

EVALUASI PONDASI TIANG PANCANG DENGAN *PILE DRIVING ANALYZER* DAN FORMULA *MEYERHOFF* PADA STRUKTUR TANGKI TIMBUN DI KUALA TANJUNG

SKRIPSI

Diajukan Untuk Syarat Dalam Sidang Sarjana
Universitas Medan Area

Disusun Oleh :

MUHAMMAD FARIZ SEPRIANDI
168110006



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

EVALUASI PONDASI TIANG PANCANG DENGAN *PILE DRIVING ANALYZER* DAN FORMULA *MEYERHOFF* PADA STRUKTUR TANGKI TIMBUN DI KUALA TANJUNG

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Mendapatkan Sarjana Teknik
Universitas Medan Area**

Oleh :

MUHAMMAD FARIZ SEPRIANDI
168110006

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II



(Ir. H. Irwan, MT)



(Suranto, ST, MT)

Mengetahui :

Dekan

Ka. Prodi Sipil



(Dr. A. Dina Maizana, MT)



(Susilawati, S.Kom, M.Kom)

LEMBAR 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 ditulis sumbernya secara jelas 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 dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Oktober 2021



(Muhammad Fariz Sepriandi)

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

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

Nama : Muhammad Fariz Sepriandi

NPM : 168110006

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi / Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

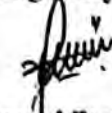
“Evaluasi Pondasi Tiang Pancang dengan *Pile Driving Analyzer* dan Formula *Meyerhoff* pada Struktur Tangki Timbun di Kuala Tanjung”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir / Skripsi / Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 11 Oktober 2021

Yang Menyatakan,


(Muhammad Fariz Sepriandi)

iii

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami ucapkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini dengan baik serta tepat pada waktunya. Dalam makalah ini penulis akan membahas tentang Evaluasi Pondasi Tiang Pancang dengan *Pile Driving Analyzer* dan Formula *Meyerhoff* pada Struktur Tangki Timbun di Kuala Tanjung. Makalah ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Skripsi bagi para Mahasiswa dari Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dalam proses penyusunan proposal tugas akhir ini tentunya penulis mendapatkan bimbingan, arahan, kritik serta saran dari berbagai pihak. Untuk itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Keluarga besar yang selalu memberikan dukungan serta do'a yang tulus tiada henti.
2. Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor UMA.
3. Dr. Ir. Dina Maizana, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik.
4. Susilawati, S.Kom, M.Kom, selaku Kaprodi Teknik Sipil.
5. Hermansyah, ST, MT, selaku Dosen Penasihat Akademik
6. Ir. H. Irwan, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
7. Suranto, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
8. Seluruh Engineer dan karyawan PT. Lyduma Internas Consultant.

9. Semua Pihak yang telah membantu dengan tulus dan ikhlas yang tidak bisa saya sebutkan satu – persatu, terima kasih semuanya.

Saya menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan proposal tugas akhir ini, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan proposal tugas akhir ini. Demikian proposal tugas akhir ini dibuat, semoga bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Medan, 11 Oktober 2021



(Muhammad Fariz Sepriandi)



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
ABSTRAK	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Maksud Dan Tujuan	3
1.5 Penelitian Yang Sudah Dilakukan.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pondasi.....	6
2.2 Pondasi Tiang Pancang (<i>Pile Foundation</i>)	6
2.3 Pemancangan Tiang Pancang Sistem Hidrolik (<i>Hidraulic Jack In</i>).....	9
2.4 PDA (Pile Driving Analyzer).....	9
2.4.1 CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program).....	11
2.4.2 <i>Meyerhoff</i> (1956)	11
2.4.3 Bagan Pemasangan Instrument.....	13
2.4.4 Data Pemancangan Yang Diberikan Kepada Penguji.....	14
2.4.5 Data dan Parameter Pengujian PDA Test	14
2.4.6 Refusal dan Ultimate.....	16
2.4.7 Safety Factor.....	18
2.5 SPT (Standard Penetration Test)	20
2.6 Karakteristik Tanah	23
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Lokasi Penelitian	24
3.2 Metode Pengumpulan Data	26

3.2.1 Data Standard Penetration Test	34
3.3 Metode Kerja	35
3.3.1 Prosedur Perencanaan Pondasi Tiang	35
3.3.2 Kelompok Tiang Pancang	36
3.3.3 Jarak Antar Kelompok Tiang	37
3.3.4 Metode Pembebanan Quick Maintained Load Test Method (QM Test)	38
3.3.5 Efisiensi Kelompok Tiang	39
3.3.6 Pengujian PDA Test	40
3.4 Bagan Alir	41
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Hasil	42
4.1.1 Hasil <i>Pile Driving Analyzer</i> (PDA)	42
4.1.2 Hasil Metode <i>Meyerhoff</i>	43
4.2 Pembahasan	46
4.2.1 Ringkasan Hasil CAPWAP dari tiap-tiap pancang	46
4.2.2 Variasi Kuat Dukung Pada Setiap Lapisan Tanah	48
4.2.3 Perbandingan Metode <i>PDA Test</i> Dan <i>Meyerhoff</i>	49
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian yang sudah dilakukan.....	4
Tabel 2.1 Tabel koefisien tanah.....	13
Tabel 2.2 Kode dan keterangan pada alat PDA (ASTM D-4945-1996).....	14
Tabel 2.3 Global Safety Factor (D-4945-1996)	19
Tabel 2.4 Pelapisan tanah berdasarkan BH-02.....	23
Tabel 3.1 Spesifikasi tiang pancang spun pile dia. 450 mm Tipe A1	30
Tabel 3.2 Mutu beton dan kuat dukung tiang pancang spun pile dia. 450 mm Tipe A1.....	30
Tabel 3.3 Data SPT tanah.....	34
Tabel 4.1 Ringkasan hasil <i>CAPWAP</i> (<i>Summaries of CAPWAP Results</i>)	42
Tabel 4.2 Kuat Dukung Ultimit Tiang Tunggal (<i>Single Pile</i>).....	43
Tabel 4.3 Daya dukung ultimit (Q_u) pondasi tiang pancang dari data SPT	45
Tabel 4.4 Perbandingan daya dukung ultimit (Q_u) formula Meyerhoff dan PDA Test.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pile driving analyzer (ASTM D-4945-1996)	10
Gambar 2.2 Rencana pemasangan PDA test (ASTM D-4945-1996)	13
Gambar 2.3 Monitor alat PDA (ASTM D-4945-1996)	15
Gambar 2.4 Proses pelaksanaan PDA test (ASTM D-4945-1996)	16
Gambar 2.5 Skema urutan SPT (SNI 4153-2008).....	20
Gambar 2.6 Contoh palu yang biasa digunakan dalam uji SPT (SNI 4153-2008)...	22
Gambar 3.1 Lokasi proyek (Sumber: Google Map)	25
Gambar 3.2 Tampak atas lahan proyek (Sumber: Google Earth)	25
Gambar 3.3 Luas area proyek (Sumber: Google Earth)	26
Gambar 3.4 Denah tangki timbun (Sumber: Google Earth)	28
Gambar 3.5 Denah titik – titik tiang pancang sebanyak 76 titik Ø 450mm	29
Gambar 3.6 Profil memanjang struktur pondasi tangki timbun	29
Gambar 3.7 Lokasi Bore Hole dan Sondir (CV. MGS, 2017)	31
Gambar 3.8 Denah titik pancang eksisting (PT. PTI, 2017)	32
Gambar 3.9 Lokasi <i>PDA Test</i> untuk tangki 5000 MT (PT. GSI, 2017)	33
Gambar 3.10 N-SPT terhadap kedalaman untuk <i>boring hole</i> tangki 5000 MT	35
Gambar 3.11 Kelompok tiang pancang	37
Gambar 3.12 Jarak kelompok tiang pancang	37
Gambar 3.13 Bagan alir penelitian	37
Gambar 4.1 Grafik hubungan kuat dukung ultimit (Q_u) pondasi tiang pancang berdasarkan data <i>N-SPT</i> tanah dengan kedalaman tiang	48
Gambar 4.2 Grafik perbandingan metode <i>PDA Test</i> dan <i>Meyerhoff</i>	49

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel 1 Daya dukung tiang pancang diameter 30 cm berdasarkan hasil BH-02 ..	54
Tabel 2 Daya dukung tiang pancang diameter 40 cm berdasarkan hasil BH-02 ..	54
Tabel 3 Daya dukung tiang pancang diameter 50 cm berdasarkan hasil BH-02 ..	55
Gambar 1 Grafik daya dukung tiang pancang berdasarkan nilai N-SPT pada titik <i>borehole</i> BH-02	55
Gambar 2 Drilling Log BH-01	56
Gambar 3 Drilling Log BH-02	57
Gambar 4 Drilling Log BH-03	58
Gambar 5 Drilling Log BH-04	59
Gambar 6 Drilling Log BH-05	60
A. Boring dan Standard Penetration Test (SPT).....	61
Tabel A1. Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH-01	61
Tabel A2. Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH-02	61
Tabel A3. Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH-03	61
Tabel A4. Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH-03	62
Tabel A5. Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH-03	62
Tabel A6. Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH-03	62
Gambar A1. N-SPT terhadap kedalaman untuk BH-01, BH – 02. BH – 03, BH – 04 & BH – 05.....	63
B. Foto Dokumentasi Lapangan.....	64
I. Persiapan Kepala Tiang	64
II. Persiapan Angkur Sensor	65

ABSTRAK

Pelaksanaan pembangunan struktur tangki timbun yang kokoh sangat membutuhkan suatu pondasi yang kuat. Pembangunan struktur tangki timbun tersebut juga harus didukung dengan adanya pondasi tiang pancang yang berguna untuk menyalurkan beban dari atas menuju ke bawah hingga ke tanah kerasnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung dukung ultimit (Q_u) tiang pancang tunggal dari hasil perhitungan formula *Meyerhoff* dan *PDA Test*. Dalam penelitian ini, perhitungan tiang pancang menggunakan metode formula *Meyerhoff*. Digunakan data sekunder berupa data *SPT*, data pemancangan, gambar rencana dan *PDA Test*. Dihitung kuat dukung statik dan dinamik. Berdasarkan nilai *PDA Test* pada nomor tiang P-687 dengan kedalaman tiang 47,5 meter di dapat daya dukung friksi (Q_s) sebesar 222 ton, daya dukung ujung (Q_p) sebesar 10 ton, dan daya dukung ultimit (Q_u) sebesar 232 ton. Kemudian hasil analisis dari formula *Meyerhoff* pada titik BH-2 dengan kedalaman tiang 30,45 meter di dapat daya dukung friksi (Q_s) sebesar 86,76 ton, daya dukung ujung (Q_p) sebesar 172,10 ton, dan daya dukung ultimit (Q_u) sebesar 258,86 ton. Nilai daya dukung ultimit (Q_u) dari nilai *PDA Test* cenderung lebih kecil dengan nilai daya dukung ultimit (Q_u) dari formula *Meyerhoff*. Berdasarkan data pengujian daya dukung tiang pancang tunggal, didapatkan bahwa perbedaan nilai daya dukung dari data *Standard Penetration Test* dan *PDA Test* cukup signifikan karena analisis daya dukung ultimit formula statik (data *SPT*) hanya menganalisis tiang pancang tunggal berdasarkan sifat-sifat tanah asli.

Kata Kunci : Tiang Pancang, Kapasitas Dukung, Pondasi, Tangki Timbun.

ABSTRACT

Implementation of the construction of a storage tank structure requires a strong foundation. The construction of the storage tank structure must also be supported by the presence of a pile foundation which is useful for distributing the load from above to the bottom to the hard ground. The purpose of this study is to determine the ultimate bearing capacity (Q_u) of a single pile from the calculation of the Meyerhoff formula and PDA Test. In this study, the calculation of piles used the Meyerhoff formula method. Secondary data is used in the form of SPT data, erection data, drawing plans and PDA Test. The static and dynamic bearing strength is calculated. Based on the PDA Test value on the pile number P-687 with a pile depth of 47.5 meters, the friction bearing capacity (Q_s) of 222 tons, the end bearing capacity (Q_p) of 10 tons, and the ultimate bearing capacity (Q_u) of 232 tons. Then the results of the analysis of the Meyerhoff formula at point BH-2 with a pile depth of 30.45 meters can be obtained friction bearing capacity (Q_s) of 86,76 tons, end bearing capacity (Q_p) of 172.10 tons, and ultimate bearing capacity (Q_u) of 258,86 tons. The ultimate bearing capacity value (Q_u) from the PDA Test value tends to be smaller than the ultimate bearing capacity value (Q_u) from the Meyerhoff formula. Based on the test data for the carrying capacity of a single pile, it was found that the difference in the carrying capacity values of the Standard Penetration Test and PDA Test data is quite significant because the analysis of the carrying capacity of a single pile (SPT data) only analyzes a single pile based on the properties of the original soil.

Keywords : Pile, Bearing Capacity, Foundation, Storage Tank.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pertumbuhan ekonomi Provinsi Sumatera Utara yang dapat dilihat dari lajunya tingkat pembangunan tangki timbun atau tangki penyimpanan. Tangki penyimpanan atau *storage tank* menjadi bagian yang penting dalam suatu proses industri kimia karena tangki penyimpanan tidak hanya menjadi tempat penyimpanan bagi produk dan bahan baku serta dapat menjaga produk atau bahan baku. Produk atau bahan baku yang terdapat pada industri kimia berupa *liquid* atau gas, namun tidak tertutup kemungkinan juga dalam bentuk padatan (*solid*).

Dalam mendesain tangki, konsultan perencana harus merencanakan tangki dengan baik terutama untuk menahan gaya gempa yang mungkin terjadi. Jika tangki tidak direncanakan dengan baik, maka kerusakan pada tangki dapat mengakibatkan kerugian jiwa maupun materi yang cukup besar. Pada umumnya permasalahan pondasi dalam lebih rumit dari pada pondasi dangkal. Oleh karenanya dibutuhkan suatu perencanaan yang matang untuk menghitung kuat daya dukung pondasi. Daya dukung pondasi pada tanah perlu dianalisis agar dapat menahan beban konstruksi yang direncanakan sehingga tidak mengalami penurunan yang berlebih.

Jenis pondasi yang digunakan pada proyek Pembangunan Tangki Timbun Kuala Tanjung yaitu pondasi tiang pancang (*spun pile*). Daya dukung pondasi tiang pancang (*spun pile*) diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser

(*friction bearing capacity*) yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara tiang pancang dan tanah di sekelilingnya. Metode yang digunakan diantaranya pengujian beban langsung di lapangan yaitu *Pile Driving Analyzer* (PDA) dan *loading test*. Nilai kapasitas daya dukung yang dihasilkan dari metode di atas pada umumnya tidaklah sama.

Oleh karena itu peneliti tertarik untuk mengkaji “Evaluasi Pondasi Tiang Pancang dengan *Pile Driving Analyzer* dan Formula *Meyerhoff* pada Struktur Tangki Timbun di Kuala Tanjung”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, maka peneliti merumuskan permasalahan, sebagai berikut :

- a) Bagaimana hasil analisis daya dukung ultimit (Q_u) tiang pancang tunggal dari hasil perhitungan formula *Meyerhoff* (1956) dan *Pile Driving Analyzer* (PDA) Test berdasarkan data penyelidikan tanah dan pemancangan.
- b) Bagaimana perbedaan daya dukung ultimit (Q_u) tiang pancang tunggal dari hasil analisis data PDA Test terhadap data tanah tak terganggu di lokasi yaitu data *Standard Penetration Test*.

1.3 Lingkup Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan dapat lebih terarah dan sesuai yang diharapkan, maka penelitian dibatasi pada hal-hal seperti berikut :

- a) Evaluasi masalah pondasi tangki timbun seperti penurunan pondasi yang diambil dari uji *Pile Driving Analyzer* (PDA).

- b) Tiang pancang yang digunakan dari beton bertampang lingkaran dengan diameter 300 mm. Jenis beton prategang yang di produksi oleh WIKA dengan spesifikasi yang berstandard SNI Tahun 1991.

1.4 Maksud Dan Tujuan

Maksud dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengevaluasi pondasi tiang pancang dengan pengujian *Pile Driving Analyzer (PDA)* dan formula *Meyerhoff* pada struktur tangki timbun di kuala Tanjung.

Sedangkan untuk tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a) Mengetahui daya dukung ultimit (Q_u) tiang pancang tunggal berdasarkan data *PDA Test* terhadap perhitungan formula *Meyerhoff*.
- b) Mengetahui perbedaan daya dukung ultimit (Q_u) pada tiang pancang tunggal dan mendapatkan nilai yang lebih efisien.

1.5 Penelitian Yang Sudah Dilakukan

Penelitian terdahulu adalah salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Berdasarkan penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis, yaitu sebagai berikut.

Tabel 1.1 Penelitian yang sudah dilakukan.

No.	Judul	Tahun	Hasil atau Kesimpulan
1	Uji Kinerja Daya Dukung Individu Pondasi Tiang Dengan Alat Instrument Kontrol <i>Pile Drive Analyzer Test</i> Di Refinery Unit V Balikpapan	2018	Hasil uji pembebanan dinamis meliputi kapasitas dukung termobilisasi berupa beban kerja per-tiang. 205-215 ton, ditentukan oleh beban dan energy dengan maksimum yang dapat ditransfer adalah 2,78 ton/m dan tiang pancang dalam kondisi utuh, maka kapasitas dukung termobilisasi dengan dengan safety factor. 2.0 yang dihasilkan nilainya memenuhi target beban rencana dengan penurunan (displacement) dan masih dalam batas yang aman.
2	Evaluasi Pondasi Tiang Dengan <i>Pile Driven Analysis</i> (PDA) Di Kota Palembang	2013	Hasilnya adalah daya dukung ultimit dan penurunan tiang pada tiga lokasi yang uji masih cukup aman, tetapi untuk uji integritas/keutuhan tiang hanya pada lokasi Gedung Pendidikan POLSRI yang melaporkannya. Sehingga kualitas pengerjaan dan pengujian tiang untuk lokasi lainnya secara eksplisit tidak diketahui.
3	Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode Analitis Dan Metode Elemen Hingga Pada Bore Hole II (Study Kasus Pembangunan Bendung Bajayu Sei Padang Kabupaten Serdang Bedagai Sumatera Utara)	2017	Hasilnya adalah nilai daya dukung tanah berdasarkan hasil SPT, PDA test, dan kalendering (metode ENR), dan metode elemen hingga tidak jauh berbeda, sehingga dapat digunakan sebagai pembanding.
4	Studi Pembebanan Tiang Dengan PDA Test Di	2013	Dari hasil analisis di dapat nilai daya dukung tiang pancang pada tiang berdasarkan Metode Statik,

	Pelabuhan PT. Semen Tonasa Biringkassi	Metode Dinamik, dan PDA Test, maka Metode Statik (Pers. Mayerhoff dari data SPT) = 229 Ton, secara konservatif dan aman digunakan dalam perencanaan pelabuhan khusus ini. Namun pada beberapa tiang, didapat hasil yang lebih rendah. Hal ini di sebabkan oleh karena tiang yang dipilih belum memenuhi syarat pengujian PDA Test (Minimal 14 Hari Setelah Pemancangan untuk memberikan kesempatan tanah mencapai pemulihan dari kondisi pemancangan), namun tiang No.66 ini masih dapat diterima oleh karena masih memenuhi syarat faktor keamanan yang dituntut dari desain yang ditetapkan.
5	Korelasi Daya Dukung Pondasi Tiang Antara Static Loading Test Dengan Pile Driving Analyzer	2014 Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa daya dukung ultimate hasil SLT yang diinterpretasikan dengan metode Chin dan Davisson paling mendekati nilai beban ultimate rencana sedangkan daya dukung ultimate hasil SLT yang diinterpretasikan dengan metode Decourt dan Mazurkiewicz cenderung lebih besar dari nilai beban ultimate rencana. Dari keempat perbandingan nilai daya dukung ultimate SLT dan PDA, nilai daya dukung ultimate SLT yang diinterpretasikan dengan metode Chin mempunyai rentang yang paling kecil jika dibandingkan dengan daya dukung ultimate hasil PDA.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil. Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (upper structure) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi. Salah satu jenis pondasi bangunan adalah pondasi tiang pancang (*pile*). Fungsi tiang ini sebagai penahan dan penyalur beban dari struktur atas ke tanah dalam yang dijadikan landasan. (*Digital Library Universitas Lampung, 2014*).

2.2 Pondasi Tiang Pancang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang pancang adalah suatu struktur pondasi berbentuk tiang yang penempatannya pada lapisan tanah pendukung. Sistem kerja pondasi jenis ini dikaitkan dengan kapasitas dukung tanah, didasarkan pada kapasitas dukung ujung tiang maupun lekatan tanah pada keliling permukaan tiang pancang (*Sardjono, 1988*).

Pondasi tiang pancang ini biasanya digunakan dalam pembangunan ruko dan perumahan, namun ada juga digunakan untuk pondasi tangki timbun. Pondasi tiang pancang ini memiliki berbagai cara, tergantung pada penggunaan alat yang dipakai. Pemasangan pondasi tiang pancang ini dapat menggunakan *hammer* dan alat *jacking pile*. Setiap alat yang di gunakan dalam proses pemasangan ini memiliki cara dan keunggulan tersendiri (*Leni Lita, 2018*).

Menurut *Christoffoer Polhem (1740)* menemukan peralatan pile driving yang mana menyerupai mekanisme Pile driving saat ini. Tiang baja (*steel pile*) sudah digunakan selama 1800 dan tiang beton (*concrete pile*) sejak 1900. Revolusi industri membawa perubahan yang penting pada sistem pile driving melalui penemuan mesin uap dan mesin diesel. Lebih lagi baru-baru ini, meningkatnya permintaan akan rumah dan konstruksi memaksa para pengembang memanfaatkan tanah-tanah yang mempunyai karakteristik yang kurang bagus. Hal ini membuat pengembangan dan peningkatan sistem *pile driving*. Saat ini banyak teknik-teknik instalansi tiang pancang bermunculan.

Seperti tipe pondasi yang lainnya, tujuan dari pondasi tiang adalah:

- a. Untuk menyalurkan beban pondasi ke tanah keras.
- b. Untuk menahan beban vertikal, lateral, dan beban uplift.

Struktur yang menggunakan pondasi tiang pancang apabila tanah dasar tidak mempunyai kapasitas daya pikul yang memadai. Kalau hasil pemeriksaan tanah menunjukkan bahwa tanah dangkal tidak stabil dan kurang keras apabila besarnya hasil estimasi penurunan tidak dapat diterima pondasi tiang pancang dapat menjadi bahan pertimbangan. Lebih jauh lagi, estimasi biaya dapat

menjadi *indicator* bahwa pondasi tiang pancang biayanya lebih murah daripada jenis pondasi yang lain dibandingkan dengan biaya perbaikan tanah.

Dalam kasus konstruksi berat, seperti halnya bahwa kapasitas daya pikul dari tanah dangkal tidak akan memuaskan, dan konstruksi seharusnya dibangun di atas pondasi tiang. Tiang pancang juga digunakan untuk kondisi tanah yang normal untuk menahan beban horizontal. Tiang pancang merupakan metode yang tepat untuk pekerjaan di atas air, seperti *jetty* atau dermaga. Adapun salah satu pengujian pada pekerjaan pondasi tiang (pancang maupun bor) adalah dengan melaksanakan *PDA Test* dan hasil *PDA* di analisis lebih lanjut dengan *CAPWAP* (*Case Pile Wave Analysis Program*), yaitu program aplikasi analisis numerik yang menggunakan masukan data gaya (*force*) dan kecepatan (*velocity*) yang diukur oleh *PDA*, juga menghasilkan distribusi daya dukung tanah sepanjang tiang dan simulasi pembebanan statik. (*Christoffoer Polhem, 1740*).

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan beban yang bekerja padanya (*Sardjono HS, 1988*).

Atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman > 8 m (*Bowles, 1991*).

2.3 Pemancangan Tiang Pancang Sistem Hidrolik (*Hydraulic Jack In*)

Hidrolik Sistem adalah suatu metode pemancangan pondasi tiang dengan menggunakan mekanisme hydraulic jacking foundation system, dimana sistem ini telah mendapatkan hak paten dari United States, United Kingdom, China dan New Zealand (*Peurifor et al, 2006*).

Sistem ini terdiri dari suatu hydraulic ram yang ditempatkan paralel dengan tiang yang akan dipancang, dimana untuk menekan tiang tersebut ditempatkan sebuah mekanisme berupa plat penekan yang berada pada puncak tiang dan juga ditempatkan sebuah mekanisme pemegang (grip) tiang, kemudian tiang ditekan ke dalam tanah. Dengan sistem ini tiang akan tertekan secara kontiniu ke dalam tanah, tanpa suara, tanpa pukulan dan tanpa getaran (*Chow and Tan, 2010*).

Penempatan sistem penekan hydraulic yang senyawa dan menjepit pada dua sisi tiang menyebabkan didapatkannya posisi titik pancang yang cukup presisi dan akurat. Ukuran diameter piston mesin hydraulic jack tergantung dengan besar kapasitas daya dukung mesin tersebut. Sebagai pembebanan, ditempatkan balok – balok beton atau plat – plat besi pada dua sisi bantalan alat yang pembebanannya disesuaikan dengan muatan yang dibutuhkan tiang (*Chan, 2006; Jackson, 2008*).

2.4 PDA (*Pile Driving Analyzer*)

Dalam metode ASTM D-4945-1996, PDA test ini dilakukan guna untuk mengetahui daya dukung axial tiang. Dari perhitungan, beberapa variabel uji dapat diukur seperti tekanan ultimate bearing, penggabungan tiang, beban maksimum pada tiang uji.



Gambar 2.1 Pile Driving Analyzer (ASTM D-4945-1996)

PDA Test pelaksanaannya mengacu pada ASTM D-4945 (*Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations*) : "This test method is used to provide data on strain or force and acceleration, velocity or displacement of a pile under impact force. The data are used to estimate the bearing capacity and the integrity of the pile, as well as hammer performance, pile stresses, and soil dynamic characteristics, such as soil damping coefficients and quake values. This test method is not intended to replace Test Method D 1143."

Analisis data PDA dilakukan dengan prosedur *Case Method*, yang meliputi pengukuran data kecepatan (*velocity*) dan gaya (*force*) selama pelaksanaan pengujian (*re-strike*) dan perhitungan variabel dinamik secara *real time* untuk mendapatkan gambaran tentang daya dukung pondasi tiang tunggal (ASTM D-4945-1996).

Dari PDA Test dengan menggunakan "*Case Method*" kita akan dapat mengetahui :

a. Kapasitas daya dukung tiang.

- b. Nilai keutuhan tiang.
- c. Penurunan (*displacement*) tiang.
- d. Efisiensi dari transfer energy pukulan palu (*hammer*) terhadap tiang

Pada umumnya, pengujian dengan metode PDA dilaksanakan setelah tiang mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan tumbukan palu (*hammer*) atau umur tiang telah mencapai 28 hari ASTM D-4945-1996).

2.4.1 CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*)

Analisis lanjutan yang dilakukan bersama dengan pengujian PDA adalah analisis CAPWAP yang merupakan salah satu metode *signal matching analysis* (SMA). Analisis ini menggunakan data yang diperoleh dari pengujian PDA untuk memberikan hasil analisis yang lebih detail (*ASTM D-4945-1996*).

Dari analisis CAPWAP kita akan mengetahui lebih rinci data yang diperoleh dari pengujian PDA Test, dengan tambahan informasi :

- a. Tahanan ujung pondasi tiang tunggal
- b. Tahanan friksi pondasi tiang tunggal
- c. Simulasi statik loading test

2.4.2 Meyerhoff (1956)

Daya dukung tiang berdasarkan data *SPT*, dapat dihitung berdasarkan *Meyerhoff*.

$$Q_p = C \cdot N \cdot A_p \text{ syarat } C \geq 40 \text{ jika tidak memenuhi pakai } 40 \dots \dots \dots (1.1)$$

$$C = 0,4 \frac{L}{D}$$

$$Q_s = f_s \cdot A_s \quad f_s = 0,204 \times N' \quad \text{atau} \dots \dots \dots (1.2)$$

$$Q_s = \frac{N' \cdot A_s}{10} \dots\dots\dots(1.3)$$

$$A_s = D \cdot \pi \cdot L$$

$$N' = \frac{N_0 + N_1}{n} \dots\dots\dots(1.4)$$

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots(1.5)$$

$$Q_a = \frac{Q_u}{3} \dots\dots\dots(1.6)$$

Dimana :

Q_p = Daya dukung ujung tiang

A_p = Luas dasar pile

D = Diameter pile

Q_s = Daya dukung ultimate akibat gesekan disepanjang tiang

A_s = Luas permukaan tiang pancang

L = Kedalaman penyelidikan di lapangan

Q_u = Daya dukung ultimate

Q_a = Daya dukung ijin

N = Nilai SPT

C = Koefisien tanah

K = Koefisien tanah

F_s = Skin fractional stress

N' = Nilai rata – rata N SPT sepanjang batang

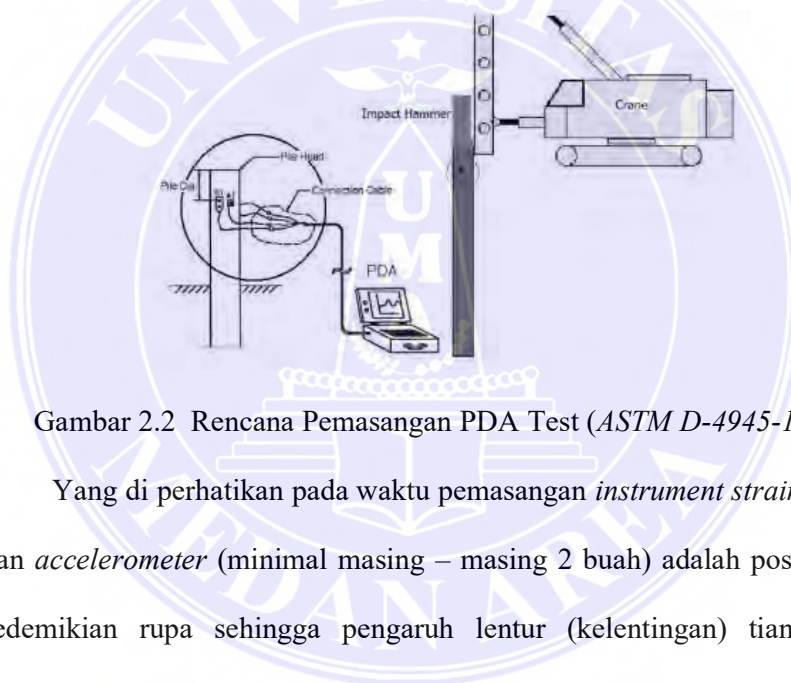
Dengan C = koefisien tanah, dapat dilihat dari tabel di bawah :

Tabel 2.1 Tabel koefisien tanah

Jenis Tanah	K (t/m ²)
Lempung	12
Lanau berlempung	20
Lanau berpasir	25
Pasir	40

Sumber : *PDA Report For Piles* oleh PT. Geo Struktur Indonusa.

2.4.3 Bagan Pemasangan Instrument



Gambar 2.2 Rencana Pemasangan PDA Test (*ASTM D-4945-1996*)

Yang di perhatikan pada waktu pemasangan *instrument strain transducer* dan *accelerometer* (minimal masing – masing 2 buah) adalah posisinya harus sedemikian rupa sehingga pengaruh lentur (kelentingan) tiang dapat di minimalkan (*ASTM D-4945-1996*).

Karena jika terjadi lenturan (*bending*) selama pelaksanaan *re-strike*, maka data yang diperoleh akan mengalami distorsi sehingga analisis yang dilakukan tidak akan akurat.

2.4.4 Data Pemancangan Yang Diberikan Kepada Penguji

Sebelum pelaksanaan pengujian, data berikut ini harus diberikan kepada penguji PDA, dan menjadi tanggung jawab Kontraktor yang melaksanakan pemancangan untuk memberikan data yang benar :

- a. Nomor identifikasi pondasi tiang.
- b. Tanggal pemancangan.
- c. Bentuk dan dimensi penampang tiang.
- d. Panjang total tiang.
- e. Panjang tertanam pondasi tiang.
- f. Konfigurasi sambungan tiang (jika menggunakan tiang sambungan)
- g. Data hammer yang digunakan untuk melaksanakan pengujian PDA (*re-strike*).

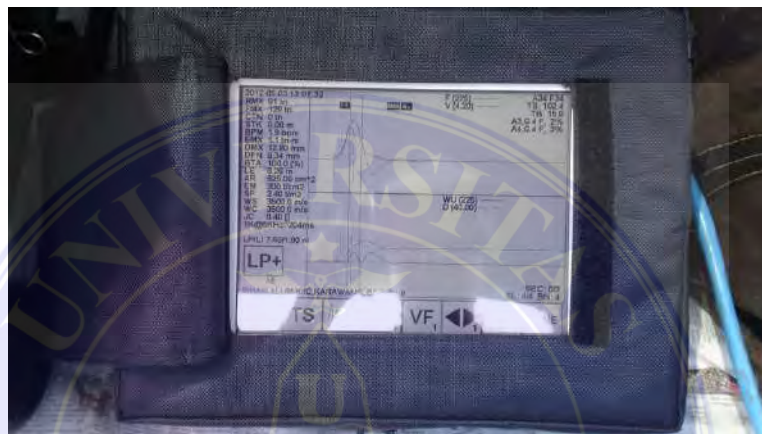
2.4.5 Data dan Parameter Pengujian PDA Test

Tabel 2.2 Kode dan keterangan pada alat PDA

KODE	KETERANGAN
BN	Pukulan
RMX	Daya dukung tiang [ton]
FMX	Gaya tekan maksimum [ton]
CTN	Gaya tarik maksimum [ton]
EMX	Energi maksimum yang di transfer [ton.m]
DMX	Penurunan maksimum [mm]
DFN	Penurunan permanen [mm]
STK	Tinggi jatuh palu [m]
BPM	Pukulan per menit
BTA	Nilai keutuhan tiang [%]

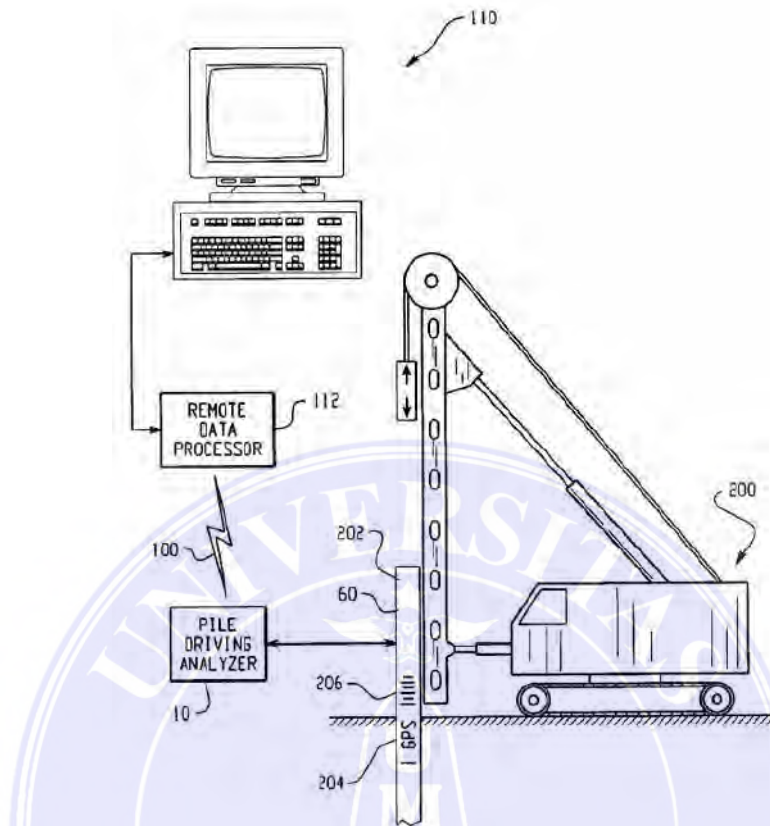
LE	Panjang tiang di bawah instrumen [m]
LP	Panjang tiang tertanam [m]
AR	Luas penampang tiang [cm ²]

Sumber : *ASTM D-4945-1996*



Gambar 2.3 Monitor alat PDA (*ASTM D-4945-1996*)

Penghentian *re-strike* dan perekaman data dilakukan setelah penguji yakin bahwa *hammer* telah memberikan energi *transfer* maksimum yang mampu dilakukannya. Gambar 2.4 Proses pelaksanaan PDA Test.



Gambar 2.4 Proses pelaksanaan *PDA Test*

Sumber : *ASTM D-4945-1996*

2.4.6 Refusal dan Ultimate

Pada pengujian dengan *PDA Test* akan diperoleh hasil daya dukung yang bersifat salah satu dari dua kondisi berikut :

- a. *Refusal*
- b. *Ultimate*

Pengertian daya dukung yang bersifat *refusal* adalah daya dukung yang terdeteksi / terdata dan di analisis merupakan daya dukung yang diperoleh dari kondisi pondasi tiang yang belum sepenuhnya termobilisasi. Kondisi belum sepenuhnya termobilisasi adalah kondisi di mana pondasi tiang belum mencapai

kapasitas tertinggi atau ultimate-nya. Kondisi ini dapat disebabkan karena pada saat pengujian / *re-strike* dilakukan, energi yang di *transfer* tidak cukup besar untuk memobilisasi seluruh kemampuan tahanan atau daya dukung pondasi tiang yang diuji. Pengertian daya dukung yang bersifat *ultimate* adalah daya dukung yang diperoleh dari kondisi pondasi tiang yang sudah termobilisasi sepenuhnya (*ASTM D-4945-1996*).

Dengan demikian angka daya dukung yang dihasilkan dari analisis PDA dan CAPWAP pada kondisi ini adalah benar-benar daya dukung *ultimate* atau batas yang dimiliki oleh pondasi tiang yang diuji. Kondisi *ultimate* ditentukan oleh salah satu dari :

- a. Telah bergerakinya tiang pancang akibat beban tertentu (beban *ultimate*) yang berarti terlampauinya tahanan friksi dan ujung dari pondasi tiang.
- b. Telah terlampauinya kemampuan material tiang pancang itu sendiri yang jika diteruskan dengan beban yang lebih berat akan mengakibatkan kegagalan pada bahan / material tiang pancang.

Kedua kondisi tersebut (*refusal* atau *ultimate*) dapat diterima selama daya dukung yang diperoleh masih memenuhi syarat faktor keamanan yang dituntut dari desain yang ditetapkan. Dari beberapa data yang diambil pada waktu pelaksanaan pengujian PDA, pada umumnya akan diambil satu grafik dan data yang paling baik dalam mewakili dan menggambarkan kekuatan atau daya dukung pondasi tiang yang diuji. Penentuan data tersebut pada umumnya diambil dari data transfer energi atau energi tersalurkan (*EMX*) yang paling besar atau maksimum selama pelaksanaan *re-strike* dan terdata dalam program yang digunakan (*ASTM D-4945-1996*).

2.4.7 Safety Factor

Safety Factor yang digunakan untuk pengujian PDA pada umumnya adalah 2,0.

Keterangan :

- a pengujian dinamis membutuhkan pencocokan sinyal
- b membutuhkan uji statis yang berhubungan
- c formula dinamis hanya untuk pasir – bukan lempung
- d < 2% statis
- e > 1% statis atau > 3% dinamis
- f SF lebih tinggi jika <3% dinamis atau <1% statis
- g “SF rendah jika >15% dinamis atau >3% statis, dan investigasi lokasi ekstensif dengan kontrol konstruksi yang cermat”
- h “tergantung pada jenis tiang, variabilitas lokasi, kondisi beban,dll”
- j tidak secara khusus ditujukan
- NA tidak dapat diterapkan
- NR tidak direkomendasikan

Tabel 2.3 Faktor Keamanan Global – Desain Tegangan Yang Diijinkan (*Australia*)

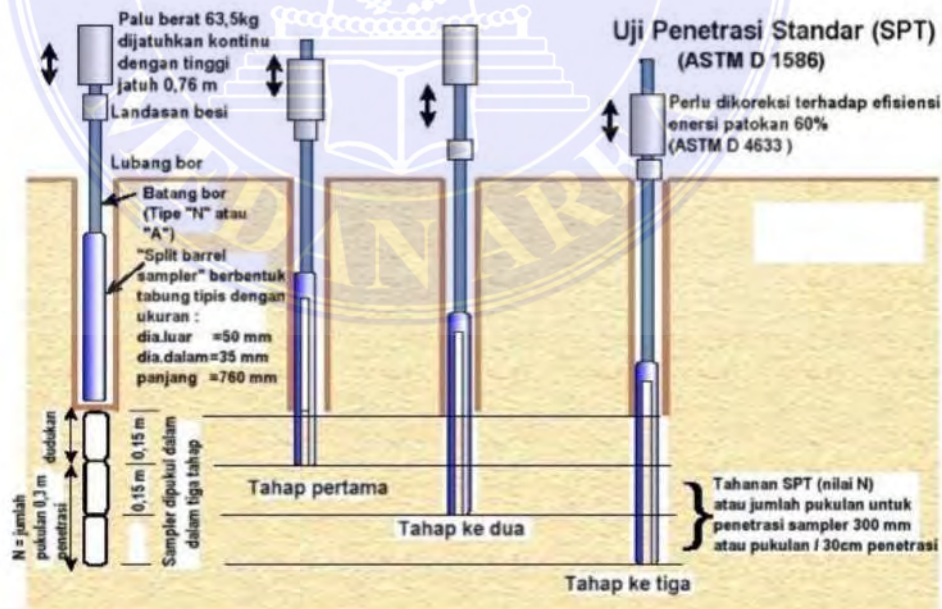
Kode	PDCA	AASHTO	IBC 2000	AS2159-95	ASCE (20-96) untuk jenis tiang pancang			ASCE
Tahun	2001	1992	2000	1995	1996			(pancang tanpa penggerak)
Desain Beban (catatan)	-	-	> 40T	-	16 s/d 40 T	40 s/d 100T	> 100T	> 100T
Analisis Statis (catatan)	3.50	3.50	6.00	2.12 s/d 3.44	NA	NA	NA	NA
Analisis Dinamis (catatan)	3.50	3.50	NA	2.50 s/d 3.06 (c)	2.0 s/d 2.4 (h)	NR	NR	NA
Persamaan Gelombang (catatan)	2.50	2.75	NA	2.50 s/d 3.06	1.8 s/d 2.2 (h)	1.9 s/d 2.3 (h)	NR	NA
Pengujian Dinamis (catatan)	1.9 to 2.1 (a)	2.25	2.00 (b)	1.72 s/d 2.12 (a, f, g)	1.6 s/d 2.0 (h)	1.7 s/d 2.0 (h)	2.0 s/d 2.4 (h)	2.6 s/d 3.6 (h)
Pengujian Statis (catatan)	1.8 to 2.0 (d)	2.00	2.00	1.53 s/d 1.93 (f, g)	1.5 s/d 1.8 (h)	1.6 s/d 1.9 (h)	1.8 s/d 2.2 (h)	2.3 s/d 3.2 (h)
Statis & Dinamis (catatan)	1.65 to 1.9 (a, b, e)	1.90	(j)	(j)	(j)	(j)	(j)	(j)

Sumber : *ASTM D-4945-1996*

2.5 SPT (Standard Penetration Test)

SPT dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui baik perlawanan dinamik maupun pengambilan contoh tanah dengan teknik penumbukan. Uji SPT terdiri atas pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah dan disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm (1 ft) secara vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu seberat 63,5 kg yang dijatuhkan bebas secara berulang dengan tinggi 76 cm.

Pelaksanaan pengujian dibagi atas tiga tahap berturut-turut setebal 15 cm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap kedua dan ketiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT dinyatakan dalam jumlah pukulan per 30 cm.



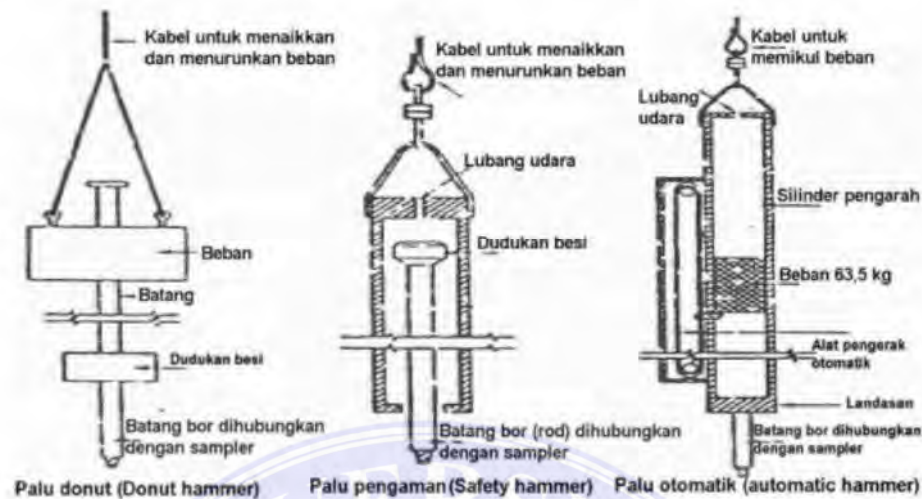
Gambar 2.5 Skema urutan SPT

Sumber : SNI 4153-2008

Jika tabung contoh tidak dapat dipukul sampai 450 mm, jumlah pukulan per masing-masing tahap setebal 150 mm dan masing-masing bagian tahap harus dicatat pada pencatatan log bor. Untuk bagian tahap kedalaman penetrasi harus dicatat sebagai tambahan pada jumlah pukulan, misalnya tahap 2 sebesar 50 pukulan untuk setiap 5 cm penetrasi. Metode uji ini dilakukan pada berbagai jenis tanah atau batuan lunak tetapi tidak dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik kerikil atau lempung lunak.

Uji SPT dilakukan di dasar lubang bor yang telah disiapkan dengan menggunakan metode pengeboran auger tangga putar atau metode bor putar. Pada waktu SPT dilakukan proses pengeboran dihentikan dan lubang bor dibersihkan dari sisa kotoran longsor tanah, kemudian tabung SPT disambungkan dengan stang bor dan diturunkan sampai kedalaman lubang bor kemudian dilakukan pengujian dengan interval 1,5 m. Tinggi tekan air dalam lubang bor harus diatur sedemikian rupa berada di atas muka air tanah untuk menghindari masuknya aliran air tanah ke dalam lubang bor.

Uji SPT dapat dihentikan bila telah tercapai 100 pukulan atau jumlah pukulan melebihi 50 pukulan untuk setiap 150 mm atau tabung gagal dimasukkan lebih lanjut selama 10 pukulan berurutan. Uji SPT dihentikan bila perlawanan penetrasi sudah melebihi 100 pukulan per 50 mm meskipun menurut ASTM D-1586 batasan ditentukan pada 50 pukulan per 25 mm.



Gambar 2.6 Contoh palu yang biasa digunakan dalam uji SPT

Sumber : SNI 4153-2008

Keuntungan dan kerugian SPT, yaitu sebagai berikut :

1. Keuntungan :

- Diperoleh contoh tanah terganggu dan data nilai N.
- Prosedur pengujian sederhana, yaitu dapat diuji secara manual.
- Pengujian dapat dilakukan pada sembarang jenis tanah maupun batuan lunak.
- Hasil pengujian penetrasi standar pada pasir dapat digunakan secara langsung untuk memprediksi nilai kerapatan relatif dan kapasitas daya dukung ultimit tanah.

2. Kerugian :

- Sampel dalam tabung SPT diperoleh dengan kondisi terganggu.
- Nilai N yang diperoleh merupakan data sangat kasar, bila digunakan untuk tanah lempung.
- Derajat ketidakpastian hasil uji SPT yang diperoleh bergantung pada kondisi alat dan operator.

- d. Untuk tanah yang mengandung banyak kerikil, hasil analisis tidak dapat dipercaya sepenuhnya.

2.6 Karakteristik Tanah

Pada penelitian ini, titik yang ditinjau oleh penulis adalah titik BH-02. Dari data hasil pengujian SPT dapat diketahui karakteristik tanahnya seperti yang tertera pada Tabel 2.4.

Kedalaman (m)	Deskripsi	Relative Density / Consistency
		Tanah Kohesif (N60); Tanah Berbutir (N1)60
0,00 – 0,30	Pasir	Sangat longgar NSPT = 1
0,30 – 18,0	Pasir tanah liat	Sangat lembut ke lembut NSPT = 1 – 60
18,0 – 30,0	Pasir halus	Sangat padat NSPT = 60 – 60

Tabel 2.4 Pelapisan tanah berdasarkan BH-02.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah dan rencana dari proses berfikir dan memecahkan masalah yang dimulai dari penelitian pendahuluan, penemuan masalah, pengamatan, pengumpulan data baik dari referensi tertulis maupun *observasi* langsung di lapangan. Pada tahapan metode penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data-data yang ada di studi kasus, selanjutnya dilakukan persiapan untuk mendapatkan tahapan informasi dengan mengumpulkan data sekunder.

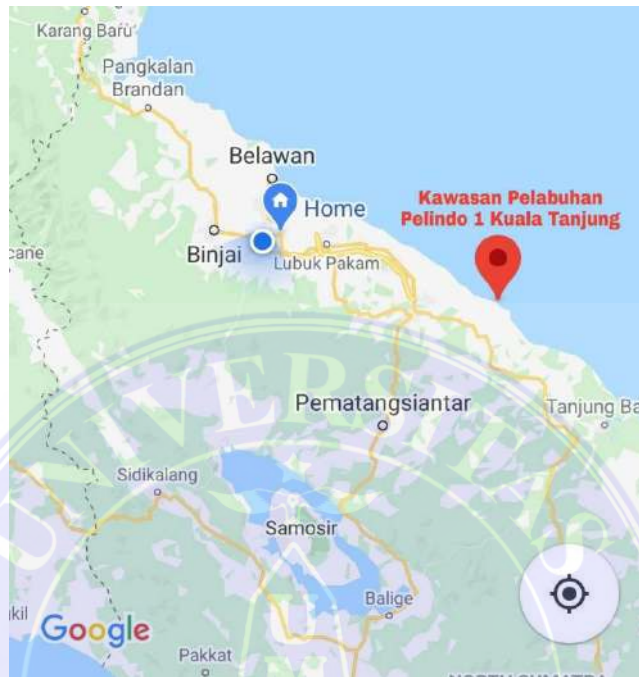
Pada bab ini membahas tentang lokasi penelitian, metode pengambilan data dan analisis data. Setelah data – data terkumpul maka dilakukan pengolahan data, setiap data yang telah dihitung kembali maka dilanjutkan dengan menganalisis studi kasus yang ada. Setelah analisis selesai, maka dilakukan perhitungan hasil yang menggunakan beberapa alternatif, sehingga biaya dan waktu yang didapat lebih efektif dan efisien.

Analisis data menggunakan metode analitis. Analitis berarti data yang sudah ada diolah sedemikian rupa sehingga menghasilkan hasil akhir yang dapat disimpulkan.

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek Pembangunan Tangki Timbun (*Storage Tanks*) di Kawasan Pelabuhan Pelindo 1 Kuala Tanjung, Kabupaten Batubara – Sumatera Utara. Seperti terlihat dalam gambar 1.9 dibawah ini,

penelitian ini dapat dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang mendukung penelitian.



Gambar 3.1 Lokasi proyek (Sumber : Google Map)



Gambar 3.2 Tampak atas lahan proyek (Sumber : Google Earth)



Gambar 3.3 Luas area proyek (Sumber : Google Earth)

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data demi tercapainya tujuan penulisan dan agar diperoleh data dan informasi yang dibutuhkan dalam pembahasan penulisan skripsi ini maka teknik pengambilan data melalui metode pengambilan data langsung dari lapangan (*Field Method*) yaitu pengumpulan data melalui hasil survey di lapangan berupa laporan pekerjaan dan gambar situasi yang didukung konsultasi dengan dosen pembimbing maupun dari pihak proyek.

Adapun sumber data yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Data Primer

Data primer merupakan yang diperoleh langsung dilapangan untuk dijadikan data dasar, namun dapat juga dijadikan pengontrol data yang sudah

tersedia pada data sekunder. Data – data yang berhubungan dengan data primer meliputi data hasil survey wawancara kepada pihak owner, kontraktor maupun konsultan.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh penyusun berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan rencana proyek, seperti Deskripsi Bangunan yaitu direncanakan pembangunan Tangki Timbun (*Storage Tanks*) di Kawasan Pelabuhan Pelindo 1 Kuala Tanjung, Kabupaten Batubara – Sumatera Utara. Dengan jumlah pancang per tangkinya adalah 76 tiang. Berikut adalah data – data yang digunakan dalam penulisan ini, yaitu :

- Tiang pancang dengan diameter 450mm
- Panjang tiang pancang 20 m (10 m + 10 m)
- Mutu tiang pancang 52 Mpa.
- Daya dukung rencana tiang pancang 75 ton.

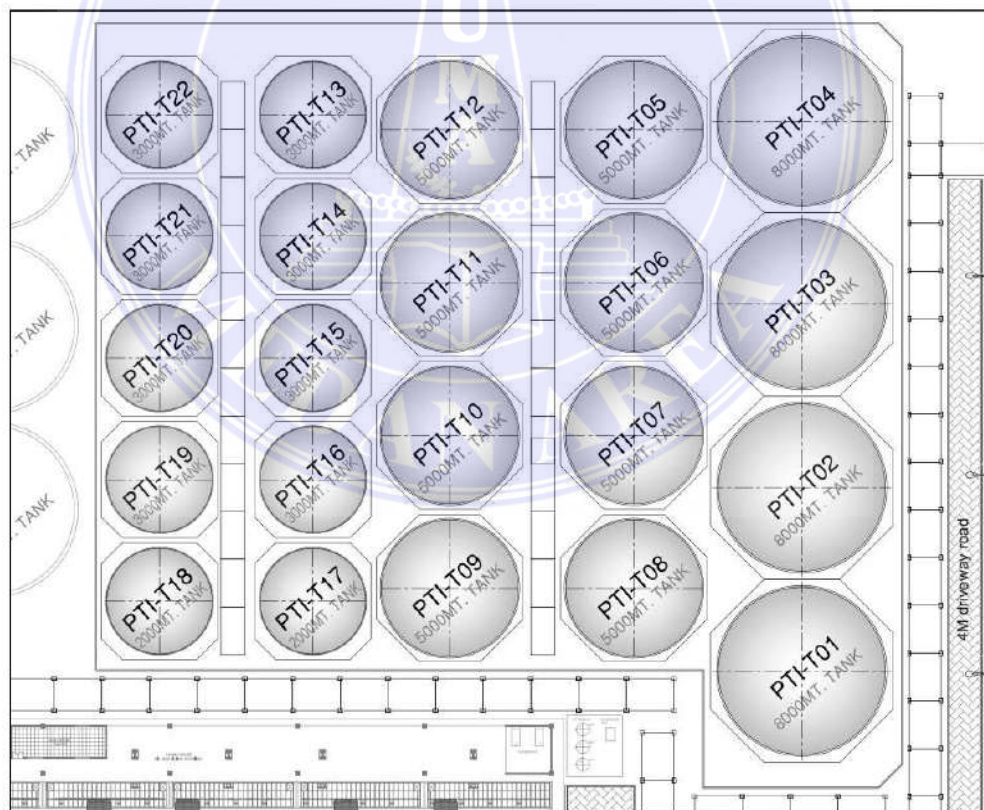
Faktor pendukung dalam keberhasilan penelitian ini, memerlukan beberapa data konstruksi yang berkaitan dengan apa yang akan dianalisis. Data – data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

- Data *Standard Penetration Test (SPT)*.
- Data hasil *Pile Driving Analyzer (PDA) Test*.
- Data *pile record*.
- Gambar struktur.

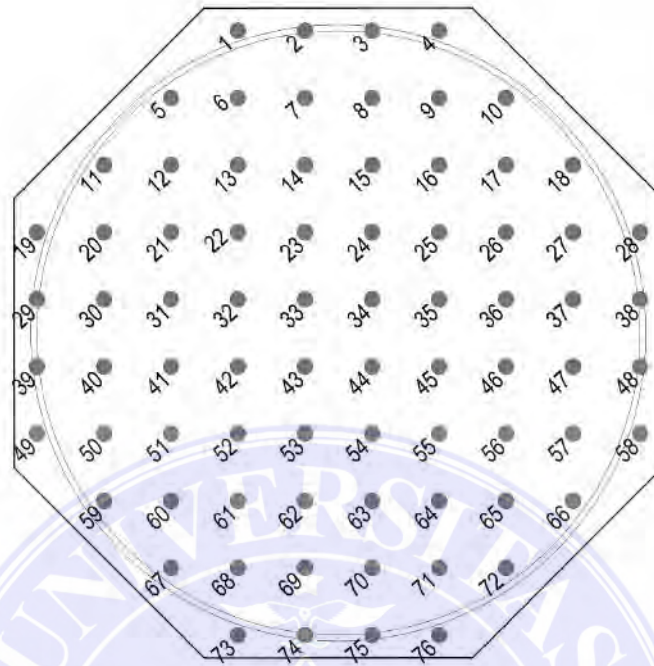
Gambar – gambar yang di dapat dari pihak proyek, terdiri dari gambar konstruksi seperti :

- Gambar denah tangki timbun.
- Gambar denah titik – titik tiang pancang sebanyak 76 titik.
- Gambar profil memanjang struktur pondasi tangki timbun.
- Gambar bentuk tiang pancang *spun pile*.
- Gambar detail pondasi tiang pancang yang ditinjau yaitu pondasi tangki kapasitas 5000 MT.

Bentuk denah dan profil memanjang struktur pondasi tangki timbun ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan 3.5 di bawah ini :

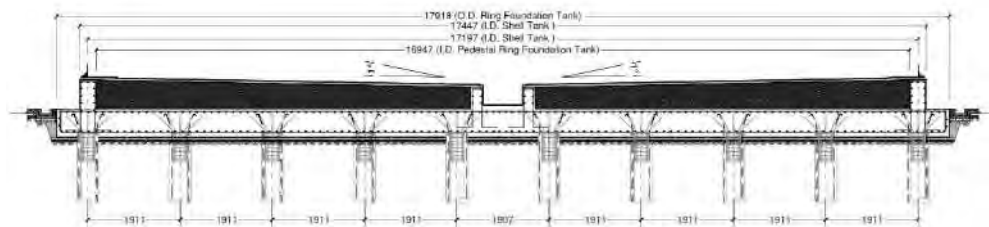


Gambar 3.4 Denah tangki timbun



Gambar 3.5 Denah titik – titik tiang pancang sebanyak 76 titik Ø450mm.

Pada Gambar 3.4 menunjukkan denah pondasi tiang pancang yang memiliki 76 buah pancang dalam sebuah pile cap. Pemilihan tiang pancang spun pile dengan alat pancang Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) untuk pemancangan pondasi tangki timbun ini dikarenakan adanya bangunan lain di sekitar lokasi proyek sehingga gangguan terhadap lingkungan seperti getaran dan kebisingan dapat diminimalkan.



Gambar 3.6 Profil memanjang struktur pondasi tangki timbun

Spesifikasi tiang pancang yang digunakan pada pelaksanaan pemancangan pembangunan Tangki Timbun Dengan Total Kapasitas 100.000 MT di Kuala Tanjung, dapat di lihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Spesifikasi tiang pancang *spun pile* dia. 450 mm Tipe A1

Bentuk Tiang Pancang	Dimensi	Panjang Segmen	Berat Tiang Pancang	Tebal Tiang Pancang
Bulat	450 mm	12 m	232 kg/m	80 mm

Sumber : PT. Wijaya Karya Beton – *Prestressed Concrete Pretension Spun Piles*

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa bentuk tiang pancang pada proyek ini berbentuk bulat dengan diameter 450 mm dan panjang segmen (L) adalah 12m dengan tebal 80 mm.

Mutu beton dan kuat dukung bahan tiang pancang spun pile yang digunakan pada pemancangan pembangunan Tangki Timbun Dengan Total Kapasitas 100.000 MT di Kuala Tanjung, dapat di lihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

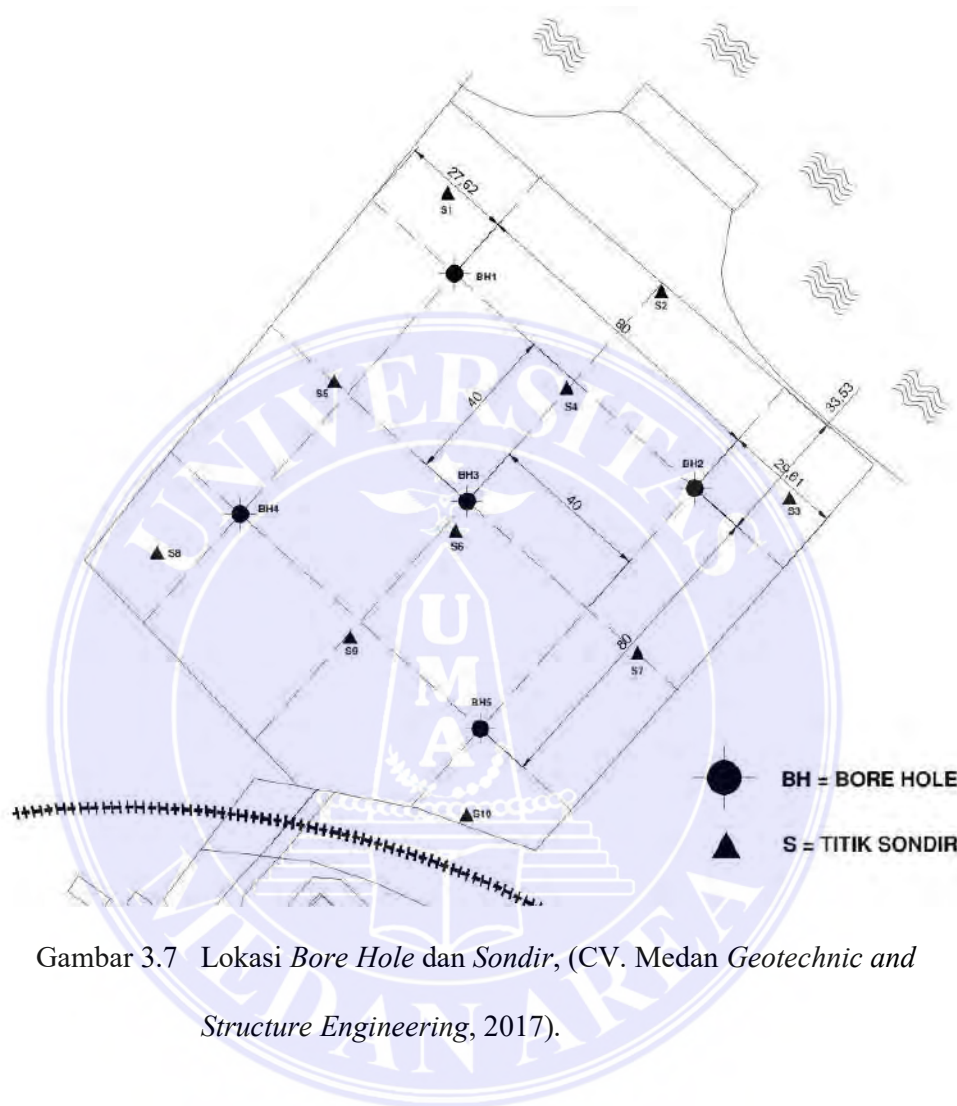
Tabel 3.2 Mutu beton dan kuat dukung tiang pancang *spun pile* dia. 450 mm Tipe A1

Mutu Beton	Kuat Dukung Bahan	<i>Moment Crack</i>	<i>Moment Bending</i>
K600	149,5 ton	7,5 ton.m	11,25 ton.m

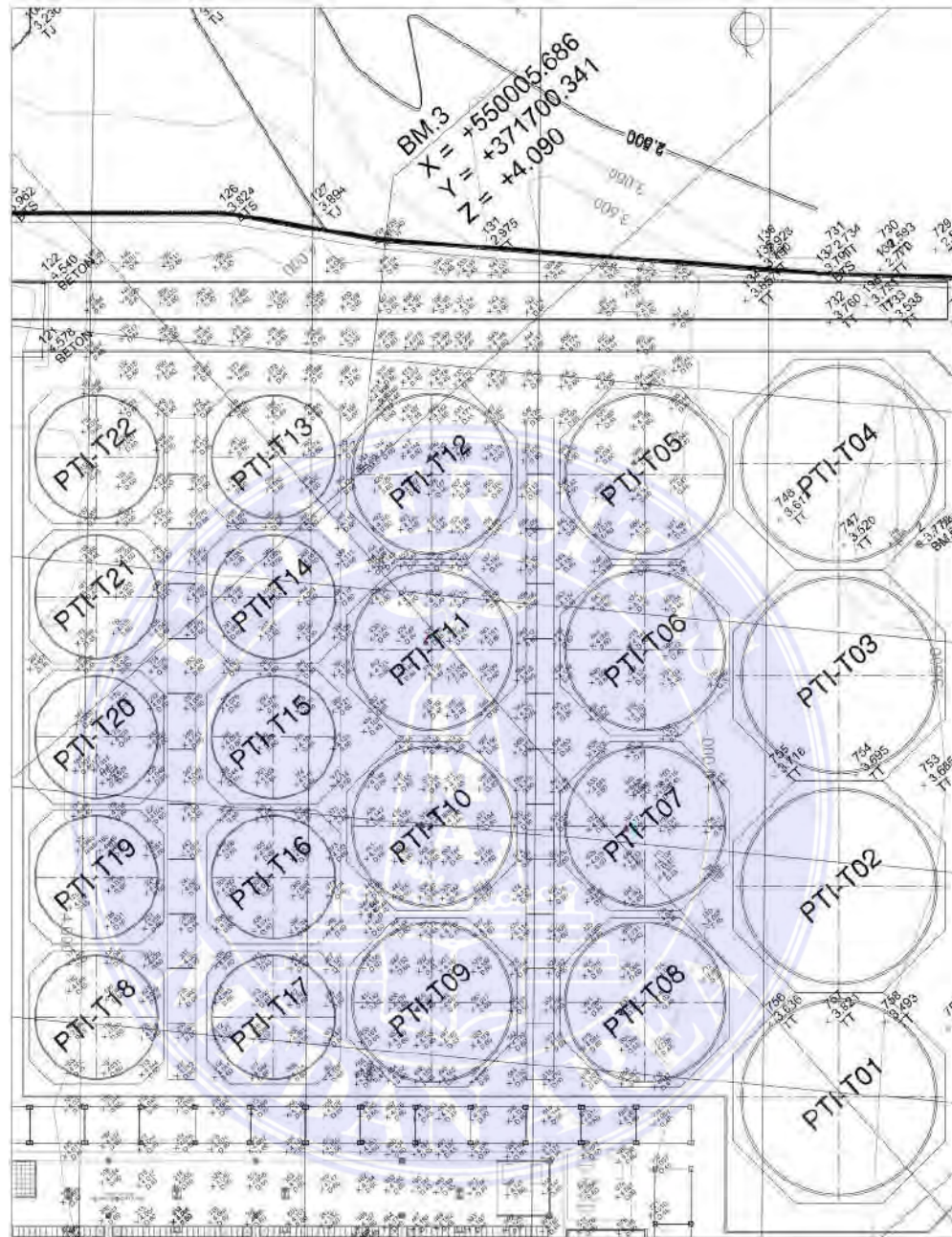
Sumber : PT. Wijaya Karya Beton – *Prestressed Concrete Pretension Spun Piles*

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa mutu tiang pancang pada proyek ini dengan beton K600 dengan kuat dukung bahan 149,5 ton dan moment crack 7,5 ton.m serta moment bending 11,25 ton.m. Pada Gambar 4.5 di bawah ini,

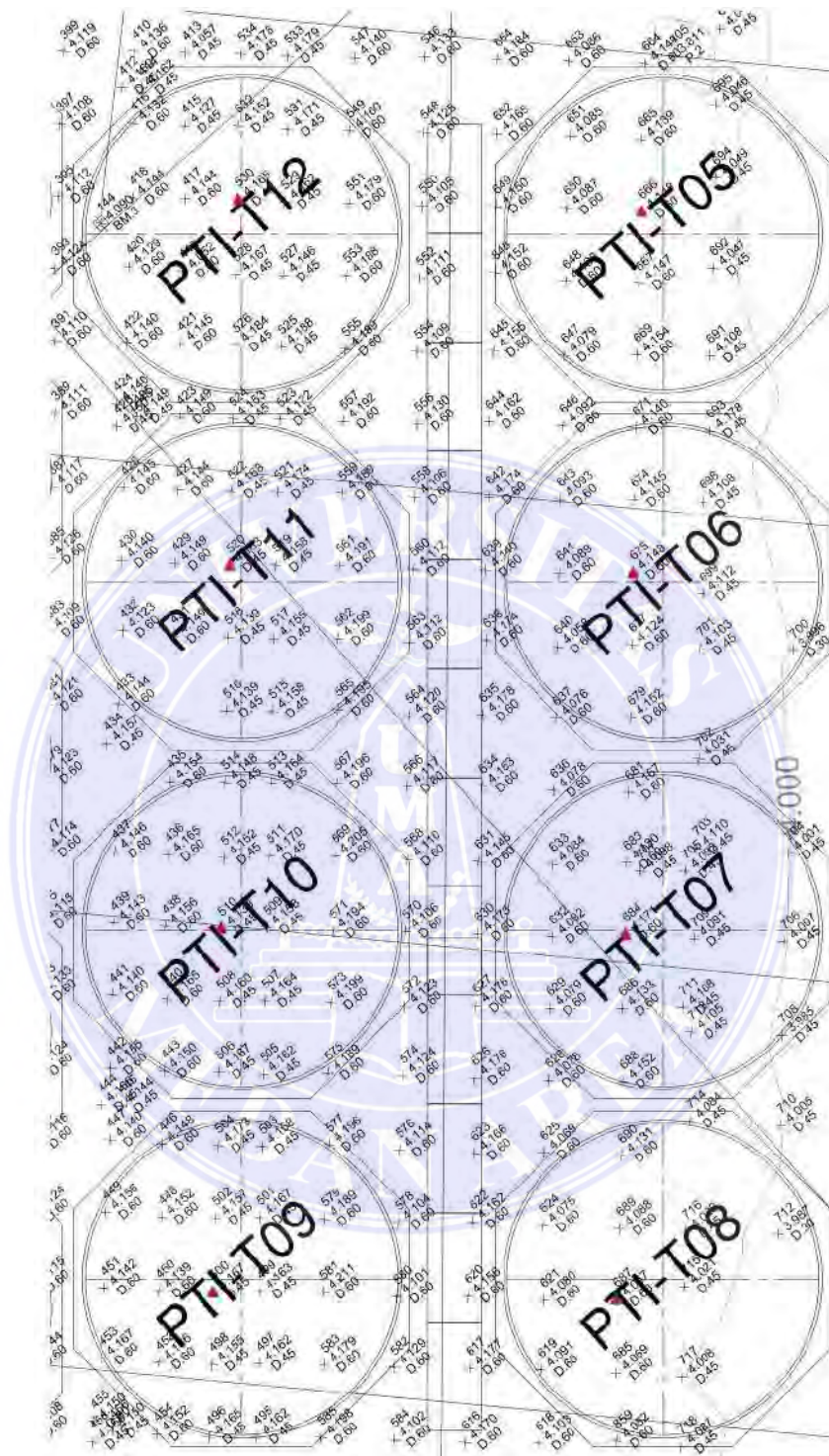
dapat di lihat denah pile cap dan lokasi PDA Test dalam penelitian ini (tanpa skala).



Gambar 3.7 Lokasi Bore Hole dan Sondir, (CV. Medan Geotechnic and Structure Engineering, 2017).



Gambar 3.8 Denah titik pancang eksisting, (PT. Prima Tangki Indonesia, 2017).



(▲) = lokasi titik *PDA Test*

Gambar 3.9 Lokasi *PDA Test* untuk tangki 5000 MT,

(PT. Geo Struktur Indonusa, 2017).

Gambar 3.8 menunjukkan denah tiang pancang eksisting pada lokasi proyek tangki timbun. Sedangkan untuk Gambar 3.9 hanya menunjukkan denah tiang pancang eksisting dalam area tangki 5000 MT dan lokasi PDA Test dalam penelitian ini (tanpa skala). Karena dalam proyek ini pengambilan PDA Test hanya pada pancang eksisting saja, maka diambil pula hasil PDA Test satu titik pancang per tiap – tiap tangki untuk mewakili daya dukung pondasi tiang tunggal. integritas atau keutuhan tiang dan sambungan pada tangki – tangki tersebut.

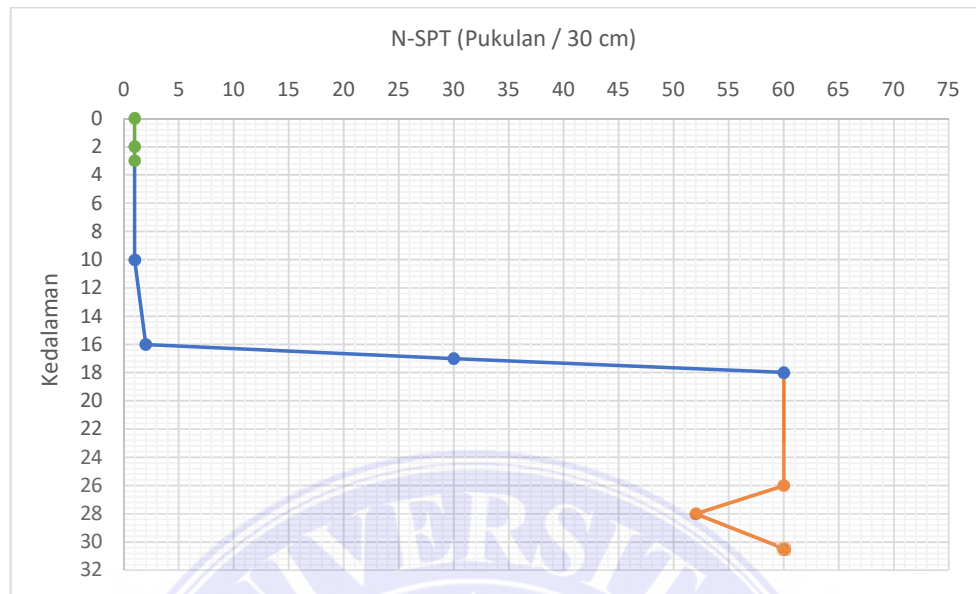
3.2.1 Data *Standard Penetration Test*

Dari data *Standard Penetration Test* yang diperoleh melalui CV. Medan Geotechnic and Structure Engineering, maka diperoleh data kedalaman tanah, deskripsi tanah, tebal lapisan dan *N-SPT* tanah.

Tabel 3.3 Data SPT Tanah

Koordinat Titik	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan (m)	<i>N-SPT</i> (pukulan/30cm)	Jenis Tanah
550019.8413, 371658.3361	0,00 – 2,00	2	1	Pasir
	2,00 – 3,00	1	1	Pasir
	3,00 – 10,00	7	1	Lempung
	10,00 – 16,00	6	2	Lempung
	16,00 – 17,00	1	30	Lempung
	17,00 – 18,00	1	60	Lempung
	18,00 – 26,00	8	60	Pasir Halus
	26,00 – 28,00	2	52	Pasir Halus
	28,00 – 30,45	2,45	60	Pasir Halus

Sumber : Laporan investigasi tanah oleh CV. Medan Geotechnic and Structure Engineering, 2017



Gambar 3.10 N-SPT terhadap kedalaman untuk *boring hole* pada area tangki kapasitas 5000 MT.

Tabel 3.3 dan Gambar 3.10 menunjukkan nilai N-SPT tanah dan jenis lapisan tanah setiap ketebalan 2 meter hingga kedalaman 30,45 m. Dengan menganggap untuk tanah keras nilai SPT lebih besar atau sama dengan 60 pukulan / 30 cm, maka untuk titik boring tersebut tanah kerasnya ditemukan pada kedalaman 18,00 m.

3.3 Metode Kerja

3.3.1. Prosedur Perencanaan Pondasi Tiang

- Menentukan kriteria perencanaan, seperti beban-beban yang bekerja pada dasar tumpuan (*poer*), parameter tanah, situasi dan kondisi bangunan di sekitar lokasi, besar pergeseran yang diijinkan dan tegangan ijin dari bahan-bahan pondasi.
- Memperkirakan diameter, jenis, panjang, jumlah dan susunan tiang.
- Menghitung daya dukung vertikal tiang tunggal (*single pile*).

- d. Menghitung faktor efisiensi dalam kelompok tiang dan daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang dalam satu kelompok tiang.
- e. Menghitung beban vertikal yang bekerja pada setiap tiang dalam kelompok tiang.
- f. Memeriksa beban yang bekerja pada setiap tiang apakah masih dalam batasan daya dukung yang diijinkan. Apabila tidak sesuai, maka perkiraan diameter, jumlah atau susunan tiang pada prosedur yang kedua harus diperiksa kembali kemudian dilanjutkan dengan prosedur berikutnya.
- g. Menghitung penurunan (bila diperlukan).
- h. Merencanakan struktur tiang.

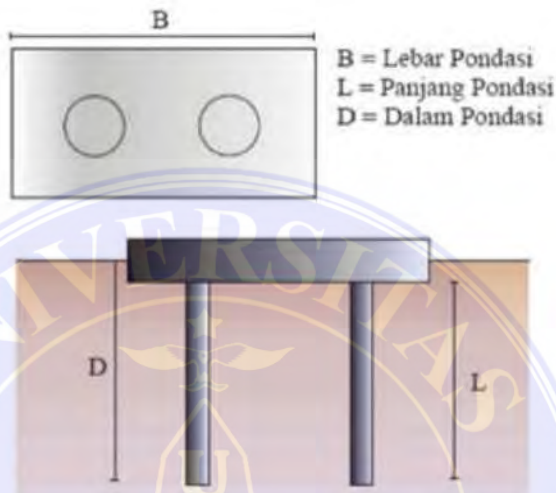
Penggunaan Pondasi tiang memiliki keuntungan-keuntungan sebagai berikut:

- a. Dapat digunakan bila tiang tunggal tidak mempunyai kapasitas yang cukup untuk menahan beban kolom.
- b. Kegagalan dari sebuah tiang dapat diminimalisasi dengan adanya tiang-tiang yang lain (*prinsip redundancy*).
- c. Menyebabkan terjadinya pemadatan tanah pada arah lateral, terutama pada pemancangan tiang. Hal ini akan meningkatkan tekanan tanah lateral yang bekerja di sekeliling tiang sehingga meningkatkan kapasitas tahanan geseknya.

3.3.2. Kelompok Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang yang umumnya dipasang secara berkelompok. Yang dimaksud berkelompok adalah sekumpulan tiang yang dipasang secara relatif berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu dibagian atasnya dengan

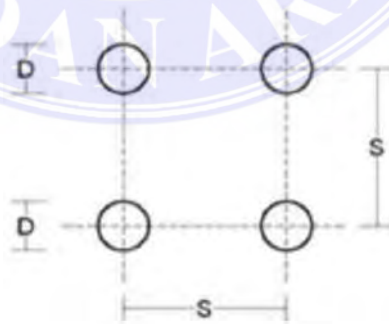
menggunakan pile cap. Untuk menghitung nilai kapasitas dukung kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan efisiensi kelompok tiang.



Gambar 3.11 Kelompok tiang pancang.

3.3.3. Jarak Antar Kelompok Tiang

Berdasarkan pada perhitungan daya dukung tanah oleh Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L. disyaratkan : $S \geq 2,5 D$ dan $S \geq 3,0 D$.



Gambar 3.12 Jarak kelompok tiang pancang.

Ketentuan ini berdasarkan pada pertimbangan - pertimbangan sebagai berikut :

a. Bila $S < 2,5 D$

- Kemungkinan tanah di sekitar kelompok tiang akan naik terlalu berlebihan karena terdesak oleh tiang-tiang yang dipancang terlalu berdekatan.
- Terangkatnya tiang-tiang di sekitarnya yang telah dipancang lebih dahulu.

b. Bila $S > 3,0 D$

Apabila $S > 3D$ maka tidak ekonomis, karena akan memperbesar ukuran/dimensi dari *poer* (*footing*).

3.3.4. Metode Pembebanan *Quick Maintained Load Test Method* (QM Test)

Metode ini direkomendasikan oleh *New York State of Department of Transportation, The Federal Highway Administration*, dan ASTM D1143-81, terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Bebani tiang dalam 20 tahapan hingga mencapai 200% dari beban rencana (misalnya dengan pembebanan sebesar 10% dari beban rencana untuk setiap kenaikan pembebanan).
- b. Pertahankan setiap pembebanan selama 1-5 menit dengan pengambilan bacaan setiap 1 – 2,5 menit.
- c. Setelah interval selama 1 - 5 menit, lepaskan seluruh beban dari kepala tiang dalam 4 tahapan pengurangan beban yang sama, dengan interval waktu 5 menit untuk setiap tahapan pengurangan beban tersebut.

Metode ini sangat cepat dan ekonomis, oleh karena waktu yang diperlukan dalam percobaan ini berkisar antara 3 hingga 5 jam. Metode ini lebih menggambarkan kondisi undrained dari interaksi antara tiang dan tanah.

3.3.5. Efisiensi Kelompok Tiang

Menurut Coduto (1983), efisiensi tiang bergantung pada beberapa faktor yaitu :

1. Jumlah, panjang, diameter, susunan, dan jarak tiang.
2. Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).
3. Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.
4. Urutan pemasangan tiang.
5. Jenis tanah.
6. Waktu setelah pemasangan.
7. Interaksi antara pile cap dengan tanah Metode perhitungan didasarkan pada susunan tiang dengan mengabaikan panjang tiang, variasi bentuk tiang yang meruncing, variasi sifat tanah dengan kedalaman serta pengaruh muka air tanah. Berikut ini beberapa metode dalam perhitungan efisiensi tiang.

Dalam efisiensi kelompok tiang, dapat kita hitung dengan formula sebagai berikut :

$$E_g = \frac{\text{daya dukung kelompok tiang}}{\text{jumlah tiang} \times \text{daya dukung tiang tunggal}}$$

Keterangan :

E_g = Efisiensi kelompok tiang.

3.3.6. Pengujian PDA Test

Pengujian PDA Test dilaksanakan berdasarkan ASTM D4945 (Standard Test Method for High Strain Dynamic Testing of Deep Foundations).

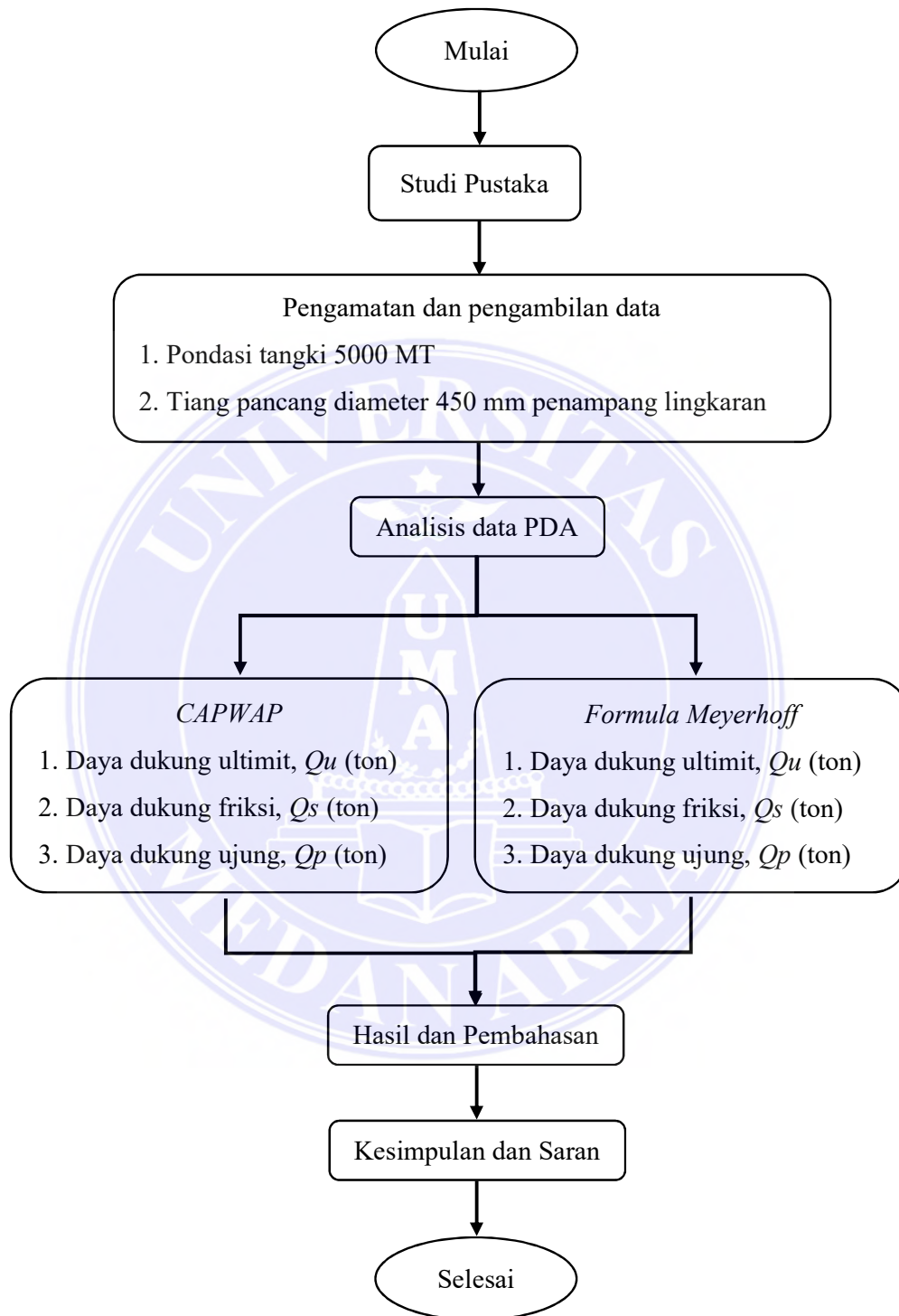
Pekerjaan persiapan sebelum pengujian dilaksanakan antara lain :

- Kondisi permukaan kepala tiang pancang sebaiknya rata, simetris dan tegak lurus.
- Pemasangan *strain transducer* dan *accelerometer* pada sisi tiang yang berhadapan (180°) dengan jarak minimal $2 \times \text{Diameter (D)}$ dari kepala tiang.
- Pemasangan *hammer* dan *cushion* pada kepala tiang.
- Memastikan semua konektivitas *instrument* peralatan pengujian berfungsi.
- Memasukkan data tiang uji dan *hammer* pada alat PDA.
- Melakukan pengecekan kembali untuk memastikan bahwa pengujian tiang ini sudah siap untuk dilaksanakan.

Sesudah persiapan, pengujian dilaksanakan dengan menjatuhkan hammer ke kepala tiang hingga memperoleh energi pukulan yang cukup dan tegangan (stress) yang tidak terlampaui agar kepala tiang tidak rusak. Pada saat pengujian, beberapa variabel tiang yang termonitor antara lain kapasitas tiang, energy, penurunan, maupun integritas tiang.

Setelah pengujian PDA selesai dilaksanakan, maka proses selanjutnya adalah di analisis lebih lanjut menggunakan CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program) untuk memperoleh Load Transfer tiang dan perilaku tanah disekelilingnya, daya dukung friksi, daya dukung ujung tiang, tegangan tekan dan tarik sepanjang batang tiang serta penurunan tiang.

3.4 Bagan Alir



Gambar 3.13 Bagan Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai daya dukung terbesar *PDA Test* adalah pada titik P-687 dengan daya dukung friksi (Q_s) sebesar 222 ton, daya dukung ujung (Q_p) sebesar 10 ton, dan daya dukung ultimit (Q_u) sebesar 232 ton, sedangkan dari metode *Meyerhoff* di dapat daya dukung friksi (Q_s) sebesar 86,76 ton, daya dukung ujung (Q_p) sebesar 172,10 ton, dan daya dukung ultimit (Q_u) sebesar 258,86 ton.
2. Perbedaan daya dukung ultimit (Q_u) pada tiang pancang tunggal sebesar 2,45% atau 26,86 ton. Sehingga menggunakan metode *Meyerhoff*, didapat daya dukung ultimit dengan nilai yang lebih efisien.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat penulis sampaikan antara lain :

1. Sebelum melakukan penelitian dengan judul yang berkaitan dengan *PDA Test*, sebaiknya dilakukan penyelidikan data terlebih dahulu agar tidak ada kekeliruan saat melakukan pengolahan data.
2. Untuk mengetahui daya dukung ultimit (Q_u) tiang pancang tunggal dapat juga dilakukan dengan metode pembebanan langsung (*loading test*).
3. Bagi penelitian selanjutnya, menentukan beban aksial pada tiang pancang tunggal dan menentukan faktor keamanan teoritis.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanda, 2018, *Evaluasi Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Cara Dinamik dan Program Capwap Hasil Pengujian PDA pada Jembatan Underpass Sta 129+742 Proyek Jalan Tol Trans Sumatera Paket 4*, Tugas Akhir, Program Studi D-III Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. <https://bit.ly/3zllzzZ>.
- Anonim, 2014, Digital Library Universitas Lampung, *Tinjauan Pustaka untuk Definisi Pondasi Seacara Umum*. <https://bit.ly/2SnfymK>.
- ASTM D-4945 - 1996, 1996, *Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations*. <https://bit.ly/3zkWN3N>.
- Bowles, J. E., 1982, *Foundation Analysis and Design*, Terjemahan oleh Pantur Silaban. Jilid I, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J. E., 1984, *Foundation Analysis and Design*, Terjemahan oleh Pantur Silaban. Jilid II, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., 1941. *Soil Mechanics Laboratory Manual Third Edition. United States of America: Engineering Press, Inc.*
- Hardjasaputra, H., Ibrahim, M., Tampubolon, R., 2006, *Strategi Pencegahan Kegagalan Pondasi dengan Melakukan Rangkaian Uji Coba Beban serta Uji Integritas Tiang Pondasi*, Seminar Jurusan Teknik Sipil UPH, Jakarta. Robinson, B., Rausche, F. <https://bit.ly/2TPjxbY>.
- Lumban Gaol, I. R., 2019, *Perbandingan Hasil Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada BH 02 Menggunakan Plaxis Berdasarkan PDA Test dan Capwap*, Tugas Akhir Bidang Studi Geoteknik, Medan.
- Likins, G. E., Ealy, C., 2002, *Dynamic Load Testing of Drilled Shafts at National Geotechnical Experimentation Sites, Deep Foundations 2002, An Int. Perspective on Theory, Design, Construction, & Performance*, Orlando, FL ASCE, GSP 116. <https://bit.ly/3weGwvj>.
- Likins, G. E., and F. Rausche, 2004, *Correlation of CAPWAP with Static Load Tests. Proceedings of the Seventh International Conference on the Application of Stresswave Theory to Piles*: Petaling Jaya, Selangor, Malaysia Hardjasaputra, H. <https://bit.ly/3zljNez>.
- Lita, L. 2018, Jurnal, *Metode Pekerjaan Pondasi Borepile pada Proyek Pembangunan Apartement Citra Plaza Nagoya Batam*. <http://repository.uib.ac.id/1193>.
- Sardjomo, HS, 1987, Digital Library Universitas Lampung, *Pondasi Tiang Pancang, Jilid I, Edisi 1*. <https://bit.ly/3xdMMn8>.

- Sardjomo, HS, 1988, Digital Library Universitas Lampung, *Pondasi Tiang Pancang, Jilid II, Edisi 1*. <https://bit.ly/3pER9W7>.
- Setio, HD, Setio, S, Martha,D, Kamal, B.r dan Nasution, S, 2000, *Analisis Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Dinamik*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan IV, INDO-GEO 2000 HATTI, Jakarta, V 27 V 35.
- Simalango, A. Iskandar, R. 2016, Jurnal, *Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga pada Bore Hole II*. <https://bit.ly/3fPohWo>.
- Sulardi, 2018, Jurnal Kacapuri, *Uji Kinerja Daya Dukung Individu Pondasi Tiang dengan Alat Instrument Kontrol Pile Drive Analyzer Test di Refinery Unit V Balikpapan, Volume 1 Nomor 2, Edisi Desember*. <https://bit.ly/3x5cNFm>.
- Teddy, L. 2013, Jurnal, *Evaluasi Pondasi Tiang dengan Pile Driven Analysis (PDA) di Kota Palembang*. <https://bit.ly/3oVlKy3>.
- Thaha, A. Suprapti, A. Nurhadi, D. 2013, Jurnal, *Studi Pembebanan Tiang dengan PDA Test di Pelabuhan PT. Semen Tonasa Biringkassi*. <https://bit.ly/3wAlu9m>.



PT. GEO STRUKTUR INDONESIA

Jl. Kapten Soemarsono No. 64, Helvetia Deli Serdang,

Medan - Indonesia

Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856

Fax : (061) 80440856

Email : geostruktur_indonesia@yahoo.co.id

LAMPIRAN

Tabel 1. Daya dukung tiang pancang diameter 30 cm berdasarkan hasil BH-02.

Kedalaman (m)	N	N'	AS (d=0.3)	Ap (D=0.30)	Qp (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)	Qa (ton)
0	0	0.00	0	0.07065	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	1	3.00	1.88	0.07065	2.83	0.57	3.39	1.13
4.0	1	3.00	3.77	0.07065	0.85	1.13	1.98	0.66
6.0	1	3.00	5.65	0.07065	0.85	1.70	2.54	0.85
8.0	1	3.00	7.54	0.07065	0.85	2.26	3.11	1.04
10.0	2	3.00	9.42	0.07065	1.70	2.83	4.52	1.51
12.0	2	3.00	11.30	0.07065	1.70	3.39	5.09	1.70
14.0	2	3.00	13.19	0.07065	1.70	3.96	5.65	1.88
16.0	2	1.50	15.07	0.07065	1.70	2.26	3.96	1.32
18.0	60	8.00	16.96	0.07065	169.56	13.56	183.12	61.04
20.0	60	13.20	18.84	0.07065	169.56	24.87	194.43	64.81
22.0	60	17.45	20.72	0.07065	169.56	36.17	205.73	68.58
24.0	60	21.00	22.61	0.07065	169.56	47.48	217.04	72.35
26.0	60	24.00	24.49	0.07065	169.56	58.78	228.34	76.11
28.0	52	26.00	26.38	0.07065	146.95	68.58	215.53	71.84
30.0	60	28.27	28.26	0.07065	169.56	79.88	249.44	83.15

Tabel 2. Daya dukung tiang pancang diameter 40 cm berdasarkan hasil BH-02.

Kedalaman (m)	N	N'	AS (d=0.4)	Ap (D=0.40)	Qp (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)	Qa (ton)
0.0	0	0.00	0	0.1256	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	1	3.00	2.51	0.1256	5.02	0.75	5.78	1.93
4.0	1	3.00	5.02	0.1256	1.51	1.51	3.01	1.00
6.0	1	3.00	7.54	0.1256	1.51	2.26	3.77	1.26
8.0	1	3.00	10.05	0.1256	1.51	3.01	4.52	1.51
10.0	2	3.00	12.56	0.1256	3.01	3.77	6.78	2.26
12.0	2	3.00	15.07	0.1256	3.01	4.52	7.54	2.51
14.0	2	3.00	17.58	0.1256	3.01	5.28	8.29	2.76
16.0	2	1.50	20.10	0.1256	3.01	3.01	6.03	2.01
18.0	60	8.00	22.61	0.1256	301.44	18.09	319.53	106.51
20.0	60	13.20	25.12	0.1256	301.44	33.16	334.60	111.53
22.0	60	17.45	27.63	0.1256	301.44	48.23	349.67	116.56
24.0	60	21.00	30.14	0.1256	301.44	63.30	364.74	121.58
26.0	60	24.00	32.66	0.1256	301.44	78.37	379.81	126.60
28.0	52	26.00	35.17	0.1256	261.25	91.44	352.68	117.56
30.0	60	28.27	37.68	0.1256	301.44	106.51	407.95	135.98



PT. GEO STRUKTUR INDONESIA

Jl. Kapten Soemarsono No. 64, Helvetia Deli Serdang,

Medan - Indonesia

Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856

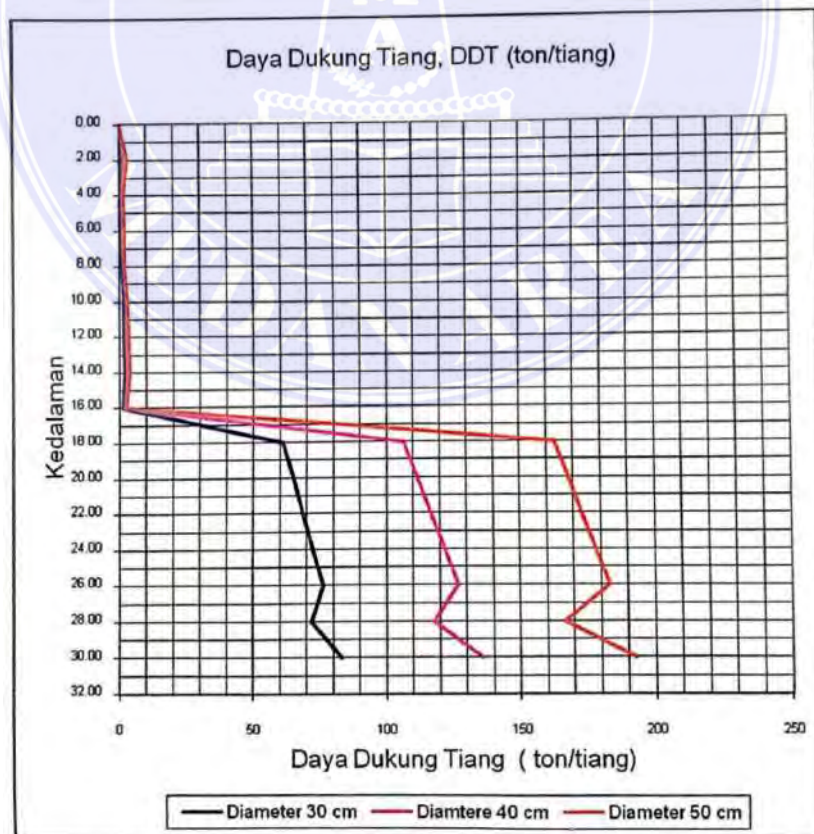
Fax : (061) 80440856

Email : geostruktur_indonesia@yahoo.co.id

Tabel 3. Daya dukung tiang pancang diameter 50 cm berdasarkan hasil BH-02.

Kedalaman (m)	N	N'	AS (d=0.5)	Ap (D=0.50)	Qp (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)	Qa (ton)
0.0	0	0.00	0	0.19625	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	1	3.00	2.51	0.19625	7.85	0.75	8.60	2.87
4.0	1	3.00	5.02	0.19625	2.36	1.51	3.86	1.29
6.0	1	3.00	7.54	0.19625	2.36	2.26	4.62	1.54
8.0	1	3.00	10.05	0.19625	2.36	3.01	5.37	1.79
10.0	2	3.00	12.56	0.19625	4.71	3.77	8.48	2.83
12.0	2	3.00	15.07	0.19625	4.71	4.52	9.23	3.08
14.0	2	3.00	17.58	0.19625	4.71	5.28	9.99	3.33
16.0	2	1.50	20.10	0.19625	4.71	3.01	7.72	2.57
18.0	60	8.00	22.61	0.19625	471.00	18.09	489.09	163.03
20.0	60	13.20	25.12	0.19625	471.00	33.16	504.16	168.05
22.0	60	17.45	27.63	0.19625	471.00	48.23	519.23	173.08
24.0	60	21.00	30.14	0.19625	471.00	63.30	534.30	178.10
26.0	60	24.00	32.66	0.19625	471.00	78.37	549.37	183.12
28.0	52	26.00	35.17	0.19625	408.20	91.44	499.64	166.55
30.0	60	28.27	37.68	0.19625	471.00	106.51	577.51	192.50

Gambar 1. Grafik daya dukung tiang pancang berdasarkan nilai N-SPT pada titik borehole BH-02.



**Jl. Kapten Soemarsono No. 64, Helvetia Deli Serdang,
Medan - Indonesia
Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856
Fax : (061) 80440856
Email : geostruktur_indonusa@yahoo.co.id**

[illegible]



PT. GEO STRUKTUR INDONESIA

Jl. Kapten Soemarmo No. 64, Helvetia Deli Serdang,

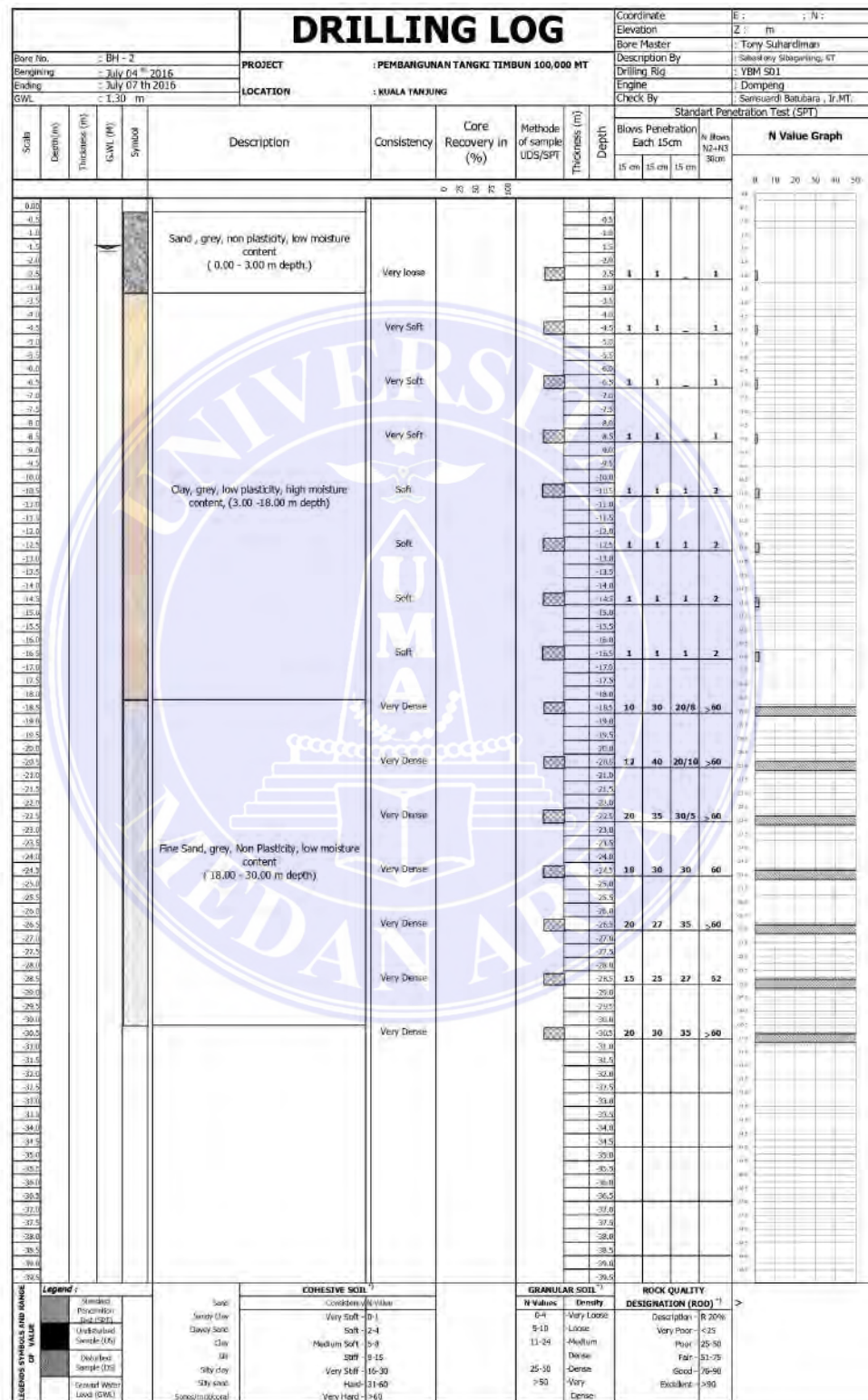
Medan - Indonesia

Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856

Fax : (061) 80440856

Email : geostruktur_indonesia@yahoo.co.id

Gambar 3. Drilling Log BH-02.





PT. GEO STRUKTUR INDONESIA

Jl. Kapten Soemarmo No. 64, Helvetia Deli Serdang,

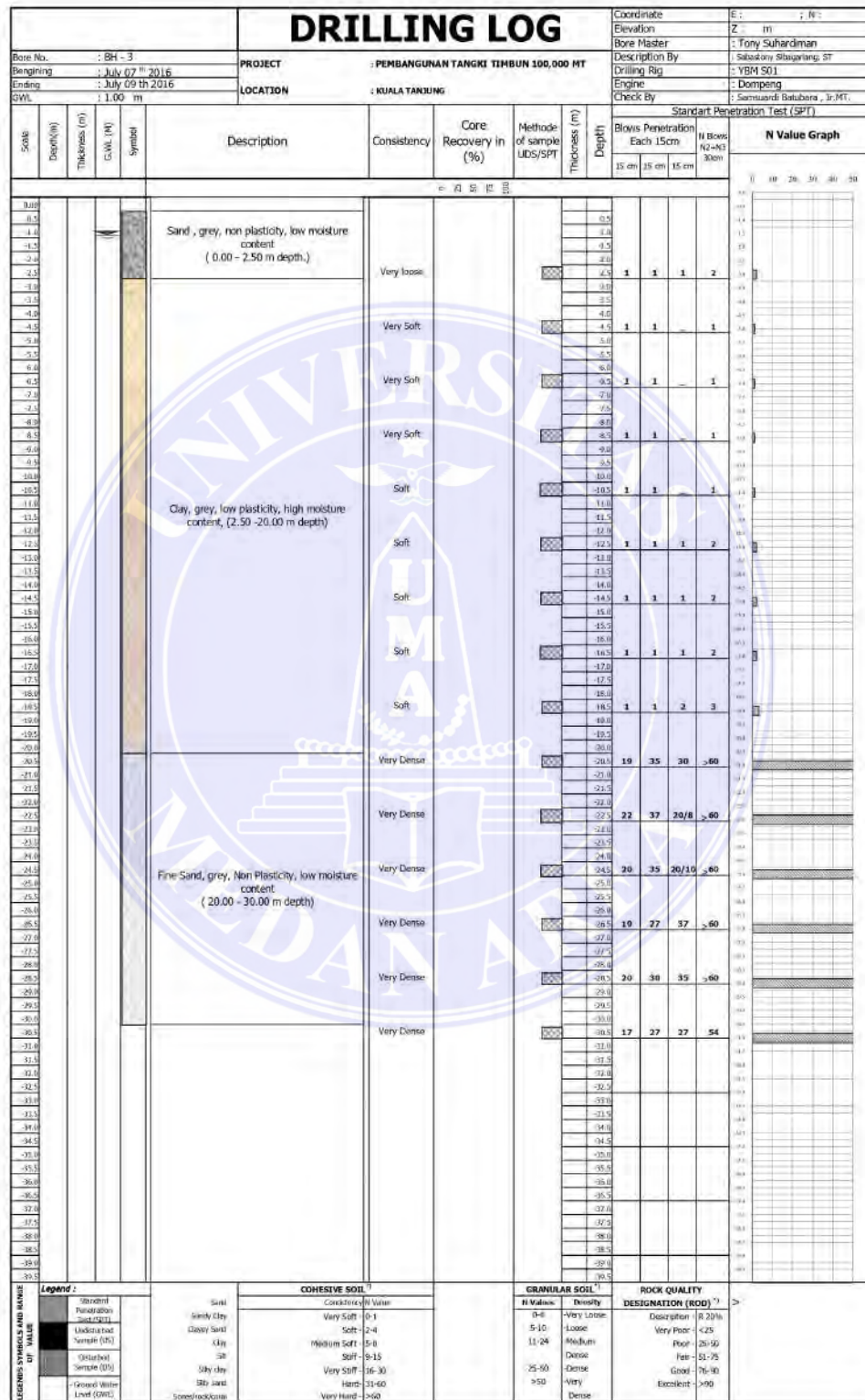
Medan - Indonesia

Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856

Fax : (061) 80440856

Email : geostruktur_indonesia@yahoo.co.id

Gambar 4. Drilling Log BH-03.





PT. GEO STRUKTUR INDONESIA

Jl. Kapten Soemarsono No. 64, Helvetia Deli Serdang,

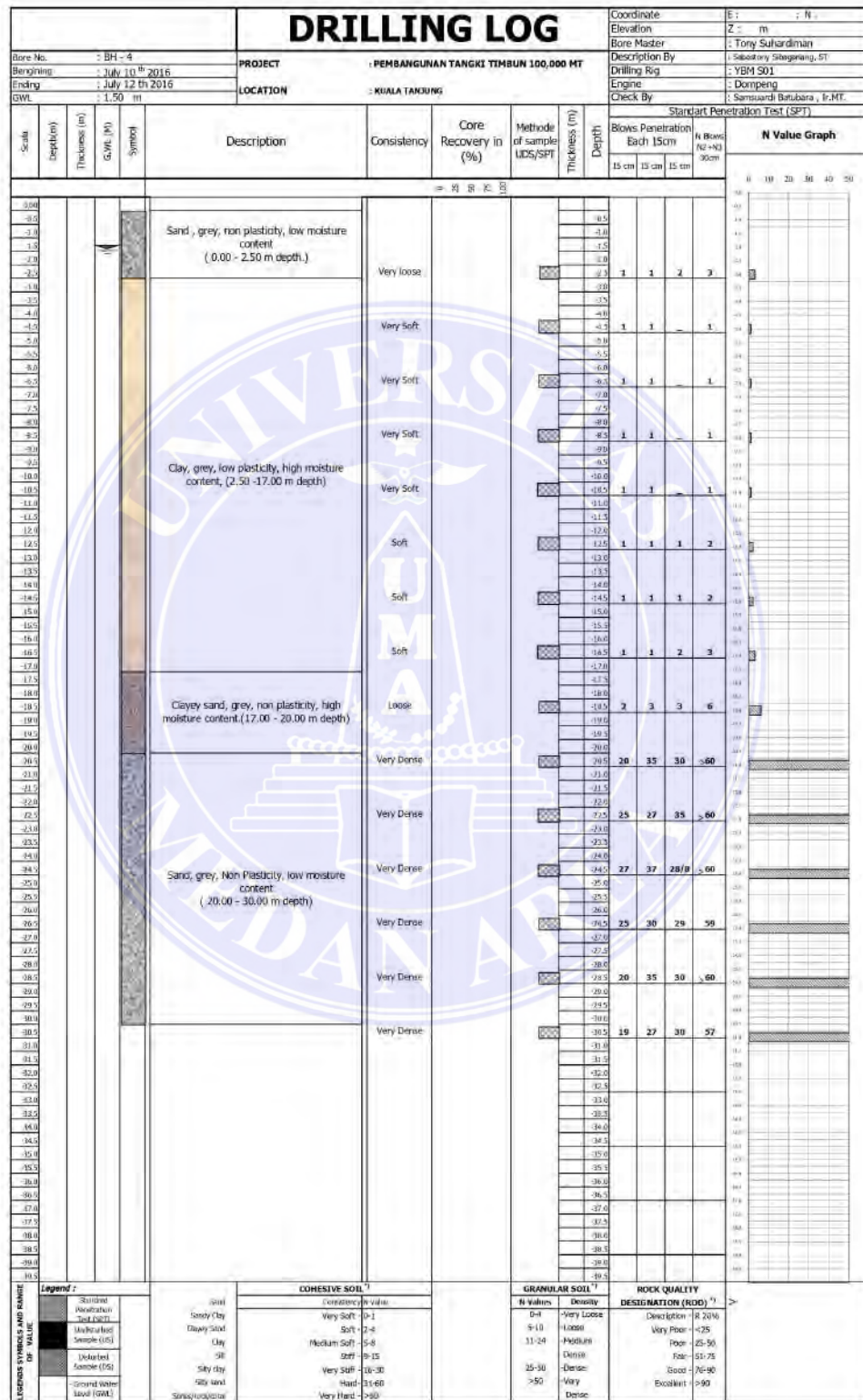
Medan - Indonesia

Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856

Fax : (061) 80440856

Email : geostruktur_indonesia@yahoo.co.id

Gambar 5. Drilling Log BH-04.



**Jl. Kapten Soemarsono No. 64, Helvetia Deli Serdang,
Medan - Indonesia
Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856
Fax : (061) 80440856
Email : geostruktur_indonusa@yahoo.co.id**

[illegible]



PT. GEO STRUKTUR INDONUSA

Jl. Kapten Soemarsono No. 64, Helvetia Deli Serdang,
Medan - Indonesia
Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856
Fax : (061) 80440856
Email : geostruktur_indonusa@yahoo.co.id

A. Boring dan *Standard Penetration Test* (SPT)

Dari hasil boring BH-01 muka air tanah ditemukan pada kedalaman 1.00 - 2.0 m. Sedangkan sistem pelapisan tanah yang dideskripsikan secara visual di lapangan di peroleh seperti Tabel 1 , 2, 3, 4 & 5.

Tabel A1. Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH-01.

Kedalaman (m)	Deskripsi	
	Jenis tanah	<i>Relative Density / Consistency</i>
0.00 – 2.50	Pasir	Padat
2.50 – 16.0	Lempung	Sangat lunak
16.00 – 24.45	Pasir	Sangat padat – padat – sangat padat – padat

Tabel A2. Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH-02.

Kedalaman (m)	Deskripsi	
	Jenis tanah	<i>Relative Density / Consistency</i>
0.00 – 3.00	Pasir	Sangat lepas
3.00 – 18.00	Lempung	Sangat lunak – lunak
18.00 – 30.45	Pasir ukuran halus	Sangat padat

Tabel A3. Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH-03.

Kedalaman (m)	Deskripsi	
	Jenis tanah	<i>Relative Density / Consistency</i>
0.00 – 2.50	Pasir	Sangat lepas
2.50 – 20.00	Lempung	Sangat lunak – lunak
20.00 – 30.45	Pasir ukuran halus	Sangat padat



PT. GEO STRUKTUR INDONESIA

Jl. Kapten Soemarsono No. 64, Helvetia Deli Serdang,
Medan - Indonesia
Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856
Fax : (061) 80440856
Email : geostruktur_indonesia@yahoo.co.id

Tabel A4. Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH-04.

Kedalaman (m)	Deskripsi	
	Jenis tanah	<i>Relative Density / Consistency</i>
0.00 – 2.50	Pasir	Sangat lepas
2.50 – 17.00	Lempung	Sangat lunak – lunak
17.00 – 20.00	Pasir berlempung	Lepas
20.00 – 30.45	Pasir ukuran halus	Sangat padat

Tabel A5. Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH-05.

Kedalaman (m)	Deskripsi	
	Jenis tanah	<i>Relative Density / Consistency</i>
0.00 – 2.50	Pasir	Sangat lepas
2.50 – 17.00	Lempung	Sangat lunak – lunak
17.00 – 18.50	Pasir berlempung	Padat
18.50 – 30.45	Pasir ukuran halus	Sangat padat

Hasil SPT pada setiap kedalaman berdasarkan BH-01, BH – 02. BH – 03, BH – 04 & BH – 05 dapat dilihat pada Tabel A6.

Tabel A6. Nilai N-SPT pada setiap kedalaman untuk BH-01, BH – 02. BH – 03, BH – 04 & BH – 05.

Kedalaman (m)	N-SPT (pukulan/30cm)				
	BH-01	BH-02	BH-03	BH-04	BH-05
0	0	0	0	0	0
2.0	26	1	2	3	2
4.0	1	1	1	1	1
6.0	1	1	1	1	1
8.0	1	1	1	1	1
10.0	1	2	1	1	1



PT. GEO STRUKTUR INDONUSA

Jl. Kapten Soemarsono No. 64, Helvetia Deli Serdang,

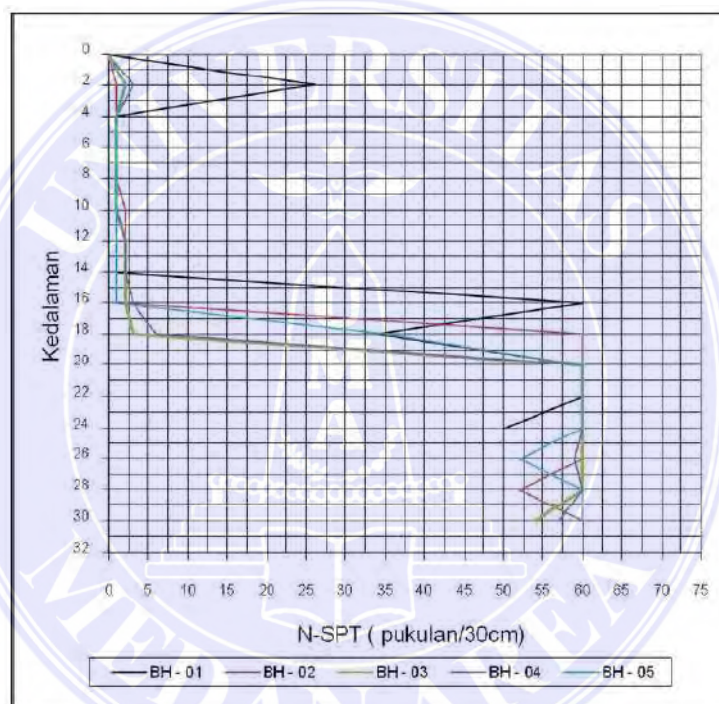
Medan - Indonesia

Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856

Fax : (061) 80440856

Email : geostruktur_indonusa@yahoo.co.id

12.0	1	2	2	2	1
14.0	1	2	2	2	1
16.0	60	2	2	3	1
18.0	34	60	3	6	35
20.0	60	60	60	60	60
22.0	60	60	60	60	60
24.0	50	60	60	60	60
26.0		60	60	59	52
28.0		52	60	60	60
30.45		60	54	57	60



Gambar A1. N-SPT terhadap kedalaman untuk BH-01, BH – 02. BH – 03, BH – 04 & BH – 05.

Gambar A1 menunjukkan nilai N-SPT terhadap kedalaman untuk boring BH-01, BH – 02 , BH – 03, BH – 04 & BH – 05 relatif sama. Dengan menganggap untuk tanah keras nilai SPT lebih besar atau sama dengan 50 pukulan/ 30 cm, maka untuk titik boring BH-01 tanah kerasnya ditemukan pada kedalaman 20.0 m dengan nilai SPT 60 pukulan/ 30 cm, untuk BH – 02 tanah keras ditemukan pada kedalaman 18.00 m, untuk BH – 03 tanah keras ditemukan pada kedalaman 20.00 m, untuk BH – 04 tanah keras ditemukan pada kedalaman 20.00 m dan untuk BH – 05 tanah keras ditemukan pada kedalaman 20.00 m.



PT. GEO STRUKTUR INDONESIA

Jl. Kapten Soemarsono No. 64, Helvetia Deli Serdang,
Medan - Indonesia
Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856
Fax : (061) 80440856
Email : geostruktur_indonesia@yahoo.co.id

B. Foto Dokumentasi Lapangan

I. Persiapan Kepala Tiang



Gambar 1.1
Penggalian sekeliling tiang kedalaman 1,5 m



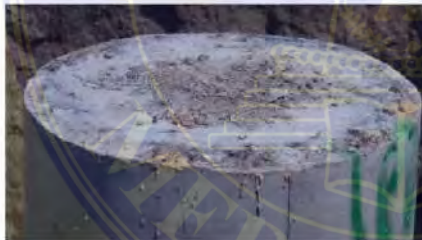
Gambar 1.2
Pembersihan tanah pada badan tiang



Gambar 1.3
Pemotongan sisa besi beton kepala tiang



Gambar 1.4
Perataan permukaan kepala tiang



Gambar 1.5
Kondisi Perataan kepala tiang



Gambar 1.6
Pemasangan mal seng untuk grouting



Gambar 1.7
Pengroutingan kepala tiang



Gambar 1.8
Hasil akhir grouting kepala tiang



PT. GEO STRUKTUR INDONUSA

Jl. Kapten Soemarsono No. 64, Helvetia Deli Serdang,

Medan - Indonesia

Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856

Fax : (061) 80440856

Email : geostruktur_indonusa@yahoo.co.id

II. Persiapan Angkur Sensor



Gambar 2.1
Penandaan/marking posisi sensor (1,2 m)



Gambar 2.2
Pengeboran lubang angkur sensor



Gambar 2.3
Pemasangan Drop in anchor



Gambar 2.4
Pemasangan mal sensor

III. Pengujian PDA



Gambar 3.1
Bandul Drop Hammer 5 Ton



Gambar 3.2
Rangka Drop Hammer



Gambar 3.3
Mobilisasi Crane 25 Ton



Gambar 3.4
Penempatan Hammer 5 Ton pada tiang



PT. GEO STRUKTUR INDONESIA

Jl. Kapten Soemarsono No. 64, Helvetia Deli Serdang,
Medan - Indonesia
Telp. : 0823 6800 6286 / (061) 80440856
Fax : (061) 80440856
Email : geostruktur_indonesia@yahoo.co.id



Gambar 3.5
Setting Rangka Drop Hammer



Gambar 3.6
Penempatan Cusshion pada tiang



Gambar 3.7
Pemasangan Sensor Transducer



Gambar 3.8
Pemasangan Sensor Accelerometer



Gambar 3.9
PDA P-282



Gambar 3.10
PDA P-276