

TUGAS AKHIR

ANALISIS BALIK KAPASITAS LATERAL FONDASI BERDASARKAN PDA TEST

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Pendidikan Program Sarjana (S1) Fakultas Teknik
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Sultan Agung Semarang**



**Disusun Oleh :
Muhammad Naufal Giffari
NIM : 30201900148**

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS BALIK KAPASITAS LATERAL FONDASI BERDASRKAN PDA TEST



Muhammad Naufal Giffari
NIM : 30201900148

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Agustus 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

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

NIDN : 0627115501

2. **Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT**

NIDN : 0623026901

3. **Lisa Fitriyana, ST., M.Eng**

NIDN : 0605016802

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 60 / A.2 / SA – T / III / 2023

Pada hari ini tanggal 15 Maret 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D.
Jabatan Akademik : Guru Besar
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT.
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Muhammad Naufal Giffari
NIM : 30201900148

Judul : ANALISIS BALIK KAPASITAS LATERAL FONDASI
BERDASARKAN PDA TEST

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	15/03/2023	ACC
2	Seminar Proposal	04/07/2023	
3	Pengumpulan data	15/07/2023	
4	Analisis data	22/07/2023	
5	Penyusunan laporan	10/08/2023	ACC
6	Selesai laporan	14/08/2023	

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

Dosen Pembimbing Utama

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

Dosen Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Rinda Karlinasari., MT

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Muhammad Naufal Giffari

NIM : 30201900148

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

Analisis Balik Kapasitas Lateral Fondasi Berdasarkan PDA Test

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan

Muhammad Naufal Giffari

NIM : 30201900148



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Muhammad Naufal Giffari

NIM : 30201900148

JUDUL TUGAS AKHIR : Analisis Balik Kapasitas Lateral Fondasi
Berdasarkan PDA Test

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Naufal Giffari

NIM : 30201900148

MOTTO

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.”

(Q.S. Ali Imran ayat 110)

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”

(Q.S. Al-Mujadalah ayat 11)

“Dan Dia bersama kamu di mana saja kamu berada. Dan Allah Maha Melihat apa yang kamu kerjakan.”

(Q.S Al-Hadid: 4)

"Tanpa tindakan, pengetahuan tidak ada gunanya dan pengetahuan tanpa tindakan itu sia-sia"

(Abu Bakar Ash-Shiddiq)

"Aku tidak menganggapmu berhasil dalam suatu pencapaian tertentu hingga Allah mengujimu dengan cobaan terakhirnya"

(Utsman bin Affan)

“Lakukan yang terbaik, sehingga aku tak akan menyalahkan diriku sendiri atas segalanya”

(Magdalena Neuner)

Orang yang meraih kesuksesan tidak selalu orang yang pintar, tapi orang yang selalu meraih kesuksesan adalah orang yang gigih dan pantang menyerah"

(Susi Pudjiastuti)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Bapak Prof. Ir. H. Praktikso. MST., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yan telah memberikan ilmunya kepada penulis
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Muhammad Naufal Giffari

NIM : 30201900148

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselasaikan dengan baik tentang “Analisis Kebutuhan Dan Penataan Ruang Parkir Kendaraan Di Lahan Parkir Rumah Sakit Islam Sultan Agung” guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Prof. Ir. H. Praktikso. MST., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya, semoga tugas akhir ini bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembacanya.

Semarang, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Sistematika Penulisan	2
BAB II STUDI PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Umum	4
2.2. Identifikasi Tanah	5
2.3. Klasifikasi Tanah	5
2.3.1. Sistem Klasifikasi AASTHO	6
2.3.2. Sistem Klasifikasi Tanah Unified (USCS)	6
2.4. Parameter Tanah	8
2.4.1. Klasifikasi Tanah dari Data Sondir	8
2.4.2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Standart Penetration Test (N-SPT)	9
2.5. Fondasi	13
2.5.1 Deskripsi Fondasi	13
2.5.2 Fondasi Dalam	13
2.5.3 Penggolongani Fondasi Dalam	13
2.5.4 Fondasi <i>Spun pile</i>	14
2.6. Daya Dukung Fondasi	15
2.7. Kapasitas Daya Dukung <i>Spun pile</i>	16

2.8. Teori Daya Dukung	16
2.8.1. Analisis Kapasitas Daya Dukung Tanah.....	16
2.8.2. Keruntuhan Tanah	17
2.8.3. Data Analisis Daya Dukung.....	17
2.9. Metode Perhitungan Daya Dukung Fondasi.....	18
2.9.1 <i>Pile Driving Analyzer Test (PDA Test)</i>	18
2.9.2 Aplikasi <i>Allpile</i>	19
2.9.3 Metode Statik Interpretasi Beban.....	21
2.10. Daya Dukung Lateral	22
2.10.1. Menentukan Kekakuan Tiang	23
2.10.2. Memastikan Keruntuhan Tanah	24
2.10.3. Perhitungan Beban Lateral (H_u)	24
 BAB III METODE PENELITIAN	 26
3.1. Pendahuluan.....	26
3.2. Langkah Analisis Hasil Pengujian Tes PDA	26
3.3. Langkah Analisis Data Menggunakan Aplikasi <i>Allpile</i>	30
3.4. Interpretasi beban.....	32
3.4.1. Perhitungan Statik Interpretasi Beban.....	32
3.5. Diagram Alur Penelitian	37
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 38
4.1. Tinjauan Umum	38
4.1.1. Fondasi <i>Spun pile</i>	38
4.1.2. Tanah	39
4.2. Analisis Hasil Tes PDA	40
4.3. Analisis Menggunakan Aplikasi <i>Allpile</i>	43
4.3.1. Langkah Kerja Analisis Aplikasi <i>Allpile</i> v6.5E	43
4.4. Interpretasi Beban	52
4.5. Perbandingan Hasil Analisis Uji Tes PDA dan Aplikasi <i>Allpile</i>	Error!
Bookmark not defined.	
4.6. Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi.....	55

4.6.1. Daya Dukung Lateral	55
----------------------------------	----

BAB V PENUTUP	60
---------------------	----

5.1. Kesimpulan.....	60
----------------------	----

5.2. Saran.....	60
-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah (Sistem AASTHO).....	6
Tabel 2.2. Sistem Klasifikasi Tanah Unified	7
Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah dari Data Sondir	8
Tabel 2.4. Hubungan antara Kepadatan, Berat Jenis Tanah Kering, Nilai N-SPT, q_c , dan ϕ	10
Tabel 2.5. Hubungan antara Nilai Tipikal Berat Volume Kering	10
Tabel 2.6. Hubungan antara Nilai N-SPT dengan Berat Jenis Tanah Jenuh (γ_{sat})	11
Tabel 2.7. Hubungan antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah.....	12
Tabel 2.8. Hubungan antara Sudut Geser Dalam, Tingkat Plastisitas dan Jenis Tanah	12
Tabel 2.9. Hubungan antara N-SPT, Kohesi dan Sudut Geser Dalam Tanah. Error! Bookmark not defined.	
Tabel 2.10. Nilai-nilai n_h untuk Tanah Granuler ($c = 0$)	22
Tabel 2.11. Nilai-nilai n_h untuk Tanah Kohesif	23
Tabel 3.1. Tabel Penilaian Kerusakan Tiang	28
Tabel 4.1. Data N-SPT dan Parameter Tanah	39
Tabel 4.2. Keterangan Kode Analisis.....	42
Tabel 4.3. Hasil Analisis CAPWAP	43
Tabel 4.4. Perbandingan Daya Dukung	52
Tabel 4.5. Interpretasi Daya Dukung Total Hasil Analisis Aplikasi <i>Allpile</i>	55
Tabel 4. 6 Perbandingan Daya Dukung Lateral <i>Allpile</i> dan <i>Broms</i>	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Grafik Hubungan Tekanan Conus dengan Perlawanan Geser.....	9
Gambar 2.2. Kapasitas Beban Lateral Tiang Pendek (Tomlinson,1997)	25
Gambar 2.3. Kapasitas Beban Lateral Tiang Panjang	25
Gambar 3.1. Kurva Metode <i>Davisson</i>	33
Gambar 3.2. Kurva Metode <i>Chin</i>	35
Gambar 3.3. Kurva metode <i>Mazurkiewicz</i>	36
Gambar 4.1. Fondasi <i>Spun pile</i> di Titik A2.13	38
Gambar 4.2. Hasil Analisis Uji Tes PDA Diameter 50 cm	41
Gambar 4.3. Hasil Analisis CAPWAP Diameter 50 cm	41
Gambar 4.4. Gambar Hasil Input pada <i>Pile Type</i>	44
Gambar 4.5. Gambar Hasil Input pada <i>Pile Profile</i>	45
Gambar 4.6. Gambar Hasil Input pada <i>Pile Properties</i>	46
Gambar 4.7. Gambar Hasil Input pada <i>Pile Section Screen</i>	46
Gambar 4.8. Gambar Hasil Input pada <i>Load and Group</i>	47
Gambar 4.9. Gambar Hasil Input pada <i>Soil Properties</i>	48
Gambar 4.10. Gambar Hasil Input pada <i>Soil Parameter screen</i>	48
Gambar 4.11. Gambar Hasil Input pada <i>advance page</i>	49
Gambar 4.12. Gambar Hasil dari <i>Vertical Analysis</i>	50
Gambar 4.13. Grafik Hubungan Beban dan Penurunan.....	50
Gambar 4.14. Grafik Perbandingan Daya Dukung Total Hasil Analisis Tes PDA dan <i>Allpile</i>	51
Gambar 4.15. Grafik Metode <i>Davisson</i>	53
Gambar 4.16. Grafik Metode <i>Chin</i>	54
Gambar 4.17. Grafik Metode <i>Mazurkiewicz</i>	54
Gambar 4.18. Grafik Daya Dukung Lateral	56
Gambar 4.19. Grafik Tahanan Momen Ultimit	59

ABSTRAK

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur yang membutuhkan daya dukung pada tanah sebagai struktur awal dalam konstruksi jembatan. Abutment merupakan salah satu struktur yang bersinggungan secara langsung terhadap tanah yang berada dibawahnya. Pada Proyek Jalan Tol Serang-Panimbang, Banten terjadinya pergeseran tanah pada abutment.

Kajian ini akan dilakukan perhitungan daya dukung aksial dan daya dukung lateral fondasi *spun pile* Proyek pembangunan Jalan Tol Serang-Panimbang. Metode yang dipakai pada kajian ini menggunakan aplikasi *Allpile*, Hasil PDA (*Pile Drive Analyzer*) Test dan perhitungan statik yaitu rumus metode *Davisson*, metode *Chin* dan metode *Davisson* untuk daya dukung aksial serta metode *Broms* untuk daya dukung lateral.

Hasil menggunakan aplikasi *Allpile* didapatkan daya dukung total aksial fondasi *spun pile* proyek pembangunan Jalan Tol Serang-Panimbang pada diameter 50 cm sebesar 178.9 ton serta penurunan 39,8 mm. Interpretasi bebani untuk mendapatkan besarnya beban ultimit menggunakan metode *Davisson*, *Chin* dan *Mazurkiewicz*. Pada metode *Davisson* beban ultimit sebesar 232 ton, pada metode *Chin* beban ultimit sebesar 244 ton, pada metode *Mazurkiewicz* beban ultimit sebesar 232 ton. Namun dalam pelaksanaannya tetapi digunakan daya dukung hasil dari PDA test. Sedangkan daya dukung total lateral fondasi *spun pile* sebesar 25 ton.

Kata Kunci : Fondasi *Spun pile pile*, daya dukung fondasi

ABSTRACT

The bridge is one of the infrastructure that requires the carrying capacity of the soil as the initial structure in bridge construction. An abutment is a structure that is in direct contact with the soil beneath it. In the Serang-Panimbang Toll Road Project, Banten, there has been a shift in the displacement of the soil on the abutments.

This study will be carried out to calculate the axial bearing capacity and lateral bearing capacity of the spun pile foundation for the Serang-Panimbang Toll Road Development Project. The method used in this study uses the Allpile application, PDA (Pile Drive Analyzer) Test results and static calculations, namely the Davisson method formula, the Chin method and the Davisson method for axial bearing capacity and the Broms method for lateral bearing capacity.

The results of using the Allpile application show that the total axial bearing capacity of the spun pile foundation for the Serang-Panimbang Toll Road construction project at a diameter of 50 cm is 178.9 tons and a settlement of 39.8 mm. Interpretation of the load to get the magnitude of the ultimate load using the Davisson, Chin and Mazurkiewicz method. In the Davisson method the ultimate load is 232 tons, in the Chin method the ultimate load is 244 tons, in the Mazurkiewicz method the ultimate load is 232 tons. However, in practice, the carrying capacity of the results of the PDA test is used. Meanwhile, the total lateral bearing capacity of the spun pile foundation is 25 tons.

Keywords: Spun pile foundation, supporting capacity

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah merupakan bagian yang penting dalam suatu pekerjaan konstruksi karena setiap pekerjaan konstruksi bertopang pada tanah. Tanah memiliki jenis yang beragam. Jenis tanah pada suatu wilayah tidak sama dengan wilayah lainnya. Hal ini disebabkan oleh komponen pembentuk tanah pada wilayah tersebut. Kondisi tanah akan mempengaruhi struktur pada sebuah konstruksi yang berdiri di atasnya.

Dalam beberapa studi kasus, kegagalan pada dunia konstruksi terjadi karena kondisi tanah yang menopang sebuah jembatan tersebut. Tanah lunak merupakan salah satu kondisi yang mengakibatkan persoalan pada pekerjaan konstruksi, karena tanah lunak mempunyai daya dukung yang rendah dan mengakibatkan penurunan pada tanah sebab beban yang ditopangnya.

Karakteristik pada tanah dapat didapatkan dari penelitian lebih lanjut pada area yang akan dibangun sebuah jembatan. Penelitian dengan alat uji yang ada dapat membantu mendapatkan data tanah guna diproses lebih lanjut untuk menentukan struktur pada sebuah jembatan.

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur yang membutuhkan daya dukung pada tanah sebagai struktur awal dalam konstruksi jembatan. Abutment merupakan salah satu struktur yang bersinggungan secara langsung terhadap tanah yang berada dibawahnya. Pada kondisi tertentu, tanah dapat menyebabkan kegagalan pada konstruksi jembatan khususnya pada abutment.

Pada Proyek Jalan Tol Serang-Panimbang, Banten terjadinya pergeseran tanah pada abutment jembatan maka dari penjelasan diatas penulis akan menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul **“ANALISIS BALIK KAPASITAS LATERAL PONDASI PADA PDA TEST “**.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini terdapat rumusan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menghitung kapasitas lateral pada fondasi berdasarkan PDA test ?
2. Berapakah hasil perhitungan fondasi berdasarkan program *Allpile* ?
3. Bagaimana cara mengetahui perbandingan kapasitas lateral pada fondasi ?

1.3. Maksud dan Tujuan

Penulisan Tugas Akhir ini memiliki maksud dan tujuan untuk :

1. Mengetahui daya dukung kapasitas vertikal pada fondasi.
2. Menghitung daya dukung kapasitas lateral pada fondasi.
3. Membandingkan hasil penurunan PDA Test dan *Allpile*.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian dalam Tugas Akhir ini memiliki Batasan masalah sebagai berikut :

1. Perhitungan kapasitas vertikal menggunakan aplikasi *Allpile* dan metode *Davisson*, *Chin* dan *Mazurkiewicz*.
2. Perhitungan kapasitas lateral menggunakan aplikasi *Allpile* dan metode *Broms*.
3. Perbandingan daya dukung fondasi antara hasil PDA Test dan *Allpile* .

1.5. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini memiliki sistematika penulisan sebagai berikut :

Bab I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan laporan tugas akhir yang berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II : STUDI PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang studi Pustaka yang berisikan tentang pengertian secara umum, identifikasi tanah, klasifikasi jenis tanah, parameter tanah, pengertian abutment.

Bab III : METODELOGI PENULISAN

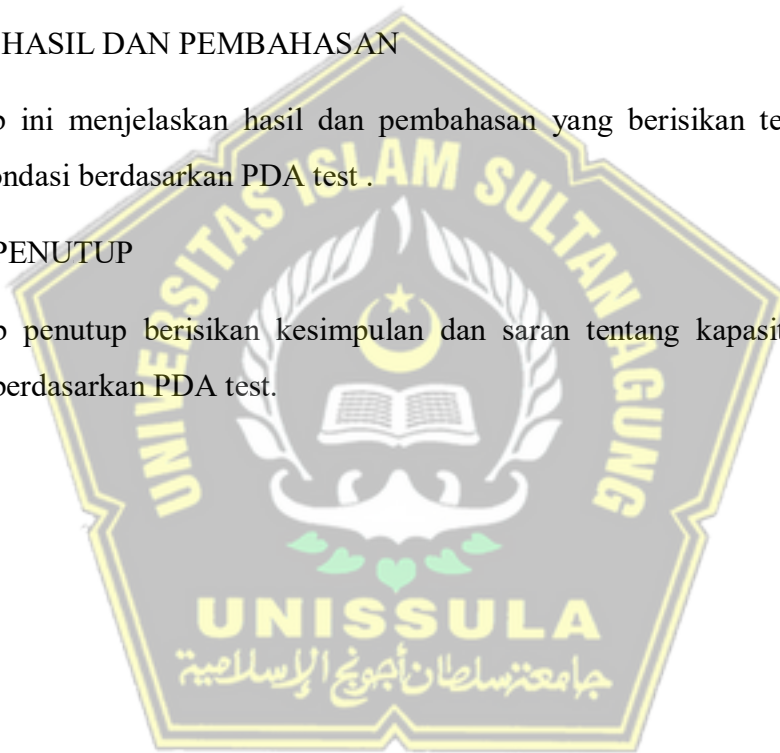
Pada bab ini menjelaskan tentang pengumpulan data, identifikasi masalah dan Teknik pengolahan data.

Bab IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil dan pembahasan yang berisikan tentang kapasitas lateral pondasi berdasarkan PDA test .

Bab V : PENUTUP

Pada bab penutup berisikan kesimpulan dan saran tentang kapasitas lateral pada pondasi berdasarkan PDA test.



BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Tanah merupakan ikatan antara butiran yang relatif lemah, dapat dikarenakan oleh oksida-oksida, zat organik, atau karbonat yang mengendap diantara partikel. *Space* antara partikel dapat berisikan udara, air ataupun yang lainnya. (Hardiyatmo, 1992). Oleh karena itu, setiap lahan tanah yang akan dibangun untuk infrastruktur dibutuhkan tanah yang stabil dan tidak mengalami penurunan yang signifikan.

Setelah dilakukan identifikasi tanah yang kemudian mendapatkan data-data tanah hasil lab, tahapan selanjutnya adalah merencanakan suatu fondasi dengan memperhitungkan estimasi beban yang akan diterima. Pada proyek *jalan tol banten serang-panimbang* fondasi yang digunakan adalah fondasi dalam jenis *spun pile* dikarenakan jenis tanahnya teridentifikasi jenis tanah lunak sehingga fondasi yang digunakan harus cukup kuat untuk meneruskan ke lapisan tanah yang lebih keras, dengan demikian penggunaan fondasi dalam jenis *spun pile* dapat digunakan sebagai fondasi yang kuat untuk jembatan yang akan dibuat.

Memperhitungkan daya dukung fondasi penting merupakan sesuatu yang penting agar jembatan tidak roboh. Daya dukung fondasi dibagi menjadi tiga bagian, yaitu daya dukung total (*ultimate*), daya dukung ujung (*end bearing*) dan daya dukung selimut (*friction*). Pada kenyataan di lapangan, sering mengabaikan analisis daya dukung fondasi dan penurunan fondasi yang tepat, untuk mengetahui daya dukung fondasi yang tepat dapat menggunakan uji beban secara penuh. Namun sekarang uji beban secara penuh sudah hampir jarang dilakukan karena memiliki beberapa kekurangan, antara lain membutuhkan biaya yang banyak dan membahayakan bagi pekerja akibat adanya tumpukan blok-blok beton. Sekarang yang biasanya dilakukan oleh kontraktor untuk mengetahui daya dukung fondasi menggunakan PDA tes. Dan seiring kemajuan teknologi dibidang IT penggunaan aplikasi *Allpile* juga bisa untuk mengetahui daya dukung fondasi. Sehingga untuk mendapatkan daya dukung fondasi yang tepat

digunakan perbandingan antara daya dukung hasil uji PDA dan aplikasi *Allpile* dan bagaimana interpretasinya terhadap perhitungan numerik.

2.2. Identifikasi Tanah

Untuk mendapatkan tanah yang stabil dan tidak mengalami penurunan yang signifikan, maka tahapan awal pekerjaan konstruksi yang dilakukan adalah mengidentifikasi tanah yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung dan geologi tanah, seperti susunan lapisan tanah atau sifat dan karakteristik tanah yang nantinya terkait dengan perencanaan struktur yang akan dibangun diatas lahan tanah tersebut, contohnya untuk menentukan tipe, kedalaman, dan dimensi fondasi yang paling efisien dan aman digunakan.

Identifikasi tanah yang dilakukan di lapangan pada umumnya menggunakan metode *Standar Penetration Tes* (SPT), Uji *Conus*, *Core Drilling*, dan lain-lain. Dari sampel tanah yang diambil pada lokasi pem jembatan kemudian dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah pada lokasi tersebut.

2.3. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah suatu cara mengelompokkan dan mengumpulkan jenis tanah berdasarkan kemiripan atau kesamaan yang bertujuan untuk memberi informasi tentang ciri-ciri dan karakteristik tanah yang biasanya dalam laporan klasifikasi tanah menyertakan kedalamannya. Tujuan klasifikasi tanah juga nantinya berguna untuk masyarakat umum untuk menginformasikan tentang karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan lain sebagainya dalam bentuk data kasar (Bowles, 1989).

Klasifikasi tanah bisa menggunakan beberapa sistem, namun yang pada umumnya digunakan adalah dua sistem, yaitu sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dan sistem klasifikasi jenis tanah menggunakan metode *Unified Soil Classification System* (USCS).

2.3.1. Sistem Klasifikasi AASTHO

Sistem AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) membagi tanah kedalam 8 kelompok, A-1 sampai A-7 yang didalamnya terdapat sub-sub kelompok. Penggunaan sistem klasifikasi AASHTO menggunakan beberapa pertimbangan kriteria untuk mengelompokkan jenis tanah, diantaranya adalah menggunakan kriteria ukuran butir tanah dan plastisitas. Klasifikasi tanah yang mengacu sistem klasifikasi AASTHO dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah (Sistem AASTHO)

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)										
Klasifikasi kelompok	A-1		A3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5*
											A-7-6%
Analisa Saringan											
(% lolos)											
No.10	Maks 50										
No.40	Maks 30	Maks 50	Maks 51								
No.200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40											
Batas cair (LL)				Maks 40	Min 41	Maks 40	Maks 41	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlaanau atau berlempung				Tanah Berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik							Biasa sampai jelek			

(Sumber: Bowles, 1991)

$$*PI \leq LL - 30$$

$$*PI > LL - 30$$

2.3.2. Sistem Klasifikasi Tanah Unified (USCS)

Menurut sistem klasifikasi tanah *unified* atau *Unified Soil Classification System* (USCS) secara garis besar, tanah dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok tanah dengan berbutir halus dan kelompok tanah dengan berbutir kasar, untuk penjelasannya sebagai berikut :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*) yaitu tanah yang kurang dari 50% lolos saringan No. 200 ($F_{200} < 50$). Dengan simbol G yang merupakan

kelompok kerikil (*gravel*) atau kelompok tanah berkerikil (*gravelly soil*) dan simbol S yang merupakan kelompok tanah pasir (*sand*) atau kelompok tanah berpasir (*sandy soil*).

2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soils*) yaitu tanah yang lebih dari 50% lolos saringan No. 200 ($F_{200} \geq 50$). Dengan simbol M untuk kelompok lanau inorganik (*inorganic silt*), simbol C untuk kelompok lempung inorganik (*inorganic clay*) dan simbol O untuk kelompok lanau serta lempung organik. Simbol Pt untuk gambut (*peat*) dan tanah yang mengandung organik tinggi, simbol W untuk gradasi baik (*well graded*), simbol P untuk buruk (*poorly graded*), simbol L untuk plastisitas rendah (*low plasticity*) dan simbol H untuk plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Sistem klasifikasi *Unified* dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2. Sistem Klasifikasi Tanah Unified

Jenih Tanah	Simbol	Sub Kelompok	Simbol
Kerikil	G	Gradasi Baik	W
		Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	WL < 50%	L
Organik	O	WL > 50%	H
Gambut	Pt		

(Sumber : Bowles, 1991)

Keterangan :

W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik),

- P = *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk),
 L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah, $LL < 50$),
 H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, $LL > 50$).

2.4. Parameter Tanah

2.4.1. Klasifikasi Tanah dari Data Sondir

Klasifikasi tanah pada suatu proyek pada umumnya menggunakan berbagai cara, salah satunya adalah dengan data sondir. Data sondir sendiri didapatkan dari bacaan alat yang bernama *manometer*. Pembacaan pada alat *manometer* dilihat setiap kedalaman tanah dengan interval per 20 cm sampai kedalaman ujung konus.

Bacaan yang didapat yaitu pertama nilai perlawanan konus (Q_c) dan yang kedua yaitu nilai perlawanan geser ($Q_c + F_s$). Kedua bacaan nilai tersebut dapat menentukan jenis tanah pada suatu proyek. Klasifikasi tanah sendiri dapat dilihat pada Tabel hasil sondir yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 dibawah ini.

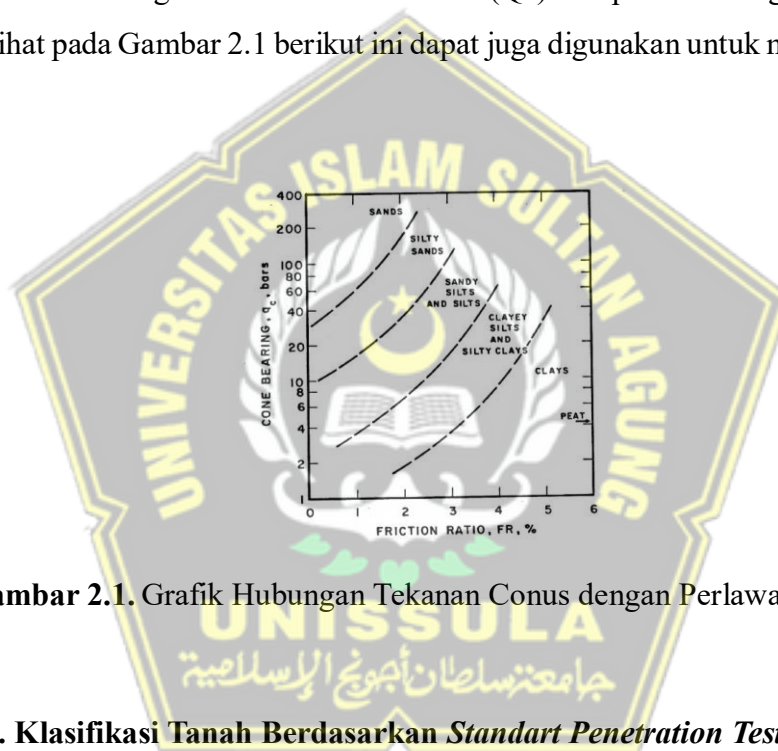
Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah dari Data Sondir

Hasil Sondir		Klasifikasi
Q_c	F_s	
6,0	0,15-0,40	Humus, lempung sangat lunak
6,0-10,0	0,20	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,20-0,60	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10,0-30,0	0,10	Kerikil lepas
	0,10-0,40	Pasir lepas
	0,40-0,80	Lempung atau lempung kelanauan
	0,80-2,00	Lempung agak kenyal
30-60	1,50	Pasir kelanauan, pasir agak padat
	1,0-3,0	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60-150	1,0	Kerikil kepasiran lepas

Hasil Sondir		Klasifikasi
Qc	Fs	
	1,0-3,0	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3,0	Lempung kekerikilan kenyal
150-300	1,0-2,0	Pasir padat, pasir kekerikilan, pasir kasar, pasir kelanauan sangat padat

(Sumber : Das, 1998)

Grafik hubungan antara tekanan conus (Q_c) dan perlawanan geser (F_r) seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 berikut ini dapat juga digunakan untuk menentukan jenis tanah.



Gambar 2.1. Grafik Hubungan Tekanan Conus dengan Perlawanan Geser

2.4.2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Standart Penetration Test* (N-SPT)

Dalam melakukan uji penetrasi lapangan dengan SPT di Indonesia menggunakan SNI 4153-2008, yang merupakan pembaruan dari SNI 03-4153-1996, yang mengacu pada ASTM D 1586-84 “*Standart Penetration Test and Split Barrel Sampling of Soils*”.

Kekuatan tanah diukur menggunakan tes tahanan penetrasi (N-SPT). Tes tahanan penetrasi (N-SPT) adalah tes pengukuran kekuatan tanah menggunakan banyaknya pukulan (30 cm) terakhir yang dibutuhkan guna memasukkan *split tube sampler* dengan menggunakan *hammer* yang dijatuhkan dari ketinggian 75 cm

dengan berat 63.5 kg. Tabel hubungan antara kepadatan tanah, berat jenis tanah kering, berat jenis tanah jenuh nilai N-SPT, qc dan ϕ dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5 di bawah ini.

Tabel 2.4. Hubungan antara Kepadatan, Berat Jenis Tanah Kering, Nilai N-SPT, qc, dan ϕ

Kepadatan	Berat Jenis Tanah Kering (γ_d)	Nilai N SPT	Tekanan Conus qc (kg/cm^2)	Sudut Geser (ϕ)
<i>Very loose</i> (sangat lepas)	< 0.2	< 4	< 20	< 30
<i>Loose</i> (lepas)	0.2 - 0.4	4 - 10	20 - 40	30 - 35
<i>Medium Dense</i> (agak padat)	0.4 - 0.6	10 - 30	40 - 120	35 - 40
<i>Dense</i> (padat)	0.6 - 0.8	30 - 50	120 - 200	40 - 45
<i>Very Dense</i> (sangat padat)	0.8 - 1.0	> 50	> 200	> 45

(Sumber : Meyerhoff, 1965)

Tabel 2.5. Hubungan antara Nilai Tipikal Berat Volume Kering

Jenis Tanah	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{dry} (kN/m^3)
Kerikil	20 - 22	15 - 17
Pasir	18 - 20	13 - 16
Lanau	18 - 20	14 - 18
Lempung	16 - 22	14 - 21

(Sumber : Wiley and Sons, 2000)

Sedangkan hubungan antara nilai N-SPT dengan berat jenis tanah jenuh (γ_{sat}) dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini.

Tabel 2.6. Hubungan antara Nilai N-SPT dengan Berat Jenis Tanah Jenuh (γ_{sat})

N-SPT (blows/ft)	Konsentrasi	q_u (Unconfined Compressive Strength) ton/ft ²	γ_{sat} (kN/m ³)
< 2	Very Soft	< 0,25	16 – 19
2 – 4	Soft	0,25 - 0,50	16 – 19
4 – 8	Medium	0,5 - 1,00	17 – 20
8 – 15	Stiff	1,00 - 2,00	19 – 22
15 – 30	Very Stiff	2,00 - 4,00	19 – 22
➤ 30	Hard	> 4,00	19 – 22

(Sumber : Terzaghi and Peck, 1948)

a. Sudut Geser Dalam

Sudut geser dalam merupakan suatu sudut yang terjadi karena adanya hubungan antara tegangan geser dengan tegangan normal pada suatu material tanah atau batuan. Jadi, jika suatu material tanah atau batuan terkena tegangan atau gaya yang melebihi tegangan gesernya akan menimbulkan sudut rekahan.

Kekuatan geser dalam suatu material atau batuan terdiri dari sudut geser dan variabel kohesi. Kohesi adalah gaya tarik menarik antar butiran tanah atau molekul tanah. Deformasi yang bekerja pada tanah akibat gabungan dari keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan *safety factor* yang telah direncanakan.

Nilai-nilai sudut geser dalam tanah dapat diketahui menggunakan *direct shear test* dan *triaxial test* yang merupakan suatu metode pengukuran *engineering properties*. Hubungan sudut geser dalam dengan jenis tanah, dapat dilihat pada Tabel 2.7 sedangkan hubungan antara sudut geser dalam, tingkat plastisitas dan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.7. Hubungan antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil Kepasiran	35° - 40°
Kerikil Kerakal	35° - 40°
Pasir Padat	35° - 40°
Pasir Lepas	30°
Lempung Kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

(Sumber : Das, 1998)

Tabel 2.8. Hubungan antara Sudut Geser Dalam, Tingkat Plastisitas dan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tingkat Plastisitas	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Lanau	Rendah	35° - 37°
Lanau berlempung	Sedang	31° - 35°
Lempung	Tinggi	< 31°

(Sumber : Bjerrum, 1960)

b. Kohesi

Kohesi adalah gaya tarik menarik antar butiran tanah atau molekul tanah. Nilai kohesi dipengaruhi oleh kekuatan gesernya, jika kekuatan geser semakin besar maka nilai kohesi suatu batuan juga semakin besar nilainya. Nilai kohesi dilambangkan dengan (c) yang didapatkan dari pengujian laboratorium.

Pengujian pada laboratorium untuk mencari nilai kohesi melalui pengujian kuat geser langsung dan pengujian triaxial. Secara empiris nilai kohesi bisa diketahui berdasarkan nilai tegangan konus (Q_c) pada data sondir.

$$c = Q_c / 20 \dots\dots\dots (2.1)$$

Hubungan antara kohesi, N-SPT dan sudut geser dalam dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut :

2.5. Fondasi

2.5.1 Deskripsi Fondasi

Fondasi merupakan bagian paling bawah dari konstruksi suatu jembatan yang mempunyai fungsi untuk meneruskan beban dari jembatan atas (*upper structure*) dan beban berat fondasi itu sendiri menuju ke lapisan tanah keras yang cukup kuat pada bawah fondasi.

Sebelum menentukan jenis fondasi yang akan digunakan, akan ada serangkaian uji lapangan maupun laboratorium guna mengetahui jenis, karakter serta kekuatan dari tanah tersebut terhadap beban vertikal maupun beban horizontal.

Contoh jenis pen gujian tanah yang sering dilakukan sebagai parameter untuk menentukan jenis fondasi antara lain seperti *Sand Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration Test* (CPT). Pada lokasi proyek yang dilakukan penelitian dalam Tugas Akhir ini, data tanah yang digunakan adalah data N-SPT dan desain fondasi menggunakan fondasi dalam yaitu fondasi *spun pile*.

2.5.2 Fondasi Dalam

Fondasi dalam merupakan fondasi yang kedalaman fondasi dari muka tanah adalah sama atau lebih besar dari lima kali lebar fondasi ($D \geq 5B$). Secara umum, kedalaman fondasi lebih besar dari lebar fondasi. fondasi dalam dirancang untuk meneruskan beban jembatan ke tanah keras yang kedalamannya relative jauh dibawah permukaan tanah. Contoh fondasi dalam yaitu fondasi tiang.

Fondasi tiang berfungsi sebagaimana fungsi fondasi pada umumnya, namun fondasi tiang berdiamater lebih kecil dan lebih panjang jika dibandingkan dengan fondasi sumuran.

2.5.3 Penggolongan Fondasi Dalam

Penggolongan fondasi dalam menurut pengerjaannya dibagi menjadi dua tipe, fondasi tiang pancang dan fondasi sumur bor.

Fondasi pada proyek yang dilakukan untuk penelitian dalam Tugas Akhir ini menggunakan fondasi dalam tipe sumur bor, karena kedalaman serta diameternya bisa menyesuaikan. Apabila menggunakan tipe fondasi tiang pancang akan membutuhkan tiang pancang dengan jumlah tiang yang lebih banyak karena dimensi tiang pancang terbatas. Sehingga pada proyek *Jalan Tol Serang – Panimbang* menggunakan fondasi dalam jenis *spun pile* karena kedalaman serta diameter fondasinya bervariasi.

2.5.4 Fondasi *Spun Pile*

Fondasi *spun pile* merupakan fondasi yang dibuat dengan cara mengebor tanah dengan diameter tertentu hingga mencapai kedalaman yang direncanakan, kemudian memasukkan tulangan baja yang telah dirakit pada lubang bor dan dilanjutkan tahapan pengecoran dengan cara pengisian agregat material beton ke dalam lubang bor.

Fondasi *spun pile* pada umumnya digunakan pada kondisi tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan membuat lubang yang stabil menggunakan alat berat *rotary drilling machine*. Apabila tanah pada lokasi pengeboran mengandung air, maka penggunaan *steel casing* diperlukan guna menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran dan nantinya *steel casing* akan diangkat keluar pada waktu pengecoran.

Kelebihan penggunaan fondasi *spun pile* dibanding penggunaan fondasi tiang yang lain adalah sebagai berikut :

1. Kedalaman fondasi *spun pile* dapat bervariasi.
2. Diameter fondasi *spun pile* dapat disesuaikan dengan perencanaan.
3. Fondasi *spun pile* dapat digunakan untuk tiang kelompok atau *pile cap*.
4. Pada pekerjaan fondasi *spun pile* tidak menimbulkan getaran yang mengakibatkan rusaknya jembatan di sekitar proyek.
5. Pada pekerjaan fondasi *spun pile* tidak menimbulkan polusi suara.
6. Pekerjaan fondasi *spun pile* pada tanah lempung tidak mengakibatkan tanah bergelombang, sehingga fondasi *spun pile* tidak bergerak ke samping.

Sedangkan untuk kelemahan pada penggunaan fondasi *spun pile pile* sebagai berikut :

1. Saat tahapan pengeboran kepadatan tanah setempat yang berupa pasir atau tanah yang berkerikil dapat terganggu.
2. Air yang mengalir pada lubang bor dapat mengakibatkan penurunan daya dukung tiang terhadap tanah.
3. Mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik, karena akibat pengaruh dari air tanah.
4. Harus dilakukan oleh kontraktor yang ahli dan terampil, karena kalau dikerjakan asal-asalan dapat mengakibatkan penurunan daya dukung yang cukup berpengaruh terhadap pemjembatan.
5. Berbahaya kalau terjadi tekanan artesis yang dapat menerobos ke atas. Tekanan artesis adalah tekanan yang terjadi pada tanah akibat tekanan dari permukaan yang mengakibatkan air tanah naik ke permukaan.

2.6. Daya Dukung Fondasi

Daya dukung fondasi disebut juga sebagai kapasitas daya dukung tanah, yaitu daya dukung tanah atau reaksi tanah ketika menahan beban dari struktur yang berada di atas b daya dukung tanah bisa dinyatakan sebagai tahanan geser yang terjadi pada atas atau dalam tanah melawan gaya yang disebabkan oleh struktur yang mengakibatkan penurunan.

Untuk mendukung *safety factor* atau angka keamanan fondasi dalam jangka yang panjang, perletakan fondasi harus memenuhi kedalaman yang cukup atau setidaknya mencapai tanah keras. Analisis kapasitas daya dukung fondasi dapat dicari melalui metode perhitungan numerik maupun metode pendekatan studi seperti *Pile Drive Analyzer Test* (PDA Tes), *software Allpile*, dan lain-lain.

Meninjau dari cara mendukung beban, daya dukung fondasi tiang dapat dibedakan menjadi dua macam (Hardiyatmo, 2002) yaitu:

1. Daya dukung ujung (*end bearing pile*)

Daya dukung ujung (*end bearing pile*) adalah analisis kapasitas daya dukung fondasi yang ditentukan pada ujung fondasi atau bawah fondasi. Daya dukung ujung ini dicari hingga kedalaman tanah keras atau lapisan batuan dasar, karena tanah keras atau lapisan batuan dasar mempunyai tahanan yang besar untuk menahan beban struktur. Sehingga tidak terjadi penurunan yang berlebih atau nilai angka keamanan terpenuhi.

2. Daya dukung selimut (*friction pile*)

Daya dukung selimut (*friction pile*) adalah analisis kapasitas daya dukung fondasi yang ditentukan pada gesekan antara dinding fondasi dan tanah di sampingnya. Lapisan tanah yang ada disekitar fondasi juga memberikan tahanan gesek untuk melakukan perlawanan terhadap gaya atau beban yang diberikan oleh struktur yang dibangun di atasnya.

2.7. Kapasitas Daya Dukung *Spun Pile*

Kapasitas daya dukung *spun pile* pada lapangan biasanya dihitung menggunakan data sondir atau *cone penetration test* (CPT). *Cone penetration test* (CPT) atau sondir adalah pengukuran ketahanan parameter tanah yang menunjukkan klasifikasi tanah secara cepat, sederhana dan ekonomis. Biasanya tes CPT atau sondir dilakukan sebelum pemjembatan struktur dilakukan.

2.8. Teori Daya Dukung

2.8.1 Analisis Kapasitas Daya Dukung Tanah

Daya dukung fondasi disebut juga sebagai kapasitas daya dukung tanah, yaitu daya dukung tanah atau reaksi tanah ketika menahan beban dari struktur yang berada di atas atau di dalam tanah. Sehingga daya dukung tanah bisa dinyatakan sebagai tahanan geser yang terjadi pada atas atau dalam tanah melawan gaya yang disebabkan oleh struktur yang mengakibatkan penurunan.

Untuk mendukung *safety factor* atau angka keamanan fondasi dalam jangka yang panjang, perletakan fondasi harus memenuhi kedalaman yang cukup atau setidaknya mencapai tanah keras. Perletakan ujung fondasi pada tanah keras dapat mengurangi erosi permukaan tanah, gerusan tanah, kembang susut tanah serta gangguan tanah di sekitar fondasi. Analisis kapasitas daya dukung tanah dapat dihitung dengan beberapa pendekatan. Persamaan yang digunakan menggunakan jenis tanah, sifat tanah dan bentuk bidang gesernya.

2.8.2 Keruntuhan Tanah

Keruntuhan tanah adalah kondisi dimana tanah tersebut mengalami ketidaksetimbangan ketika dibebani oleh suatu struktur diatasnya. Kondisi keruntuhan tanah ini didasari oleh banyak sebab dan faktor yang mempengaruhinya. Keruntuhan tanah sendiri dibagi menjadi 3, yaitu :

1. Geser Umum
2. Geser Lokal
3. Penetrasi

2.8.3 Data Analisis Daya Dukung

Data analisis daya dukung tanah adalah data-data yang digunakan untuk mencari atau mengetahui (Qult) tanah. Ada beberapa data yang biasanya digunakan pada analisis daya dukung tanah yaitu :

1. Data Uji Laboratorium :
 - a. Teori Terzaghi
 - b. Teori Mayerhoff
 - c. Teori Brinch Hansen
 - d. Teori Vesic
2. Data Uji Lapangan :
 - a. *Plate Bearing Test*
 - b. *Cone Penetration Test (CPT)*
 - c. Data Sondir
 - d. *Standart Penetration Test (SPT)*

2.9. Metode Perhitungan Daya Dukung Fondasi

Metode perhitungan daya dukung fondasi mempunyai banyak macam dan jenis. Pada umumnya metode yang digunakan adalah *Pile Driving Analyzer Test* (PDA Test), perhitungan numerik dan menggunakan aplikasi software *Allpile*. Metode yang digunakan tersebut sudah dapat menemukan berapa besarnya daya dukung selimut (*skin friction*) dan daya dukung ujung (*end bearing pile*). Sehingga dapat dibandingkan dari ketiga hasil tersebut dan dapat menentukan berapa daya dukung sebenarnya pada lapangan.

2.9.1 *Pile Driving Analyzer Test* (PDA Test)

Pile driving analyzer test (PDA Test) adalah salah satu tes daya dukung fondasi pada proyek-proyek besar atau mega proyek. PDA test biasanya digunakan pada fondasi dalam seperti fondasi tiang dan fondasi *spun pile*. Pada PDA Test pengujian daya dukung fondasi dilakukan secara dinamis.

Cara dinamis yang dimaksud yaitu dilakukan menggunakan 2 sensor yang dipasang pada fondasi yang hendak diuji secara berlawanan. Sensor yang pertama merupakan sensor pengukur regangan (*strain transducer*) dan sensor yang kedua adalah sensor pengukur percepatan (*accelerometer*).

Kedua sensor ini dipasang pada bawah kepala tiang (minimal 1,5D – 2D dari kepala tiang ke *transducer*, dimana D adalah diameter *pile*). Sehingga ada jarak bebas pada saat tumbukan berlangsung. Akibat tumbukan dari *hammer* pada kepala tiang, sensor akan menangkap sinyal gerakan dan merubahnya menjadi sinyal listrik yang direkam dan diproses pada box *pile driver analyzer test* (PDA Test).

Pada hasil PDA test didapatkan hasil sementara yang masih mendekati akurat tetapi belum sempurna, sehingga masih harus diproses kembali menggunakan software CAPWAP. *Case Pile Wave Analysis Program* (CAPWAP) adalah program aplikasi analisis numeric yang digunakan dengan cara memasukkan data gaya (*force*) dan kecepatan (*velocity*) yang didapat oleh hasil PDA Test.

Berat *hammer* atau palu pemukul untuk PDA Test, Robinson dkk (2002) menyarankan memakai berat *hammer* atau palu pemukul (W) yang sesuai dengan kapasitas ultimate tiang (Q_{ult}), yaitu :

1. $W/Q = 1\%$ untuk jenis tanah kohesif kaku atau bebatuan
2. $W/Q = 1,5 \%$ untuk jenis tiang friksi pada umumnya
3. $W/Q = 2 \%$ untuk fondasi tiang bor dengan jenis tanah daya dukung ujung fondasi tanah berbutir kasar (*grained coarse soils*)

Sehingga ketinggian *hammer* atau palu pemukul rata-rata setinggi 0,25 m s/d 1,5 m, sedangkan jumlah fondasi yang diuji PDA Test adalah 0,5-2% dari seluruh jumlah fondasi pada proyek tersebut.

2.9.2 Aplikasi *Allpile*

Aplikasi *Allpile* merupakan salah satu aplikasi yang digunakan untuk membantu *engineer* untuk merancang fondasi suatu proyek konstruksi. Pada umumnya aplikasi *Allpile* digunakan untuk perencanaan desain fondasi tiang, seperti fondasi *spun pile* dan pancang, namun juga bisa digunakan untuk perencanaan desain fondasi dangkal (*shallow footing*). *Software* yang dikembangkan oleh Civiltech Software Co yang berbasis di Seattle-Bellevue, USA ini merupakan aplikasi yang berpenampilan sederhana dan mudah untuk digunakan.

Berikut merupakan tampilan menu-menu yang ada di dalam aplikasi *Allpile*

1. *Pile Type*

Pada tampilan *pile type* aplikasi *Allpile* tersedia macam-macam tipe dari perencanaan fondasi. Hal tersebut mempermudah perhitungan bagi *engineer* karena bisa menyesuaikan sesuai kebutuhan. Tipe-tipe perencanaan fondasi yang ditawarkan oleh aplikasi *Allpile* antara lain sebagai berikut :

a. *Drilled Pile* (dia 24 in or 61 cm)

Digunakan untuk perencanaan fondasi bor dengan diameter kurang dari 61 cm.

b. *Drilled Pile*

Digunakan untuk perencanaan fondasi bor dengan diameter lebih besar 61 cm.

c. *Driving Steel Pile (open ended)*

Digunakan pada perencanaan fondasi tiang pancang baja dengan ujungnya terbuka.

d. *Driving Steel Pile (close ended)*

Digunakan pada perencanaan fondasi tiang pancang baja dengan ujungnya tertutup.

e. *Driving Concrete Pile*

Digunakan pada perencanaan fondasi tiang pancang beton.

2. *Pile Profile*

Pada tampilan *pile profile* akan disajikan data mengenai konfigurasi fondasi yang digunakan, seperti kedalaman fondasi, jarak dari permukaan tanah, kemiringan fondasi dan kemiringan permukaan tanah.

3. *Pile Properties*

Pada tampilan *pile properties* akan disajikan kolom yang nantinya akan diisi tentang konfigurasi fondasi meliputi lebar fondasi, kedalaman fondasi, material dan jenis fondasi yang digunakan.

4. *Load and Group*

Pada tampilan *Load and Group* akan disajikan beberapa perhitungan fondasi yang digunakan baik itu untuk *single pile*, *group pile* ataupun *tower foundation*.

5. *Soil Properties*

Pada tampilan *Soil Properties* akan disajikan kolom yang akan diisi dengan data tanah pada titik fondasi yang direncanakan. Data tanah yang dibutuhkan adalah N-SPT dan CPT serta kedalaman muka air tanah pada kolom *water table*.

6. *Advanced Page*

Tampilan *Advanced Page* menyajikan data *zero skin friction* dan *Negative Friction* serta *Analysis Parameter* dimasukkan nilai *Safety Factor*.

2.9.3 Metode Statik Interpretasi Beban

Menghitung daya dukung fondasi juga bisa menggunakan metode statik. Metode statik pada umumnya menggunakan rumus $Q_u = Q_b$ (tahanan ujung) + Q_s (tahanan samping). Namun pada Laporan Tugas Akhir ini metode statik yang digunakan merupakan interpretasi dari data beban dan penurunan. Metode statik yang kami gunakan meliputi Metode *Davisson*, Metode *Chin* dan Metode *Mazurkiewicz* yang penjelasannya sebagai berikut :

a. Metode *Davisson*

Metode ini digunakan untuk mendapatkan beban ultimit dengan menarik garis lurus yang terjadi antara grafik hubungan beban dan penurunan kemudian dibuat garis lurus sejajar dengan garis tersebut.

Dengan penarikan garis tersebut akan membuat garis kurva saling bersinggungan kemudian ditentukan nilai beban ultimit dengan menarik ke sumbu beban.

b. Metode *Chin*

Metode *Chin* mengasumsikan bahwa kurva beban penurunan yang terbentuk mendekati hyperbolic. Komponen yang membentuk kurva beban penurunan tersebut adalah dengan membagi penurunan beban dan mengplotkan nilai tersebut dengan penurunan.

Setelah beberapa nilai diplotkan, nilai yang jatuh di tarik garis lurus. Invers dari kemiringan garis merupakan nilai dari beban ultimit dari Metode *Chin*.

c. Metode *Mazurkiewicz*

Metode *Mazurkiewicz* (1972) diterapkan dengan cara membuat kurva hubungan antara settlement dengan beban yang diterapkan. Untuk mendapatkan nilai kapasitas ultimate tiang dapat dilakukan dengan cara membagi sumbu settlement dengan interval yang sama dan dihubungkan pada kurva hingga memotong pada sumbu beban.

Pada nilai "beban" tersebut dibuat garis dengan sudut 45° yang memotong garis vertikal pada titik selanjutnya. Perpotongan-perpotongan ini

akan membentuk garis lurus dan perpotongan garis ini dengan sumbu beban didefinisikan sebagai kapasitas ultimate.

2.10. Daya Dukung Lateral

Untuk menghitung daya dukung lateral, sebelumnya harus mengetahui termasuk jenis tiang pondasi yang digunakan. Apakah tergolong tiang panjang atau tiang pendek, karena hal tersebut digunakan untuk menentukan faktor kekakuan tiang R dan T faktor kekakuan untuk modulus tanah yang tidak konstan. Perlu diketahui juga fondasi yang akan diperhitungkan gaya lateralnya mempunyai model ikatan tiang ujung jepit atau tiang ujung bebas. Ikatan ujung bebas (*free head*) yaitu jika ujung tiang dapat berinteraksi dan berotasi akibat beban geser dan atau momen. Ikatan ujung jepit (*fixed head*) yaitu jika ujung tiang terjepit dalam *pile cap*.

Perhitungan daya dukung lateral dapat dianalisis menggunakan beberapa metode, salah satu diantaranya adalah menggunakan Metode *Broms*, Metode *Broms* menggunakan teori tekanan tanah yang disederhanakan dengan menganggap bahwa sepanjang kedalaman tiang *spun pile* tanah mencapai nilai ultimit.

Sebelum memperhitungkan faktor kekakuan untuk modulus tanah yang tidak konstan (T) harus mengetahui koefisien variasi modulus tanah (n_h) menggunakan Tabel 2.9 dan Tabel 2.10 berikut ini.

Tabel 2.9. Nilai-nilai n_h untuk Tanah Granuler ($c = 0$)

Kerapatan Relatif (D_v)	Tak Padat	Sedang	Padat
Interval nilai A	100 – 300	300 - 1000	1000 – 2000
Nilai A dipakai	200	600	1500

Kerapatan Relatif (D_v)	Tak Padat	Sedang	Padat
n_h , pasir kering atau lembab (Terzaghi) (kN/m^3)	2425	7275	19400
N_h , pasir terendam air (kN/m^3)			
Terzaghi	1386	4850	11779
Reese et al	5300	16300	34000

(Sumber : Hary Cristady, 2013)

Tabel 2.10. Nilai-nilai n_h untuk Tanah Kohesif

Tanah	$N_h(\text{kN/m}^3)$	Referensi
Lempung terkonsolidasi normal lunak	166 – 3518 277 - 554	Reese dan Matlock (1956) <i>Davisson</i> – Prakash (1963)
Lempung terkonsolidasi Normal organik	111 – 277 111 - 831	Peck dan <i>Davisson</i> (1962) <i>Davisson</i> (1970)
Gambut	55 27,7 - 111	<i>Davisson</i> (1970) Wilson dan Hitls (1967)
Loess	8033 - 11080	Bowles (1968)

(Sumber : Poulus dan Davis, 1980)

Pada Metode *Broms* untuk menghitung daya dukung lateral secara sebagai berikut :

2.10.1 Menentukan Kekakuan Tiang

$$E = 4700 \times \sqrt{f_c} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$I = \frac{1}{64} \times \pi \times D^4 \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk Mencari Faktor Kekakuan Tanah (T) :

$$T = \left(\frac{E_p \times I_p}{n_h} \right)^{1/5} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$4T = 4 \times T \dots\dots\dots(2.5)$$

2.10.2 Memastikan Keruntuhan Tanah

Untuk mengetahui kuat tidaknya tanah menahan beban lateral yang terjadi pada tiang, maka perlu diperhitungkan besar momen maksimum yang ditahan oleh tiang jika tanah didesak ke arah horizontal tiang agar tanah tidak runtuh.

$$M_{max} = B \times \gamma \times L^3 \times K_p \dots\dots\dots (2.6)$$

Untuk $M_{max} > M_y$, maka tanah tidak akan runtuh sehingga gaya horizontal ultimit (H_u) ditentukan oleh kekuatan bahan tiang dalam menahan beban momen.

2.10.3 Perhitungan Beban Lateral (H_u)

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{D \times K_p \times \gamma}} \dots\dots\dots(2.7)$$

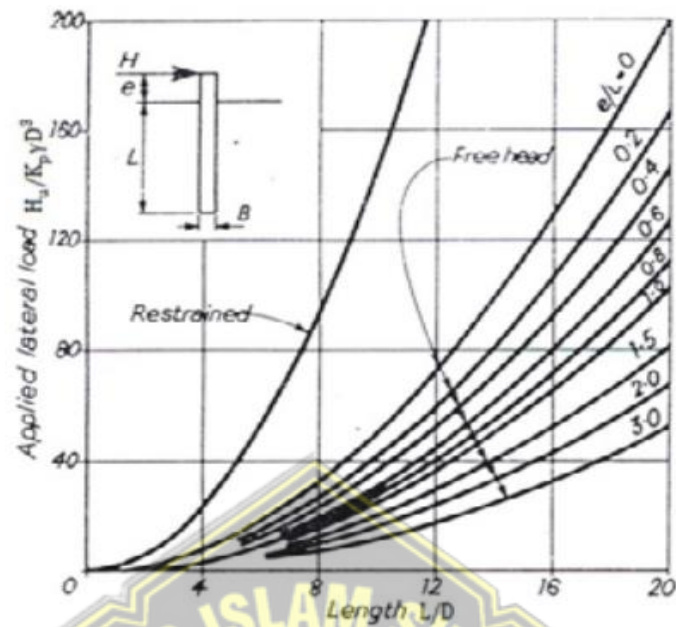
$$H_u = \left(\frac{2My}{e + \frac{2f}{3}} \right) \dots\dots\dots(2.8)$$

$$H_{ijin} = \frac{H_u}{SF} \dots\dots\dots(2.9)$$

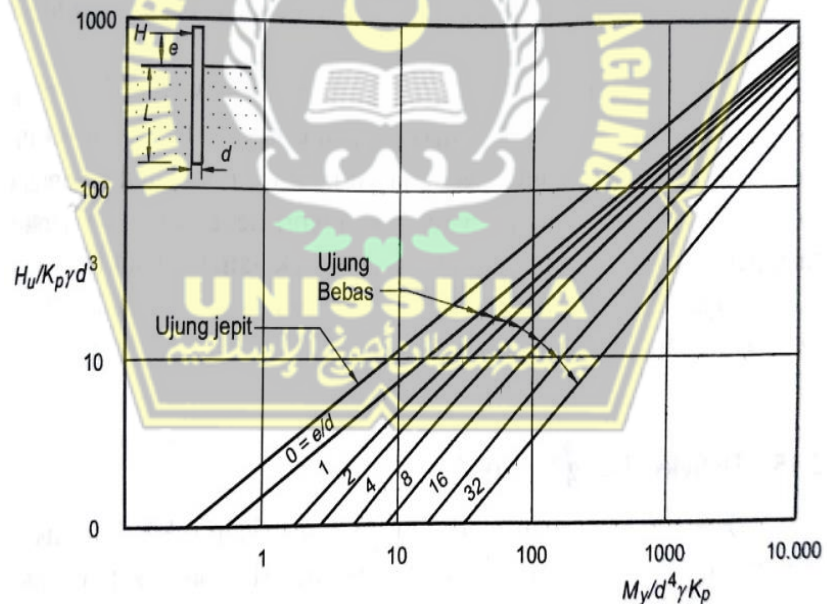
Tahanan Momen Ultimit Secara Grafik

$$\text{Tahanan Momen Ultimit} = \frac{M_u}{D^4 \times \gamma \times K_p} \dots\dots\dots(2.10)$$

Selain menggunakan persamaan diatas, nilai beban lateral (H_u) untuk pondasi dapat diperoleh berdasarkan kurva Gambar 2.2 untuk tiang pendek dan kurva Gambar 2.3 untuk tiang panjang yang berasal dari persamaan berikut ini:



Gambar 2.2. Kapasitas Beban Lateral Tiang Pendek (Broms, 1964)



Gambar 2.3. Kapasitas Beban Lateral Tiang Panjang (Broms, 1964)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Dalam tugas akhir yang perlu diperhatikan adalah metode penelitian. Dalam tugas akhir ini tujuan mengetahui daya dukung aksial dan lateral fondasi tiang *spun pile* dari Proyek Pembangunan *jalan tol serang-panimbang* dengan menggunakan aplikasi *Allpile* dan *PDA test* selanjutnya dilihat mana hasil grafik yang cenderung hiperbola dan langkah berikutnya menginterpretasikan data beban dan penurunan dengan metode *Davisson*, *Chin* dan *Mazurkiewicz* untuk mengetahui daya dukung aksial fondasi.

3.2 Langkah Analisis Hasil Pengujian Tes PDA

Untuk melakukan tes PDA di butuhkan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data

Dalam tes PDA fondasi tiang bor dilakukan pengumpulan data-data yang berkaitan dengan data sekunder yang di dapatkan oleh PT. Cipta Prima Sejahtera.

2. Metode Pelaksanaan Tes PDA

Pengujian tiang dilakukan dengan menempatkan 2 pasang sensor secara berlawanan. Sensor pertama terdiri dari pengukur regangan (*strain transducer*) dan pengukur percepatan (*accelomete*) sensor tersebut dipasang pada bawah kepala tiang atau jarak minimal dari kepala tiang ke *transducer* 1,5D – 2D, sebagaimana yang dimaksud D disini adalah diameter dari tiang bor tersebut sehingga pada saat bertumbukan ada jarak bebas. Dampak dari tumbukan *hammer* dapa kepala tiang, sensor akan mampu menangkap gerakan yang timbul dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang di rekam, kemudian di proses menggunakan *Pile Drive*

Analyzer model PAX. Hasil dari PDA tes akan di teruskan lebih detail menggunakan CAPWAP.

3. Metode Analisis Data

Data yang di peroleh dari uji tes PDA akan dilanjutkan lebih mendetail melalui aplikasi CAPWAP dan diuraikan agar lebih jelas. CAPWAP atau *Case Pile Wave Analysis Program* merupakan analisis lanjutan yang dilakukan bersama dengan pengujian PDA dengan menggunakan metode *signal matChing analysis*. CAPWAP adalah program aplikasi yang memasukkan data gaya (*force*) dan kecepatan (*velocity*) yang diukur oleh PDA. Analisis ini menggunakan data yang diperoleh dari uji tes PDA untuk memberikan hasil yang lebih mendetail. Berdasarkan analisis CAPWAP, pengujian data PDA akan mendapatkan tambahan informasi berupa tahanan ujung fondasi tiang tunggal, tahanan friksi pondasi tunggal, dan simulasi statik *loading test*. Kegunaan program CAPWAP ini untuk memperkirakan distribusi dan besarnya gaya perlawanan tanah total sepanjang tiang berdasarkan modelisasi sistem tiang-tanah yang dibuat dan memisahkannya menjadi bagian perlawanan dinamis dan statis.

Hasil keluaran dari CAPWAP antara lain :

1. Daya Dukung Aksial Tiang (Ru-ton)

Perkiraan daya dukung aksial tiang dilakukan dengan *case method*. Berdasarkan kurva F dan V yang diperoleh, diperkirakan daya dukung aksial tiang yang diuji terdiri dari tahanan ujung dan lengketan. Hasil PDA yang selanjutnya dianalisis dengan CAPWAP juga menghasilkan distribusi daya dukung tanah sepanjang tiang dan simulasi pembebanan statik.

Kriteria penerimaan hasil Ru yaitu Q_u (daya dukung ultimit tiang hasil CPT/SPT) $\leq$ Ru (daya dukung ultimit tiang hasil PDA).

2. Integritas tiang/kutuhan tiang (BTA - %) dan lokasi kerusakan dibawah sensor (LTD-m) output kuantitas BTA (beta) yaitu estimasi beberapa kerusakan tiang. Skala beberapa kerusakan

tiang yang berdasarkan *Pile dynamics*, Inc., sebagaimana pada Tabel 3.1 dibawah ini :

Tabel 3.1. Tabel Penilaian Kerusakan Tiang

BTA (%)	Penilaian
100 %	Tidak ada kerusakan
80-99%	Kerusakan ringan
60-70%	Kerusakan serius
<60%	Patah

Umumnya, kerusakan pada tiang diindikasikan dengan BTA yang kurang dari 100%. Output kuantitas LTD memberi estimasi lokasi kerusakan tiang dari lokasi transducer. Konsekuensi dari kerusakan tiang bergantung pada struktur dan fungsi, kondisi pembebanan, kondisi lingkungan, manufaktur tiang dan lokasi kerusakan. Maka, dalam memberikan penilaian adanya indikasi kerusakan tiang harus untuk berhati-hati.

3. Penurunan maksimum tiang (Dx-mm) dan penurunan permanen (DFN-mm)

Performa analisis CAPWAP berdasarkan parameter resistensi final dan analisis statik dengan parameter ini menghasilkan simulasi beban statik tiang vs penurunan tiang. Sampai saat ini, belum ada kriteria yang jelas mengenai penerimaan dari penurunan tiang pada output PDA test. Seperti pada studi yang dilakukan H. Hussein, Hussein & T. Slash, Kais (2009), dari hasil studinya didapatkan hasil korelasi yang baik antara *settlement* dari *static load test* dengan *settlement* dari PDA test.

Dengan korelasi tersebut, dapat diasumsikan bahwa kriteria penerimaan hasil *settlement* dari *static load test* sama dengan kriteria penerimaan hasil *settlement* dari PDA test. Menurut ASTM D1143, secara umum kriteria penerimaan penurunan maksimum tiang yaitu :

➤ **Untuk Tiang Lebar atau $\phi < 610$ mm**

$$S_f = S + (4.00 + 0.008D) \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

S_f = penurunan maksimum tiang (mm)

S = penurunan elastisitas tiang (mm)

➤ **Untuk tiang lebar atau $\phi > 610$ mm**

$$S = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :

Q_{wp} = kapasitas daya dukung ujung tiang

Q_{ws} = kapasitas daya dukung tahanan kulit tiang

ξ = 0,5 untuk tanah lempung / 0,67 untuk tanah pasir

L = panjang tiang

A_p = luas penampang tiang

E_p = modulus elastisitas material tiang

Sedangkan penurunan permanennya tidak melebihi $S_p = D/120 + 4\text{mm}$ atau $1/4$ penurunan maksimumnya dipilih mana yang paling besar (BD, 2004). Berikut ada 3 analisis data yang dilakukan:

1. Data daya dukung ultimit tiang (Q_u) dari hasil CPT/SPT diperbandingkan dengan daya dukung ultimit tiang (R_u) dari hasil PDA test. Jika $Q_u \geq R_u$, maka daya dukung tiang aman atau kemungkinan mengalami kelebihan beban.

2. Menganalisis data integritas tiang (BTA) dari hasil PDA test. Jika hasil dari $BTA > 80\%$ maka tiang tidak terlalu banyak memiliki kerusakan, tetapi jika $BTA < 80\%$ maka kerusakan pada tiang cukup serius.
3. Menganalisis data penurunan maksimum tiang (D_x) dan penurunan permanen tiang (DFN). Jika hasil dari $D_x < S_f$ atau $DFN < S_p$ maka penurunan tiang masih bisa untuk ditoleransi, tetapi jika $D_x > S_f$ atau $DFN > S_p$ maka penurunan tiang terjadi berlebihan sehingga kurang aman.

3.3 Langkah Analisis Data Menggunakan Aplikasi *Allpile*

Software ini digunakan dalam bidang geoteknik guna menganalisis kapasitas pembebanan fondasi secara akurat. Aplikasi *Allpile* merupakan aplikasi yang dirancang untuk perhitungan fondasi, baik itu *spun pile* maupun pancang. Penggunaan aplikasi *Allpile* dalam pengerjaan laporan tugas akhir ini berguna untuk mendapatkan hasil dari daya dukung fondasi yang akan dilakukan perbandingan dengan hasil dari tes PDA dengan langkah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Dalam metode pengumpulan data ini yang diambil adalah data primer dan data sekunder, dimana data ini diperoleh dari uji lapangan, pengolahan data penyelidikan data tanah dari PT. Cipta Prima Sejahtera dan beberapa sumber yang telah ada.

a. Deskripsi umum

Proyek pembangunan ini berada pada Jl. Pemuda nomor 35, Pandansari, Kecamatan Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah. Fondasi yang digunakan dalam proyek ini adalah fondasi *borepile* dengan diameter 600 mm, 800 mm dan 1000 mm.

b. Fondasi yang diuji

Pada laporan tugas akhir ini menganalisis fondasi *spun pile pile* pada titik BP-379 dengan diameter 80 cm dan BP-749 dengan diameter 100 cm

c. Standar referensi

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, analisis dan pembebanan menggunakan SNI 8460-2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik.

2. Metode Analisis Data

Analisis yang dilakukan berdasarkan data primer dan data sekunder, kemudian data tersebut di uraikan agar mudah untuk dianalisis dengan melakukan beberapa penelitian yang mengacu pada parameter yang telah ditentukan.

3. Metode Pengolahan

Data tanah *bor log* yang di dapatkan dari uji lapangan di uraikan kembali menjadi lebih sederhana dan dikelompokkan menurut klasifikasinya, dalam penggunaan aplikasi *Allpile* data yang dimasukkan cenderung lebih mudah untuk dipahami

Langkah-langkah perhitungan dengan program *Allpile* sebagai berikut :

- a. Memilih tipe fondasi yang akan digunakan, lalu menulisi pada *project tittle* atau memberi judul.
- b. Profil fondasi, memasukkan data yang sudah direncanakan meliputi panjang fondasi keseluruhan, panjang fondasi yang akan dimunculkan dipermukaan, kemiringan tanah, kemiringan fondasi.
- c. Memasukkan data fondasi, data yang diperlukan adalah bentuk fondasi, material fondasi, tulangan, kendala fondasi, ukuran fondasi. Untuk luas penampang, inersia modulus elastisitas, berat fondasi akan terhitung sendiri dalam programnya apabila sudah memasukkan diameter fondasi.

- d. Pembebanan, didapat dari hasil perhitungan.
- e. *Soil properties* atau data tanah, data ini didapat dari N-SPT. Dan tidak lupa memasukkan tinggi muka air tanah serta elevasi.
- f. Tahap akhir perencanaan adalah memasukkan angka keamanan (SF)
- g. Menjalankan program dengan mengklik toolbar yang bertuliskan vertical dan program akan segera memproses serta mendapatkan sangka-angka yang dibutuhkan.

3.4 Interpretasi beban

3.4.1 Perhitungan Statik Interpretasi Beban

Setelah mendapatkan grafik dengan bentuk kurva yang lebih baik, selanjutnya dilakukan perhitungan statik interpretasi beban menggunakan metode *Davisson*, *Mazurkiewicz* dan *Chin* yang tahapannya sebagai berikut:

1. Metode *Davisson*

- Gambar kurva *load vs settlement*.
- Tentukan persamaan elastis dengan menggunakan berikut ini:

$$\frac{S_e}{Q} = \frac{L}{A_p \cdot E_p} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana :

S_e = penurunan elastis

Q = beban yang diberikan

L = panjang tiang

A_p = luas penampang tiang

E_p = modulus elastisitas tiang

- Gambar garis OA menggunakan (Persamaan 3.3)

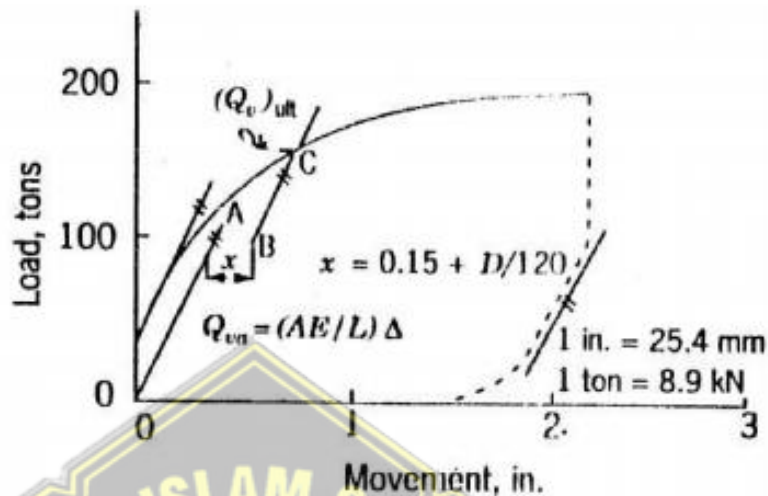
- Gambar garis BC yang sejajar dengan garis OA dengan jarak sejauh x .

$$x = 0,15 + D/120 \text{ inch} \dots \dots \dots (3.4)$$

D merupakan diameter tiang dalam satuan inch.

- Perpotongan garis kurva *load vs settlement* dan garis BC merupakan daya dukung *ultimate*.

Kurva metode *Davisson* seperti pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1. Kurva Metode *Davisson*

2. Metode *Chin*

Jika Deformasi geser dan kurva *load* dengan *settlement* akan berbentuk hiperbola, maka grafik *settlement/load* dengan *settlement* akan membentuk garis lurus yang letaknya miring.

Perhitungan dengan menggunakan metode *Chin* untuk mencapai beban ultimit adalah sebagai berikut :

- Gambar kurva antara rasio penurunan terhadap beban (s/Q) terhadap penurunan. S yang tertera di sini dimaksudkan penurunan dan Q merupakan beban.
- Garis lurus yang di wakikan titik-titik di gambarkan dengan persamaan $s/Q = c_1 \cdot s + c_2$.
- C_1 dari kemiringan garis telah di tentukan.
- $1/c_1$ adalah beban ultimit.

Metode *Chin* mengasumsikan bahwa kurva beban penurunan yang terbentuk mendekati *hyperbolic*. Komponen yang membentuk kurva

beban penurunan tersebut adalah dengan membagi penurunan beban dan mengeplot nilai tersebut dengan penurunan.

Setelah beberapa nilai diplotkan, nilai yang jatuh di tarik garis lurus. Invers dari kemiringan garis merupakan nilai dari beban ultimit dari Metode *Chin*.

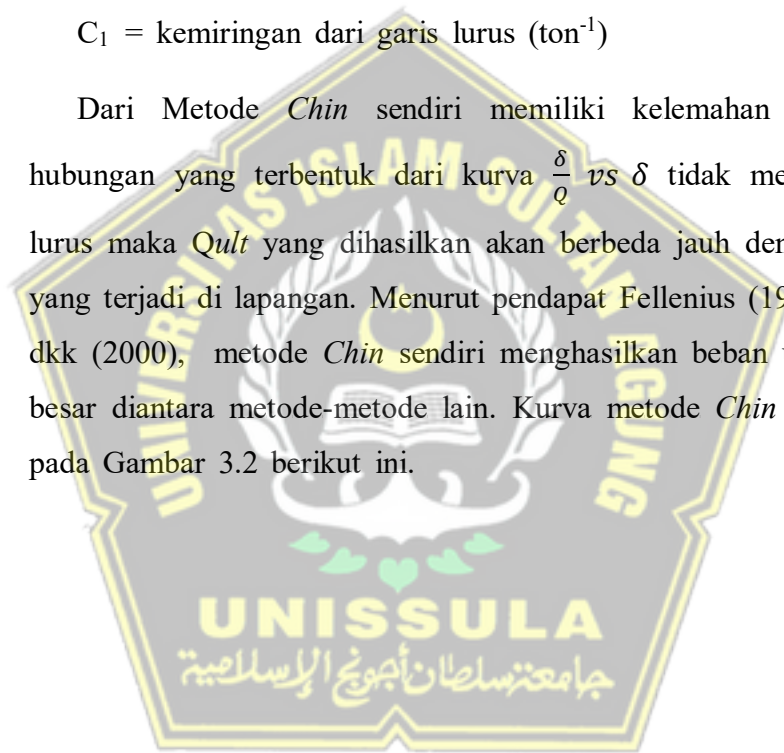
$$Q_u = \frac{1}{c_1} \dots\dots\dots (3.5)$$

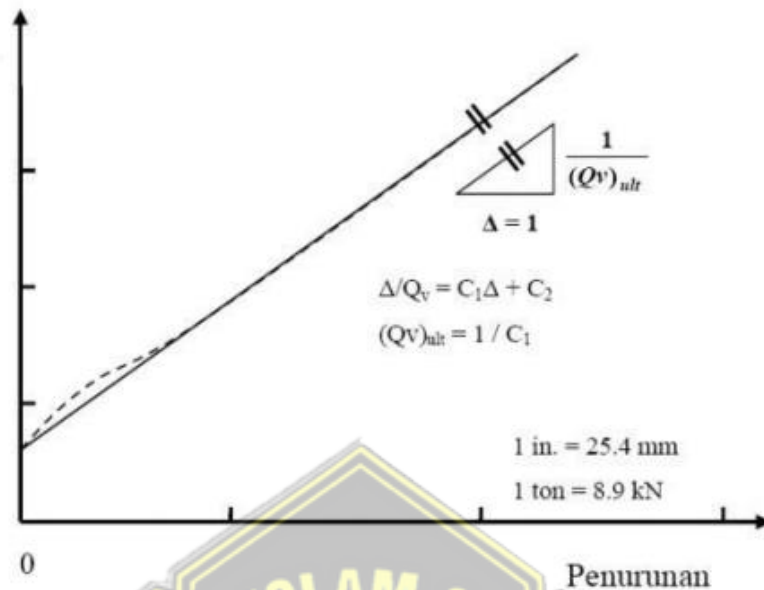
Dengan Keterangan :

Q_u = daya dukung ultimit atau kapasitas (ton)

C_1 = kemiringan dari garis lurus (ton^{-1})

Dari Metode *Chin* sendiri memiliki kelemahan yaitu apabila hubungan yang terbentuk dari kurva $\frac{\delta}{Q}$ vs δ tidak membentuk garis lurus maka Q_{ult} yang dihasilkan akan berbeda jauh dengan kenyataan yang terjadi di lapangan. Menurut pendapat Fellenius (1980) dan Goble dkk (2000), metode *Chin* sendiri menghasilkan beban ultimate paling besar diantara metode-metode lain. Kurva metode *Chin* terlihat seperti pada Gambar 3.2 berikut ini.





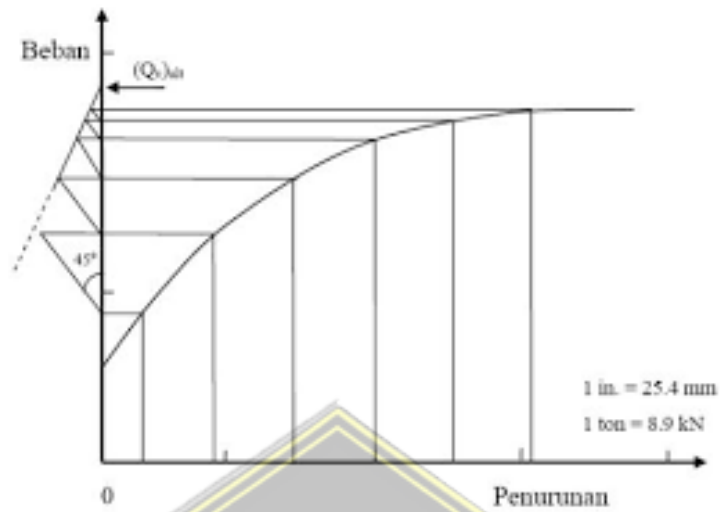
Gambar 3.2. Kurva Metode *Chin*

3. Metode *Mazurkiewicz*

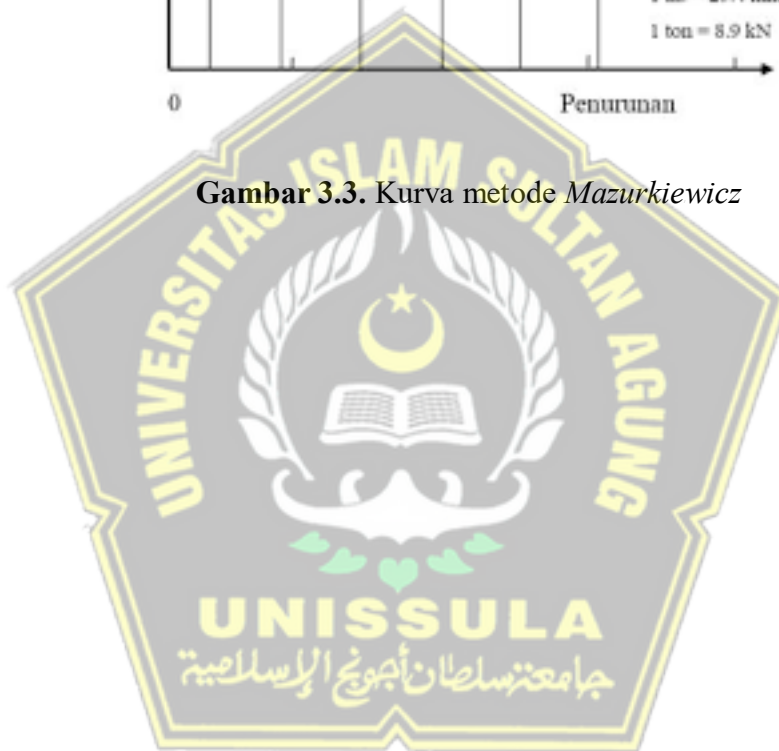
Prosedur penentuan beban ultimit dari pondasi tiang dengan menggunakan metode *Mazurkiewicz* adalah:

- Gambarkan kurva beban terhadap penurunan.
- Tentukan beberapa titik pada sumbu penurunan yang telah ditentukan hingga memotong kurva dan tarik garis sejajar sumbu penurunan hingga memotong sumbu beban.
- Dari perpotongan setiap beban tersebut, tarik garis yang membentuk sudut 45° terhadap garis perpotongan berikutnya, dan seterusnya.
- Tarik garis lurus yang mewakili titik-titik yang terbentuk. Perpotongan garis lurus ini dengan sumbu beban merupakan

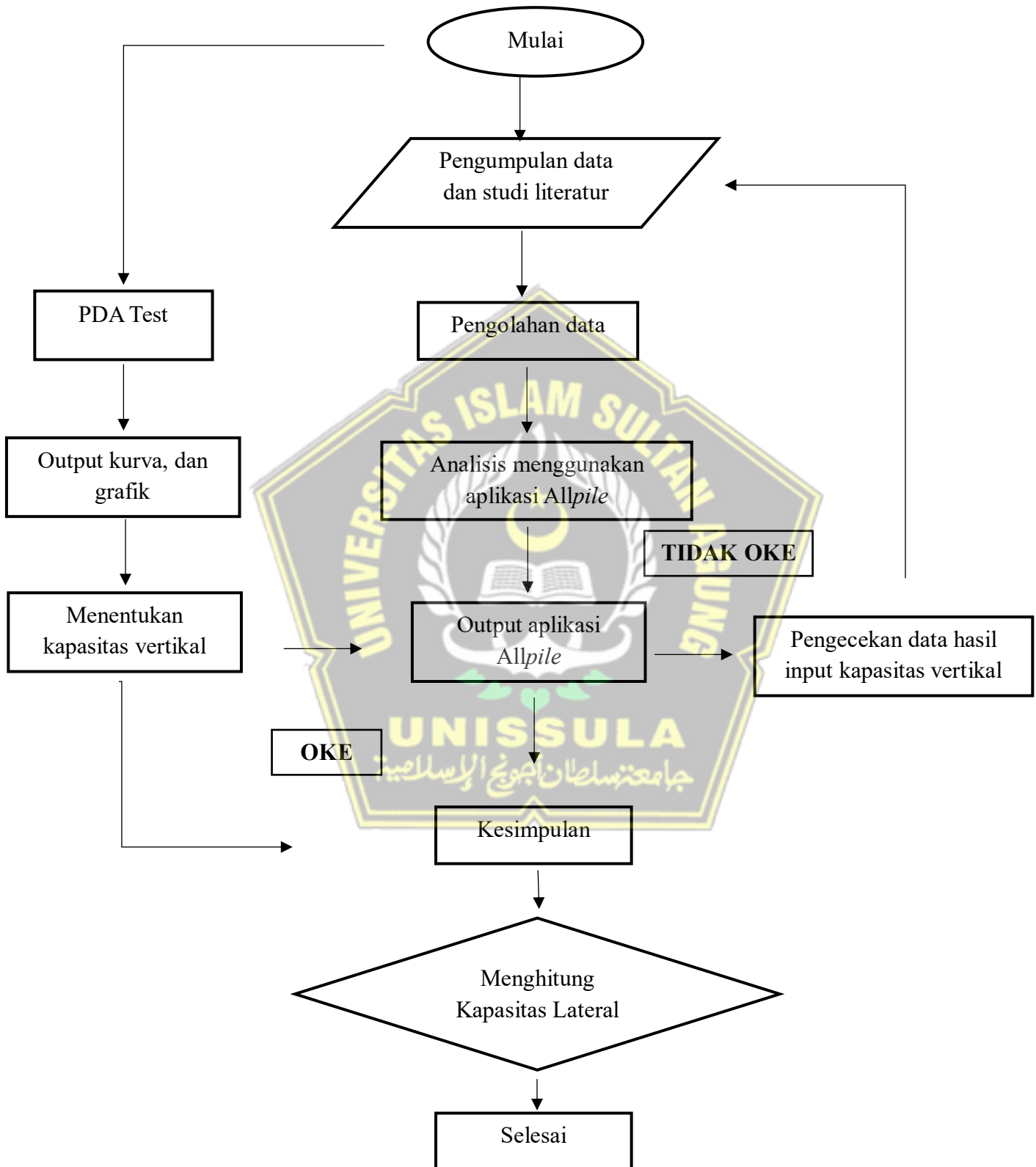
beban ultimit dari tiang (Gambar 3.3)



Gambar 3.3. Kurva metode Mazurkiewicz



3.5 Diagram Alur Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

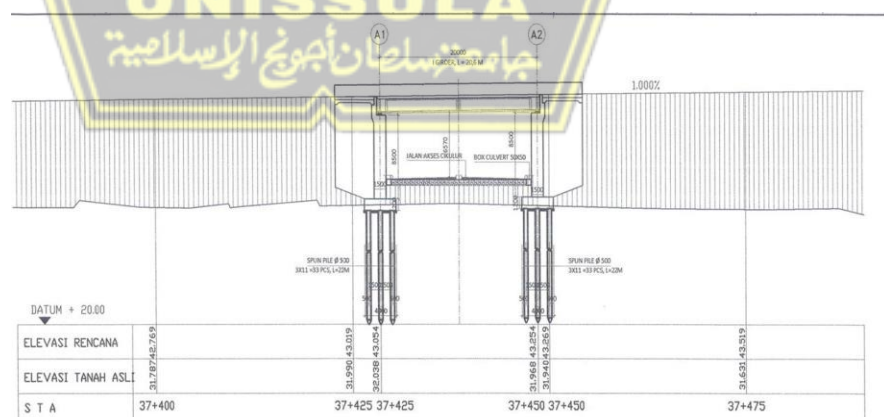
4.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan disajikan hasil 3 data yang diperoleh dari hasil *Pile Driver Analyzer Test* (Uji PDA), perhitungan statik pada fondasi *spun pile*, serta hasil *running* dari aplikasi *Allpile*. fondasi yang diuji memiliki konfigurasi panjang fondasi 22 m serta diameter 50 cm.

Hasil analisa dari ketiga cara untuk memperoleh daya dukung fondasi akan dikomperasikan dan disimpulkan apakah uji PDA relevan dengan ilmu pengetahuan tentang fondasi. Sehingga kita dapat mengetahui daya dukung yang valid apakah sesuai dengan beban yang telah direncanakan.

4.1.1 Fondasi *Spun pile*

Fondasi yang digunakan pada Proyek Jalan Tol Serang – Panimbang adalah fondasi *spun pile* dengan diameter 50 cm dengan kedalaman 20,7 meter dan. Gambar detail fondasi dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1. Fondasi *Spun pile* di Titik A2.13

Desain fondasi *spun pile* tersebut merupakan hasil perencanaan konsultan perencana yang telah disetujui oleh *owner*.

4.1.2 Tanah

Data tanah yang didapatkan pada Proyek Jalan Tol Serang – Panimbang berupa data N-SPT dari hasil bor log dengan parameter tanah yang menyesuaikan dengan studi literatur pada sekitar lokasi tersebut. Data N-SPT dan parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1. Data N-SPT dan Parameter Tanah

Kedalaman (m)	N-SPT	Konsistensi	Rata-rata N-SPT	γ (kN/m ³)	C (kN/m ²)
0-2	2	Very soft	2	17,84	10
2-4	4	Very loose	4	17,84	10
4-6	2	Very soft	3	17,84	15
6-8	2			16,98	15
8-10	2			16,98	15
10-12	4	Soft	4	16,98	15
12-14	7	Medium stiff	7	13,58	15
14-16	12	Stiff	12	13,58	15
16-18	50	Very hard	50	13,58	15
18-20	60		60	13,58	15

Kedalaman n (m)	N-SPT	Konsisten si	Rata-rata N-SPT	γ (kN/m ³)	C (kN/m ²)
20-22	60	Very dense		13,58	15

Tabel 4.1 diatas merupakan hasil N-SPT dari data proyek, sedangkan nilai koefisien parameter tanah yaitu γ (masa jenis tanah), ϕ (sudut geser dalam) dan c (kohesi tanah) yang dibutuhkan untuk analisis menggunakan aplikasi *Allpile* yang didapatkan dari hasil kalkulasi secara otomatis pada aplikasi *Allpile*.

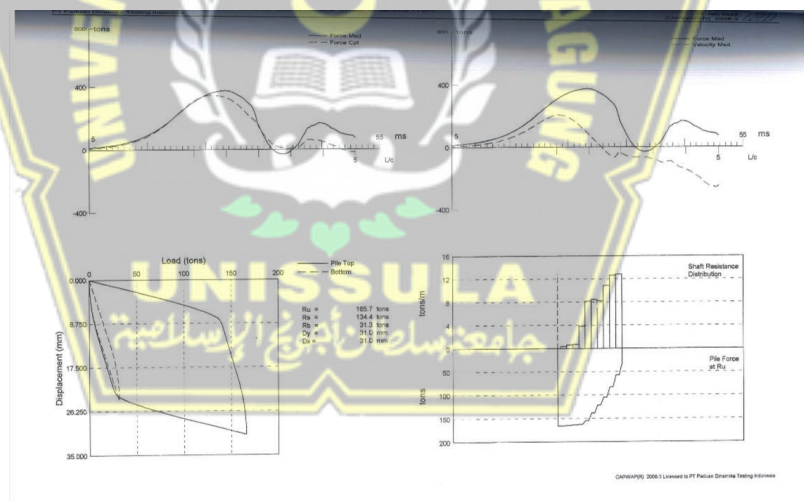
4.2 Analisis Hasil Tes PDA

Analisis Tes PDA (*Pile Drive Analyzer*) menggunakan program analisis lanjutan yaitu analisa CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*). Input yang di analisa oleh program CAPWAP yang berasal dari tes PDA antara lain daya dukung tiang (RMX), energi penurunan (EMX), penurunan tiang (DFN) dan lain sebagainya.

Sedangkan hasil *output* dari analisa CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*) sendiri yaitu berupa hasil transfer beban pada tiang, perilaku relative tanah disekitar, kapasitas selimut fondasi dan ujung tiang fondasi, tegangan tekan dan tegangan tarik sepanjang fondasi serta penurunan fondasi. Data dari hasil PDA tes sendiri dapat dilihat pada Gambar 4.2., dan untuk hasil analisis CAPWAP dapat dilihat pada Gambar 4.3. berikut ini.



Gambar 4.2. Hasil Analisis Uji Tes PDA Diameter 50 cm



Gambar 4.3. Hasil Analisis CAPWAP Diameter 50 cm

Berikut merupakan keterangan kode analisis dari Gambar 4.2 sampai dengan Gambar 4.3 yang tercantum pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Keterangan Kode Analisis

Kode	Keterangan	Tiang A2.13
BN	Pukulan	5
RMX	Daya dukung tiang [ton]	137
RSU	Kapasitas Tiang Ultimit	104
EMX	Energi maksimum yang ditransfer [tonm]	7.55
DMX	Penurunan maksimum [mm]	35
DFN	Penurunan permanen [mm]	35
LE	Panjang tiang dibawah instrumen [m]	21.1
AR	Luas penampang tiang	1159.25
LP	Panjang tiang tertanam [m]	20.7
Ru	Daya dukung tiang [ton]	165.7
Rs	Tahanan selimut [ton]	134.4
Rb	Tahanan ujung [ton]	31.3
Dx	Penurunan total [mm]	31.0

Dari hasil analisa CAPWAP pada fondasi *spun pile* di titik A2.13 yang mempunyai diameter 50 cm, panjang tiang 22 m, panjang penetrasi tiang 20.7 m didapatkan Daya Dukung Selimut 165 ton dan Daya Dukung Ujung 134 ton sehingga mendapatkan Daya Dukung Total sebesar 299 ton dan Penurunan Tiang Total sebesar 31 mm. Lebih ringkasnya hasil analisa CAPWAP bisa dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3. Hasil Analisa CAPWAP

Nomor Tiang	CAPWAP			
	Daya Dukung			Displacement
	Total (ton)	Friksi (ton)	End Bearing (ton)	Total (mm)
A2.13	166	134	31	31

4.3 Analisis Menggunakan Aplikasi *Allpile*

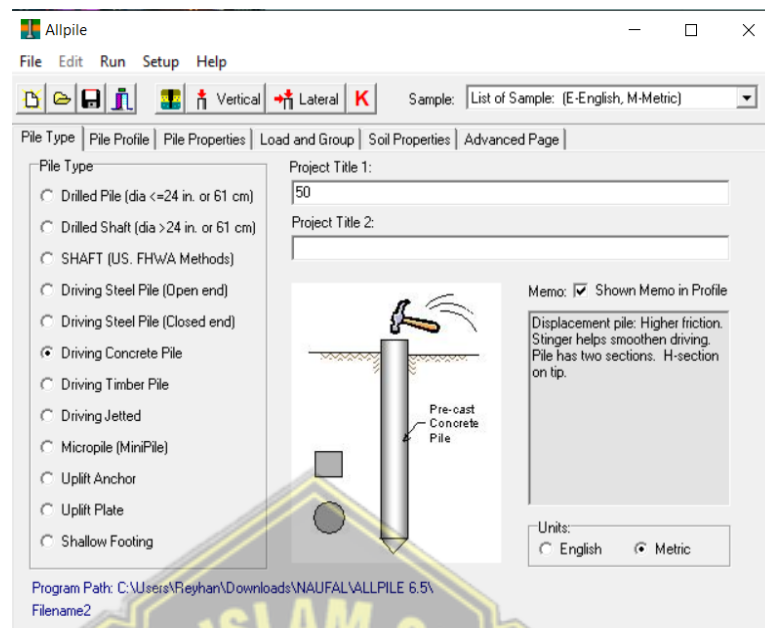
Permodelan pada aplikasi fondasi berdiameter lebih dari 61 cm yaitu 100 cm (1,0 m) dengan panjang 36 m berbentuk lingkaran dan berbahan *concrete (rough)* menggunakan tipe *Drill Shaft*. Data-data yang menyangkut tentang luas permukaan, perimeter, inersia, modulus elastisitas dan berat fondasi dikalkulasi secara otomatis pada aplikasi ini pada saat input data diameter tiang. Kemudian dilanjutkan dengan input data tanah berdasarkan analisa dari nilai NSP-T dan penginputan *safety factor*.

4.3.1 Langkah Kerja Analisis Aplikasi *Allpile v6.5E*

Berikut tahap dalam analisis daya dukung menggunakan aplikasi *Allpile* sebagai berikut :

1. *Pile type*

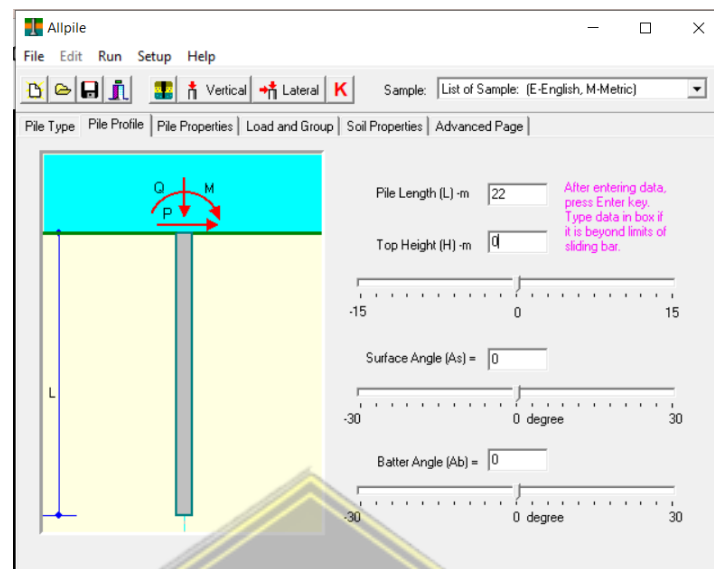
Dalam tab *pile type* ini, dipilih tipe fondasi berdasarkan jenis dan diameter yang di lapangan yaitu berdiameter 50 cm. Maka pilih tipe *Driving Concrete Pile*. Pada pilihan *unit*, pilih *metric* karena menyesuaikan satuan internasional. Seperti yang di cantumkan pada Gambar 4.4 :



Gambar 4.4. Gambar Hasil Input pada *Pile Type*

2. *Pile profile*

Pada tab ini, kolom *pile legth* diisi dengan panjang fondasi yaitu 22 m untuk diameter 50 cm. Pada kolom *top height* diasumsikan permukaan tanah rata maka diisi 0. Pada kolom *surface angle*, permukaan tidak miring atau rata maka diisi 0. Karena fondasi tegak lurus pada kolom *butter angle* diisi 0. Untuk lebih jelasnya dicantumkan pada Gambar 4.5 :



Gambar 4.5. Gambar Hasil Input pada *Pile Profile*

3. *Pile properties*

Pada tab ini pengisian data dilakukan secara mendetail tentang data teknis fondasi mengenai bentuk fondasi, diameter, dan variasi diameter. Berdasarkan data yang ada, fondasi berbentuk lingkaran dengan bahan baku beton maka tab select shape diisi *circle* dan pada tab *outside* diisi *concrete [smooth]*, kemudian pada tab *inside* diisi *=outside*. Pada bagian *diameter variation* diisi *straight* karena diameter 50 cm tanpa ada variasi. Pada kolom *width* di masukkan diameter fondasi maka akan terkalkulasi otomatis seperti luas permukaan, inersia, perimeter, modulus elastisitas dan berat fondasi dengan klik ikon kalkulator atau *calculate*. Penjelasan lebih lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan 4.7 :

Zp-m	Pile Data Input	Width-cm	A'-cm2	Per.-cm	I'-cm4	E-MP	W-kN/m	At-cm2
0	Concrete (smooth)	50	1963,5	157,1	306796,2	20683	4,516	1963,5
22	Concrete (smooth)	50	1963,5	157,1	306796,2	20683	4,516	1963,5
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

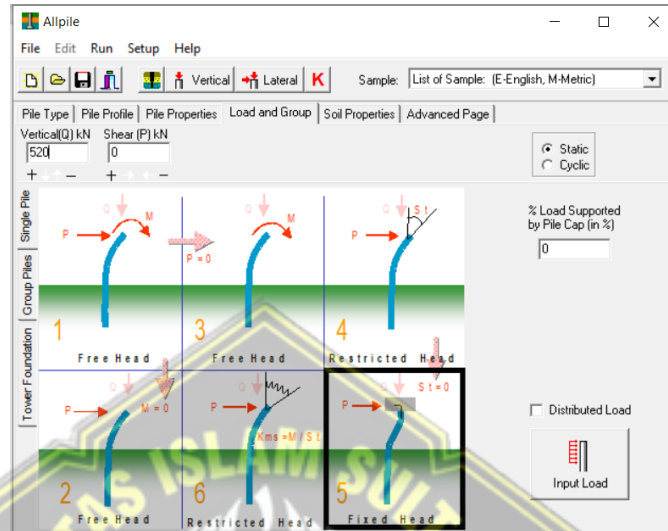
Gambar 4.6. Gambar Hasil Input pada *Pile Properties*

Gambar 4.7. Gambar Hasil Input pada *Pile Section Screen*

4. *Load and group*

Dalam tab ini terdapat tiga jenis pembebanan yaitu singel *pile*, group *pile*, dan tower foundation. Pada analisa tugas akhir ini

menggunakan tipe *single pile*, dengan pilihan *fixed head*. Dimana kolom *vertical* disini diisi dengan beban rencana. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 4.9 :



Gambar 4.8. Gambar Hasil Input pada *Load and Group*

5. *Soil properties*

Pada tab ini, parameter data-data tanah dilakukan pengisian sesuai dengan pengolahan bor log. Untuk elevasi muka air tanah diasumsikan dengan 0 meter sesuai dengan data bor log yang dicantumkan. Pengimputan dimulai dari kedalaman, kemudian *soil data input* diisi data sesuai pada uji tanah pada laboraterium, dengan nilai G (berat jenis tanah), ϕ (sudut geser dalam), c (kohesi), k (koefisien pegas) dan e (angka pori). Untuk nilai k -MN/m³ dan nilai e 50 tidak dilakukan perubahan atau sesuai dengan hasil kalkulasi dari aplikasi. Penjelasan di atas dapat dilihat pada gambar 4.9 dan Gambar 4.10 :

Zgm	Soil Data Input	G-kN/m ³	Phi	C-kN/m ²	k-MN/m ³	e50 or Dr	Nspt	Type
0	Soft Clay [W]	17.84	5.0	12.0	7.5	2.32	2	1
4	Soft Clay [W]	17.84	5.0	10.0	18.3	1.46	4	1
8	Soft Clay [W]	16.98	4.0	15.0	12.4	1.71	3	1
18	Stiff Clay [W]	13.58	4.0	15.0	669.4	0.33	50	2
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

Gambar 4.9. Gambar Hasil Input pada *Soil Properties*

Soil Parameter Screen - from ground surface: 0 -m

1. Soil Type: ☒ Soft Clay ☐ Stiff Clay ☐ Silt (Phi + C) ☐ Sand/Gravel ☐ Weak Rock ☐ User Defined p-y

Under Water Table Static Loading Depth (Zg) 0 Description Soft Clay

2. Input N1* V_Soft|Stiff|Medium| Stiff | Very Stiff | Hard

N1 (spt)=2

CPT=20.0 kgf/cm²

3. Adjust Values below:

G=42.8 lb/ft³

Friction=0.0

C=0.25 kip/ft²

K=27.7 lb/in³

e50=2.32%

*N1 is corrected SPT, which does not apply for Rock. CPT is for reference only.

This Screen is Copyright© protected by CivilTech Software

4. Apply Cancel

Gambar 4.10. Gambar Hasil Input pada *Soil Parameter screen*

6. Advanced page

Dalam jendela ini, dilakukan input untuk nilai *safety factor* dengan nilai sebesar 3 pada kolom analysis parameter. sedangkan pada kotak dialog *zero friction= and negative friction*, diasumsikan nol

(0) karena tanah dikategorikan dalam jenis tanah keras. Penjelasan diatas bisa dilihat pada Gambar 4.11 :

The screenshot shows the 'Advanced Page' of the Allpile software. It includes a menu bar (File, Edit, Run, Setup, Help) and a toolbar with icons for File, Edit, Run, Setup, Help, and analysis types (Vertical, Lateral, K). The 'Sample' dropdown is set to 'List of Sample: (E-English, M-Metric)'. The 'Pile Type' tab is selected, showing options for 'Zero Friction (Non-load zone) and Negative Friction (Downdrag force)' and 'Zero Tip Resistance'. The 'Analysis Parameters' table is visible, and the 'Settlement Calculation' section has 'Reese Method' selected.

Parameters:	Value [1]:	Value [2]:
FS for Downward: [1] FS_side; [2] FS_tip	2.5	2.5
FS for Uplift: [1] FS_side; [2] FS_weight	2.5	2.5
Load Factor: [1] Vertical; [2] Lateral; P.M.T	1.0	1.0
(Critical Depth)/(Pile Diameter): [1] Side; [2] Tip	20.0	20.0
Resistance Limits: [1] Side; [2] Tip -kN/m ² (No Limit: 9999)	9999.0	9999.0
Allowable Deflection: [1] Vertical -x_allow [2] Lateral -y_allow -cm	2.0	2.0
Group Deduction Factor for Lateral Analysis: [1] Rfront [2] Rside	1.0	1.0

Gambar 4.11. Gambar Hasil Input pada *advance page*

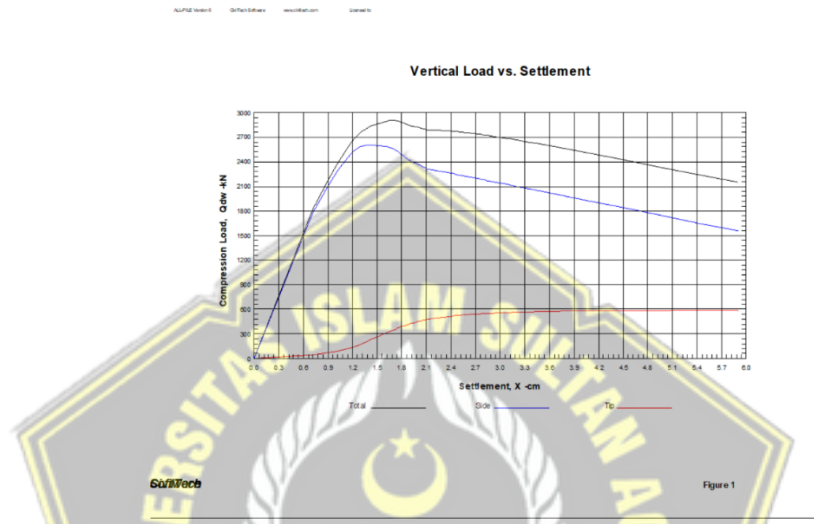
7. Vertical Analysis

Pada tahap terakhir yaitu memilih toolbar yang bertuliskan vertical dan program akan segera memproses serta mendapatkan angka-angka yang dibutuhkan. Penjelasan diatas bisa dilihat pada Gambar 4.12 :

The screenshot shows the 'VERTICAL ANALYSIS RESULTS' window. It features a toolbar with icons for 'Depth - s, f, Q', 'Load - Settlement', 'Capacity - Length', 't - z Curve', and 'q - w Curve'. The 'Length From' field is set to '0,000' and 'to 328,084'. The 'Ultimate' radio button is selected. On the right, there are buttons for 'Submittal Report', 'Summary Report', 'Detailed Report', 'To MS-Excel', and 'Close'. The 'Figure No.' field is set to 'Figure 1'.

Gambar 4.12. Gambar Hasil dari *Vertical Analysis*

Setelah proses input data selesai, kemudian dilakukan analisis gaya vertikal. Dari hasil analisis, didapatkan output nilai daya dukung total, daya dukung selimut, daya dukung ujung dan nilai penurunan dalam bentuk grafik. Penjelasan diatas bisa dilihat pada Gambar 4.13 :



Gambar 4.13. Grafik Hubungan Beban dan Penurunan

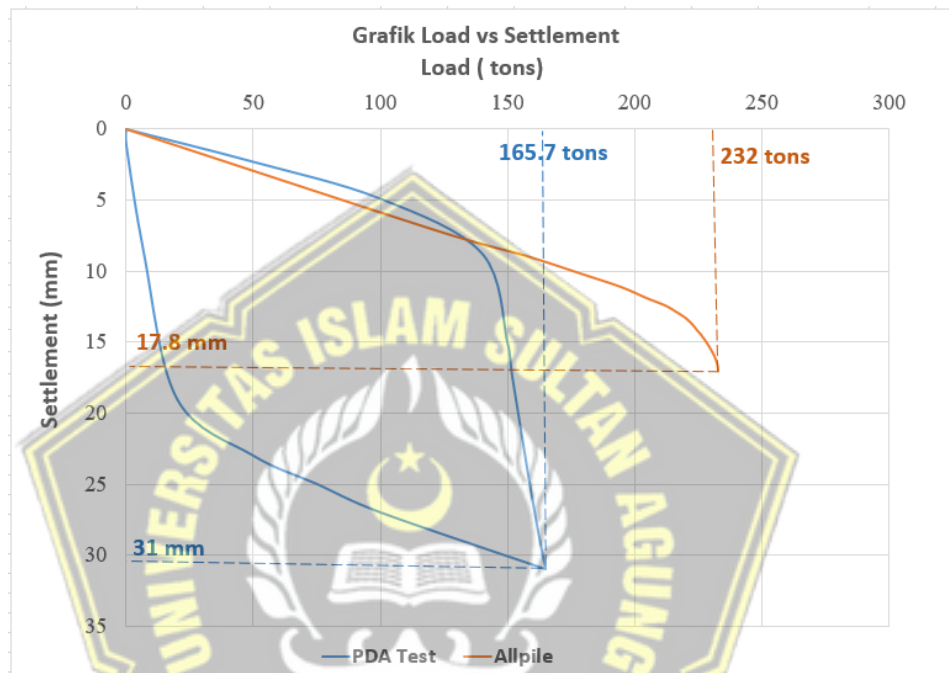
Gambar 4.13 menunjukkan hubungan antara beban dan penurunan untuk setiap daya dukung yang dianalisis mulai dari beban awal yang diterima fondasi sampai dengan nilai beban terbesar atau daya dukung total yang ditandai dengan garis hitam sebesar 2275,9 kN, daya dukung selimut yang ditandai dengan garis biru sebesar 1735,3 kN, daya dukung ujung yang ditandai garis merah sebesar 539,6 kN, dengan penurunan sebesar 17,8 mm.

4.4. Perbandingan Hasil Analisis Uji Tes PDA dan Aplikasi *Allpile*

Berdasarkan hasil dari tes PDA dan analisa yang digunakan pada aplikasi *Allpile*, maka dilakukan perbandingan sehingga didapatkan nilai daya dukung sebagai berikut :

1. Daya dukung total

Daya dukung adalah jumlah dari daya dukung ujung dan daya dukung selimut. Dimana pada analisa tugas akhir ini didapatkan nilai daya dukung total sebesar 182,9 kN dengan penurunan 39,8 mm. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.14. Grafik Perbandingan Daya Dukung Total Hasil Analisis Tes PDA dan *Allpile*

Setelah selesai menganalisis dan membandingkan hasil pengujian tes PDA dan analisis menggunakan aplikasi *Allpile*, didapatkan hasil untuk tiap daya dukung dan penurunan yang tercantum pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Perbandingan Daya Dukung

A2.13	Uji Tes PDA	Aplikasi <i>Allpile</i>
Daya Dukung Total (ton)	165.7	232.9
Daya Dukung Selimut (ton)	134.4	177.3
Daya Dukung Ujung (ton)	31.3	55.6
Penurunan (mm)	31.0	17.8

Berdasarkan data yang tercantum di atas dapat dilihat untuk selisih setiap daya dukung dan penurunan. Dan berdasarkan pada hasil pengujian, dapat dilihat bahwa hasil dari tes PDA lebih kecil dari pada hasil analisis program *Allpile*. Begitu juga pada grafik hubungan beban dan penurunan hasil dari tes PDA cenderung kurang hiperbola sehingga perlu dilakukan analisis menggunakan aplikasi *Allpile* untuk mendapatkan hasil kurva yang lebih baik. Hal ini bisa terjadi karena pada saat melakukan uji tes PDA proses transfer energi dari palu kurang efektif, sehingga daya dukung dan penurunan yang tercatat selama pengujian lebih kecil dan membentuk kurva yang kurang baik.

4.5. Interpretasi Beban

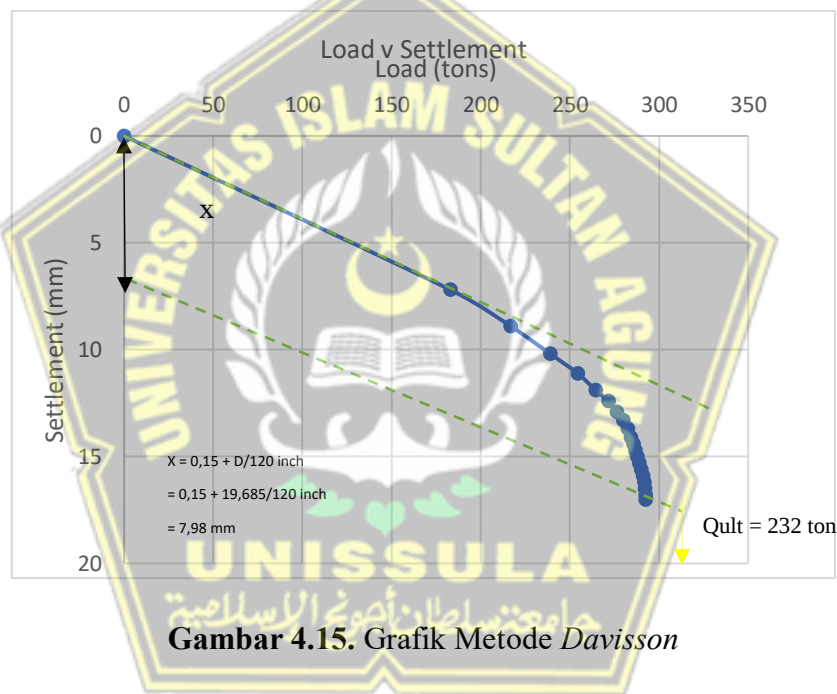
Setelah mendapatkan hasil data output dari aplikasi *Allpile*, langkah selanjutnya penginterpretasian beban pada daya dukung total untuk mengetahui besarnya beban ultimit menggunakan dua metode yaitu metode *Davisson* dan *Chin* berdasarkan grafik hubungan beban dan penurunan yang telah didapatkan sebelumnya.

1. Metode *Davisson*

Metode yang digunakan untuk mengetahui beban ultimit dengan cara menarik garis lurus yang didapatkan dari hubungan beban dan penurunan

kemudian menghitung jarak menggunakan persamaan (3.3) kemudian dibuat garis sejajar dengan garis hubungan beban dan penurunan.

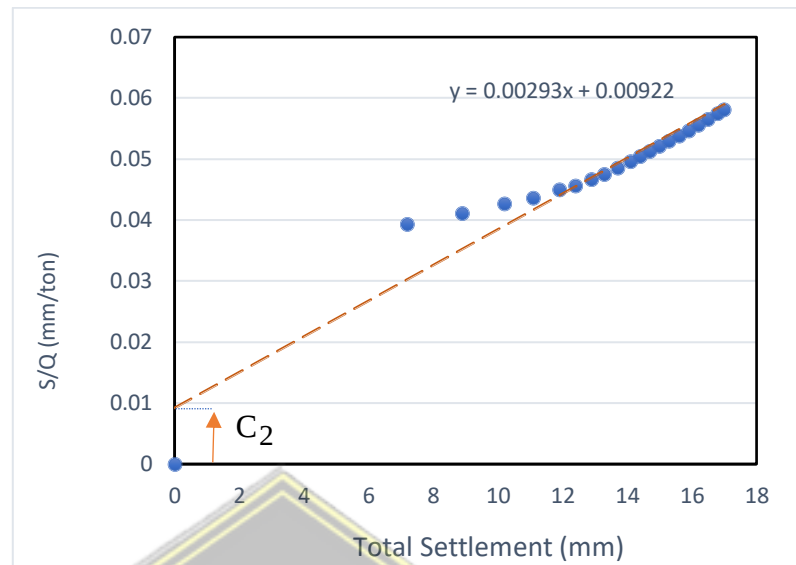
Penarikan garis lurus yang didapatkan dari hubungan beban dan penurunan akan bersinggungan dengan garis kurva yang didapatkan dari *run out* aplikasi *Allpile* yang nantinya didapatkan nilai beban ultimit dengan cara menarik garis lurus yang telah ditentukan menggunakan persamaan (3.3) ke sumbu beban. Berikut merupakan grafik hasil interpretasi beban dari aplikasi *Allpile* menggunakan metode *Davisson* yang tercantum pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15. Grafik Metode *Davisson*

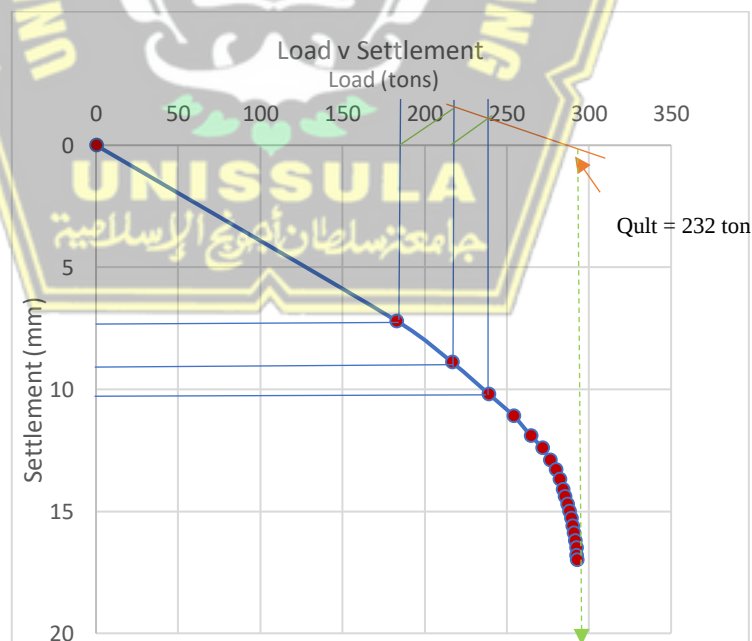
2. Metode *Chin*

Pada metode ini, ditentukan beban ultimit dengan persamaan garis $y = ax + b$ atau $s/Q = C_1 + C_2$. Grafik hasil interpretasi beban dari aplikasi *Allpile* dengan metode *Chin* dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16. Grafik Metode *Chin*

3. Metode *Mazurkiewicz* diterapkan dengan cara membuat kurva hubungan antara settlement dengan beban yang diterapkan.



Gambar 4.17. Grafik Metode *Mazurkiewicz*

Dengan dilakukannya analisis kembali menggunakan aplikasi *Allpile* dan mendapatkan grafik hubungan beban dan penurunan yang baik selanjutnya dilakukan interpretasi daya dukung menggunakan metode *Davisson*, metode *Chin* dan metode *Mazurkiewicz* yang dilakukan pada daya dukung total sehingga diperoleh daya dukung ultimit yang dapat ditahan oleh fondasi. Untuk melihat hasil dari interpretasi beban, dicantumkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Interpretasi Daya Dukung Total Hasil Analisa Aplikasi *Allpile*

A2.13	Daya dukung total (ton)
Metode <i>Davisson</i>	232
Metode <i>Chin</i>	244
Metode <i>Mazurkiewicz</i>	232

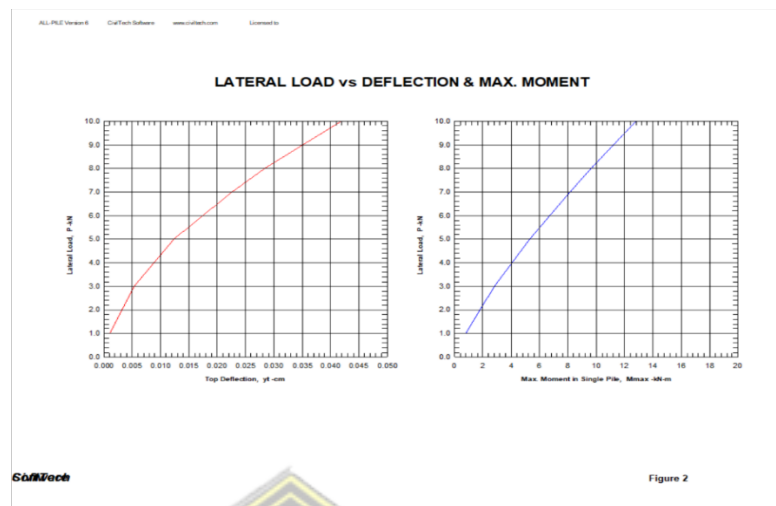
Dari hasil analisa interpretasi ketiga metode diatas, didapatkan nilai daya dukung total sebesar 232 ton. Daya dukung ini merupakan beban total yang dapat diterima oleh fondasi agar tidak terjadi keruntuhan, jadi beban yang dapat diterima fondasi tidak boleh lebih dari 232 ton.

4.6. Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi

4.6.1 Daya Dukung Lateral

1. Daya Dukung Fondasi Berdasrkan Analisis *Allpile*

Hasil output *Allpile* mendapatkan momen sebesar 9,5 ton sesuai pada gambar 4.18.



Gambar 4.18. Grafik Daya Dukung Lateral

2. Daya Dukung Fondasi *Spun pile* Terhadap Gaya Lateral Secara Analitis

- Data Tanah:

$$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3 \text{ (Mengacu pada Tabel 2.6)}$$

$$Kp = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$Kp = 1 \text{ (Mengacu pada Tabel 2.7)}$$

- Spesifikasi Tiang

$$D = 0,5 \text{ m}$$

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

$$f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$$

a. Menentukan Kekakuan Tiang

$$E = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \sqrt{24,9}$$

$$= 23452952,91 \text{ kN/m}^2$$

Kekakuan tiang fondasi menggunakan (Persamaan 2.3)

$$I = \frac{1}{64} \pi D^4$$

$$= \frac{1}{64} \times 3,14 \times 0,5^4$$

$$= 0,003 \text{ m}^4$$

Untuk mencari nilai kekakuan dari fondasi tiang dibutuhkan nilai ηh yang mengacu pada Tabel 2.11 karena tanah pada proyek termasuk tanah kohesif.

$$\text{Nilai } \eta h = 150 \text{ kN/m}^2$$

Untuk faktor kekakuan tanah menggunakan (Persamaan 2.4) dan (Persamaan 2.5)

$$T = \left(\frac{E_p \times I_p}{\eta h} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= \left(\frac{2345952,91 \times 0,003}{150} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 3,422 \text{ m}$$

$$4T = 4 \times T$$

$$= 4 \times 3,422$$

$$= 13,688 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan di atas, $L > 4T$, maka tiang fondasi termasuk jenis fondasi panjang yang elastis.

b. Menentukan Keruntuhan Tanah

Untuk tiang fondasi ujung jepit menggunakan (Persamaan

$$M_{max} = \gamma \times D \times L^3 \times K_p$$

$$= 22 \times 0,5 \times 22^3 \times 1$$

$$= 117,128 \text{ kN}$$

Dikarenakan tiang fondas *spun pile* dan ujung jepit, maka $M_y < M_{max}$. Diasumsikan nilai $M_y = 1500 \text{ kN.m}$

Untuk menentukan nilai H_u menggunakan (Persamaan 2.7) dan (Persamaan 2.8)

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{D \times K_p \times \gamma}}$$

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{Hu}{0,5 \times 1 \times 22}}$$

$$f = 0,247 \sqrt{Hu}$$

$$Hu = \left(\frac{2 My}{e + \frac{2f}{3}} \right)$$

$$Hu = \left(\frac{2 \times 1500}{0 + 2 \times 0,247 \times \sqrt{Hu} / 3} \right)$$

$$Hu^{\frac{3}{2}} = 18,181$$

$$Hu = 691,425 \text{ kN}$$

Nilai $SF = 3$, menggunakan (Persamaan 2.9), maka gaya lateral yang diijinkan yaitu,

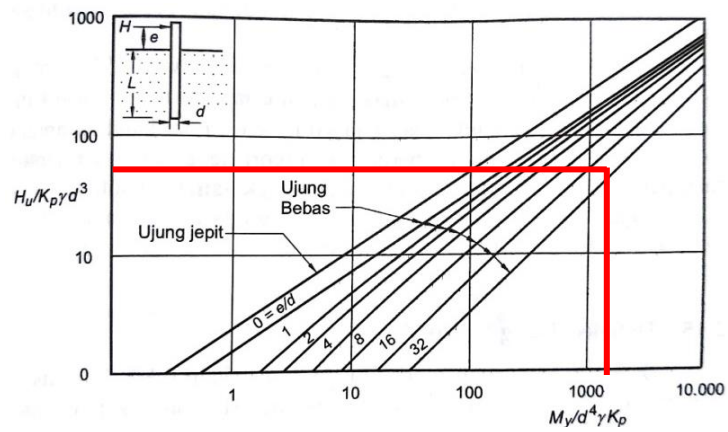
$$\begin{aligned} H_s &= \frac{Hu}{SF} \\ &= \frac{691,425}{2,5} \\ &= 276,57 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Daya Dukung Fondasi *Spun pile* Terhadap Gaya Lateral Secara Grafis

Untuk menentukan nilai daya dukung lateral fondasi *bored pile* secara grafik, sebelumnya menentukan tahanan momen ultimit terlebih dahulu menggunakan (Persamaan 2.10)

$$\begin{aligned} \text{Tahanan Momen Ultimit} &= \frac{My}{D^4 \alpha \gamma \times Kp} \\ &= \frac{1500}{0,5^4 \times 22 \times 1} \\ &= 1090,90 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai tahanan momen ultimit yang telah didapatkan kemudian di *input* kedalam Gambar 4.33 untuk menentukan nilai tahanan lateral ultimit.



Gambar 4.19. Grafik Tahanan Momen Ultimit

Dari Gambar 4.19. didapatkan nilai tahanan lateral ultimit sebesar 90

$$90 = \frac{Hu}{Kp \times \gamma \times D^3}$$

$$Hu = 90 \times 1 \times 22 \times 0,5^3$$

$$= 247,5 \text{ kN}$$

Tabel 4. 6 Perbandingan Daya Dukung Lateral *Allpile* dan *Broms*

A2.13	Daya dukung total (ton)
<i>Allpile</i>	9,5
<i>Broms</i>	25

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan dari uji PDA dan analisis dengan menggunakan *software Allpile* serta metode statik pada fondasi nomor tiang A2.13 yang berdiameter 50 cm dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis uji PDA didapatkan daya dukung total 165,7 ton dan hasil dari analisis vertikal menggunakan *software Allpile* didapatkan daya dukung total sebesar 232,9 ton. Hasil interpretasi beban menggunakan metode *Davisson* 232 ton, metode *Chin* 244 ton dan metode *Mazurkiewicz* 232 ton.
2. Berdasarkan hasil analisis daya dukung lateral dari *software Allpile* didapatkan daya dukung total sebesar 160 kN dan momen sebesar 260 kN. Hasil interpretasi beban menggunakan metode *Broms* didapatkan hasil sebesar 247 kN.
3. Penurunan hasil PDA test yaitu sebesar 31 mm sedangkan dari hasil *output software Allpile* didapatkan daya dukung vertikal sebesar 17,8 mm dan daya dukung lateral sebesar 25 mm.

5.2 Saran

Berikut saran yang berdasarkan hasil yang didapatkan dari analisis laporan Tugas Akhir ini:

1. Diusahakan untuk melengkapi data-data yang dibutuhkan. Karena kalau kekurangan data yang dibutuhkan akan mengakibatkan kesulitan yang bisa juga berdampak kesalahan saat menganalisis, dan data yang digunakan harus jelas sumbernya agar bisa dipertanggung jawabkan.
2. Memahami aplikasi yang akan digunakan. Dalam laporan Tugas Akhir ini penulis menggunakan *software Allpile*. Pemahaman terhadap aplikasi sangat diperlukan agar mengerti apa yang harus dikerjakan dan mempermudah proses pengerjaan laporan.



DAFTAR PUSTAKA

- Adriani, R.N. n.d. *Analisis Daya Dukung Tiang Spun pile Dengan Metode Uji Pembebanan Statik (Loading Test)*. Universitas Tanjungpura. Kalimantan Barat.
- Agung, P. A. M. dkk. 2017. *Tinjauan Ulang Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Bored Pile Pada Pembangunan Jalan Layang Kapt. Tendean –Blok M- Cileduk, Paket Santa Section P10-P11*. Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta.
- Fadilah, U. N. & Tunafiah, H.2018. *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-SPT Menurut Rumus Reese Wright Dan Penurunan*.Universitas Persada Indonesia, Jakarta Pusat.
- Fadliansyah. 2011. *Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Pada Proyek Pembangunan Hotel Santika Jalan Pengadilan Medan*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Fauzi, M. A. & Prasetyo, B. R. 2021. *Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Bored Pile Pada Tanah Lunak Tambak Lorok*. Universitas Islam Sultan Agung. Semarang.
- Hulu, H. B. & Iskandar, R. n.d. *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Dengan Menggunakan Metode Analitis*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Mugiono, A. & Saifuddin, F.H. 2020. *Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Bored Pile Dari Hasil Tes PDA Berdasarkan Metode Chin, Mazurkieich Dan Davidson*. Universitas Islam Sultan Agung. Semarang.
- Shiananta, D. 2015. *Pemograman Metode Interpretasi Daya Dukung Ultimate Pada Hasil Uji Beban Tiang Empiris Ke Metode Interpretasi Kuadratic Hyperbplic*. Instiut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Suharyanto, I. 2016. *Analisis “Pondasi Dalam” Pada Bangunan Masjid 3 (Tiga) Lantai*. Universitas Cokroaminoto. Yogyakarta

Surjandari, N. S. 2008. *Studi Perbandingan Perhitungan Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor Menggunakan Uji Beban Statik Dan Metode Dinamik*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Teddy, L. n.d. *Evaluasi Pondasi Tiang Dengan Pile Driven Analysis (PDA) Di Kota Palembang*. Universitas Sriwijaya. Palembang.

