

**ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI *BORE PILE* TERHADAP DIMENSI TIANG BERDASARKAN ANALISA HASIL LOADING TEST AKSIAL PADA PROYEK JALAN TOL BINJAI – PANGKALAN BRANDAN STA 39+000 – 39+475**

Disusun Oleh :

**Leonardo Marulitua Sihaloho <sup>1)</sup>,**

**Isolda Apriaman Gea <sup>2)</sup>**

**Masriani Endayanti <sup>3)</sup>**

**Adventus Gultom <sup>4)</sup>**

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Darma Agung Medan.

E-mail : [leosihaloho1@gmail.com](mailto:leosihaloho1@gmail.com), [endayanthi586@gmail.com](mailto:endayanthi586@gmail.com), [Isoldagea@gmail.com](mailto:Isoldagea@gmail.com)

**History Jurnal Ilmiah Teknik Sipil:**

Received : 25 Desember 2023

Revised : 14 Januari 2024

Accepted : 10 Februari 2024

Published : 28 Agustus 2024

**Publisher:** LPPM Universitas Darma Agung

**Licensed:** This work is licensed under

<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>



**ABSTRAK**

Pondasi dalam sebagai struktur bawah tanah yang merupakan suatu bagian dari konstruksi bangunan berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadi differential settlement pada sistem strukturnya. Pada Proyek Jalan Tol Binjai - Pangkalan Brandan STA 39+000 – 39+475, Jenis tanah pada lokasi tersebut adalah Tanah Lempung. Pada STA ini memakai pondasi Bore Pile kedalaman Bore Pile 48 meter dan Dimensi tiang 150 cm. Berdasarkan hasil analisis kapasitas daya dukung, beban maksimum yang bekerja pada pondasi P3 C02 dengan Desain Lapangan sebesar 512 Ton. Dan dibandingkan dengan kapasitas ijin tiang bore pile dari N-SPT dengan metode Mayerhof sebesar 582,52 Ton dan dibandingkan dengan pembacaan Loading Test Aksial P3 C02 dengan pembebanan 200% sebesar 1024 Ton dengan penurunan tiang uji 6,44 mm. Sehingga beban struktur diatas pondasi aman, dan mampu menahan beban struktur diatas.

**Kata kunci : Pondasi Dalam, Kapasitas Daya Dukung, Loading Test Aksial.**

**ABSTRACT**

*The deep foundation as an underground structure which is a part of building construction functions to place the building and transmit the load that is transmitted from the superstructure to the subgrade foundation which is strong enough to withstand it without differential settlement occurring in the structural system. In the Binjai - Pangkalan Brandan Toll Road Project STA 39+000 – 39+475, the soil type at that location is clay soil. This STA uses a Bore Pile foundation with a Bore Pile depth of 48 meters and a pile dimension of 150 cm. Based on the results of the bearing capacity analysis, the maximum load acting on the P3 C02 foundation with Field Design is 512 Tons. And compared with the permissible capacity of bore pile from N-SPT with the Mayerhof method of 582.52 Tons and compared with the readings of the P3 C02 Axial Loading Test with a 200% loading of 1024 Tons with a test pile settlement of 6.44 mm. So that the structural load on the foundation is safe, and able to withstand the load on the structure above.*

**Keywords: Deep Foundation, Bearing Capacity, Axial Loading Test.**

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Proyek Jalan Tol Binjai - Pangkalan Brandan STA 39+000 – 39+475, yang terletak di Kec. Padang Tualang, Kab. Langkat. Jenis tanah pada lokasi tersebut adalah Tanah Lempung. Pada STA ini memakai pondasi *Bore Pile* kedalaman lubang Bore Pile 48 meter. Pondasi merupakan bagian terendah dari gedung yang melanjutkan bobot gedung ketanah ataupun batuan yang terletak dibawahnya (Hardiyatmo, 1996). Daya dukung bore pile didapat dari energi bawa akhir( end bearing capacity) yang didapat dari titik berat pada akhir pilar serta energi bawa menggosok ataupun selimut( friction bearing capacity) didapat dari daya dukung menggosok antara bore pile serta tanah di sekelilingnya. Dalam pemodelan pondasi supaya memperoleh daya dukung yang cocok hingga butuh dibanding Dimensi Tiang bore pile dengan hasil analisa Loading Test Aksial( static axial compression load report) buat memperoleh daya dukung pilar bore pile yang cocok serta lebih mendekati dengan energi dukung tiang dilapangan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Apakah hasil analisa dari pengujian loading test Aksial dapat menjadi sebagai acuan yang mendekati kepastian pada suatu struktur pondasi yang akan direncanakan ?
2. Berapa besar penurunan yang terjadi pada pengujian statik aksial tekan tiang uji P3 C02 yang dilakukan di proyek Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan STA 39+000 – 39+475 ?
3. Apakah dari hasil analisa Dimensi Tiang Bore Pile yang digunakan mempengaruhi daya dukung pondasi.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Membandingkan hasil perhitungan dimensi Tiang Bore Pile P3 C02 dengan berdasarkan Analisa Hasil Loading Test Aksial.
2. Mengetahui apakah dimensi tiang yang dipakai dapat menahan beban yang akan diterima untuk pondasi jembatan.
3. Untuk mengetahui penurunan (*settlement*) pada tiang Bore Pile P3 C02.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Riset ini diharapkan bisa jadi materi pertimbangan pada pembangunan pondasi tiang Bore Pile..
2. Mengetahui perbandingan hasil perhitungan dimensi Tiang Bore Pile berdasarkan Analisa Hasil Loading Test Aksial.

### **1.5 Batasan Masalah**

1. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di proyek Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan STA 39+000 – 39+475.
2. Perhitungan yang dilakukan untuk membuktikan apakah dimensi tiang Bore Pile memenuhi daya dukung pondasi.
3. Hasil pengujian tanah, pengaruh beban angin dan beban gempa pada Pondasi Bore Pile tersebut tidak menjadi bahan pertimbangan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pengertian Pondasi Bored Pile**

Pondasi bore pile merupakan wujud pondasi dalam yang terbuat di dataran tanah. Pondasi ditempatkan hingga daya yang diperlukan, dengan metode membuat lubang dengan sistem pengeboran ataupun penggalian tanah. Sehabis daya telah diperoleh setelah itu dicoba pengecoran batu pada lubang pondasi yang telah

di bor. Bore pile ataupun pula diucap pondasi sumuran, kerap pula dipakai pada arsitektur besar ataupun rumahan yang memiliki daya dukung tanah keras terletak pada daya yang lumayan jauh di atas dataran tanah, alhasil tidak dimungkinkan buat menggali ataupun memakai tipe pondasi dangkal. Pondasi sumuran ataupun bore pile ini berlainan dengan pilar pancang, dimana pondasi ini dibantu oleh beton yang di masukkan ke dalam casing atau ke dalam tanah yang sudah di bor. Profit serta kehilangan pondasi tiang bor bagi Haryatmo( 2011).

## 2.2 menghitung Kapasitas Daya Dukung Bore Pile dengan Data N-SPT

menurut mayerhof (1956) mengusulkan formulasi daya dukung batas dengan harga N-SPT untuk jenis bore pile sebagai berikut:

1. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) untuk tahanan geser selimut tiang

$$Q_p = 40 \cdot N\text{-SPT}_{koreksi} \cdot \frac{L_b}{D} \cdot A_p < 400 \cdot N_{koreksi} - SPT \cdot A_p$$

Dimana,

$N\text{-SPT}$  = Nilai SPT terkorelasi ( $N_1$ )

$L_b$  = Lapisan tanah

$D$  = Diameter tiang (m)

$A_p$  = Luas tiang ( $m^2$ )

2. Untuk tahanan geser selimut tiang

$$Q_s = 2 N\text{-SPT}_{koreksi} \cdot p \cdot L_b$$

Dimana,

$N\text{-SPT}$  = Nilai SPT terkorelasi ( $N_1$ )

$P$  = Keliling tiang (m)

$L_l$  = Faktor koreksi

3. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) untuk tanah kohesif plastis

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p$$

Untuk tahanan geser selimut tiang

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot A_p$$

Dimana,

$\alpha$  = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang

$C_u$  = Kohesi undrained ( $KN/m^2$ )

$P$  = Keliling tiang (m)

$L_i$  = Faktor koreksi

$$\alpha = 0,21 + 0,25 (P_a/C_u) \leq 1$$

$$C_u = N\text{-SPT}_{koreksi} \cdot 2/3 \cdot 10$$

Dimana,

$P_a$  = Tekanan atmosfer ( $100KN/m^2$ )

4. Kekuatan lekatan (*skin Friction*)

Untuk pondasi tiang tipe *large displacement* (bore pile)

$$f_s = \frac{or}{50} N_{60}$$

untuk pondasi tiang tipe *small displacement* (bore pile)

$$f_s = \frac{or}{100} N_{60}$$

dan,

$$P_{su} = A_s \cdot f_s$$

Dimana,

$f_s$  = Tahanan satuan *skin friction*,  $K/m^2$

$N_{60}$  = Nilai SPT  $N_{60}$ .

$A_s$  = Luas selimut tiang

$P_{us}$  = Kapasitas daya dukung gesekan (*skin friction*),  $KN$

5. Untuk tahanan geser selimut tiang pada tanah *non-kohesif*

$$Q_s = 2 \cdot N\text{-SPT}_{koreksi} \cdot p \cdot L_i$$

Dimana,

$L_i$  = Faktor koreksi

$P$  = Keliling tiang (m)

## 2.3 Pengujian Bore Pile dengan Loading Test Aksial

Tujuan dilakukannya Loading Test Aksial padasarnya adalah untuk membuktikan bahwa tingkat keamanan suatu struktur atau bagian struktur sudah memenuhi persyaratan peraturan bangunan yang ada, yang tujuannya untuk menjamin keselamatan umum.

## Prosedur Pembacaan Pembebanan

Sehabis beban yang diserahkan serupa dengan 50, 100, serta 150% dari beban konsep, perkenankan tiap- tiap bobot itu buat 1 jam serta ambil balik beban dengan penurunan yang serupa besarnya dengan pada dikala increment pemberian beban. Perkenankan beban buat sepanjang 20 menit buat masing- masing langkah pengurangannya. Cyclic loading procedure, loading- unloading

Cycle 1: 0% 25% 50% 25% 0%

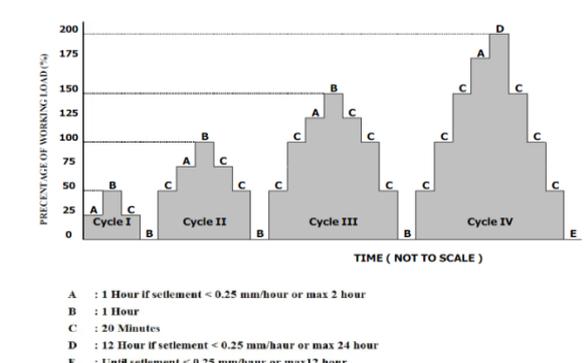
Cycle 2: 0% 50% 75% 100% 75% 50% 0%

Cycle 3: 0% 50% 100% 125% 150% 125%  
100% 50% 0%

Cycle 4: 0% 50% 100% 150% 175% 200%  
175% 150% 100% 50% 0%

Sehabis bobot yang diserahkan dinaikan seluruh buat masing- masing tahapnya, bagikan balik bobot dengan increment sebesar 50% dari bobot konsep hingga dengan sebesar langkah saat sebelum dinaikan. Setelah itu bobot tambahan buat langkah selanjutnya diserahkan cocok dengan metode yang sudah dijabarkan pada bagian lebih dahulu.

Sehabis bobot keseluruhan yang disyaratkan sudah diserahkan, kuat serta ambil bobot itu semacam yang sudah dijabarkan pada bagian sebelumnya.



Gambar 2.1 Pembacaan Loading Test.

Gambar 2.2 Tahap Pembacaan Loading Test.

## Metode Penyajian Data Loading Test Aksial

CYCLE NO.	PERCENTAGE OF DESIGN LOAD	TEST LOAD (KILOGRAM)	LOAD (KILONEWTON)	STEP OF LOADING (KILONEWTON)	SOCKET AXIAL PRESSURE (KILOPASCAL)	REMARKS
I	0%	0	0	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	0	Initial
I	25%	250	25	0-10-20-30-40-50-60	1250	CLM - 50008
I	50%	500	50	0-10-20-30-40-50-60	2500	CLM - 50008
I	25%	250	25	0-10-20-30-40-50-60	1250	CLM - 50008
I	0%	0	0	0-10-20-30-40-50-60	0	CLM - 50008
II	0%	0	0	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	0	Initial
II	50%	500	50	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	2500	CLM - 50008
II	75%	750	75	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	3750	CLM - 50008
II	100%	1000	100	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	5000	CLM - 50008
II	75%	750	75	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	3750	CLM - 50008
II	50%	500	50	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	2500	CLM - 50008
II	25%	250	25	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	1250	CLM - 50008
II	0%	0	0	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	0	CLM - 50008
III	0%	0	0	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	0	Initial
III	50%	500	50	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	2500	CLM - 50008
III	100%	1000	100	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	5000	CLM - 50008
III	125%	1250	125	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	6250	CLM - 50008
III	150%	1500	150	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	7500	CLM - 50008
III	125%	1250	125	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	6250	CLM - 50008
III	100%	1000	100	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	5000	CLM - 50008
III	75%	750	75	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	3750	CLM - 50008
III	50%	500	50	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	2500	CLM - 50008
III	25%	250	25	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	1250	CLM - 50008
III	0%	0	0	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	0	CLM - 50008
IV	0%	0	0	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	0	Initial
IV	50%	500	50	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	2500	CLM - 50008
IV	100%	1000	100	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	5000	CLM - 50008
IV	150%	1500	150	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	7500	CLM - 50008
IV	175%	1750	175	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	8750	CLM - 50008
IV	200%	2000	200	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	10000	CLM - 50008
IV	175%	1750	175	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	8750	CLM - 50008
IV	150%	1500	150	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	7500	CLM - 50008
IV	100%	1000	100	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	5000	CLM - 50008
IV	50%	500	50	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	2500	CLM - 50008
IV	25%	250	25	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	1250	CLM - 50008
IV	0%	0	0	0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100-110-120	0	CLM - 50008

Pengujian pembebanan membagikan hasil berbentuk diagram ikatan bobot vs penyusutan. Dari diagram setelah itu dicoba pemahaman buat memperoleh angka daya dukung aksial pondasi yang dicoba. Pengarang memilah analisa tata cara pemahaman ialah:

- Analisis *Davisson Method (1972)*
- Analisis *Chin Method (1970)*
- Analisis *Mazurkiewicz Method (1970)*

## Analisis Davisson Method

Dalam tata cara Davisson( 1972), tata cara batasan offset bisa jadi yang terbaik yang diketahui dengan cara besar( Salgado, Rodrigo. 1999). Tata cara ini sudah diusulkan oleh Davisson selaku bobot yang cocok dengan pergerakan dimana melampaui titik berat fleksibel( yang diasumsikan selaku kolom yang berdiri leluasa) dengan sesuatu angka 0, 15 inchi serta sesuatu aspek proporsional dengan dimensi garis tengah pilar yang dipecah oleh 120. Ikatan ini dituliskan selaku selanjutnya:

$$X = 0,15 + (D/120)$$

$$Sf = \Delta + 0,15 + (D/120)$$

Semacam yang nampak pada Gambar 2. 3, kalau garis titik berat fleksibel pada pilar bisa didapat dari pertemuan canggaaan fleksibel dari sesuatu pilar, yang mana didapat dari pertemuan fleksibel:

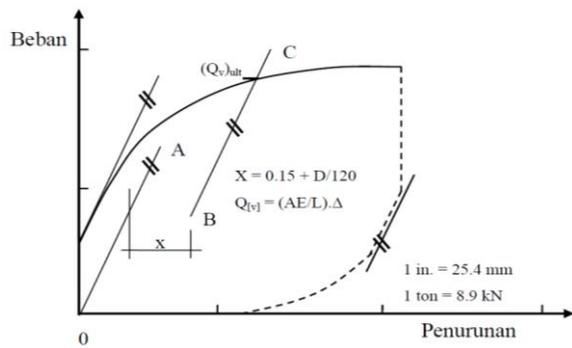
$$\Delta = QxL/AxE$$

Metode penentuan beban ultimate dari pondasi tiang bore pile dengan tata cara ini merupakan selaku berikut:

- Gambarkan kurva beban- penurunan.

- Pastikan penyusutan fleksibel,  $\Delta = (Q_{va}) L$  atau  $AE$  dari pilar dimana  $Q_{va}$  merupakan bobot yang dipakai,  $L$  merupakan panjang tiang,  $A$  merupakan besar bagian tiang, serta  $E$  merupakan modulus elastisitas tiang, melintang
- Gambarkan suatu garis OA bersumber pada pertemuan diatas
- Gambarkan suatu garis BC yang sekelas dengan OA pada jarak sepanjang dimana  $x = 0, 15 + D$  atau  $120$  in, dimana  $D$  merupakan garis tengah tiang dalam in.
- Bobot ambruk ditetapkan dari perpotongan garis BC pada kurva beban-penurunan.

Gambar 2.3 Kurva interpretasi metode *Davisson*



(1972).

### Analisis Chin Method

Tata cara Chin (1970) bisa dipakai buat kedua uji bobot ialah uji bobot dengan kilat serta uji bobot yang dicoba dengan lambat. Umumnya membagikan sikap yang tidak realistis buat kekalahan bobot, bila tidak dipakai sesuatu ekskalasi waktu yang konsisten pada percobaan pilar. Bila selama perkembangan uji bobot statis, kejatuhan pada pilar hendak meningkat hingga garis Chin hendak membuktikan sesuatu titik temu, oleh sebab itu dalam merancang masing-masing artikulasi metode butuh dipikirkan. Dimana Chin mencermati batas bobot yang di

regresikan linier yang mendekati angka 1 (satu) dalam mengutip sesuatu hasil uji bobot statis, dengan bawah nilai- nilai yang ditetapkan dari 2 metode yang sudah dituturkan amati pada sketsa 2.4. Dengan cara biasa 2 titik hendak memastikan satu garis serta titik ketiga pada garis yang serupa mengkonfirmasi sesuatu garis (Fellenius, Bengt H. 2001).

Dasar dari teori ini, diantaranya sebagai berikut :

- Kurva load-settlement digambar dalam kaitannya dengan  $S/Q$ , dimana :

$$S/Q = C1.S + C2$$

- Kegagalan beban ( $Q_f$ ) atau beban terakhir ( $Q_{ult}$ ) digambarkan sebagai :

$$Q_{ult} = 1/C1$$

Dimana :

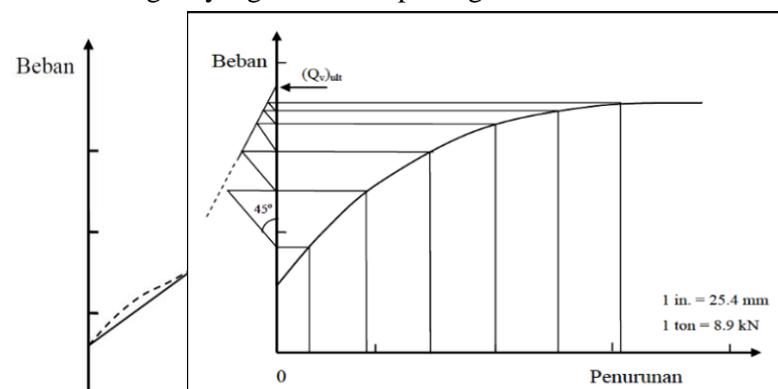
$S$  : settlement

$Q$  : penambahan beban

$C1$  : kemiringan garis lurus

Berdasarkan anggapan bahwa hanya terjadi deformasi geser dan bahwa kurva beban-penurunan adalah berbentuk hiperbola, maka grafik  $\Delta/Q_{va} - \Delta$  merupakan garis lurus yang miring letaknya. Besarnya daya dukung ultimate merupakan inverse slope dari garis tersebut yaitu  $\Delta$  dibagi  $\Delta/Q_{va}$ .

- Gambar  $\Delta/Q_{va}$  terhadap  $\Delta$ , dimana  $\Delta$  adalah penurunan  $\Delta/Q_{va}$  adalah beban yang diterapkan.
- Beban ultimate  $(Q_v)_{ult} = 1/C$ . Gambar dibawah menjelaskan istilah- istilah tersebut.
- Hubungan yang diberikan pada gambar ini



bahwa kurva beban- penurunan mendekati hiperbolis.

Gambar 2.4 Kurva interpretasi metode *Chin* (1970).

### Analisis Mazurkiewich Method

Tata cara Mazurkiewich (1970) ini diasumsikan kalau dengan kapasitas tahanan terbanyak( ultimate) hendak diperoleh dari bobot yang berbentuk, antara lain bobot yang searah sumbu tiang buat dihubungkan bobot dengan titik- titik dari posisi garis kepada sudut 45° pada bobot sumbu yang berbatasan dengan bobot. Perihal ini bisa diperlihatkan semacam pada sketsa 2. 5.

Metode penentuan bobot ultimate Mazurkiewich merupakan selaku selanjutnya:

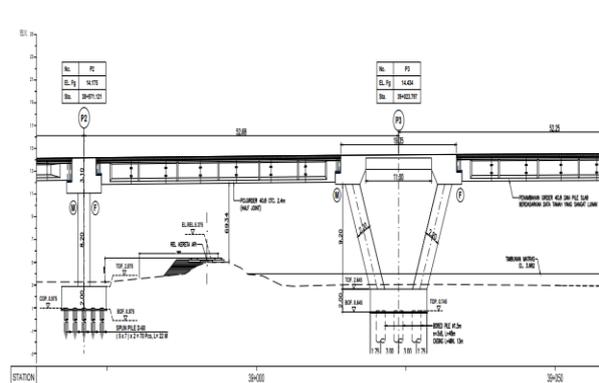
1. Diplot kurva beban dari sebagian titik penurunan
2. Menarik garis dari sebagian titik penyusutan yang diseleksi sampai memotong kurva, setelah itu ditarik vertikal sampai memotong sumbu beban garis
3. Dari perpotongan tiap bobot itu, terbuat garis 45° kepada garis perpotongan selanjutnya serta seterusnya
4. Mengaitkan titik yang tercipta ini sampai menciptakan suatu garis lurus
5. Perpotongan garis lurus dengan sumbu beban ialah beban ultimitnya

Gambar 2.5 Kurva interpretasi metode *Mazurkiewich* (1970).

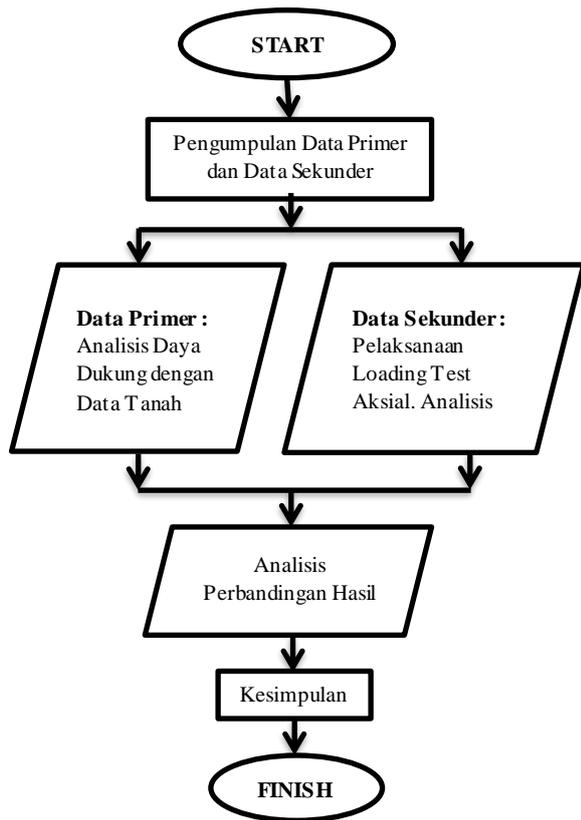
### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun data umum yang diperoleh dari proyek Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan STA 39+000 – 39+475, sebagai berikut :

1. Nama Proyek: Proyek Jalan Tol Trans Sumatera Seksi: Binjai – Pangkalan Brandan STA 39+000-39+475.
2. Lokasi Proyek: Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan Kec. Padang Tualang, Kab. Langkat
3. Pemilik Proyek: PT. HUTAMA KARYA (Persero)
4. Tiang yang di Uji P3 C02
5. Panjang Tiang P3 C02: 48 meter
6. Dimensi Tiang P3 C02: D 150 cm
7. Mutu Beton Tiang : K 350 .f'c = 29,05 Mpa
8. Diameter Tulangan : Tul. Pokok D 32 mm ; Tul. Spiral D 16 mm
9. Tanggal Pengujian : 5 - 6 November 2022
10. Beban Rencana: 100% = 512 Ton
11. Beban Pengujian: 200% = 1024 Ton
12. Sistem Pembebanan: Hydraulic Jack Dengan Beban Mati.



Gambar 3.1 Plan Profil Struktur Pondasi Underpass KAI P3 C02.



Gambar 3.2 Diagram Alir (Flowchart).

#### 4. HASIL DAN ANALISA

##### 4.1 Menghitung Daya Dukung Bore Pile dari N-SPT

Diameter Tiang ( $D$ )= 150 cm

Panjang Tiang ( $L$ )= 48 m

Keliling Tiang ( $P$ )= $\pi \times 150$  cm  
 $= 471$  cm  $\approx 4,71$  m

Mutu Beton ( $f_c'$ )= K 350 ;  $f_c' = 29,05$  Mpa

Luas Bore Pile ( $A_p$ )= $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot (3,14) \cdot 150^2$   
 $= 17662,5$  cm $^2 \approx 1,76625$  m $^2$

Tabel 4.1 Data Nilai N-SPT dari titik BH-03 P3

Kedalaman	Lapisan Tanah	Soil Type Strength	N-SPT lapangan
2 m	Lempung	Kaku Sedang	6
4 m	Lempung Berpasir	Lembut	4
6 m	Lempung	Sangat Lembut	1
8 m	Lempung	Sangat Lembut	1
10 m	Lempung	Kaku Sedang	2
12 m	Lempung	Lembut	3
14 m	Lempung Berlanau	Longgar	8
16 m	Lempung Berlanau	Kaku	14
18 m	Lempung Berlanau	Sangat Kaku	19
20 m	Lempung Kaku	Sangat Padat	35
22 m	Lempung Kaku	Sangat Padat	35
24 m	Lempung Kaku	Sangat Padat	36
26 m	Lempung Kaku	Sangat Padat	35
28 m	Lempung Kaku	Keras	42
30 m	Lempung Kaku	Keras	45
32 m	Lempung Kaku	Keras	48
34 m	Lempung Kaku	Keras	50
36 m	Lempung Kaku	Sangat Keras	51
38 m	Lempung Kaku	Sangat Keras	52
40 m	Lempung Kaku	Sangat Keras	52

Sumber: Dari Data Tanah Bore Log BH-03 P3

Pada pelaksanaan N-SPT<sub>lapangan</sub> di titik BH-03 P3 tidak ditemukan muka air tanah sampai kedalaman 40 meter. Jadi, untuk Tegangan Tanah yang dipengaruhi Air ( $u$ ) Kg/m $^3$  tidak ada.

1. Daya dukung ujung pondasi bore pile pada tanah kohesif

$$Q_P = 9 \times C_u \times A_P$$

$$= 9 \times C_u \times 1,76625$$

,dimana untuk menghitung nilai  $C_u$  :

$$C_u = N_1 \times (2/3) \times 10$$

$$= 12,2 \times (2/3) \times 10$$

$$= 81,31 \text{ KN/m}^2$$

maka  $Q_P$  untuk pondasi bore pile pada tanah kohesif :

$$Q_P = 9 \times 81,31 \times 1,76625$$

$$= 1292,48 \text{ KN}$$

2. Tahanan geser selimut pondasi bore pile pada tanah kohesif

$$Q_S = \alpha \times C_u \times P$$

$$= 0,52 \times 81,31 \text{ KN/m}^2 \times 471$$

$$= 15609,65 \text{ KN}$$

3.  $N_1 = \sigma_N \times N_{60}$   
 $= 0,38 \times 32,5$   
 $= 12,2$

4.  $\alpha \leq 1 = 0,21 + 0,25 \left( \frac{P_a}{C_u} \right) \leq 1$   
 $= 0,21 + 0,25 \left( \frac{100}{81,31} \right) \leq 1$   
 $= 0,52 \leq 1$

\* $P_a$  = Tekanan Atmosfer (100 KN/m $^2$ )

5.  $Q_{Ultimated} = \text{Skin Friction } (Q_S) + \text{End Bearing } (Q_P)$

$$= 15609,65 Q_S + 1292,48 Q_P$$

$$= 16902,14 \text{ KN} \approx 1723,53 \text{ Ton}$$

6.  $Q_{all} = Q_{Ultimated} / SF(3)$

$$= 16902,14 \text{ KN} / 3$$

$$= 5634,045 \text{ KN} \approx 582,52 \text{ Ton}$$

Tabel 4.2 Rekapitulasi nilai *N*-SPT di korelasi Pada Bore Log BH-03 P3

Depth (m)	N-SPT lempeng	$Q_P$	$Q_S$	$C_U$	$\alpha \leq 1$	$Q_{tm}$ KN	Ton	$Q_{ult}$ KN	Ton
2	6	666,94	159,24	41,96	0,81	826,19	84,24	275,396	28,09
4	4	314,40	137,312	19,78	0,47	451,71	46,07	150,571	15,36
6	1	64,18	121,74	4,04	0,40	185,92	18,95	61,973	6,32
8	1	55,58	121,28	3,50	0,36	176,79	18,03	58,929	6,11
10	2	99,42	123,93	6,25	0,21	223,36	22,78	74,453	7,59
12	3	136,14	126,22	8,56	0,13	262,36	26,76	87,453	8,91
14	8	336,11	138,66	21,14	0,39	474,77	48,42	158,257	16,14
16	14	550,20	3226,84	34,61	0,93	3777,05	385,15	1259,015	128,38
18	19	703,99	3430,02	44,29	0,77	4134,01	421,55	1378,005	140,52
20	35	1230,28	7054,23	77,39	0,53	8284,51	844,51	2761,504	281,59
22	35	1173,03	6924,89	73,79	0,55	8097,92	825,76	2699,307	275,25
24	36	1155,18	6884,56	72,67	0,55	8039,74	819,83	2679,915	273,28
26	35	1079,03	6712,54	67,88	0,58	7791,58	794,52	2597,192	264,84
28	42	1247,73	15390,33	78,49	0,53	16638,06	1696,61	5546,020	565,54
30	45	1291,53	15604,97	81,25	0,52	16896,49	1722,96	5632,164	574,32
32	48	1333,88	15812,56	83,91	0,51	17146,44	1748,45	5715,481	582,82
34	50	1347,97	15881,63	84,80	0,50	17229,61	1756,93	5743,202	585,64
36	51	1336,20	15823,9	84,06	0,51	17160,10	1749,84	5720,032	583,28
38	52	1326,06	15774,22	83,42	0,51	17100,28	1743,74	5700,092	581,09
40	52	1292,48	15609,65	81,31	0,52	16902,14	1723,53	5634,045	582,52

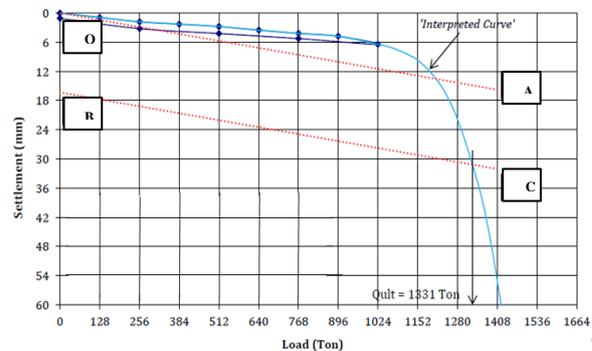
#### 4.2 Hasil Pembacaan Pengujian Loading Test Aksial P3 C02.

Tiang uji di Desain untuk beban kerja (BK) 512 Ton dan pembebanan dilaksanakan dalam empat siklus. Beban maksimum pada setiap siklus adalah 256 Ton (0,5 x BK); 512 Ton (1,0 x BK); 768 Ton (1,5 xBK); dan 1024 Ton (2,0 x BK). Penurunan total yang terukur di kepala tiang uji pada pembebanan 50%, 100%, 150%, dan 200% berturut- turut sebesar 1,82mm; 2,78mm; 4,19mm dan 6,44mm dengan penurunan residual sebesar 1,1mm. Untuk penjelasan pelaksanaan pembacaan Loading Test Aksial pada bore pile P3 C02 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 3 Pelaksanaan Loading Test Aksial pada Bore Pile P3 C02

CYCLE (Siklus)	BEBAN		PENURUNAN (mm)
	%	TON	
I	0	0	0.00
	25	128	0.91
	50	256	1.82
	75	128	1.57
II	0	0	0.11
	50	256	1.84
	75	384	2.28
	100	512	2.78
III	0	0	0.11
	50	256	1.77
	100	512	3.47
	125	640	3.53
IV	0	0	0.74
	50	256	2.38
	100	512	3.30
	150	768	4.22
	175	896	4.79
	200	1024	6.44
	150	768	5.26
	100	512	4.23
	50	256	3.21
	0	0	1.11

#### 1. Metode Davisson



Gambar 4.1 Ultimit Loading Test Aksial Metode Davisson

Dengan gambar dari garis perpotongan antara kurva penurunan, maka hasil nilai interpretasi daya dukung ultimate ( $Q_u$ ) sebesar = **1331 Ton**.

1. Gambar kurva beban – penurunan dengan metode Davisson
2. Penurunan elastis dari tiang:

$$\Delta L = \frac{Q_{va} \times L}{A \times E}$$

Dimana :

$Q_{va}$  : beban Pengujian yang digunakan

L : panjang tiang

E : modulus elastisitas dari tiang

A : luas dari potongan melintang tiang

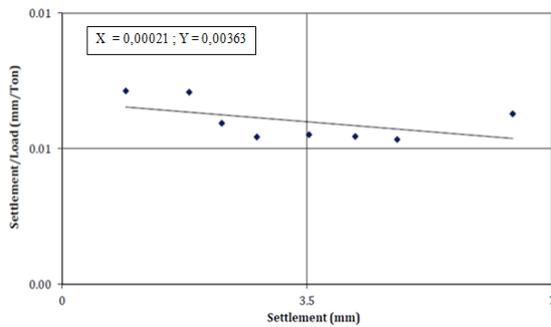
$$\Delta L = \frac{1024 \times 5102}{17671 \times 258} = 11,47 \text{ mm}$$

3. Beban runtuh ditentukan dari perpotongan garis BC pada kurva beban-penurunan.
4. Gambar sebuah garis BC yang sejajar dengan OA pada jarak sejauh dimana,

$$X = 0,15 + \frac{D(\text{in})}{120} = 0,15 + \frac{59,0551}{120}$$

= 0,6421 inci  $\approx$  1,63 cm  $\approx$  16,3 mm  
dimana D adalah diameter tiang dalam inci.

## 2. Metode Chin



Gambar 4.2 Ultimit Loading Test Aksial Metode Chin

Dari perbandingan  $y/x$  pada Grafik 4.7 diatas, diperoleh nilai  $Y = 0,00363$  dan  $X=0,00021$ . Maka, hasil nilai intepretasi daya dukung ultimate ( $Q_u$ ) dengan metode Chin sebesar = **1313 Ton**.

jjka dimasukkan dalam rumus :

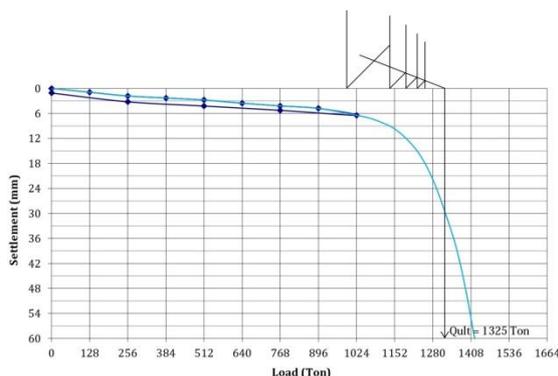
$$X = 0,00021$$

$$Y = 0,00363$$

$$Q = \frac{1}{X} = \frac{1}{0,00021} = 4768 \text{ Ton}$$

$$Q_{ult} = \frac{Q}{Y} = \frac{4768}{0,00363} = \mathbf{1313 \text{ Ton}}$$

## 3. Metode Mazurkiewich



Gambar 4. 3 Ultimit Loading Test Aksial Metode Mazurkiewich

Dengan gambar kurva penurunan, maka hasil nilai intepretasi daya dukung ultimate ( $Q_u$ ) dengan metode Mazurkiewich sebesar = **1325 Ton**. Berdasarkan pembacaan pengujian Loading Test Aksial. Maka, di dapatkan hasil intepretasi

daya dukung ultimate ( $Q_u$ ). Dengan metode yang menurut penulis, metode ini sangat efektif dengan analisa pembacaan pengujian Loading Test Aksial.

Tabel 4.4 Hasil Analisis Pengujian Loading Test aksial

Hasil Analisis Interpretasi Pembacaan Pengujian Loading Test Aksial	
Metode Analisis	Ton
<i>Davisson</i>	1331
<i>Chin</i>	1313
<i>Mazurkiewich</i>	1325
<b>Rata - Rata</b>	<b>1323 Ton</b>

## 4.3 Kontrol Hasil Loading Test Terhadap Beban Struktur Atas

Kontrol hasil Pembebanan Struktur Atas untuk sebagai acuan dalam perbandingan terhadap hasil Analisa Loading Test Aksial dengan beban Struktur Atas dibagi merata ke pondasi dalam satu Pile Cap. Dalam satu Pile Cap P3 terdiri 24 tiang bore pile di satukan ke dalam pile cap, kemudian beban Struktur Atas dibagi merata pada pile cap untuk di pikul.

1. Hasil analisa pembebanan Loading Test Aksial pada P3 C02.

$$\text{Beban Pengujian / Test Load (200\%)} = 1024 \text{ Ton} \approx 10042,01 \text{ KN}$$

$$1 \text{ Pile Cap P3} = 24 \text{ tiang bore pile}$$

Maka,

$$24 \text{ tiang bore pile} \times 1024 \text{ Ton} = 24576 \text{ Ton} \approx 241008,28 \text{ KN}$$

Jadi, untuk 1 Pile Cap P3 dapat memikul beban sebesar 24576 Ton.

2. Beban Struktur Atas.

Beban maksimum Struktur Atas sebesar 12288 Ton terdiri dari beban sendiri, beban mati, beban kendaraan, beban kejut, beban pejalan kaki, dan beban pilar P3. Beban maksimum Struktur Atas harus dibagi merata terhadap pile cap P3 untuk di pikul dan di kontrol melalui pengujian pembebanan loading test aksial pada P3 C02. Hasil dari pembebanan loading test aksial harus

lebih besar dari beban maksimum yang telah di bagi terhadap pile cap.

Beban Struktur Atas = 120504,14 KN  $\approx$  12288

Ton1 Pile Cap P3 = 24 tiang bore pile

Maka,

12288 Ton : 24 Tiang = 512 Ton  $\Rightarrow$  1 tiang bore pile di pile cap P3

Jadi, bahwa 1 tiang bore pile dengan beban maksimum 512 Ton (5021,01KN), dan beban maksimum yang akan di pikul pile cap P3 sebesar 12288 Ton (120504,14 KN). Dapat di bandingkan pada hasil analisis pengujian Loading Test Aksial P3 C02 yang dianggap dapat mewakili tiang lainnya yang dibuat dalam prosedur konstruksi dan kondisi tanah yang relatif sama.

Tabel 4.5 Kontrol Analisa Loading Test Terhadap Beban Struktur Atas

Beban Struktur Atas		Hasil Pembacaan Loading Test		Keterangan
120504,14 KN	12288 Ton	241008,28 KN	24576 Ton	(OK)

Maka dapat disimpulkan, untuk beban Struktur Atas sebesar **12288 Ton** < dari hasil analisa pembebanan loading test aksial P3C02 sebesar 1024 Ton di kali kan dengan 24 tiang dalam 1 pile cap sebesar **24576 Ton**. Maka, pile cap tersebut mampu menahan beban maksimum dari struktur atas. (Aman)

#### 4.4 Perbandingan Hasil Analisis Perhitungan Daya Dukung dari N-SPT dengan Desain Lapangan dan Hasil pembacaan Loading Test Aksial P3 C02

Tabel 4.6 Hasil Analisis Pengujian Loading Test aksial

Hitungan N-SPT	Desain Lapangan	Hasil Loading Test	Keterangan
582,52 Ton	512 Ton	1024 Ton	(Ok)

#### 4.5 Perbandingan Penurunan Tiang P3 C02 dari Hasil Perhitungan dengan Desain

#### Lapangan dan Hasil Penurunan Loading Test Aksial Test Aksial P3 C02

1. Hasil Penurunan Elastis Tiang Tunggal P3 C02 : 3,206 mm (Aman)
2. Desain Lapangan Penurunan Elastis Tiang P3 C02  
Penurunan Elastis / *Elastic Settlement* : 2.46 mm (Aman)
3. Hasil Penurunan Pembacaan Loading Test Aksial P3 C02  
Penurunan Elastis / *Elastic Settlement* : 5.34 mm (Aman)

### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Beban maksimum yang bekerja pada pondasi P3 C02 Pada Proyek Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan Sta 39+000 – 39+475 dengan Dimensi tiang 150 cm dan kedalaman tiang 48 m dengan Desain Lapangan sebesar 512 Ton. Dan dibandingkan dengan kapasitas ijin tiang bore pile berdasarkan hitungan N-SPT dengan metode Mayerhof sebesar 582,52 Ton dan dibandingkan terhadap hasil pembacaan Loading Test Aksial penurunan tiang pondasi bore pile P3 C02 dengan pembebanan 200% sebesar 1024 Ton. Maka dapat disimpulkan struktur pondasi aman, dan mampu menahan beban diatasnya.
2. untuk beban Struktur Atas sebesar **12288 Ton** < dari hasil analisa pembebanan loading test aksial P3C02 sebesar 1024 Ton di kali kan dengan 24 tiang dalam 1 pile cap sebesar **24576 Ton**. Maka, pile cap tersebut mampu menahan beban maksimum dari struktur atas. (Aman)

3. Interpretasi beban ultimit di lakukan dengan tiga metode yang umum digunakan yaitu Davisson, Chin, dan Mazurkiewich. Hasil interpretasi memberikan beban ultimit yang bervariasi yaitu 1331 Ton, 1313 Ton dan 1325 Ton dengan rata- rata pada beban 1323 Ton. (**Aman**).

## 5.2 Saran

Bersumber pada hasil analisa yang sudah dicoba, hingga disarankan:

1. Untuk menghitung daya dukung pondasi, harus mendapatkan data yang lengkap, baik dari data lapangan maupun data laboratorium guna mendapatkan hasil yang maksimum.
2. Dalam menganalisis diperlukannya beberapa metode untuk dapat membandingkan hasil akhir.
3. Tugas akhir ini dapat dilanjutkan dengan menghitung/merencanakan Struktur Atas Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan Sta 39+000 – 39+475.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E., 1984, *Foundation Analysis and Design*, Terjemahan oleh Pantur Silaban, Jilid II, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2011), *Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2015), *Analisis dan Perancangan Fondasi II Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, Graha Media.
- M Braja.Das. 2011, *Principles of Foundation Engineering 7th (Seven Edition)* USA:Cangage Learning.
- Das, B M. 1988. “Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2”. Jakarta:Erlangga.
- SNI 4153.(2008) *Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT*.