lempung berlanau, lempung berpasir atau berkerikil merupakan jenis tanah yang bersifat kohesif, kohesi merupakan penentu kuat geser dari jenis tanah ini. Pada umumnya sifat-sifat dari tanah kohesif sendiri yaitu kuat geser rendah, plastis dan mudah mampat jika basah, kembang susut sesuai kadar air, volume dapat berubah, dan tidak cocok untuk tanah urug karena menghasilkan tekanan lateral yang tinggi. Kemampuan tanah lempung dalam menahan beban fondasi dipengaruhi oleh kondisi geologi, kadar air, serta jenis mineral penyusunnya. Konsistensi lempung biasanya digunakan untuk mengklasifikasikan tanah ini sebagai lunak, sedang, atau kaku, bergantung pada kadar air yang dikandung. Saat mengering, lempung bisa menjadi sangat keras dan menyusut hingga muncul retakan, sedangkan ketika basah, kekuatan gesernya berkurang dan tanah cenderung mengembang

2.4.3. Tanah Lanau Dan Loess

Lanau umumnya jenuh air dan bertekstur lunak, sehingga mudah longsor saat digali. Sebagai lapisan pendukung fondasi, tanah ini lemah

karena kapilaritasnya tinggi, tidak plastis, serta memiliki kekuatan geser rendah ketika kering. Oleh sebab itu, perencanaan fondasi pada tanah lanau perlu dilakukan dengan sangat cermat

Loess adalah lanau hasil endapan angin dengan butir halus $\pm 0,06$ mm. Dalam kondisi kering dengan pengikat lempung atau kapur, tanah ini dapat cukup kuat, tetapi saat jenuh kehilangan ikatan dan mudah mengalami penurunan besar.

2.4.4. Tanah Organik

Tanah sering kali mengandung bahan organik, meski dalam kadar rendah sekitar 2% saja sudah dapat menimbulkan sifat yang merugikan. Jika kandungannya tinggi, tanah organik cenderung memiliki kuat geser kecil, mudah mengalami pemampatan, bersifat asam, serta berpotensi merusak konstruksi. Oleh sebab itu, jenis tanah ini tidak disarankan sebagai lapisan pendukung fondasi. Gambut, misalnya, sangat buruk untuk fondasi karena tingkat pemampatannya tinggi, sehingga pondasi harus ditempatkan pada lapisan tanah yang lebih stabil di bawahnya.

Tabel 1 Jenis Tanah Berdasarkan Butir (Darwis, 2018)

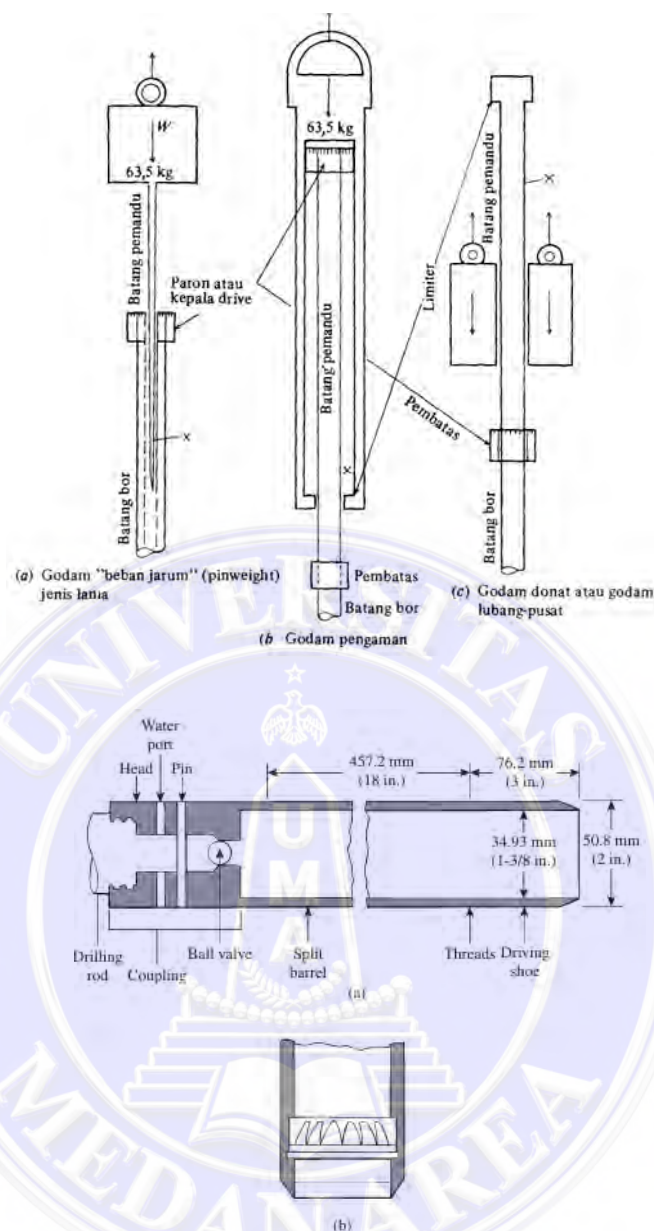
Jenis Tanah	Batas Ukuran Butir
Berangkal (Boulder)	>8 inci (20 cm)
Kerakal (Cobblestone)	3 inci – 8 inci (8 – 20 cm)
Batu Kerikil (Gravel)	2 mm – 3 inci (2 mm – 8 cm)
Pasir Kasar (Course Sand)	0,6 mm – 2 mm
Pasir Sedang (Medium Sand)	0,2 mm – 0,6 mm
Pasir Halus (Fine Sand)	0,06 mm – 0,2 mm
Lanau (Silt)	0,002 mm – 0,06 mm
Lempung (Clay)	< 0,002 mm

2.5. Penyelidikan Tanah

Pada proyek konstruksi, terdapat beberapa pengujian yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi jenis dan daya dukung tanah, berikut pengujian tanah yang dilakukan pada proyek pembangunan gedung showroom dan kantor ini:

2.5.1. *Standart Penetration Test (SPT)*

Pengujian tanah menggunakan SPT merupakan salah satu pengujian yang dilakukan langsung di lapangan dengan tujuan mendapatkan informasi tentang properti tanah, seperti kepadatan serta konsistensi tanah pada tiap kedalaman yang ditinjau. Data hasil pengujian yang dilakukan menggunakan SPT merupakan data yang nantinya akan digunakan dalam melakukan perhitungan daya dukung tiang pondasi menggunakan berbagai metode. Pelaksanaan *Standard Penetration Test (SPT)* yang dilakukan merujuk pada standar ASTM D-1586, uji ini melibatkan pemukulan *Split-Spoon Sampler* ke dalam tanah di dasar lubang bor pada kedalaman yang diinginkan. Prosedur pengujian SPT dimulai ketika pengeboran inti telah mencapai stratum tanah yang ditargetkan. Pada titik ini, mata bor dilepas dan diganti dengan *Split-Spoon Sampler*. Berikutnya, alat ini, bersama dengan rangkaian pipa bor, diturunkan perlahan sampai ujungnya menyentuh permukaan tanah dasar, dan kemudian dilakukan pemukulan dari bagian atas.



Gambar 2 Alat uji SPT (Braja, 2016)

Pelaksanaan uji SPT diawali dengan proses pengeboran awal di lokasi yang telah ditentukan. Tanah dibor secara vertikal menggunakan peralatan bor hingga mencapai kedalaman target, biasanya dilakukan dalam interval tertentu. Setelah lubang bor mencapai kedalaman yang diinginkan, alat pengambil sampel berupa tabung pembelah atau *Split Spoon Sampler* dipasang pada batang bor dan diturunkan ke dasar lubang bor. Tabung ini

berfungsi untuk menembus lapisan tanah dan sekaligus mengambil contoh tanah dari kedalaman tersebut (Braja, 2016).

Prinsip pelaksanaan uji *Penetrasi Standar* (SPT) yaitu dengan memukul sebuah tabung standar kedalam lubang bor sedalam 450 mm menggunakan palu 63,5 kg yang jatuh bebas dari ketinggian 760 mm. Yang dihitung adalah jumlah pukulan untuk melakukan penetrasi sedalam 150 mm. Jumlah yang digunakan adalah pada penetrasi sedalam 300 mm terakhir. Pengujian *SPT* mengacu pada SNI 4153:2008 dan ASTM D1586-67 (SNI 4153:2008, n.d.).

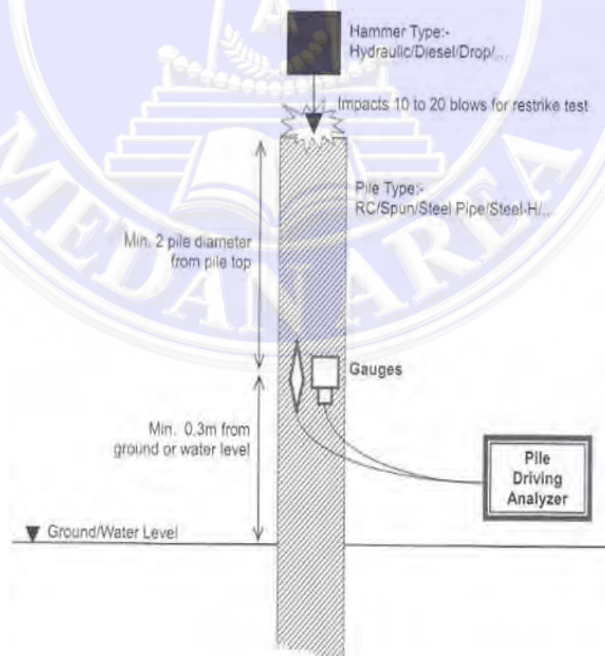
2.6. PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test

Pengujian PDA merupakan suatu pendekatan evaluasi dinamis yang dilakukan pada tiang pancang, pelaksanaan pengujian ini dilakukan setelah pemancangan selesai. (Maizir et al., 2015) Tujuan dari pelaksanaan pengujian ini adalah untuk mengestimasi daya dukung dari *Spun Pile*, perangkat yang dipasang pada tiang akan mencatat data mengenai gaya (*Force*) dan kecepatan (*Velocity*) yang terjadi pada kepala tiang setiap dilakukan tumbukan. Dari pengujian ini dapat mendeteksi adanya kerusakan batang tiang pada saat proses pemancangan dan juga memberikan hasil daya dukung tiang yang dilakukan pengujian, ini dikarenakan adanya pemasangan sensor *Accelerometer* dan *Transducer* pada permukaan tiang.

Tabel 2 Nilai Faktor Redaman untuk Metode CASE (Maizir et al., 2015)

Jenis Tanah pada Ujung Tiang	Faktor Redaman (Jc)
Pasir Murni	0,40 - 0,50
Pasir Berlanau	0,50 - 0,70
Lanau	0,60 - 0,80
Lempung Berlanau	0,70 - 0,90
Lempung	0,90 - 1,20
Lempung (untuk tiang diameter besar)	1,20 - 1,50

Sensor Strain Transducer dan *Accelerometer* merupakan alat yang digunakan dalam pengukuran regangan dan percepatan perambatan gelombang akibat tumbukan yang diberikan pada tiang, sensor ini dipasang pada bagian kepala tiang dengan jarak $1,5D-2D$ dari ujung tiang atas. Dimana D merupakan lebar penampang tiang, untuk menghindari kegagalan sensor pada saat penumbukan maka dipasang masing-masing dua sensor pada kedua sisi tiang. Penumbukan pada tiang dilakukan sesuai dengan kebutuhan, penumbukan sudah dapat dihentikan jika diperoleh mutu rekaman pada komputer yang cukup baik serta perolehan angka yang cukup tinggi pada energi tumbukan (EMX) semua prosedur pengujian dinamis dilaksanakan sesuai dengan ketentuan ASTM D 4945-08 (Maizir et al., 2015).



Gambar 3 Instrumen PDA (Maizir et al., 2015)

2.7. Pondasi

Pondasi merupakan salah satu struktur utama yang sangat penting dalam pembangunan, pondasi berperan dalam menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah. (Bowles, 1986) Pondasi ialah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya-sendiri kepada dan ke dalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya. Dalam proyek konstruksi, pondasi dibagi menjadi dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

2.8. Klasifikasi Pondasi

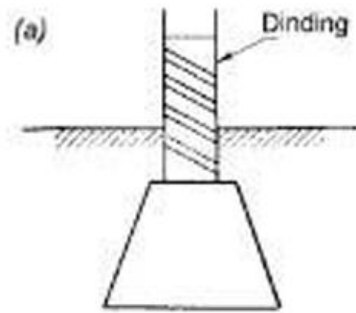
Berdasarkan kedalaman dan fungsi pada proyek konstruksi, pondasi dibagi menjadi dua bagian yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

2.8.1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah jenis pondasi yang dibangun dekat dengan permukaan tanah, dengan kedalaman yang relatif kecil dibandingkan dengan lebarnya. Pondasi dangkal biasanya digunakan pada bangunan sederhana (Non-Gedung), karena daya dukung relatif rendah. Berikut beberapa jenis pondasi dangkal:

1. Pondasi Menerus

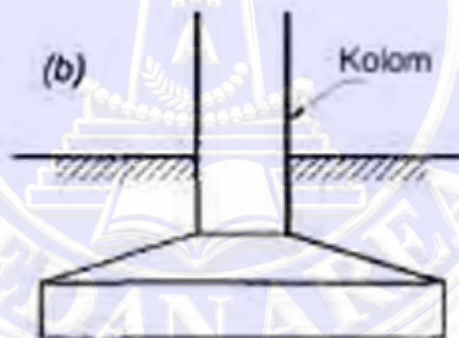
Pondasi menerus merupakan jenis pondasi yang dirancang untuk menyokong beban dari struktur linear seperti dinding atau barisan kolom yang berdekatan, di mana pondasi dibentuk secara memanjang mengikuti arah beban tersebut (Sulistyowati, 2024).



Gambar 4 Pondasi Menerus (Sulistyowati, 2024)

2. Pondasi Telapak

Pondasi telapak adalah jenis pondasi dangkal yang digunakan untuk menyalurkan beban dari kolom ke tanah di bawahnya melalui pelat beton yang diperluas, biasanya berbentuk persegi, persegi panjang, atau lingkaran, tergantung pada bentuk dan besarnya beban yang ditopang.

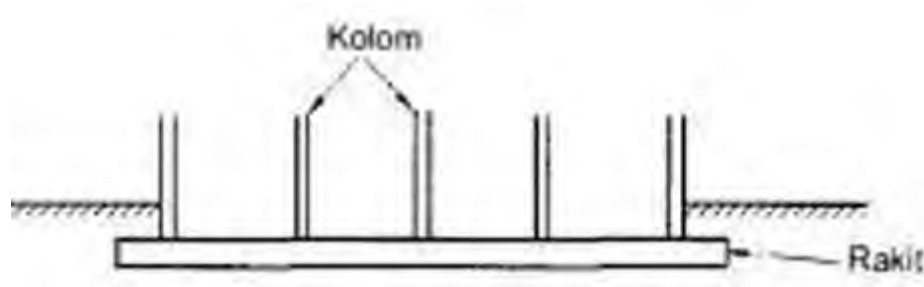


Gambar 5 Pondasi Telapak (Sulistyowati, 2024)

3. Pondasi Rakit

Pondasi rakit adalah jenis pondasi dangkal yang berupa pelat beton bertulang berukuran besar yang membentang di bawah seluruh area bangunan, dan berfungsi mendistribusikan beban struktur secara

merata ke tanah, terutama pada kondisi tanah lunak atau daya dukung rendah.



Gambar 6 Pondasi Rakit (Sulistyowati, 2024)

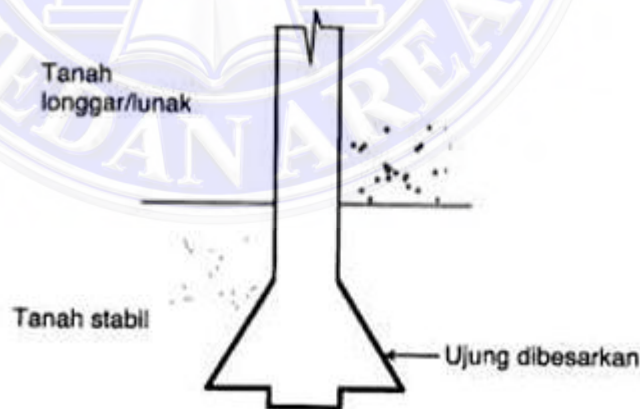
2.8.2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam merupakan jenis pondasi yang menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah keras yang terletak jauh di bawah permukaan, melalui elemen-elemen vertikal seperti tiang atau sumuran, yang digunakan saat lapisan tanah di permukaan tidak cukup kuat untuk menopang beban bangunan. Pondasi ini biasa digunakan pada bangunan yang berbeban besar maupun bangunan gedung, karena pondasi ini dapat memikul dengan kapasitas beban yang cukup besar. Berikut jenis-jenis dari pondasi dalam yang biasa digunakan pada proyek berskala sedang hingga besar:

1. Pondasi *Bored Pile*

Pondasi tiang bor atau yang lebih dikenal dengan *bored pile*, merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang banyak digunakan dalam konstruksi bangunan sipil, khususnya untuk struktur dengan beban berat atau pada kondisi tanah yang kurang stabil di permukaan. (Jawat et al., 2020) Berbeda dengan tiang pancang yang ditanam dengan cara dipukul, tiang bor dibuat dengan metode pengeboran

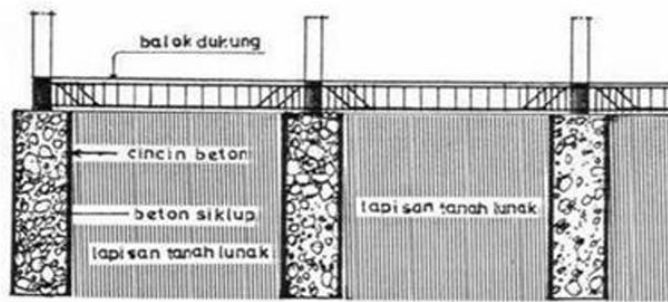
tanah terlebih dahulu kemudian lubang bor tersebut diisi dengan tulangan baja dan dicor beton di tempat (*cast-in situ*). Salah satu keunggulan penggunaan *bored pile* ini adalah pada saat pemasangannya, pondasi ini dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu pada tanah dan memasukkan tulangan tiang lalu dilaksanakan pengecoran. Hal ini yang menjadikan tiang bor menjadi pilihan yang ideal untuk proyek yang terletak pada area padat penduduk atau bangunan bertingkat, karena suara dan getaran yang dihasilkan pada proses pelaksanaan relatif kecil (J. K. Waruwu & Hamzah, 2021). Namun pondasi ini juga memiliki kelemahan, diantaranya yaitu waktu pelaksanaan yang lebih lama. Dikarenakan bukan pracetak melainkan harus melalui proses seperti pengeboran, pemasangan tulangan, dan pelaksanaan pengecoran tentunya akan membutuhkan waktu dan harus dilakukan secara bertahap.



Gambar 7 Pondasi Bored Pile (Waruwu & Hamzah, 2021)

2. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran merupakan salah satu pondasi dalam yang memiliki diameter pondasi cukup besar, proses pelaksanaan pekerjaan pondasi ini biasanya melibatkan penggalian manual atau semi mekanis. Pondasi ini biasanya dirancang dengan diameter cukup besar yang memungkinkan bagi pekerja masuk ke lubang galian, sehingga dalam kontrol kualitas visual di dasar pondasi lebih efisien dan efektif (P. P. Waruwu & Tanjung, 2022). Pondasi sumuran merupakan pondasi yang memiliki diameter yang cukup besar sehingga memiliki daya dukung yang cukup besar juga, pondasi ini hampir sama dengan pondasi *bored pile* yang dalam pekerjaannya hanya sedikit getaran dan suara bising. Namun pondasi ini juga memiliki kelemahan dalam waktu pelaksanaannya, hal ini dikarenakan pekerjaannya hampir sama dengan pondasi *bored pile* yang dilakukan sesuai tahapan dari proses penggalian, pemasangan tulangan, dan pengecoran. (Simalango et al., 2021) Pelaksanaan pondasi sumuran dilakukan dengan cara menggali tanah hingga mencapai kedalaman yang direncanakan, lalu membentuk sumuran di dalam lubang tersebut. Jika kondisi tanah cukup stabil dan mampu mempertahankan kemiringan tegak tanpa menyebabkan keruntuhan, maka pekerjaan dapat dilakukan tanpa menggunakan casing. Namun, jika tanah tidak stabil dan berisiko longsor, maka diperlukan penggunaan casing untuk menjaga kestabilan dinding galian selama proses konstruksi berlangsung (Parlinus Waruwu & Tanjung, 2022).

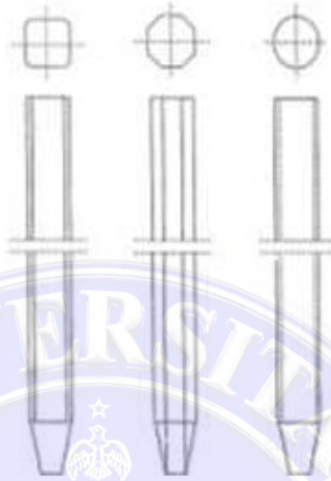


Gambar 8 Pondasi Sumuran (Waruwu & Tanjung, 2022)

3. Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang merupakan pondasi yang dibuat terlebih dahulu di lokasi pengecoran pusat dengan panjang sesuai perencanaan, kemudian dikirim ke lokasi proyek untuk digunakan. Tiang pancang pracetak yang menggunakan tulangan konvensional dirancang agar mampu menahan tegangan lentur yang terjadi saat proses pengangkatan dan pemindahan, menangani momen akibat beban lateral, serta memberikan daya dukung yang memadai terhadap beban vertikal maupun gaya dorong yang mungkin timbul selama proses pemasangan. Pelaksanaan pemancangan dilakukan dengan menggunakan *hammer* ataupun alat *hidraulik*. Pemancangan menggunakan *hammer* lebih menghemat biaya dan cukup efektif diberbagai kondisi tanah, namun memiliki kelemahan dalam pelaksanaannya yang menimbulkan suara kebisingan dan getaran yang cukup besar dan dapat memicu kerusakan pada bangunan disekitar. Jika pelaksanaan pemancangan menggunakan alat *hidraulik*, suara dan getaran lebih rendah serta dapat meminimalkan kerusakan pada tiang. Pemancangan menggunakan hidraulik merupakan pilihan

yang cocok pada area padat penduduk, namun dalam biaya pelaksanaan lebih besar dibanding menggunakan *drop hammer* (Widojoko, 2015)



Gambar 9 Pondasi Tiang Pancang (Widojoko, 2015)

2.9. Klasifikasi Pondasi Tiang Pancang

Pondasi Tiang (*Pile Foundation*) Merupakan jenis pondasi alternatif yang biasa digunakan untuk menopang beban struktur yang tergolong sedang hingga berat. Pondasi ini umumnya diaplikasikan pada kondisi tanah keras yang berada cukup dalam. Meskipun tanah keras bisa ditemukan di kedalaman sekitar 6 meter, pada beban besar, mini pile jarang digunakan bahkan pada kedalaman tersebut. Dalam kasus tanah keras yang berada pada kedalaman ekstrem, seperti 60 meter, pondasi tiang pancang sangat umum digunakan, terutama untuk struktur dengan beban yang sangat besar. Tiang pancang dengan dimensi besar sering dipakai pada kondisi seperti itu, dengan pertimbangan terhadap risiko tekuk (*buckling*). Jika pondasi berada sangat dalam, maka sambungan antar pancang menjadi aspek penting yang harus diperhatikan. Karena tiang pancang memiliki keterbatasan

dimensi, maka pada kedalaman tanah keras yang sangat ekstrem biasanya digunakan *bored pile*, yang diameternya dapat mencapai 1,5 meter. Dibandingkan *bored pile*, pemasangan tiang pancang lebih efisien dan praktis, terutama di area dengan kondisi tanah lunak, permukaan air tanah yang dangkal, atau wilayah pesisir. Pada bangunan yang berdiri di atas tanah timbunan dengan elevasi relatif tinggi, perlu diperhitungkan penurunan tiang dan elevasi bangunan agar tidak terjadi pergeseran atau kerusakan struktur. Secara umum, pondasi dalam dirancang untuk menopang beban berat. Tiang pancang memberikan keuntungan karena dapat memanfaatkan kombinasi antara daya dukung ujung tiang (*end bearing*) dan gaya gesek sepanjang sisi tiang (*skin friction*), selama kondisi tanah mendukung dan tidak mengalami friksi negatif (*negative skin friction*). Jika hanya mengandalkan daya dukung ujung, kapasitas tiang akan lebih kecil dibandingkan jika juga memanfaatkan tahanan gesek. Pada pondasi dalam seperti *bored pile* dan tiang pancang, jika dirancang untuk mengandalkan gaya gesek, maka ketebalan *pile cap* dan balok pengikat (*tie beam*) harus cukup besar untuk menjaga kekakuan struktur agar turun secara merata bersama bangunan di atasnya. Untuk bangunan bertingkat tinggi (*high-rise building*), *pile cap* biasanya dirancang menyatu dengan pelat beton bertulang yang tebal, menyerupai pondasi rakit (*raft foundation*). Sesuai dengan bahan yang digunakan, pondasi tiang pancang dibagi menjadi empat yaitu:

2.9.1. Tiang Pancang Kayu

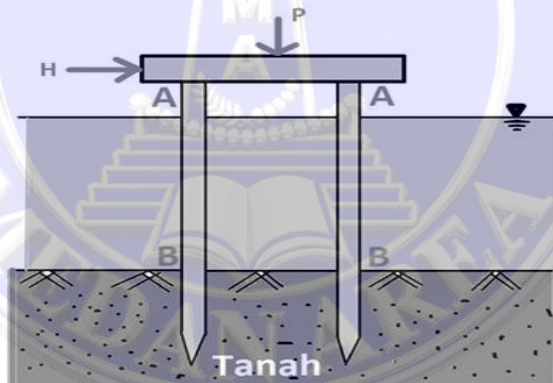
Penggunaan kayu sebagai material tiang pancang merupakan salah satu metode pondasi dalam yang sudah digunakan sejak masa lampau, khususnya pada bangunan-bangunan bersejarah. Banyak struktur berstatus cagar budaya yang memanfaatkan pondasi dengan tiang pancang berbahan

kayu. Ketahanan kayu sebagai pondasi cukup baik, terutama jika kayu tersebut selalu dalam kondisi terendam air tanah secara penuh, seperti pada kawasan rawa atau daerah penghasil kayu besar seperti di Kalimantan. Namun, penting untuk memilih jenis kayu dengan kekuatan dan ketahanan tinggi, yakni yang termasuk dalam kelas kuat I dan kelas awet I, contohnya kayu besi. Hal ini bertujuan agar umur struktur bangunan bisa panjang karena fondasinya kokoh dan tahan lama. Tidak semua jenis kayu cocok untuk dijadikan tiang pancang. Yang ideal adalah kayu dengan kelas kekuatan tinggi serta daya tahan yang baik, tetapi tetap mempertimbangkan sisi ekonomis. Jenis kayu bernilai tinggi seperti jati atau kamper Samarinda sebaiknya dihindari untuk efisiensi biaya. Sebaliknya, jenis kayu seperti damar, kayu besi, dan cemara (sering disebut juga kayu dolken) dapat dipertimbangkan. Pada beberapa bangunan cagar budaya yang memiliki hingga tiga lantai, kadang digunakan batang kayu bulat sebagai penopang pelat lantai dan beban bangunan. Berdasarkan pengalaman penulis, metode ini terbukti efektif terutama pada lahan dengan kondisi tanah lunak dan permukaan air tanah yang tinggi

2.9.2. Tiang Pondasi Beton

Tiang beton umumnya terdiri atas dua jenis utama, yaitu tiang beton pratekan (*prestressed concrete pile*) dan tiang pancang beton bertulang. Kedua tipe ini sering digunakan dalam proyek konstruksi sebagai elemen pracetak (*precast*), artinya dicetak terlebih dahulu di lokasi terpisah seperti bengkel kerja atau workshop. Setelah beton mengeras dan mencapai kekuatan

yang cukup, elemen tersebut kemudian dipindahkan ke lokasi pembangunan dan dipancang ke dalam tanah. Tiang beton pracetak, baik yang bertulang biasa maupun yang pratekan, banyak digunakan karena kemampuannya dalam menahan gaya tarik. Hal ini penting karena beton secara alami memiliki kelemahan terhadap gaya tarik. Oleh karena itu, baik tiang pancang pratekan maupun non-pratekan perlu diperkuat dengan tulangan yang memadai guna menahan gaya geser dan momen lentur, terutama saat proses pengangkatan dan pemancangan berlangsung. Jika proyek dilakukan di area yang luas, akan lebih efisien jika proses pencetakan dan pengecoran tiang beton dilakukan langsung di lokasi proyek. Cara ini dapat mengurangi kendala dalam pengangkutan serta mempermudah proses instalasi di lapangan (Triastuti, 2022).



Gambar 10 Tiang Pancang Beton (Triastuti, 2022)

2.9.3. Tiang Pancang Baja

Tiang pancang dari baja umumnya memiliki penampang berbentuk profil H dan dikenal memiliki kekuatan yang tinggi. Karena kekuatannya tersebut, tiang baja lebih tahan terhadap risiko patah selama proses pengangkutan maupun pemancangan jika dibandingkan dengan tiang beton

pracetak. Jenis tiang ini sangat cocok digunakan untuk keperluan konstruksi yang membutuhkan panjang tiang yang cukup besar. Namun, pemancangan tiang baja kurang efektif jika dilakukan pada tanah berbatu, karena bagian ujung tiang biasanya tidak diruncingkan. Hal ini bisa menyebabkan penurunan kekuatan, salah satu kelemahan utama tiang baja adalah sifatnya yang mudah mengalami korosi atau karat sehingga diperlukan sistem perlindungan tambahan seperti proteksi katodik. Proteksi katodik dilakukan dengan menghubungkan logam baja dengan logam yang lebih aktif seperti *magnesium* (Mg) atau *seng/zinc* (Zn). Dengan cara ini, baja menjadi lebih tahan terhadap proses oksidasi. Teknik ini umumnya diterapkan pada struktur baja yang berada di lingkungan dengan kadar garam tinggi, seperti di kawasan pantai atau di dalam tanah yang lembab. Proteksi juga sering digunakan pada pipa baja yang tertanam di dalam tanah. Meski proteksi katodik efektif, penggunaannya tetap harus disertai dengan inspeksi berkala guna memastikan kondisi struktur baja tetap optimal dan terhindar dari kerusakan akibat korosi.

2.9.4. *Composite Pile*

Pondasi *composite pile* adalah jenis pondasi dalam yang memanfaatkan dua atau lebih jenis material berbeda dalam satu kesatuan tiang pancang, dengan tujuan untuk memaksimalkan kekuatan, ketahanan, dan efisiensi struktur. Kombinasi material ini dirancang agar masing-masing bahan berfungsi optimal sesuai karakteristik teknisnya, baik dari segi kekuatan, ketahanan terhadap lingkungan, maupun kemudahan konstruksi.

Tiang composite pile umumnya terdiri atas perpaduan antara beton bertulang dengan baja, atau kayu dengan beton. Salah satu contoh yang sering digunakan adalah bagian atas tiang terbuat dari beton bertulang untuk menahan beban tekan dan memberikan daya tahan terhadap pengaruh atmosfer atau air laut, sedangkan bagian bawah yang tertanam lebih dalam menggunakan baja atau kayu karena lebih mudah menembus lapisan tanah keras atau lunak. Dalam beberapa kasus, kombinasi antara beton pratekan dan baja juga digunakan, di mana beton memberikan ketahanan terhadap tekanan tinggi, sedangkan baja menawarkan fleksibilitas dan kemudahan dalam pemancangan. Pondasi *composite pile* banyak diaplikasikan pada proyek konstruksi yang menghadapi kondisi tanah yang bervariasi atau lingkungan ekstrem, seperti area pantai, lahan rawa, atau tanah dengan lapisan keras di kedalaman tertentu. Pemanfaatan material campuran memungkinkan efisiensi biaya dan waktu kerja karena memanfaatkan keunggulan masing-masing bahan. Selain itu, sistem ini juga mengurangi risiko kerusakan akibat korosi atau pelapukan jika dirancang dengan perlindungan dan sambungan yang tepat. Secara umum, pondasi ini cocok untuk mendukung beban bangunan berat seperti jembatan, pelabuhan, gedung bertingkat, dan infrastruktur besar lainnya, terutama yang berada di wilayah dengan kondisi geoteknik kompleks.

2.10. Kapasitas Daya Dukung

Daya dukung tiang pancang adalah kemampuan tiang untuk menahan beban struktur yang diteruskan melalui pondasi ke dalam tanah. Kemampuan ini

merupakan faktor penting dalam perencanaan pondasi, karena menentukan seberapa besar beban yang bisa ditopang oleh satu atau sekelompok tiang tanpa menimbulkan kegagalan struktur atau penurunan yang berlebihan. Secara umum, kapasitas daya dukung tiang pancang berasal dari dua komponen utama yaitu Daya Dukung Ujung (*End Bearing Capacity*) dan Daya Dukung Gesekan Sisi (*Skin Friction/ Shaft Resistance*). Dalam proses perencanaan, faktor keamanan (*safety factor*) juga harus diperhitungkan untuk mengantisipasi ketidakpastian pada kondisi tanah atau beban kerja. Daya dukung yang dihitung dari teori atau uji lapangan (seperti uji beban statis atau dinamis) akan dibandingkan dengan beban maksimum bangunan yang akan diterima oleh tiang.

2.10.1. Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal

Kapasitas daya dukung tiang tunggal merupakan besarnya beban maksimum yang dapat ditahan oleh satu elemen tiang pondasi tanpa menyebabkan kegagalan tanah di sekitarnya atau penurunan (*settlement*) yang melebihi batas aman. Tiang tunggal umumnya bekerja secara individu, tanpa bantuan interaksi dari tiang lainnya, sehingga penilaian kapasitasnya sangat bergantung pada karakteristik tanah dan dimensi tiang itu sendiri. Dalam perhitungan daya dukung tiang pancang, ada beberapa metode yang dapat digunakan. Metode *luciano decourt* merupakan metode yang cukup populer digunakan, dalam metode ini juga terdapat koefisien yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan.

Tabel 3 Koefisien Tanah K (Mulyono, 2022)

Koefisien Tanah K (Decourt & Quaresma, 1978; Decourt dkk, 1996)		
Jenis tanah	Nilai K (t/m ²)	Nilai K (kPa)
Lempung murni	12	117,7
Lanau berlempung	20	196
Lanau berpasair	25	245
Pasir	40	392
Lempung berlanau	15	147,1
Lempung berpasir	22	215,7
Pasir berlempung	30	294,2
Pasir berlanau	35	343,2

Tabel 4 koefisien dasar tiang α (Mulyono, 2022)

Koefisien Dasar Tiang α (Decourt & Quaresma, 1978; Decourt dkk, 1996)						
Soil/pile	Driven Pile	Bored Pile	Bored Pile (Bentoni te)	Continuou s Hollowau ger	Root Pile's	Inject (high pressure)
Clay	1	0,85	0,85	0,3	0,85	1
Intermed ate Soil	1	0,6	0,6	0,3	0,6	1
Sands	1	0,5	0,5	0,3	0,5	1

Tabel 5 koefisien selimut tiang β (Mulyono, 2022)

Koefisien Selimut Tiang β (Decourt & Quaresma, 1978; Decourt dkk, 1996)						
Soil/pile	Driven Pile	Bored Pile	Bored Pile (Bentoni te)	Continuou s Hollowau ger	Root Pile's	Inject (high pressure)
Clay	1	0,8	0,9	1	1,5	3
Intermedi ate Soils	1	0,65	0,75	1	1,5	3
Sands	1	0,5	0,65	1	1,5	3

1. Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Merupakan kemampuan ujung bawah tiang menahan beban dengan menekan tanah lapisan tanah dibawahnya. Menurut *luciano decourt* (Mulyono & Agustina, 2022) persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung tahanan ujung di dasar tiang berdasarkan data N-SPT adalah sebagai berikut:

$$Q_p = \alpha (N_p \times K) A_p \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

Q_p = kapasitas daya dukung batas pondasi/ujung tiang pancang (Ton)

α = Koefisien Dasar Tiang

N_p = nilai rata-rata SPT pada elevasi dasar tiang (4D diatas tiang dan 4D dibawah ujung tiang)

$$= \frac{N_1 + N_2 + \dots}{\Sigma N} \text{ (nilai N-SPT terkoreksi pada elevasi dasar tiang)}$$

K = Koefisien Tanah

A_p = luas penampang tiang (m^2)

$$= \frac{1}{4} \pi D^2$$

2. Daya Dukung Selimut Tiang/*Friction Pile* (Q_s)

Merupakan kemampuan permukaan samping tiang menahan beban melalui gesekan antar tiang dengan tanah disekitarnya. Dalam perhitungan daya dukung selimut/tahanan gesek tiang (*friction pile*) pada metode *luciano decourt* (Mulyono & Agustina, 2022) dapat digunakan rumus berikut ini:

$$Q_s = q_s \times A_s = \beta \times \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

Q_s = Kapasitas daya dukung selimut (Ton)

β = koefisien selimut tiang

N_s = Nilai rata-rata N-SPT sepanjang tiang yang tertanam

A_s = Luas keliling selimut tiang (m²)

$$= \pi \times D \times L_i$$

3. Daya Dukung Ultimit Tiang (Q_u)

Kapasitas daya dukung ultimit tiang (Q_u) merupakan total kapasitas daya tahan tiang sebelum mencapai batas kegagalannya, angka ini diperoleh dari penjumlahan tahanan ujung ultimit tiang (Q_p) dan tahanan gesek dinding tiang (Q_s). (Mulyono & Agustina, 2022) berikut merupakan rumus yang digunakan pada metode luciano decourt 1996:

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

Q_u = kapasitas daya dukung ultimate (Ton)

Q_p = tahanan ujung tiang (Ton)

Q_s = tahanan gesek dinding tiang (Ton)

4. Daya Dukung Ijin Tiang (Q_{all})

Merupakan beban maksimum yang aman dan boleh ditopang oleh sebuah tiang pancang dalam kondisi operasional normal. (Mulyono &

Agustina, 2022) Berikut merupakan rumus yang digunakan pada metode *Luciano Decourt 1996*:

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

Q_{all} = daya dukung tiang ijin (Ton)

Q_u = daya dukung tiang ultimate (Ton)

SF = *safety factor* 2,5 (Sesuai SNI 8460:2017, Persyaratan perancangan geoteknik)

2.10.2. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

Tiang kelompok adalah ukuran seberapa efektif tiang-tiang dalam suatu kelompok bekerja secara bersama-sama untuk mendukung beban, dibandingkan jika tiang-tiang tersebut bekerja secara sendiri-sendiri. Dalam kata lain, efisiensi menunjukkan apakah kelompok tiang dapat menyalurkan beban secara optimal atau justru mengalami penurunan daya dukung akibat pengaruh satu sama lain. (Pratama et al., 2023) Berikut merupakan metode yang digunakan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang:

1. Metode *Converse - Labarre*

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{90 \times n \times m} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

E_g = Efisiensi kelompok tiang

θ = Sudut dalam derajat; $\arctan (D/s)$ ($^{\circ}$)

D = Diameter tiang pancang (m)

s = Jarak pusat ke pusat antar tiang (as ke as)
 m = Jumlah baris tiang kelompok
 n = Jumlah tiang dalam satu baris

2. Metode *Los Angeles*

$$E_g = 1 - \frac{D}{\pi s m n} [m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2}(m-1)(n-1)] \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

E_g = Efisiensi kelompok tiang
 D = Diameter tiang pancang (m)
 s = Jarak pusat ke pusat antar tiang (as ke as)
 m = Jumlah baris tiang kelompok
 n = Jumlah tiang dalam satu baris

Setelah angka efisiensi kelompok tiang (E_g) sudah diperoleh, daya dukung ultimit kelompok tiang (Q_g) dapat dihitung dengan menggunakan metode dibawah ini (Pasaribu et al., 2022):

$$Q_g = E_g \times n \times Q_{all} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

Q_g = Daya dukung kelompok tiang (Ton)
 E_g = Efisiensi kelompok tiang (perbandingan kapasitas kelompok terhadap jumlah kapasitas masing-masing tiang dalam satu pile cap)
 n = Jumlah tiang pancang dalam satu kelompok

$Q_{all} = \text{Daya dukung ijin tiang tunggal}$

Dimana jika nilai $Q_{all} > \text{nilai beban } P$ maka tiang pondasi aman digunakan.

2.10.3. Pemodelan *Software* SAP2000 v14

SAP2000 merupakan perangkat lunak analisis dan perancangan struktur yang dikembangkan oleh *Computers and Structures, Inc. (CSI)*. *Software* ini lahir seiring perkembangan teknologi komputer dan metode elemen hingga (*Finite Element Method*) yang memungkinkan struktur rumit dimodelkan dalam bentuk elemen-elemen sederhana untuk memperoleh gambaran perilaku keseluruhan (Nurmala et al., 2025). Dengan antarmuka berbasis grafis tiga dimensi, *SAP2000* mempermudah insinyur dalam melakukan pemodelan, analisis, hingga desain struktur secara terintegrasi.

Penggunaannya meliputi berbagai jenis konstruksi, mulai dari bangunan gedung, jembatan, stadion, menara, hingga struktur industri. Selain analisis statis, *SAP2000* juga mendukung evaluasi beban dinamis, angin, dan gempa sesuai berbagai standar perencanaan internasional maupun lokal, termasuk SNI (Andika & Roesdiana, 2025). Tujuan utama pemakaian perangkat lunak ini adalah memperoleh desain struktur yang aman, efisien, dan andal sesuai kebutuhan rekayasa teknik sipil (Jaya et al., 2025).



Gambar 11 *Software SAP2000 V.14* (SAP2000, 2025)

Berikut merupakan tahapan yang dilakukan dalam pemodelan struktur gedung pada *Software SAP2000* ini:

1. Menentukan Units

Sebelum melakukan pemodelan terlebih dahulu menentukan unit atau satuan yang akan digunakan, hal ini untuk mempermudah dalam menampilkan satuan secara seragam pada hasil akhir.

2. Pemodelan Geometri/model struktur

Tahapan ini merupakan pemodelan mulai dari panjang bentang arah x, arah y, juga penentuan banyak dan tinggi bangunan yang mau dimodelkan. Ini merupakan acuan dalam pengaplikasian material dan dimensi bangunan yang akan didesain.

3. Penentuan perletakan/restraints

Perletakan yang dimaksud merupakan bagian dari jenis dan posisi dari pondasi bangunan yang akan didesain, dalam software ini terdapat tumpuan jepit, rol, sendi yang dapat digunakan dalam pemodelan.

4. Penginputan material

Tahapan ini mengarahkan kita dalam penginputan mutu dari material-material yang akan digunakan, baik dari beton bertulang, baja, aluminium dan lain sebagainya.

5. Pemodelan penampang

Pemodelan penampang yang dimaksud merupakan pemodelan elemen-elemen struktur yang akan diaplikasikan seperti balok, kolom, plat, dll. Pemodelan yang dilakukan sesuai dengan kebutuhan dan dirancang dengan mempertimbangkan kekuatan dan efisiensi.

6. Penginputan type beban

Penginputan beban yang dilakukan yaitu beban yang diperoleh dari SNI, sesuai dengan fungsi bangunan dan beban yang bekerja pada struktur yang dimodelkan. Tujuan dari penginputan beban ini adalah untuk pengujian kekuatan bangunan terhadap beban yang akan dipikulnya.

7. Pengaplikasian penampang

Setelah model struktur selesai disusun serta material dan penampang telah ditentukan, langkah berikutnya adalah menerapkannya pada model yang telah dibuat dengan cara memilih elemen yang ingin diberikan properti tersebut terlebih dahulu.

8. Pengaplikasian beban

Setelah jenis maupun tipe beban yang akan bekerja pada struktur ditetapkan, tahap berikutnya adalah mengaplikasikan beban tersebut pada elemen-elemen struktur yang telah dimodelkan, seperti balok, kolom, dan pelat.

9. Menjalankan program/ running

Setelah tahapan tahapan yang sebelumnya sudah selesai, maka kita dapat menjalankan program analysis.

10. Hasil akhir

Pada tahap ini, software akan menampilkan output dari pemodelan yang telah kita desain.

2.10.4. Analisis Software GEO5

GEO5 merupakan kumpulan program perangkat lunak di bidang geoteknik yang dikembangkan oleh *fine software*, paket ini terdiri beberapa modul terpisah seperti stabilitas lereng, daya dukung pondasi dangkal, analisis tiang, interaksi tanah-struktur, dinding penahan tanah, serta deformasi tanah.

Dalam analisis pondasi *spun pile*, dalam *GEO5* terdapat modul khusus dalam mengevaluasi kapasitas tiang tunggal maupun group tiang. Dalam analisis tersebut dapat menggunakan data *SPT*, *CPT*, atau *PDA*. Dengan antarmuka interaktif dan penerapan metode yang sesuai standar internasional (misalnya Eurocode, ASTM, serta pendekatan klasik seperti *Meyerhof* dan *Vesic*), *GEO5* banyak dimanfaatkan baik oleh praktisi maupun peneliti akademis dalam pekerjaan dan studi geoteknik.



Gambar 12 *Software GEO5 2025 (GEO5, 2025)*

Berikut merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam analisis daya dukung *spun pile* menggunakan data uji tanah lapangan yaitu *SPT*:

1. Buka *software GEO5* dan pilih program *CPT*
2. Mengubah satuan menjadi metric pada menu project
3. Klik menu settings

Pada tahap ini kita akan menyesuaikan data tanah yang akan digunakan, terdapat dua pilihan yaitu *CPT* dan *SPT*.

4. Penginputan data tanah

Tahap ini merupakan penginputan data tanah yang akan digunakan, dalam penginputan data *SPT* yang diperlukan adalah kedalaman tanah per lapisan, nilai N_1 , N_2 , N_3 .

5. Penginputan *stratifikasi* tanah

Jenis tanah yang akan diinput dapat dilihat pada data lab tanah, penginputan jenis tanah harus tepat karena akan mempengaruhi daya dukung tanah nantinya. Dalam software ini termasuk lengkap dalam

jenis-jenis tanah yang tersedia pada menu, warna tanah dapat diubah sesuai selera.

6. Geometri tiang

Klik menu geometri dan lakukan pemodelan, tahap ini merupakan penentuan dimensi, kedalaman, material, dan jenis tiang yang digunakan.

7. Penginputan beban

Klik menu *bearing capacity* lalu input beban pada desain load sesuai dengan beban yang akan dipikul pondasi tersebut dalam satuan kN.

8. Hasil analisis

Klik menu In detail yang berada di pojok kanan bawah, pada menu ini akan dilampirkan data-data hasil analisis yang dilakukan berupa daya dukung dari *spun pile* dan *safety factor* yang digunakan.

BAB III

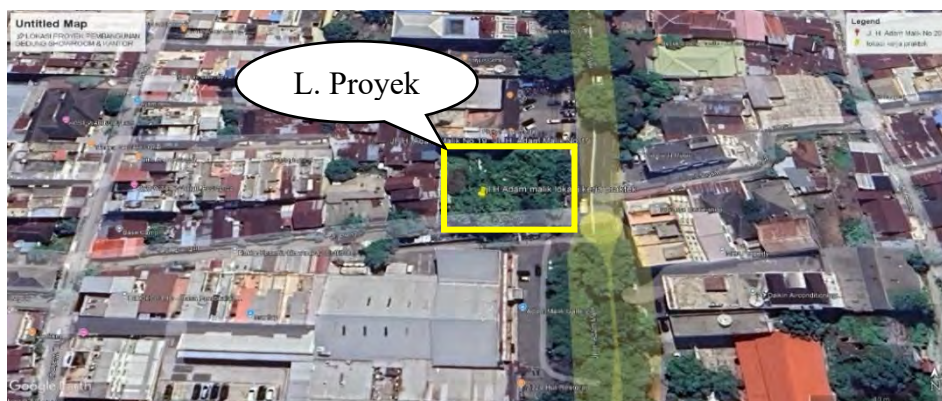
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode yang termasuk dalam kategori kuantitatif, dikatakan kuantitatif karena fokus utamanya adalah pangumpulan data dan analisis data untuk menghitung kapasitas daya dukung *spun pile*. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas dan akurat mengenai perhitungan kapasitas daya dukung *spun pile* berdasarkan data *SPT*. Hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk angka, tabel, dan persentase perbandingan antara analisis berdasarkan data *SPT* dengan hasil uji *PDA* pada proyek pembangunan Gedung showroom dan kantor ini.

3.2. Lokasi Dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini akan dilaksanakan pada proyek pembangunan gedung showroom dan kantor yang terletak di Jl. H. Adam Malik 20, Sialas, Kec. Medan Bar, Kota Medan, Sumatra Utara 20231. Pelaksanaan penelitian ini dimulai pada bulan Agustus 2025 hingga nantinya penelitian ini selesai.



Gambar 13 Lokasi Proyek (Google Earth, 2025)

3.3. Kondisi Tanah Eksisting

Pemahaman terhadap kondisi tanah eksisting sangat penting dalam proses perencanaan dan analisis pondasi, karena tanah merupakan elemen utama yang menahan dan mendistribusikan beban dari struktur atas. Tanah eksisting merujuk pada kondisi nyata tanah di lokasi proyek yang mencerminkan sifat fisik dan mekanik tanah seperti kepadatan, konsistensi, permeabilitas, serta daya dukungnya. Karakteristik ini sangat berpengaruh terhadap pemilihan jenis dan dimensi pondasi yang akan digunakan. Oleh karena itu, sebelum dilakukan analisis teknis lebih lanjut, perlu dilakukan investigasi tanah guna mengetahui kondisi geoteknik setempat secara akurat. Penyelidikan tanah dapat dilakukan menggunakan metode *Standard Penetration Test (SPT)* dan juga *Cone Penetration Test (CPT)*, yang merupakan metode paling umum dan praktis digunakan di lapangan. Uji *SPT* memberikan data berupa nilai *N-SPT* pada berbagai kedalaman, yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis lapisan tanah, memprediksi daya dukung, serta memperkirakan penurunan yang mungkin terjadi. Data ini menjadi dasar yang sangat penting dalam proses perencanaan pondasi agar desain yang dihasilkan sesuai dengan kondisi lapangan dan memiliki tingkat keamanan yang memadai.

Berdasarkan hasil penyelidikan tersebut, data *SPT* digunakan sebagai dasar dalam perhitungan daya dukung pondasi pada proyek ini. Pemilihan data ini didasarkan pada ketersediaannya yang lengkap serta kemampuannya merepresentasikan kondisi tanah eksisting secara langsung. Nilai *N-SPT* yang diperoleh kemudian diolah untuk menentukan parameter teknis yang dibutuhkan dalam analisis kapasitas dukung tiang pancang, sehingga hasil perhitungan lebih

sesuai dengan kondisi geoteknik aktual di lapangan. Berikut merupakan data *SPT* yang digunakan dalam analisis:

Tabel 6 Data *N-SPT* Tanah (Data Proyek, 2025)

No	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N-SPT
1	2,45	Pasir Sedang	6
2	4,45	Lempung Berlanau	14
3	6,45	Lempung Berlanau	24
4	8,45	Lempung Berpasir	8
5	10,45	Lempung Berpasir	2
6	12,45	Lempung Berpasir	14
7	14,45	Lempung Berpasir	4
8	16,45	Pasir Berlanau	5
9	18,45	Pasir Berlanau	11
10	20,45	Pasir Berlanau	27
11	22,45	Pasir Berlanau	59

3.4. Spesifikasi Pondasi *Spun Pile*

Berikut merupakan spesifikasi teknis pondasi *spun pile* yang diterapkan pada proyek ini. Data ini mencakup detail seperti dimensi tiang, mutu beton, kedalaman tanam, serta parameter teknis lainnya yang menjadi acuan dalam analisis perhitungan daya dukung pondasi. Spesifikasi ini diperoleh berdasarkan desain proyek dan hasil investigasi lapangan, sehingga mendukung validitas serta kesesuaian antara desain dan kondisi eksisting di lapangan.

Tabel 7 Spesifikasi Pondasi *Spun Pile* (Data Proyek, 2025)

Keterangan Pondasi	Ukuran/Dimensi
Diameter <i>Spun Pile</i>	60 cm
Jarak antar tiang	180 cm
Jumlah tiang dalam kelompok P4	4 (empat)
Kedalaman pondasi	20 m
Mutu beton	K-600
Tulangan	Kawat pratekan PC Wire
Tulangan tambahan	6 D16
Tulangan Spiral	D8 - 150 mm

3.5. Jenis dan Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan salah satu tahapan penting dalam penelitian ini, yang bertujuan untuk memperoleh seluruh informasi yang relevan dan dibutuhkan untuk analisis. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder, berikut penjelasannya:

3.3.1. Pengumpulan Data Primer

Data primer dalam penelitian ini merupakan data yang berasal dari proyek konstruksi yang menjadi objek studi kasus. Data yang akan diperoleh

adalah data hasil dari kegiatan penyelidikan tanah dan perencanaan yang telah dilaksanakan oleh pihak terkait proyek, pengumpulan data dilakukan melalui dokumentasi dan studi literatur laporan proyek. Berikut jenis data yang akan dikumpulkan:

1. Gambar struktur lengkap

Akan diperoleh dari dokumen perencanaan proyek berupa gambar kerja (*shop drawing*), informasi yang dibutuhkan meliputi dimensi umum bangunan, layout struktur, dan gambaran sistem transfer beban dari struktur atas ke pondasi.

2. Denah *Pile Cap* dan Detail Tiang *Spun Pile*

Diperoleh dari gambar desain pondasi proyek, informasi yang diperlukan yaitu jumlah tiang dalam kelompok, jarak antar tiang, dimensi *pile cap*, serta spesifikasi *spun pile* seperti diameter, panjang, dan mutu beton yang digunakan.

3. Data *Standard Penetration Test (SPT)*

Diperoleh dari laporan penyelidikan tanah (*soil investigation report* atau *borehole log*) pada proyek. Data ini yang diperoleh berupa nilai *N-SPT* pada setiap kedalaman pengujian, deskripsi lapisan tanah dan elevasi muka air tanah.

4. Data *Pile Driving Analyzer (PDA)*

Diperoleh dari laporan hasil pengujian *PDA* yang dilaksanakan di lokasi proyek, data yang diperoleh berupa grafik gaya (*force*) dan kecepatan (*velocity*) terhadap waktu, estimasi daya dukung dinamik tiang, serta evaluasi integritas badan tiang yang diidentifikasi dari pengujian tersebut.

5. Data Laboratorium Tanah

Data yang diperoleh dari laporan penyelidikan tanah yang sama dengan data *SPT*, data ini meliputi hasil uji sifat-sifat fasis tanah (misalnya berat volume, kadar air, batas *Atterberg*, analisis saringan/hidrometer) dan sifat-sifat mekanis tanah (misalnya kuat geser *undrained* dari uji *unconfined compression* atau *triaxial*, parameter kuat geser c dan ϕ dari uji *direct shear*). Data ini penting untuk validasi korelasi dari *N-SPT*.

3.3.2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari berbagai sumber publikasi ilmiah dan literatur yang relevan, yang meliputi:

1. Jurnal ilmiah dan artikel penelitian

Diperoleh dari sumber akademik seperti Google Scholar, Scribd, ScienceDirect, atau repositori jurnal universitas. Data ini digunakan untuk memahami teori terkini, metode analisis, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan kapasitas daya dukung spun pile berdasarkan *SPT*.

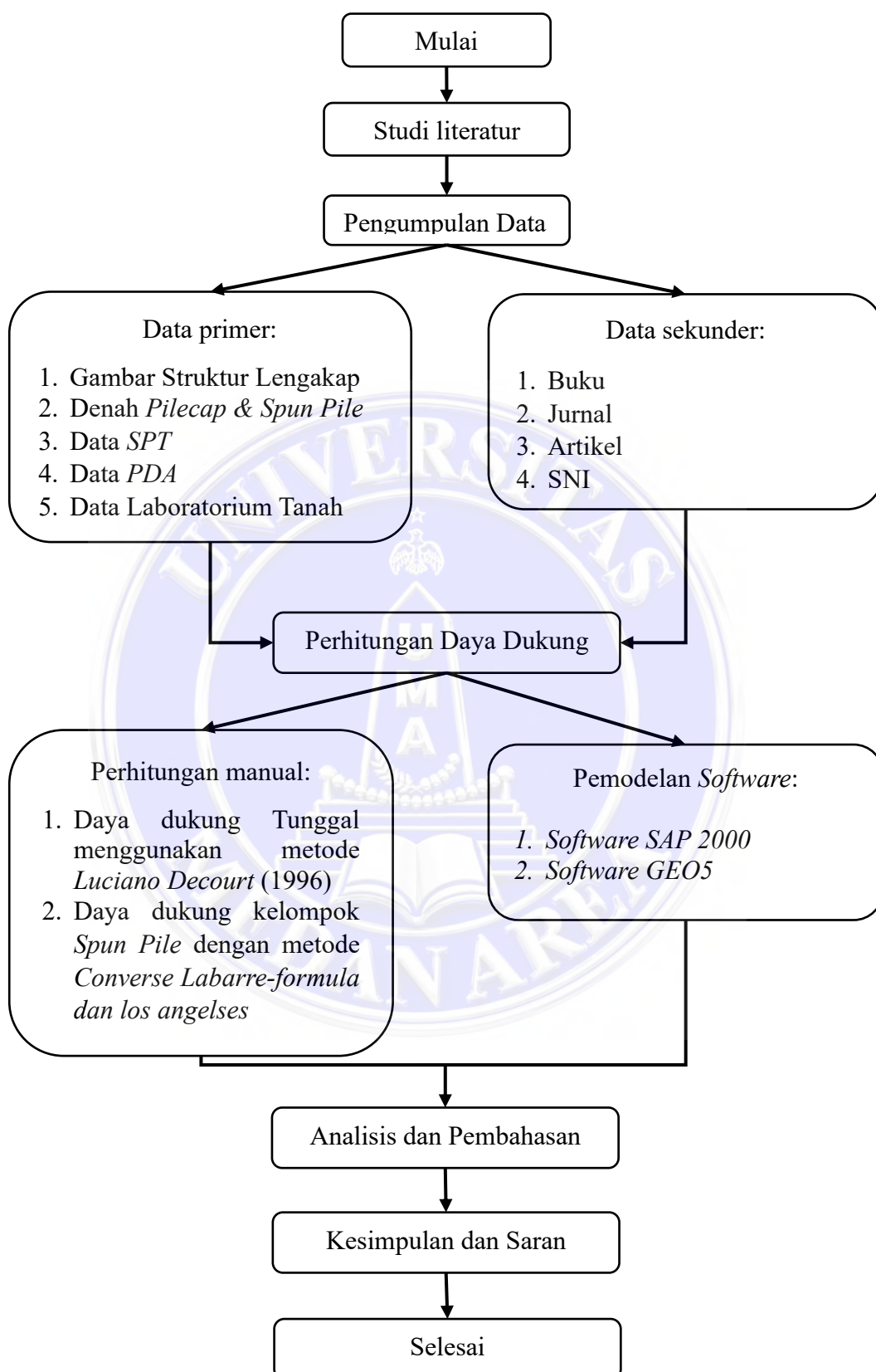
2. Buku teks geoteknik dan pondasi

Bersumber dari perpustakaan universitas atau buku elektronik. Digunakan sebagai landasan teori utama mengenai pondasi dalam, serta referensi standar desain seperti ASTM dan SNI.

3. Standar Nasional Indonesia (SNI)

Diperoleh dari badan standardisasi atau sumber resmi lainnya. Digunakan sebagai acuan teknis dalam prosedur pengujian *SPT*, interpretasi data, serta kriteria perencanaan pondasi yang berlaku.

3.6. Kerangka berfikir



Gambar 14 diagram alur penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan data N-SPT, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis berdasarkan data *SPT* menggunakan metode *Luciano Decourt* diperoleh daya dukung tiang tunggal sebesar 202,41 Ton, sedangkan pemodelan *software GEO5* diperoleh daya dukung tiang tunggal sebesar 361,41 Ton.
2. Berdasarkan data *PDA Test* sebesar 296,7 Ton yang merupakan data proyek, perbandingan hasil daya dukung menggunakan metode *Luciano Decourt* memperoleh persentase sebesar 68,2% dengan daya dukung sebesar 202,41 Ton, sedangkan pemodelan dengan *software GEO5* memperoleh persentase sebesar 121,8% dengan daya dukung sebesar 361,41 Ton. Sehingga disimpulkan bahwa pemodelan menggunakan *software GEO5* lebih Aman dan representatif, karena daya dukung yang diperoleh dari pemodelan *software GEO5* melebihi daya dukung *PDA Test*.

5.2. Saran

Berikut merupakan saran yang dapat saya berikan agar kiranya dapat membantu:

1. Kelengkapan Data

Analisis daya dukung tiang pancang memerlukan data yang lengkap dan akurat, seperti hasil uji tanah *SPT*, kondisi lapangan, dan hasil *PDA Test*. Data

PDA menjadi acuan utama karena berasal dari pengujian langsung pada pondasi. Kelengkapan data sangat menentukan ketepatan hasil analisis dan kesesuaiannya dengan kondisi lapangan.

2. Kedekatan Lokasi Penyelidikan Tanah dan Pengujian Lapangan

Diharapkan lokasi penyelidikan tanah berada tidak jauh dari titik pelaksanaan uji *PDA*. Hal ini penting agar data tanah yang digunakan dalam analisis benar-benar mewakili kondisi pondasi yang diuji di lapangan, sehingga hasil perbandingan dengan daya dukung dari *PDA* Test menjadi lebih presisi dan dapat dipercaya.

3. Pengembangan penelitian

Untuk penelitian berikutnya, kiranya dapat menggunakan lebih banyak lagi metode, baik perhitungan manual maupun pemodelan dengan *software*. Perbandingan hasil dari berbagai metode dapat meningkatkan keakuratan analisis. Untuk analisis di lokasi dengan kondisi tanah yang berbeda juga dapat dilakukan, supaya hasilnya bisa mewakili lebih banyak situasi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika, R., & Roesdiana, T. (2025). Interpretation of SAP2000 Analysis Results Using the Design Response Spectrum Method in Earthquake Resistance in the Structural Performance of High-Story Buildings According to SNI 1726:2019. *Journal of World Science*, 4(2), 196–213. <https://doi.org/10.58344/jws.v4i2.1294>
- Arliyanto, P. B. P. A., Muhammad Shofwan Donny Cahyono, & Yoanita Eka Rahayu, Y. E. R. (2024). *Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Luciano De Court dan Plaxis Dengan Pile Driving Analyzer (PDA) Test Pada Pembangunan Gedung Research Center UPN Veteran Jawa Timur*.
- Bowles. (1986). *Analisis dan Desain Pondasi edisi keempat jilid 2*.
- Braja. (2016). *Principles of Foundation Engineering, Eighth Edition*.
- Darwis. (2018). *Dasar Dasar Mekanika Tanah*.
- I Wayan Jawat, Putu Panji Tresna Gita, & I Made Satria Dharmayoga. (2020). *Kajian Metoda Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bored Pile Pada Tahap Perencanaan Pelaksanaan*.
- Indra Mutiara. (2020). *Bearing Capacity Analysis of Spun Pile Foundation in Gas Engine for Electrical Power Plant Project of Selayar*.
- Jaya, P., Defiana, Y., & Martha, T. (2025). Analisis Respons Struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Dengan Gempa Dinamik Respons Spektrum Menggunakan Sap2000. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(2).
- Maizir, H., Hendra Jingga, & Nopember Toni. (2015). *Evaluasi Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Metode Dinamik*. <https://www.researchgate.net/publication/306467294>
- Maizir, H., Suryanita, R., & Harnedi, R. A. (2024). Peningkatan Kepadatan dan Daya Dukung Tanah dengan Pencampuran Tanah Lempung dan Pasir. *Jurnal Teknik Sipil*, 31(3), 267–274. <https://doi.org/10.5614/jts.2024.31.3.4>
- Merytsa, A. W., Imas Istiar, Hartopo, & Totok Apriyanto. (2022). *Studi Komparasi Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Secara Analitis Terhadap Hasil Uji Kalendering Dan Pile Driving Analyzer Studi Kasus Struktur Slab On Pile Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak Paket 2*.
- Mulyono, & Dian Hastari Agustina. (2022). *Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Dan Kelompok (Studi Kasus Proyek Hangar Lion Air Batam)*.

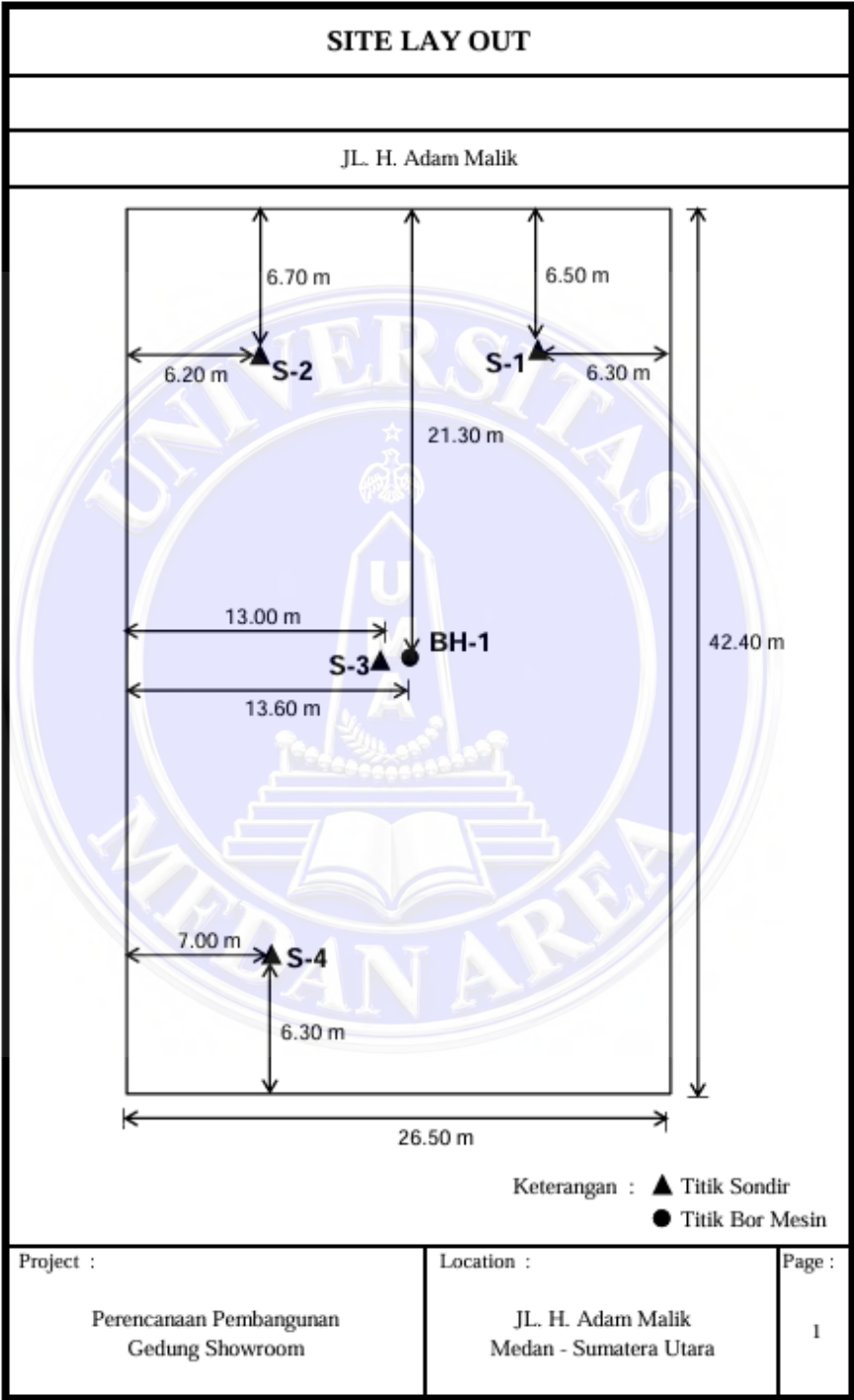
- Naseer Baba, D., & Nivedita, S. K. (2025). Analysis And Design Of Spread And Pile Foundations Using Geo5. In *Journal of Neonatal Surgery ISSN* (Vol. 14, Issue 26s). <https://www.jneonatsurg.com>
- Nurmala, K., Defiana, Y., & Saepudin, U. (2025). Analisis Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Metode Respon Spektrum Menggunakan Software Sap2000 (Studi Kasus : Gedung Museum Bri Purwokerto). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(2).
- Pasaribu, B., Tanjung, D., & Haridhi Akbar, F. (2022). *Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Pembangunan Gedung Fortunate Citra Grand City Palembang Dengan Menggunakan Metode Analitis*. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/JTSIP>
- Pratama, I. T., Widjaja, B., & Budianto, K. A. (2023). *Numerical study on pile group efficiency for piles embedded in cohesive and cohesionless soils*. 429.
- Rahayu, T., Zulkifli Nasution, Roesyanto, & Dwikorita Karnawati. (2022). *Regional zonation based on seismic vulnerability using local site effect analysis and potential damage to the city of Medan (North Sumatra, Indonesia) due to earthquake*.
- Rokhman, R., Rini, R. P., Saputra, A., Rusmin, M., & Klau, J. (2023). Tinjauan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data SPT Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sorong. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 5(2), 127–133. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p127-133>
- Santoso, H. T., & Hartono, J. (2020). *Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil Uji Spt Dan Pengujian Dinamis*.
- Sawitri, dhian. (2023). *The Contribution of Road Construction on Regional Economic Development in Indonesia*.
- Septory, V. A., Reny Rochmawati, & Irianto. (2023). *Analisis Pondasi Bored Pile dengan Variasi Diameter pada Proyek Rumah Sakit Bhayangkara menggunakan Software GEO5*.
- Simalango, S. P., Purba, A., & Sawito, K. (2021). *Studi Perencanaan Pondasi Sumuran Pada Pembangunan Gedung Bertingkat Tinggi (Perbandingan Antara Pondasi Tiang Pancang dan Pondasi Sumuran)*.
- SNI 4153:2008. (n.d.). *Petunjuk Teknis Pengujian Tanah, Bina Marga*.
- Sulistyowati, T. (2024). *Modul Perancangan Pondasi Dangkal*. www.ft.unram.ac.id
- Triastuti, N. S. (2022). *Berbagai macam pondasi*.

- Waruwu, J. K., & Hamzah, A. (2021). *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Sondir Pada Proyek Pembangunan Pasar Baru Panyabungan Kabupaten Madina*.
- Waruwu, P. P., & Tanjung, D. (2022). *Analisa Daya Dukung Pondasi Sumuran Pada Proyek Pembangunan Gudang Di Kabupaten Deli Serdang*. In *JTSIP* (Vol. 1, Issue 1).
- Widojoko, lilies. (2015). *Analisa Dan Desain Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Bentuk Tiang*.

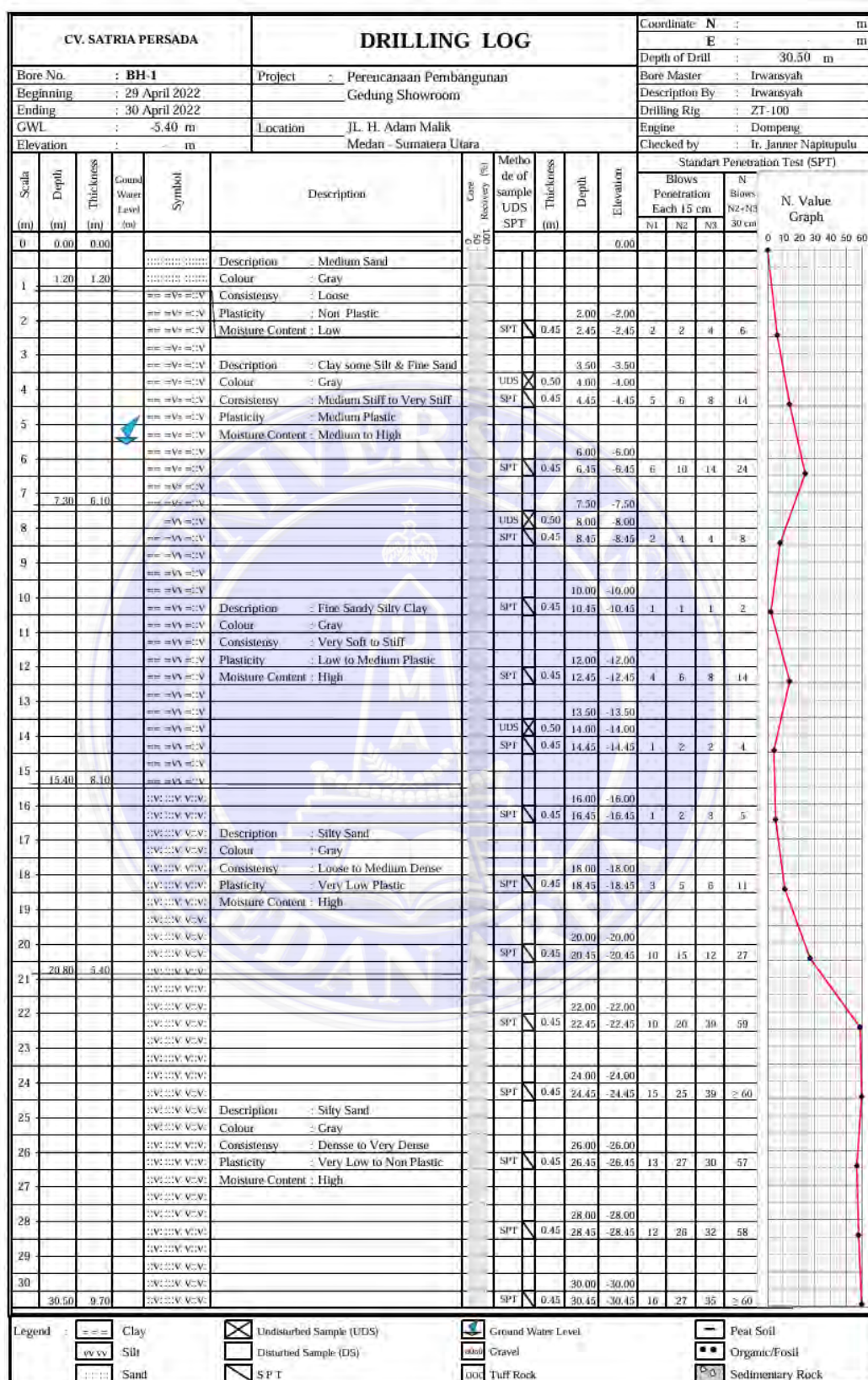


LAMPIRAN

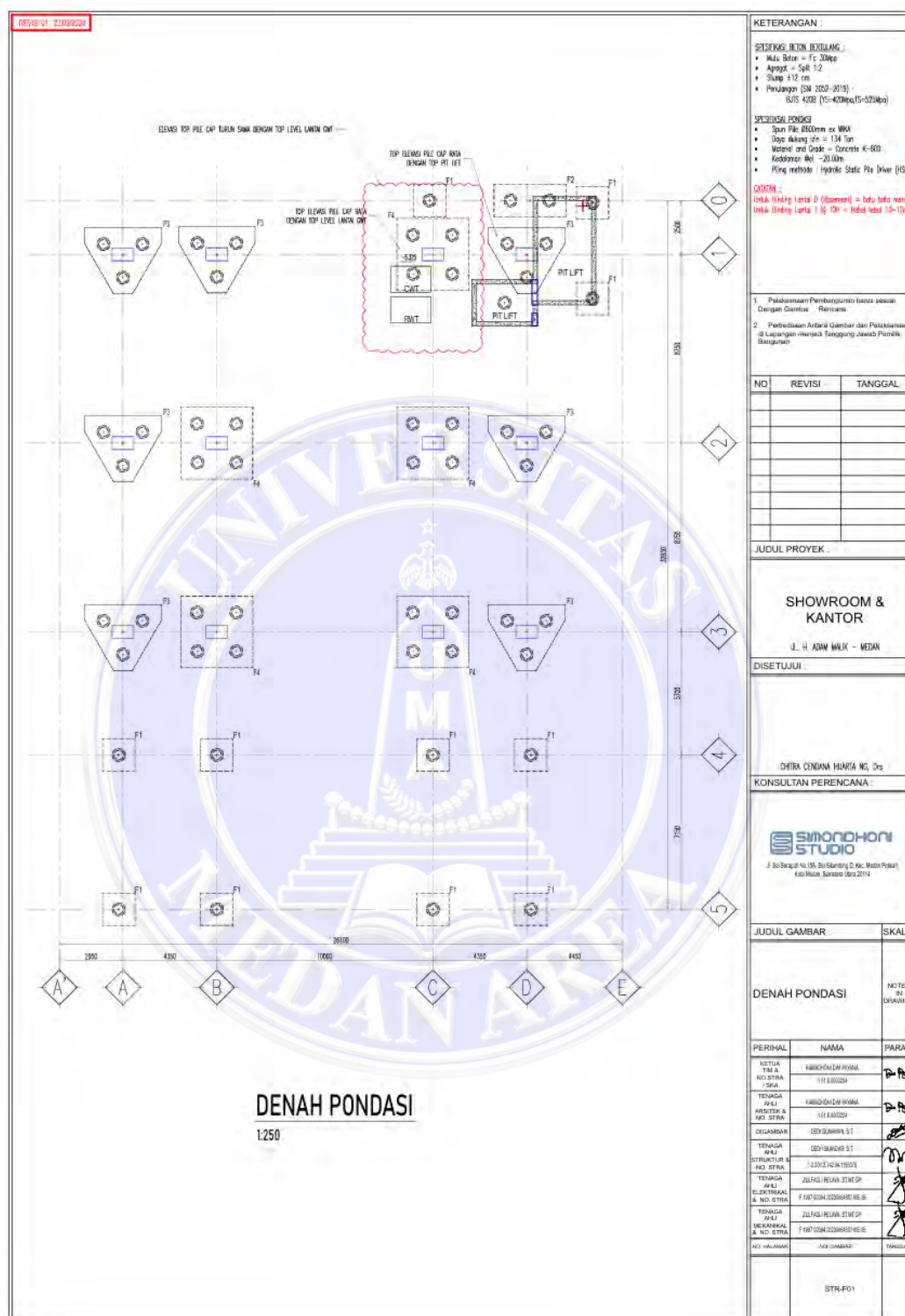
Titik-Titik Pengujian Tanah di Lapangan

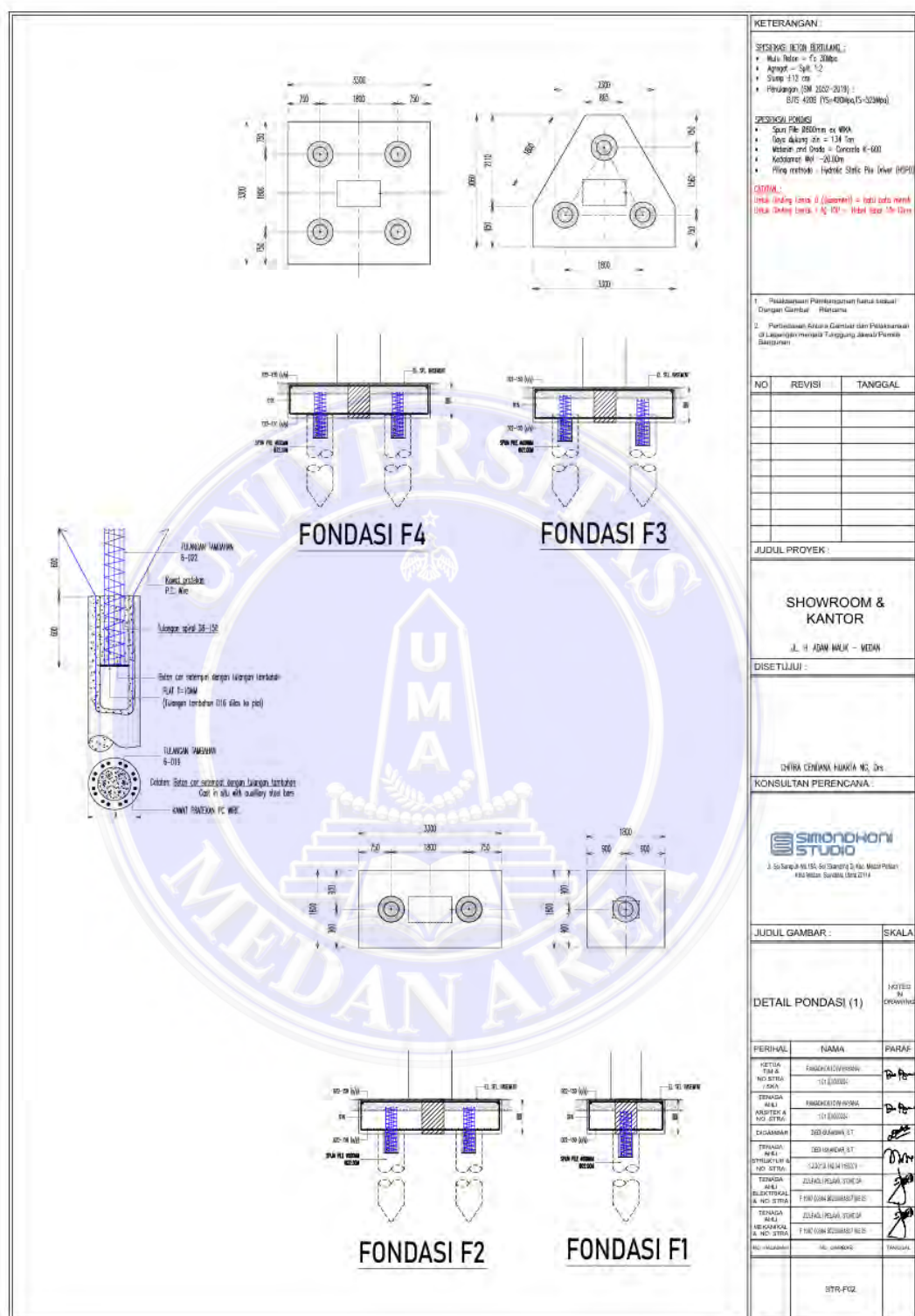


Hasil Pengujian Tanah (SPT)

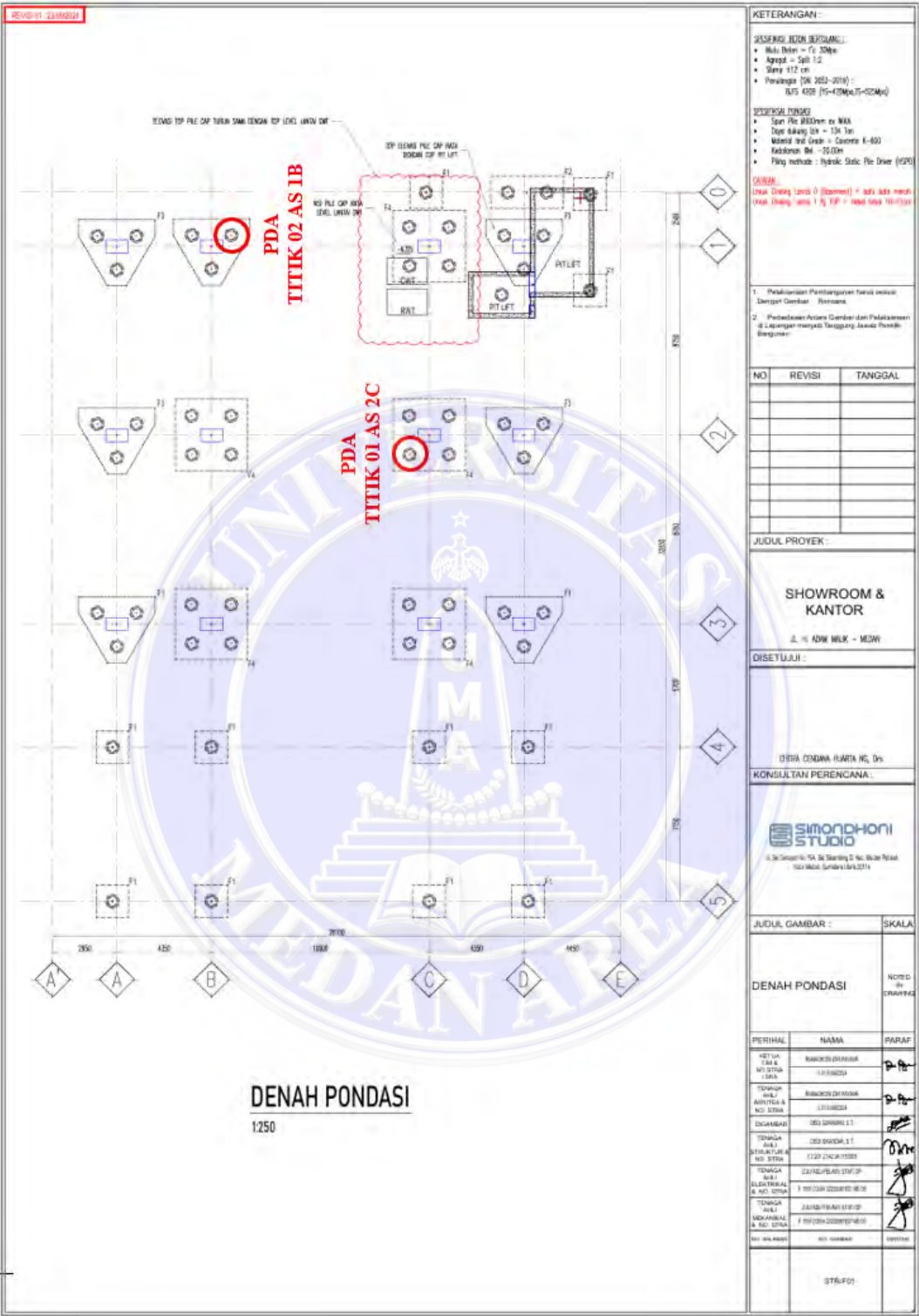


Denah Pondasi dan Penampang Pile Cap





Titik Pelaksanaan PDA Test



Pelaksanaan PDA Test



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/7/26

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