

**ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE
BERDASARKAN HASIL UJI BEBAN STATIK DENGAN DATA SONDIR
DAN SPT PADA PROYEK PENINGKATAN JEMBATAN KERETA API
BH 343 KISARAN – TANJUNG BALAI**

Fikri Haikal¹

¹Universitas Islam Sumatera Utara

Email: fikrihaikal1772@gmail.com

Abstrak: Jembatan kereta api merupakan infrastruktur transportasi yang memiliki intensitas tinggi. Salah satu komponen penting dalam sistem jembatan adalah pondasi. Pada proyek Peningkatan Jembatan Kereta Api BH 343 Kisaran – Tanjung Balai digunakan pondasi bored pile. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil daya dukung pondasi bored pile yang diperoleh dari hasil uji sondir, SPT dan static loading test. Untuk perhitungan analisis daya dukung pondasi bored pile untuk data sondir menggunakan metode Aoki de Alencar, 1975 dan Mayerhoff, 1976 sedangkan data SPT menggunakan Metode Reese & Wreight, 1977. Untuk perbandingannya berdasarkan hasil uji data Sondir dan SPT yang akan di bandingkan dengan hasil uji beban statik (static loading test) dengan Metode Chin dan Mazurkiewicz. Hasil perhitungan analisis daya dukung berdasarkan data sondir menggunakan metode Aoki de Alencar (1975) menghasilkan kapasitas ultimate sebesar 261,15 ton, sedangkan metode Mayerhoff (1976) memberikan nilai 252,77 ton. Perhitungan berdasarkan data SPT menggunakan metode Reese & Wright (1977) menunjukkan nilai yang jauh lebih besar, yaitu 776,60 ton. Sementara itu, hasil Static Loading Test sebagai acuan nilai aktual memberikan daya dukung sebesar 269,23 ton berdasarkan metode Chin dan 298 ton menggunakan metode Mazurkiewicz, dengan rata-rata 283,62 ton. Perbandingan seluruh metode menunjukkan bahwa nilai daya dukung berdasarkan data sondir dengan metode Aoki de Alencar memiliki kedekatan paling tinggi terhadap hasil uji beban statik.

Kata Kunci: Bored Pile, Sondir, SPT, Static Loading Test, Daya Dukung.

Abstract: Railway bridges are transportation infrastructure subject to high-intensity usage. The foundation is a critical component of the bridge system. Bored pile foundations were utilized for the BH 343 Kisaran – Tanjung Balai railway bridge upgrade project. This study aims to compare the bored pile bearing capacity results derived from Cone Penetration Tests (CPT/Sondir), Standard Penetration Tests (SPT), and static loading tests. Analyses of bearing capacity based on CPT data employed the Aoki & de Alencar (1975) and Meyerhof (1976) methods, while SPT data analysis utilized the Reese & Wright (1977) method. These results were compared against static loading test outcomes interpreted using the Chin and Mazurkiewicz methods. Calculations based on CPT data yielded an ultimate capacity of 261.15 tons using the Aoki & de Alencar (1975) method and 252.77 tons using the Meyerhof (1976)

method. Calculations based on SPT data using the Reese & Wright (1977) method indicated a significantly higher value of 776.60 tons. Meanwhile, the static loading test results—serving as the actual value benchmark—showed a bearing capacity of 269.23 tons via the Chin method and 298 tons via the Mazurkiewicz method, with an average of 283.62 tons. A comparison of all methods reveals that the bearing capacity value derived from CPT data using the Aoki & de Alencar method aligns most closely with the static loading test results.

Keywords: Bored Pile, CPT (Sondir), SPT, Static Loading Test, Bearing Capacity.

PENDAHULUAN

Transportasi kereta api memiliki peranan penting dalam sistem transportasi nasional sebagai moda angkutan yang efisien dan berkapasitas besar. Peranan penting saat ini adalah dengan meningkatkan infrastruktur yaitu jembatan kereta api. Jembatan kereta api merupakan infrastruktur transportasi yang memiliki intensitas tinggi. Salah satu komponen penting dalam sistem Pada proyek Peningkatan Jembatan Kereta Api BH 343 Kisaran – Tanjung Balai digunakan pondasi *bored pile*. *Bored pile* adalah suatu pondasi yang di bangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, kemudian di isi dengan tulangan dan dicor. dikarenakan pondasi ini harus memikul beban yang besar, maka diperlukan analisis daya dukung pada pondasi *bored pile*.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis daya dukung pondasi *bored pile* pada proyek Peningkatan Jembatan Kereta Api BH 343 Kisaran – Tanjung balai secara empiris dengan menggunakan data sondir dan SPT yang hasilnya akan di bandingkan dengan hasil uji beban statik (*Static Loading Test*)

Permasalahan utama yang sering dihadapi oleh para perencana geoteknik adalah perbedaan hasil penentuan daya dukung yang di hasilkan dari data sondir, SPT dan *static loading test*. Hal ini menimbulkan ketidakpastian dalam desain pondasi yang berujung pada desain yang kurang ekonomis dan tidak aman.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil daya dukung pondasi *bored pile* yang diperoleh dari hasil uji sondir, SPT dan *static loading test*. Dengan adanya perbandingan ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai metode metode tersebut. Hasil yang akan diberikan oleh pengujian dan metode tersebut akan berbeda dan dilihat sejauh mana hasil perbedaanya. Sehingga dapat di tarik kesimpulan dari nilai daya dukung pondasi *bored pile*.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Pendahuluan

Menurut Gunawan (1983), pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban berguna dan gaya gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain tanpa mengakibatkan terjadi keruntuhan geser tanah dan penurunan (*settlement*) tanah/pondasi yang berlebihan.

Berdasarkan kedalaman dan kondisi tanah, pondasi dibagi menjadi dua kategori utama:

- **Pondasi Dangkal (Shallow Foundation)**

Merupakan pondasi yang mendukung beban secara langsung. Pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pendukung pada dasar pondasi terletak relatif jauh dari permukaan tanah/daya dukung tanah pada dasar bangunan lemah. Jika kedalaman dasar pondasi dari muka tanah adalah kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D = B$) maka disebut pondasi dangkal. Terdapat 5 jenis pondasi dangkal yaitu:

1. Pondasi Telapak (memiliki bentuk dasar persegi atau persegi panjang dan digunakan untuk menyalurkan beban bangunan yang terpusat ke lapisan tanah di bawahnya. Pondasi telapak biasanya digunakan pada bangunan bertingkat rendah seperti rumah tinggal, ruko, dan gedung kecil yang memiliki beban ringan hingga sedang)
2. Pondasi Slab (adalah jenis pondasi yang terdiri dari pelat beton bertulang yang menyebar di seluruh area pondasi untuk menyalurkan beban ke tanah).
3. Pondasi Batu Kali (biasanya digunakan untuk bangunan yang terbuat dari bahan tradisional, seperti rumah kayu atau bangunan dengan beban ringan. Pondasi ini dibangun dengan menumpuk batu kali besar untuk menyalurkan beban ke tanah).
4. Pondasi Cakar Ayam (adalah pondasi yang terdiri dari pelat beton bertulang yang sangat besar dan membentang di seluruh area bangunan. Digunakan untuk menahan beban bangunan yang sangat besar atau pada tanah yang memiliki daya dukung rendah dan tidak merata).
5. Pondasi Sloof (sering digunakan sebagai penghubung antar pondasi tapak).

- **Pondasi Dalam (Deep Foundation)**

Digunakan apabila lapisan tanah dangkal tidak memiliki daya dukung yang cukup untuk menahan beban bangunan, atau apabila kedalaman pondasi yang dibutuhkan terlalu besar. Pondasi dalam menembus tanah dangkal dan mencapai lapisan tanah yang lebih kuat dan lebih dalam. Jenis-jenis pondasi dalam:

1. Pondasi Tiang Pancang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang pancang menggunakan tiang-tiang panjang yang ditanam ke dalam tanah untuk menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih dalam dan kuat. Tiang ini berfungsi sebagai pondasi dalam untuk menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih keras, menjadikannya penting terutama untuk bangunan tinggi atau di area dengan lapisan tanah atas yang lemah. Tiang pancang dapat terbuat dari beton, baja, atau kayu.

2. Bore Pile (*Bore Pile Foundation*)

Adalah pondasi dalam yang berbentuk tabung, yang berfungsi meneruskan beban struktur bangunan di atasnya dari permukaan tanah sampai lapisan tanah keras dibawahnya. Pondasi bore pile memiliki fungsi yang sama dengan pondasi tiang pancang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu. Pemasangan pondasi bore pile ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton. Beberapa jenis bored pile adalah sebagai berikut:

- Bored Pile Mini Crane, Menggunakan alat *bored pile* mesin *mini crane* ini bisa dilaksanakan pengeboran dengan pilihan diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm hingga 80 cm.
- Bored Pile Mesin Gawang, sistem kerja yang mirip dengan *bored pile mini crane*, perbedaan hanya pada desain dan tiang tempat *gearbox*, kemudian juga diperlukan tambang pada kanan dan kiri alat yang dikaitkan ketempat lain agar menjaga keseimbangan alat selama pengeboran.
- Bored Pile Manual / *Strauss Pile*, menggunakan tenaga manual untuk memutar mata bornya, menggunakan metode *bored pile* kering.

2. **Penyelidikan Tanah**

Penyelidikan tanah adalah pekerjaan awal yang harus dilakukan sebelum memutuskan

akan menggunakan jenis pondasi dangkal atau dalam. Penyelidikan tanah ada dua jenis yaitu:

1. Penyelidikan di lapangan (*in situ test*)

- *Cone Penetrometer Test (CPT)*

Cone Penetrometer Test (CPT) atau sering disebut dengan sondir adalah proses memasukkan suatu batang tusuk dengan ujung berbentuk kerucut bersudut 60° dan luasan ujung 1,54 inch² ke dalam tanah dengan kecepatan tetap 2 cm/detik.

- Pengujian dengan Standard Penetration Test (SPT)

Standard Penetration Test (SPT) sering digunakan untuk mendapatkan daya dukung tanah secara langsung di lokasi. Pengujian langsung dilapangan dengan metode *Standard Penetration Test (SPT)* dilakukan dalam satu lubang bor dengan memasukkan tabung sampel yang berdiameter 35 mm sedalam 305 mm, kedalam tanah pada dasar lubang bor dengan memakai suatu beban penumbuk dengan berat 140 lb (63 kg) yang dijatuhkan dari ketinggian 30 in (75 cm).

- Pengeboran (*handboring* ataupun *machine boring*)
- *Sand Cone Test*
- *Dynamic Cone Penetrometer*.

2. Penyelidikan di Laboratorium (Laboratory Test)

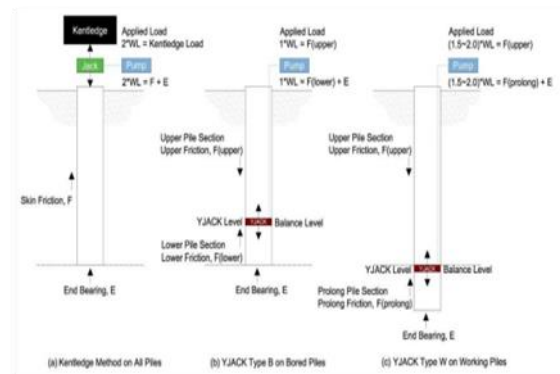
- Uji Index Properties test (Atterbarg Limit, Water Content, Spesific Gravity, Shieve Analysis)
- Engineering Properties tanah (Direct Shear Test, Triaxial Test, Consilidation Test, Permeability Test, Compaction test, dan CBR).

3. **Pengujian Beban Statis (*Static Loading Test*)**

Static Loading Test (uji beban statis) adalah uji yang dilakukan untuk menilai kapasitas struktur atau komponen bangunan dalam menahan beban dengan cara memberikan beban yang bersifat tetap atau statis. Uji ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar beban yang dapat diterima oleh suatu elemen struktur sebelum terjadi kerusakan atau perubahan bentuk yang signifikan.

Metode pelaksanaan pengujian *static loading test* pada Proyek Peningkatan Jembatan BH 343 Kisaran – Tanjung Balai di gunakan metode pengujian hasil *Static Loading Test* yaitu

Metode Cell 2 arah. Metode cell 2 arah merupakan suatu teknik canggih yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja dan daya dukung pondasi suatu struktur.



Gambar 2.1 Uji beban menggunakan Cell 2 arah

4. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Bored Pile

Kapasitas dukung ultimit tiang (Q_u), dihitung dengan persamaan umum, yaitu :

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b \cdot A_b + f \cdot A_s$$

Dimana :

Q_u = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang bor

Q_b = Kapasitas tahanan ujung tiang

Q_s = Kapasitas tahanan kulit

q_b = Kapasitas daya dukung ujung tiang persatuan luas

A_b = Luas ujung tiang

f = Satuan tahanan kulit persatuan luas

A_s = Luas kulit tiang bor

Kapasitas daya dukung kulit pondasi *bored pile* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_s = F \cdot A_s$$

Dimana :

Q_s = kapasitas Tahanan kulit (ton)

F = Satuan tahanan kulit persatuan luas (kg/cm^2).

A_s = Luas kulit tiang pondasi (cm^2)

5. Metode Aoki de Alencar

Daya dukung ujung pondasi menurut Aoki de Alencar dinyatakan dengan rumus berikut :

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

Dimana :

Q_p : Kapasitas daya dukung pondasi (kN)

q_p : Tahanan ujung sondir (kN/m^2)

A_p : Luas penampang tiang (m^2).

Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_p) diperoleh sebagai berikut :

$$q_p = \frac{q_c}{F_b}$$

Dimana :

q_c (base) : perlawanan konus rata rata 1,5D diatas ujung tiang 1,5D dibawah ujung tiang

F_b : faktor empiric tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tiang (kg/cm^2).

Tahanan kulit persatuan luas (F) diprediksi sebagai berikut :

$$F = q_c \frac{\alpha_s}{F_s}$$

Dimana :

q_c : perlawanan konus rata rata pada masing lapisan sepanjang tiang (kg/cm^2)

F_s : faktor empiric tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang (kg/cm^2)

α_s : nilai faktor empiric tanah

6. Metode Mayerhoff

Metode Mayerhoff (1976) telah menyempurnakan teorinya dengan mempertimbangkan beberapa faktor dalam menentukan daya dukung tanah.

Rumus :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = f_b \cdot A_b + f_s \cdot A_s$$

Dimana :

f_b = Tahanan ujung satuan (kg/cm^2)

A_b = Luas penampang ujung tiang bor (m^2)

f_s = Tahanan gesek satuan (kg/cm^2)

A_s = Luas selimut tiang bor (m^2)

- Daya dukung tahanan ujung (Q_p)

$Q_p = A_b \cdot f_b$

$f_b = \omega_1 \cdot \omega_2 \cdot q_{ca}$

Dimana :

Q_p = Daya dukung tahanan ujung (kN/m^2)

A_b = Luas penampang (m^2)

f_b = Tahanan ujung satuan untuk tiang bor diambil 70% atau 50% nya

q_{ca} = q_c rata-rata (kN/m^2) pada zona $1d$ dibawah ujung tiang dan $4d$ diatasnya (d = diameter bore pile)

$\omega_1 = [(d + 0,5) / 2d]^n$; koefisien modifikasi pengaruh skala, jika $d < 0,5 \text{ m}$, $\rightarrow \omega_1 = 1$

$\omega_2 = L/10d$; koefisien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam lapisan pasir pada saat $L < 10d$, lalu jika $L > 10d$, $\rightarrow \omega_2 = 1$

- Daya dukung tahanan gesek (Q_s)

Tahanan gesek satuan diambil salah satu dari :

$Q_s = \sum A_s \cdot f_s$

Dengan K_f adalah 1 atau, bila tidak dilakukan pengukuran tahanan gesek sisi konus :

$f_s = K_c \cdot q_c$

Dengan K_c adalah 0,005

Dimana :

Q_s = Daya dukung tahanan gesek (kN/m^2)

A_s = Luas selimut tiang bor (m^2)

f_s = Tahanan gesek satuan (kg/cm^2)

K_c = Koef. Modifikasi tahanan konus

q_c = Penetrasi konus

- Daya dukung ijin tiang bor (Q_{all})

$$Q_{all} = \frac{Q_p}{FK} + \frac{Q_s}{FK}$$

Dimana :

Q_{all} = Daya dukung ijin tiang bor (kN)

FK = Faktor keamanan (2,5-4)

Q_p = Daya dukung tahanan ujung (kN/m²)

Q_s = Daya dukung tahanan gesek (kN/m²)

7. Metode *Reese & Wreight*

- Daya dukung

$$Q_p = A_p \times q_p$$

Dengan :

Q_p = daya dukung ujung (ton)

A_p = luas penampang bored pile (m²)

Q_p = tahanan ujung per satuan luas (ton/m²)

Untuk tanah kohesif:

$$Q_p = 9 \cdot C_u$$

- Daya dukung selimut

$$Q_s = f \times L \times p$$

Dengan:

Q_s = daya dukung selimut tiang (ton)

f = gesekan selimut tiang per satuan luas (ton/m²)

L = panjang tiang bor (m)

P = keliling penampang tiang (m)

Gesekan selimut tiang pada tanah kohesif dapat ditentukan dengan Persamaan berikut.

$$f = \alpha \times c_u$$

Dengan:

α = faktor adhesi, 0,55

c_u = kohesi tanah pada kondisi undrained

- Daya dukung ultimit

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dengan:

Q_u = daya dukung ultimit (ton)

Q_p = daya dukung ujung ultimit (ton)

Q_s = daya dukung selimut tiang (ton)

- Kapasitas dukung ijin tiang

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dengan:

Q_{all} = kapasitas dukung ijin tiang (ton)

Q_u = daya dukung ultimit (ton)

SF = angka aman untuk tahanan ujung tiang

8. Kapasitas berdasarkan Hasil Uji Beban Statik (*Static Loading Test*)

- Metode Chin

Metode chin didasarkan dengan asumsi bahwa tiang mengalami keruntuhan, pola kuat beban – penurunan akan berbentuk hiperbolis (Dariantio, 2006). Oleh karena itu formula pada metode ini menggunakan *failure load* model persamaan hiperbolis kodner (1963) dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{S}{a+b.s}$$

Dengan :

P = beban

S = Penurunan

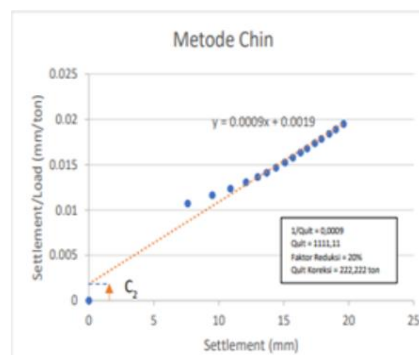
a = Koefisien korelasi antara P dan S

b = konstanta

Dari persamaan Chin (1970) mengubah persamaan tersebut menjadi persamaan linier untuk memudahkan dalam penentuan kondisi *failure*. Persamaan garis linier yang di buat oleh sebagai berikut :

$$\frac{S}{P} = b. S + a$$

Persamaan garis linier dari hubungan S/P – S dapat dilihat sebagai berikut :

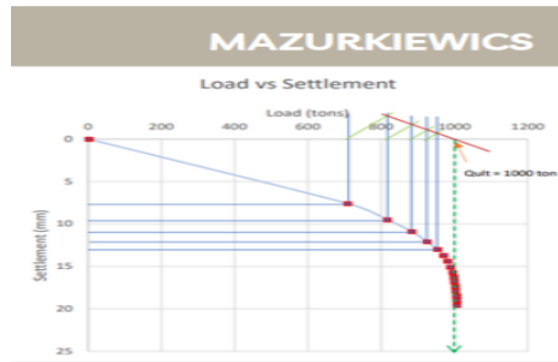


Gambar 2.2 Grafik metode chin

- Metode Mazurkiewicz

Menurut (Girsang P.,2010) interpretasi pengujian *static loading test* dengan metode mazurkiewicz adalah sebagai berikut :

- a. Plot kurva – Beban – penurunan
- b. Pilih sejumlah penurunan dan gambarkan garis vertical yang memotong kurva. Kemudian gambar garis horizontal dari titik perpotongan ini pada kurva sampai memotong sumbu beban
- c. Dari setiap perpotongan masing masing kurva , diambil 45 derajat sampai memotong garis beban selanjutnya.
- d. Perpotongan ini jatuh kira kira pada satu garis lurus. Titik yang di peroleh dari perpotongan perpanjangan garis ini pada sumbu vertikal (beban) adalah beban *ultimate*



Gambar 2.3 Grafik metode Mazurkiewicz

METODE PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

1. Data Primer

Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi tiang *bored pile* pada proyek pembangunan Jembatan Kereta Api ini penulis memperoleh data antara lain dari Kontraktor Pelaksana PT. Limutu Sejahtera diperoleh berupa:

- Data Sondir

Tabel 3.1 Data Sondir

Depth (m)	Resistant (Cr) Kg/cm ²	Total Friction (kg/cm ²)	Depth (m)	Resistant (Cr) Kg/cm ²	Total Friction (kg/cm ²)
0,00	0,00	0,00	4,80	4,00	58,00
0,20	3,00	2,00	5,00	4,00	62,00
0,40	3,00	4,00	5,20	3,00	66,00
0,60	5,00	6,00	5,40	3,00	70,00
0,80	7,00	8,00	5,60	5,00	72,00
1,00	7,00	12,00	5,80	4,00	74,00
1,20	5,00	16,00	6,00	3,00	78,00
1,40	3,00	18,00	6,20	5,00	80,00
1,60	3,00	20,00	6,40	4,00	82,00
1,80	4,00	22,00	6,60	4,00	84,00
2,00	2,00	24,00	6,80	6,00	88,00
2,20	4,00	26,00	7,00	6,00	92,00
2,40	4,00	28,00	7,20	7,00	94,00
2,60	6,00	30,00	7,40	7,00	98,00
2,80	4,00	32,00	7,60	5,00	100,00
3,00	4,00	36,00	7,80	5,00	102,00
3,20	6,00	40,00	8,00	4,00	104,00
3,40	5,00	42,00	8,20	6,00	108,00
3,60	3,00	44,00	8,40	8,00	112,00
3,80	4,00	46,00	8,60	7,00	114,00
4,00	4,00	50,00	8,80	9,00	118,00
4,20	3,00	52,00	9,00	5,00	122,00
4,40	3,00	54,00	9,20	7,00	128,00
4,60	6,00	56,00	9,40	7,00	144,00

Depth (m)	Resistant (Cr) Kg/cm ²	Total Friction (kg/cm ²)	Depth (m)	Resistant (Cr) Kg/cm ²	Total Friction (kg/cm ²)
9,60	10,00	150,00	17,20	12,00	338,00
9,80	9,00	156,00	17,40	14,00	344,00
10,00	3,00	160,00	17,60	16,00	352,00
10,20	5,00	164,00	17,80	10,00	360,00
10,40	7,00	168,00	18,00	8,00	366,00
10,60	7,00	170,00	18,20	11,00	374,00
10,80	11,00	176,00	18,40	9,00	380,00
11,00	5,00	178,00	18,60	10,00	386,00
11,20	6,00	182,00	18,80	11,00	392,00
11,40	6,00	184,00	19,00	9,00	398,00
11,60	5,00	186,00	19,20	10,00	408,00
11,80	7,00	190,00	19,40	14,00	416,00
12,00	4,00	194,00	19,60	16,00	422,00
12,20	7,00	198,00	19,80	10,00	428,00
12,40	9,00	202,00	20,00	12,00	434,00
12,60	5,00	206,00	20,20	15,00	440,00
12,80	5,00	208,00	20,40	14,00	446,00
13,00	7,00	212,00	20,60	12,00	454,00
13,20	9,00	218,00	20,80	15,00	462,00
13,40	7,00	234,00	21,00	16,00	472,00
13,60	10,00	238,00	21,20	10,00	480,00
13,80	7,00	242,00	21,40	12,00	486,00
14,00	8,00	248,00	21,60	11,00	496,00
14,20	7,00	254,00	21,80	15,00	506,00
14,40	9,00	260,00	22,00	18,00	518,00
14,60	12,00	264,00	22,20	24,00	530,00
14,80	7,00	268,00	22,40	22,00	546,00
15,00	6,00	274,00	22,60	26,00	562,00
15,20	8,00	280,00	22,80	40,00	278,00
15,40	9,00	286,00	23,00	62,00	604,00
15,60	7,00	292,00	23,20	71,00	622,00
15,80	10,00	296,00	23,40	76,00	638,00
16,00	5,00	300,00	23,60	90,00	668,00
16,20	9,00	306,00	23,80	97,00	694,00
16,40	12,00	312,00	24,00	90,00	714,00
16,60	10,00	318,00	24,20	90,00	764,00
16,80	10,00	326,00	rata - rata	14,94	275,07
17,00	10,00	332,00			

- Data SPT

Tabel 3.2 Data SPT

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Nspt
2	Kohesif	2
4	Kohesif	1
6	Kohesif	2
8	Kohesif	3
10	Kohesif	3
12	Kohesif	4

14	Kohesif	3
16	Kohesif	4
18	Kohesif	5
20	Kohesif	5
22	Kohesif	5
24	Kohesif	24
26	Kohesif	26
28	Non Kohesif	40
30	Non Kohesif	37
32	Non Kohesif	57
34	Non Kohesif	61
36	Non Kohesif	65
38	Non Kohesif	54
40	Kohesif	26
42	Kohesif	24
44	Kohesif	25
46	Kohesif	22
48	Kohesif	25
50	Kohesif	14

- *Data Static Loading Test*

Tabel 3. Data Pengujian Loading Test

Nomor Urut	Beban %	Beban Uji (kN)	Penurunan (mm)	waktu (Menit)
1	0	0	0,000	0
2	25	372	0,060	20
3	50	745	0,060	20
4	75	1117	0,275	20
5	100	1490	0,795	360
6	75	1117	0,785	20

Nomor Urut	Beban %	Beban Uji (kN)	Penurunan (mm)	waktu (Menit)
7	50	745	0,755	20
8	25	372	0,755	20
9	25	372	0,195	20
10	50	745	0,320	20
11	75	1117	0,400	20
12	100	1490	0,535	20
13	125	1862	0,705	20
14	150	2234	0,750	20
15	175	2607	1,005	20
16	200	2979	1,540	720
17	150	2234	1,470	20
18	100	1490	1,435	20
19	50	745	1,410	20

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan, diolah, dan dipublikasikan oleh pihak lain sebelumnya, bukan oleh peneliti itu sendiri.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian adalah tahap awal yang dilakukan untuk mengumpulkan data data yang diperlukan penelitian agar memudahkan dalam penyusunan. Berikut ini merupakan tahap tahap pengumpulan data yang di lakukan oleh penulis.

1. Tahapan pertama adalah melakukan *review* dan Studi kepustakaan, mencari jurnal- jurnal penelitian terdahulu dan buku yang berkaitan dengan judul
2. Tahapan kedua adalah mengumpulkan data yang dibutuhkan yaitu data Sondir, SPT dan *static loading test*.
3. Tahapan ketiga adalah melakukan analisis perhitungan dengan data yang di peroleh berdasarkan metode yang digunakan
4. Tahapan keempat adalah membuat kesimpulan dari hasil analisis perhitungan yang

dilakukan.

Analisa Data

1. Analisis daya dukung pondasi *Bored Pile* menggunakan data sondir *Metode Aoki de Alencar dan Mayerhoff*
2. Analisis daya dukung pondasi *Bored Pile* menggunakan data SPT *Metode Reese & Wreight*
3. Analisis daya dukung pondasi *Bored Pile* menggunakan data *Static Loading Test* *Metode Chin dan Mazurkiewicz*

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Daya Dukung Pondasi *Bored Pile*

Data pondasi *bored pile* sebagai berikut:

1. Diameter (D) = 100cm
2. Kedalaman = 4500 cm
= 45m
3. Keliling = $\pi \times d$
= $3,14 \times 100$
= 314cm = 3,14m
4. L. selimut tiang (As) = $\pi \times d \times L$
= $3,14 \times 100 \times 4500$
= $1413000cm^2$
= $141,3m^2$
5. L. Penampang Tiang (Ap) = $1/4 \times \pi \times d^2$
= $1/4 \times 3,14 \times 100^2$
= $7850 cm^2 = 0,7850m^2$

B. Perhitungan Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Data Sondir

- Metode Aoki de Alencar (1975)

Tabel 4.1 Nilai qc Dasar Tiang

Depth (m)	Resistant (Cr) Kg/cm2	Total Friction (kg/cm2)
22,40	22,00	546,00
22,60	26,00	562,00
22,80	40,00	278,00
23,00	62,00	604,00
23,20	71,00	622,00
23,40	76,00	638,00
23,60	90,00	668,00
23,80	97,00	694,00
24,00	90,00	714,00
24,20	90,00	764,00
24,40	90,00	764,00
24,60	90,00	764,00
24,80	90,00	764,00
25,00	90,00	764,00
25,20	90,00	764,00
25,40	90,00	764,00
25,60	90,00	764,00
rata - rata	76,12	672,82

$$Q_p = \frac{q_c}{F_b}$$

(untuk nilai F_b di tabel 2.4 *bored pile* = 3,5)

$$Q_p = \frac{76,12}{3,5} = 21,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$\begin{aligned} &= 21,75 \times 7850 \\ &= 170.721 \text{ kg} = 170,721 \text{ ton} \\ F &= qc \frac{\alpha_s}{F_s} \text{ (nilai } F_s \text{ dari tabel 2.4)} \\ qc &= 14,94 \text{ kg/cm} \\ F &= 14,94 \times \frac{0,024}{7} = 0,064 \text{ kg/cm}^2 \\ Q_s &= F \times A_s \\ &= 0,064 \times 1413000 \\ &= 90432 \text{ kg} = 90,432 \text{ ton.} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 170,72 + 90,43 \\ &= 261,15 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Metode Mayerhoff (1976) pada kedalaman 24,20 m

$$\begin{aligned} Q_p &= qc \times A_p / 3 \\ &= 90 \times 7850 / 3 \\ Q_s &= JHL \times Kt / 5 \\ &= 275,05 \times 314 / 5 \\ &= 17273,14 \text{ kg} = 17,27 \text{ ton} \\ &= 235,5 \text{ ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 235,5 + 17,27 \\ &= 252,77 \text{ ton} \end{aligned}$$

C. Perhitungan Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* berdasarkan Data SPT

- a. Untuk kedalaman 2m pada tanah kohesif:

$$\begin{aligned} \text{Diameter tiang} &= 100 \text{ cm} \\ \text{Keliling } \textit{bored pile} &= \pi \times d \\ &= 3,14 \times 100 \text{ cm} \\ &= 314 \text{ cm} = 3,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{L. Tiang } \textit{bored pile} \text{ (} A_p &= 1/4 \times \pi \times (d)^2 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times (100)^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 7850 \text{ cm}^2 \\ &= 0,7850 \text{ m}^2 \\ \text{Nilai N-SPT} &= 2 \\ \text{Jenis tanah} &= \text{kohesif} \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ C_u &= \frac{2}{3} \cdot N\text{-Spt} \cdot 10 \\ &= \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 10 \\ &= 13,33 \text{ kN/m}^2 = 1,33 \text{ ton} \\ q_p &= 9 \cdot 1,33 \text{ ton} \\ &= 11,97 \text{ t/m}^2 \\ Q_p &= q_p \cdot A_p \\ &= 11,97 \cdot 0,7850 \\ &= 9,42 \text{ ton} \\ f &= \alpha \cdot C_u \\ &= 0,55 \cdot 1,3 \text{ t/m}^2 \\ &= 0,7315 \text{ t/m}^2 \\ Q_s &= f \cdot L \cdot P \\ &= 0,7315 \cdot 2 \cdot 3,14 \\ &= 4,61 \text{ ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 9,42 + 4,61 \\ &= 14,03 \text{ ton} \\ Q_{all} &= Q_u / SF \\ &= 14,03 / 3 \\ &= 4,68 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Untuk kedalaman 28m

$$\begin{aligned} \text{Diameter tiang} &= 100 \text{ cm} \\ \text{Keliling } \textit{bored pile} &= \pi \times d \\ &= 3,14 \times 100 \text{ cm} \\ &= 314 \text{ cm} = 3,14 \text{ m} \\ \text{L. Tiang } \textit{bored pile} (A_p) &= \frac{1}{4} \times \pi \times (d)^2 \end{aligned}$$

$$= 1/4 \times 3,14 \times (100)^2$$

$$= 7850 \text{ cm}^2$$

$$= 0,7850 \text{ m}^2$$

$$\text{Nilai N-SPT} = 40$$

$$\text{Jenis tanah} = \text{Non kohesif}$$

$$\begin{aligned} q_p &= 7 \cdot N \cdot A_p \\ &= 7 \cdot 40 \cdot 0,7850 \\ &= 219,8 \text{ ton} \end{aligned}$$

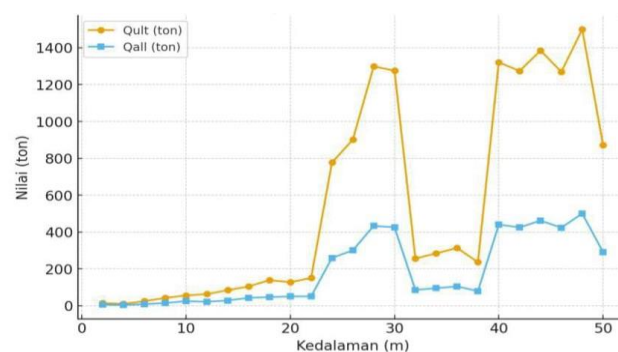
$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ &= 219,8 \cdot 0,7850 \\ &= 172,72 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= 0,32 \cdot 40 \\ &= 12,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot P \\ &= 12,8 \cdot 28 \cdot 3,14 \\ &= 1125,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 172,54 + 1125,9 \\ &= 1298,66 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} &= Q_u / SF \\ &= 1297,8 / 3 \\ &= 432,89 \text{ ton} \end{aligned}$$



Gambar 4.1 Grafik hasil perhitungan data SPT Metode Reese & Wreight 1977

D. Perhitungan Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* berdasarkan *Static Loading Test*

- Metode Chin

Tabel 4.2 Perhitungan Beban Penurunan Metode Chin

Perhitungan Penurunan Metode Chin						
Penurunan (mm)	Beban (ton)	Penurunan / beban	S(x)	S/Q (y)	X ²	XY
0	0	0,0000	0,000	0	0	0,0000
0,060	37,2	0,0016	0,060	0,00161	0,00360	0,00010
0,060	74,5	0,0008	0,060	0,00081	0,00360	0,00005
0,275	111,7	0,0025	0,275	0,00246	0,07563	0,00068
0,535	149,0	0,0036	0,535	0,00359	0,28623	0,00192
0,705	186,2	0,0038	0,705	0,00379	0,49703	0,00267
0,750	223,4	0,0034	0,750	0,00336	0,56250	0,00252
0,755	260,7	0,0029	0,755	0,00290	0,57003	0,00219
1,540	297,9	0,0052	1,540	0,00517	2,37160	0,00796
total Σ			4,680	0,02368	4,37020	0,01808

Regresi linier :

$$a = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$= \frac{9 \cdot 0,01808 - 4,680 \cdot 0,02368}{9 \cdot 4,37020 - 4,680^2}$$

$$= 0,003x$$

$$b = \frac{(\sum y \cdot \sum x^2) - (\sum x \cdot \sum xy)}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$= \frac{0,02368 \cdot 4,37020 - 4,680 \cdot 0,01808}{9 \cdot 4,37020 - 4,680^2}$$

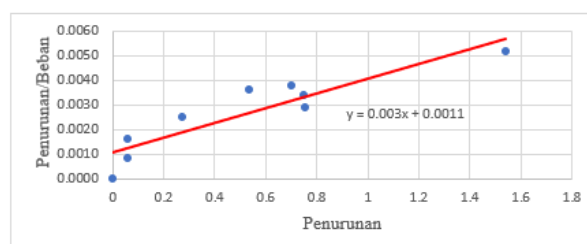
$$= 0,0011$$

untuk metode chin dilakukan regresi linier

$$y = ax + b$$

diperoleh persamaan garis lurus

$$y = 0,003x + 0,0011$$



Gambar 4.2 Grafik Hubungan beban - penurunan dengan metode chin

Besar daya dukung *ultimate* dengan metode chin dihitung dengan cara berikut:

$$y = 0,003(1,540) + 0,0011 = 0,00572$$

$$y = S/Q$$

$$Q_{ull} = \frac{1,540}{0,00572} = 269,23 \text{ ton}$$

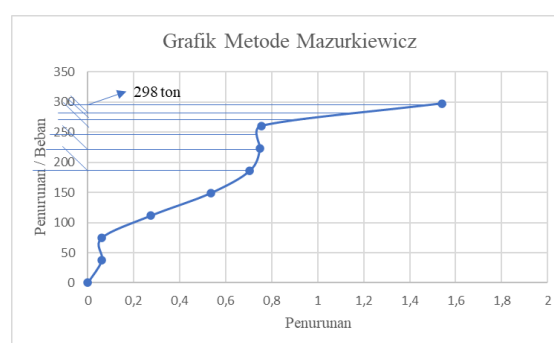
$$Q_{ijin} = 269,23 / 2 = 134,615 \text{ ton}$$

Jadi dengan metode chin didapat daya dukung *ultimate* tiang bor sebesar 269,23 ton dan untuk daya dukung ijin sebesar 134,615 ton

- Metode Mazurkiewicz

Tabel 4.3 Beban Penurunan Metode Mazurkiewicz

Penurunan (mm)	Beban (ton)
0	0
0,060	37,2
0,060	74,5
0,275	111,7
0,535	149
0,705	186,2
0,750	223,4
0,755	260,7
1,540	297,9



Gambar 4.3 Daya dukung *ultimate* Metode Mazurkiewicz

Berdasarkan grafik diatas , maka dapat dilihat untuk daya dukung pada metode Mazurkiewicz sebesar 298 ton.

$$Q_{ijin} = Q_{ull} / sF$$

$$= 298 \text{ ton} / 2$$

= 149 ton

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah penulis analisis dapat disajikan hasil perbandingan pada tabel berikut :

Tabel 4.4 Hasil perhitungan daya dukung

Tabel Hasil Perhitungan Analisis daya dukung Ultimate									
Sondir				SPT		Uji beban statik			
Aoki de Alencar	Satuan	Mayerhoff	Satuan	Reese & Wreight	Satuan	Chin	Satuan	Mazurkiewicz	Satuan
261,15	ton	252,77	ton	776,60	ton	269,23	ton	298	ton

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis proyek Peningkatan Jembatan Kereta Api BH 343 Kisaran -Tanjung Balai dapat di ambil beberapa Kesimpulan yaitu:

1. Hasil perhitungan daya dukung *ultimate* pondasi *bored pile* berdasarkan data sondir metode *Aoki de Alencar 1975* sebesar 261,15 ton dan untuk metode *Mayerhoff 1976* adalah 252,77 ton.
2. Hasil perhitungan daya dukung *ultimate* pondasi *bored pile* berdasarkan data SPT menggunakan metode *Reese & Wreight 1977* mendapatkan hasil sebesar 776,60 ton.
3. Hasil perhitungan daya dukung *ultimate* pondasi *bored pile* berdasarkan data *static loading test* berdasarkan metode Chin mendapatkan hasil sebesar 269,23 ton. Untuk daya dukung berdasarkan Metode Mazurkiewicz sebesar 298 ton.
4. Untuk hasil perbandingan akan disajikan melalui tabel berikut :

Tabel 5.1: Hasil Perbandingan Analisis Daya Dukung Data Sondir dan SPT dengan Hasil Uji Beban Statik

Metode Pengujian	Metode perhitungan	Daya Dukung Ultimate (ton)	Persentase (terhadap rata - rata SLT (283,62 Ton)
SLT uji Lapangan	Rata - rata (Chin & Mazurkiewicz)	283,62	100%
SLT uji Lapangan	Mazurkiewicz	298	105,07%
SLT uji Lapangan	Chin	269,23	94,92%
Sondir	Aoki de Alencar	261,15	92,08%
Sondir	Mayerhoff	252,77	89,12%
SPT	Reese And Wreight	776,60	273,89%

Berdasarkan hasil perbandingan tabel diatas, untuk data yang mendekati dengan data aktual (hasil uji beban statik) Adalah data sondir metode aoki de Alencar.

Saran

Dari hasil analisis proyek Peningkatan Jembatan Kereta Api BH 343 Kisaran -Tanjung Balai dapat di ambil beberapa saran antara lain:

1. Perlunya ketelitian dalam hal memahami data Sondir , SPT dan *Static Loading Test* serta kemampuan penuh pada mekanika tanah demi diperolehnya daya dukung pondasi *bored pile* yang optimal.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat mencoba membandingkan hasil uji lapangan dengan hasil pemodelan perangkat lunak geoteknik seperti Plaxis dan LPILE.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1997. Analisis dan Desain Pondasi. Jakarta: Erlangga.
- Bowles,J. E. (1998). Analisis dan Desain Pondasi, Jilid 2 Edisi Keempat, Jakarta:Erlangga.
- Das, BM (1995). Prinsip-prinsip Rekayasa Pondasi (edisi ke-3). Boston: PWS Publishing Company.
- Das,M. B., 2008, Principles of Foundation Engineering Seventh Edition, PWS Publishing, Pasific Grove
- Sardjono, H.S. 1988. Pondasi Tiang Pancang. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Gunawan. 1991. Pengantar Ilmu Bangunan. Yogyakarta: Kanisius.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. Mekanika Tanah I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardyatmo, H.C. (2010). Teknik Pondasi, jilid 1 dan 2, Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Hardyatmo, H.C. (2010). Mekanika Tanah, jilid 1 dan 2, Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Peckterzaghi, K. and Peck, Ralph B., 1987, Mekanika Tanah dan Praktik Rekayasaya, Edisi Keempat Jilid 1, Jakarta: Erlangga
- S. J. E. Soedarmo, G. D., & Purnomo, "Mekanika Tanah 1," 1993
- Taqwa, F. M., Mardiaman, Hariati, F., & Muktadir, R. (2023). Rasio Daya Dukung Aksial *Bored Pile* Berdasarkan Hasil Uji SLT dan PDA Studi Kasus : Tamansari APartemen Bintaro Mansion Kota Tangerang Selatan.
- Aulia, A., & Sudardja, H. (2019). Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Dengan Hasil Uji Pembebanan Langsung (Loading Test).

- Darmawan, Fikkry Surya & Sari, Kartika Indah. (2022). Analisis Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Diameter 0,8m Pada Proyek Gedung Menara BRI Jalan Putri Hijau, Medan. Buletin Utama Teknik. Universitas Harapan Medan. Medan.
- Ikhwan, B. C., Darmiyanti, L., & Pribadi, G. (2020). Perbandingan Daya Dukung Dan Penurunan Bored Pile Berdasarkan Data Spt Dan Loading Test.
- J. E. Bowles, “Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2,” Erlangga, Jakarta, vol.1,no.69, pp.2014.