



Analisis Daya Dukung Fondasi Borepile Pada Proyek Pembangunan Gedung Utama Kawasan OIKN

Joshua T. T. Nangoy^{#a}, Agnes T. Mandagi^{#b}, Alva N. Sarajar^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^ajoshuanangoy021@student.unsrat.ac.id, ^bagnes.mandagi@unsrat.ac.id, ^calva.sarajar@unsrat.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung fondasi borepile pada proyek pembangunan Gedung Utama di Kawasan OIKN dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu metode konvensional berbasis data uji penetrasi standar (N-SPT) dan metode interpretasi hasil uji pembebanan statik (loading test). Perhitungan secara konvensional dilakukan dengan metode Meyerhof, Decourt, serta Reese & Wright, sedangkan hasil uji lapangan dianalisis menggunakan metode Mazurkiewicz, Chin, dan Decourt. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai daya dukung izin (Qall) tertinggi dari metode konvensional diperoleh melalui metode Reese & Wright sebesar 433,27 ton, sedangkan yang terendah dari metode Decourt sebesar 293,15 ton. Sementara itu, hasil interpretasi uji pembebanan statik menunjukkan nilai daya dukung ijin (Qall) tertinggi dengan metode Decourt sebesar 692,31 ton dan terendah dengan metode Mazurkiewicz sebesar 580,00 ton. Perbedaan hasil antara kedua pendekatan disebabkan oleh karakteristik empiris metode konvensional yang konservatif dan keterbatasannya dalam merepresentasikan interaksi tanah–fondasi secara aktual, sementara uji pembebanan memberikan hasil yang lebih realistis terhadap kondisi lapangan. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa pendekatan kombinasi antara metode empiris dan uji pembebanan lapangan direkomendasikan dalam perencanaan fondasi borepile. Metode empiris digunakan sebagai acuan desain awal, sedangkan hasil interpretasi uji pembebanan berfungsi sebagai validasi terhadap daya dukung aktual fondasi di lapangan.

Kata kunci: fondasi borepile, daya dukung, N-SPT, loading test, metode empiris, OIKN

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Fondasi merupakan elemen penting dalam suatu konstruksi karena berfungsi untuk meneruskan beban struktur atas ke lapisan tanah yang memiliki kapasitas dukung memadai. Pada proyek pembangunan Gedung Utama di Kawasan OIKN, kondisi tanah yang bervariasi dan kebutuhan kapasitas dukung yang besar menuntut pemilihan fondasi yang tepat. Borepile dipilih sebagai fondasi dalam karena mampu menahan beban vertikal dan lateral dengan baik serta sesuai untuk kondisi tanah setempat.

Evaluasi kapasitas dukung fondasi borepile umumnya dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu metode empiris berbasis data Standard Penetration Test (SPT) dan uji pembebanan statik (loading test). Metode empiris memberikan estimasi awal namun memiliki sifat konservatif, sedangkan loading test menggambarkan respons aktual fondasi di lapangan. Oleh karena itu, analisis komprehensif menggunakan kedua pendekatan diperlukan untuk memperoleh gambaran kapasitas dukung aktual fondasi dan memastikan keamanan serta keandalan struktur yang dibangun.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diambil beberapa masalah sebagai berikut:

1. Berapakah besar daya dukung fondasi tiang tunggal bored pile dengan menggunakan metode Decourt, Meyerhoff, dan Reese & Wright dari hasil penyelidikan tanah N- SPT di Proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan OIKN ?
2. Berapakah besar daya dukung fondasi tiang tunggal bored pile dengan menggunakan metode Chin, Decourt, dan Mazurkiewicz dari hasil uji pembebanan (Loading Test) di Proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan OIKN ?
3. Bagaimana perbandingan hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang tunggal berdasarkan metode empiris (n-SPT) dengan hasil uji beban (loading test) pada proyek pembangunan Gedung dan Kawasan OIKN ?

1.3. Batasan Penelitian

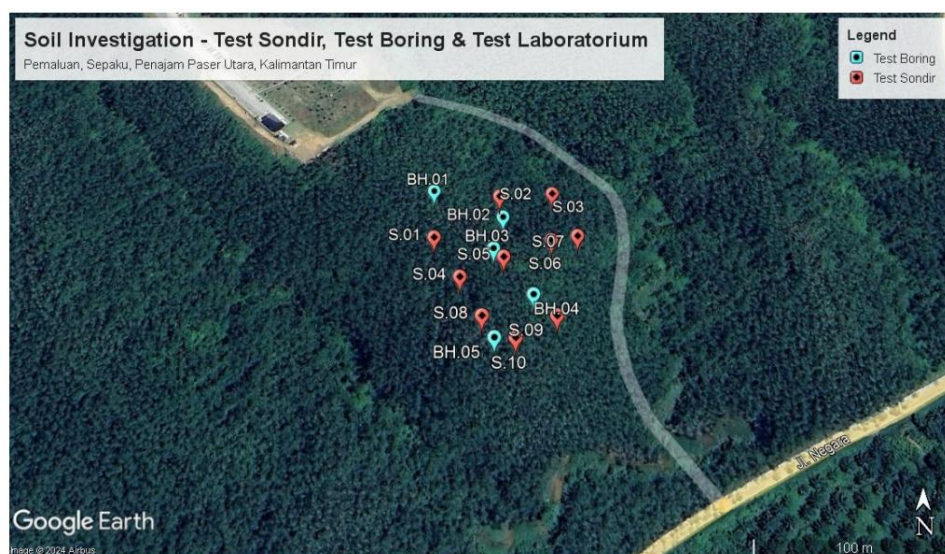
1. Analisis daya dukung dengan hasil penyelidikan tanah atau N-SPT dihitung dengan menggunakan metode Decourt, Meyerhoff, dan Reese & Wright
2. Analisis daya dukung dengan hasil uji pembebanan (Loading Test) menggunakan rumus Chin, Decourt, dan Mazurkiewicz
3. Hanya di tinjau untuk tiang bored pile tunggal
4. Tidak meninjau akibat beban horizontal terhadap bored pile tunggal
5. Hanya di tinjau untuk beban aksial terhadap fondasi bored pile

1.4. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui daya dukung fondasi tiang tunggal bored pile dengan menggunakan metode Decourt, Meyerhoff, dan Reese & Wright dari hasil penyelidikan tanah (N-SPT)
2. Untuk mengetahui daya dukung fondasi tiang tunggal bored pile dengan menggunakan metode Chin, Decourt, dan Mazurkiewicz dari hasil uji pembebanan (Loading Test) di Proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan OIKN
3. Untuk membandingkan hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang tunggal berdasarkan metode empiris (n-SPT) dengan hasil uji beban (loading test) pada proyek pembangunan Gedung dan Kawasan OIKN.

1.5. Lokasi Penelitian

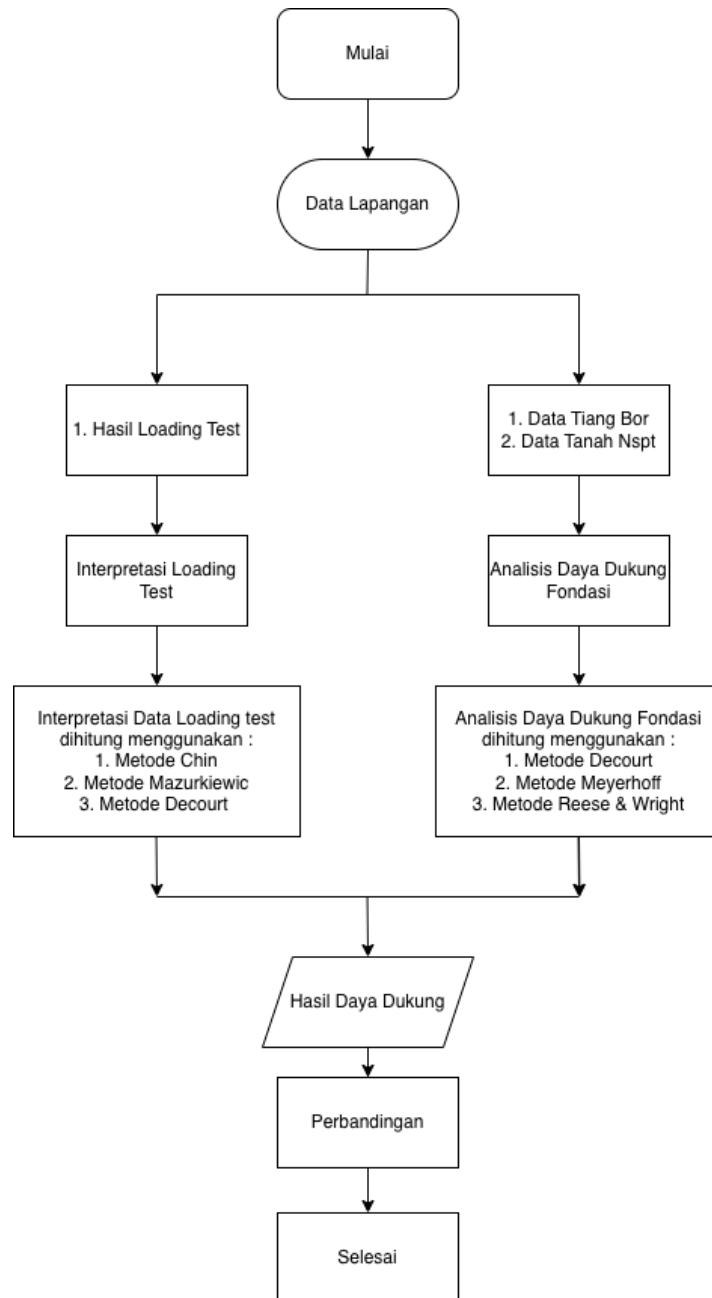
Penelitian berlokasi di Ibu Kota Nusantara, Kalimantan Timur sebagai berikut:



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1. Fondasi Borepile

Fondasi borepile (bored pile) adalah salah satu jenis fondasi dalam yang dibentuk dengan pengeboran kemudian diisi beton bertulang, dan umum digunakan pada kondisi tanah lunak atau ketika diperlukan kapasitas dukung yang besar tanpa menimbulkan getaran pemasangan. Borepile memberikan kombinasi kontribusi tahanan ujung (end bearing) dan tahanan selimut (skin friction) untuk menahan beban vertikal struktur. Keunggulan dan keterbatasan pelaksanaan borepile, termasuk aspek biaya, waktu, dan kebutuhan peralatan, telah dipaparkan dalam literatur pelaksanaan fondasi borepile.

3.2. Uji Penyelidikan Tanah N-SPT

Data uji Standard Penetration Test (N-SPT) sering dipakai sebagai dasar estimasi parameter

geoteknik pada perhitungan kapasitas dukung fondasi tiang. Nilai N-SPT dikorelasikan dengan parameter seperti kohesi tak-terdrainasi, tahanan ujung per satuan luas (q_p), dan koefisien gesek selimut sehingga menjadi input untuk berbagai metode empiris. Meskipun praktis, korelasi N-SPT bersifat empiris dan cenderung konservatif bila dibandingkan hasil uji lapangan langsung.

3.3. Metode Empiris untuk Perhitungan Daya Dukung

Beberapa metode empiris yang banyak digunakan untuk menghitung daya dukung bored pile berbasis N-SPT antara lain Meyerhof, Decourt, dan Reese & Wright.

1. Meyerhof menekankan rumus sederhana untuk Q_p dan Q_s dengan faktor adhesi pada tanah kohesif; cocok untuk perkiraan cepat pada tanah lempung.
2. Decourt menyediakan koefisien-koefisien (K , α , β) untuk koreksi gaya ujung dan selimut berdasarkan karakter tanah dan dimensi tiang sehingga lebih detail dalam membedakan kontribusi masing-masing lapisan tanah.
3. Reese & Wright (dan variasi O'Neill & Reese) memberi perhatian lebih pada distribusi gesekan selimut sepanjang tiang dan korelasi f_s terhadap N-SPT, sering menghasilkan estimasi tahanan selimut yang relatif lebih besar. Perbedaan pendekatan inilah yang menyebabkan variasi nilai Q_{all} antara metode-metode empiris.

3.4. Interpretasi Hasil Loading Test (statik)

Uji pembebanan statik (static load test) merupakan metode verifikasi kapasitas dukung aktual tiang di lapangan. Interpretasi kurva beban–penurunan dilakukan dengan beberapa pendekatan, antara lain Chin, Mazurkiewicz, dan Decourt (interpretasi garis ekstrapolasi pada kurva S/Q atau metode pembagian interval). Metode-metode ini berbeda pada cara menentukan titik ultimit dan faktor koreksi untuk mendapatkan daya dukung izin (Q_{all}), sehingga hasilnya dapat bervariasi. Secara umum, interpretasi loading test dianggap lebih representatif terhadap perilaku nyata tiang karena memperhitungkan efek konstruksi, interaksi tanah-tiang, dan kondisi lapangan.

3.5. Perbandingan Empiris vs Loading Test

Banyak studi menyatakan pola yang konsisten: metode empiris berbasis N-SPT cenderung memberikan nilai yang lebih konservatif dibandingkan hasil loading test. Hal ini karena korelasi empiris mengandung faktor konservatif dan tidak selalu menangkap seluruh mekanisme transfer beban aktual (mis. pasangan adhesi selimut yang terjadi setelah pengerjaan, pemadatan lokal selama pengecoran, atau kontribusi lapisan keras yang tidak tertangkap N-SPT secara penuh). Oleh karena itu, kombinasi kedua pendekatan—empiris untuk desain awal dan loading test untuk validasi serta koreksi desain—sering direkomendasikan dalam praktik desain fondasi. Temuan ini juga tercermin dari hasil penelitian Anda: nilai Q_{all} empiris (tertinggi ~433,27 t dari Reese & Wright) lebih kecil dibanding hasil interpretasi loading test (hingga 692,31 t pada metode Decourt).

3.6. Pengaruh Dimensi Tiang dan Kondisi Tanah

Dimensi tiang (panjang dan diameter) serta profil lapisan tanah sangat mempengaruhi kontribusi Q_p dan Q_s . Peningkatan panjang tiang memperbesar luas selimut (A_s) sehingga meningkatkan kontribusi gesekan selimut; peningkatan diameter memengaruhi luas penampang ujung (A_p) sehingga menaikkan tahanan ujung. Oleh karena itu, spesifikasi tiang (pada penelitian ini panjang 18 m dan diameter 1 m) harus dimasukkan secara eksplisit dalam perhitungan empiris maupun interpretasi loading test untuk mendapatkan estimasi kapasitas yang realistis.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data N-SPT

Berikut merupakan data SPT pada lokasi konstruksi.

Tabel 1. Hasil Uji SPT BH 04
(Sumber: Proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan OIKN)

No	Kedalaman (m)	Nilai N SPT BH 04 (Blows/Feet)	No	Kedalaman (m)	Nilai N SPT BH 04 (Blows/Feet)
0	0,00				
1	-2,00	7	9	-18,00	>60
2	-4,00	14	10	-20,00	>60
3	-6,00	>60	11	-22,00	>60
4	-8,00	>60	12	-24,00	>60
5	-10,00	>60	13	-26,00	>60
6	-12,00	>60	14	-28,00	>60
7	-14,00	>60	15	-30,00	>60
8	-16,00	>60			

4.2 Perhitungan Kapasitas Dukung dengan Metode Empiris (N-SPT)

Kapasitas dukung empiris dihitung berdasarkan tiang borepile dengan panjang 18 m dan diameter 1 m. Ketiga metode empiris menghasilkan nilai daya dukung yang berbeda akibat perbedaan pendekatan dalam mengestimasi kontribusi tahanan ujung dan tahanan selimut.

Tabel 2. Kapasitas Dukung Aksial Fondasi Borepile

Metode	Qp (Ton)	Qs (Ton)	Qu (Ton)	Qa (Ton)
DECOURT	800,70	78,751	879,451	293,150
REESE & WRIGHT	282,60	1017,20	1299,803	433,268
MEYERHOFF	282,60	924,73	1207,33	402,44

Perbedaan antar metode terjadi karena masing-masing menggunakan formula korelasi yang berbeda terhadap data SPT serta pendekatan berbeda dalam menentukan kontribusi Qp dan Qs. Metode Reese & Wright cenderung memberikan nilai gesekan selimut lebih besar, sedangkan Decourt lebih konservatif dalam mengestimasi tahanan ujung.

4.3 Hasil Uji Pembebanan Statik (Loading Test)

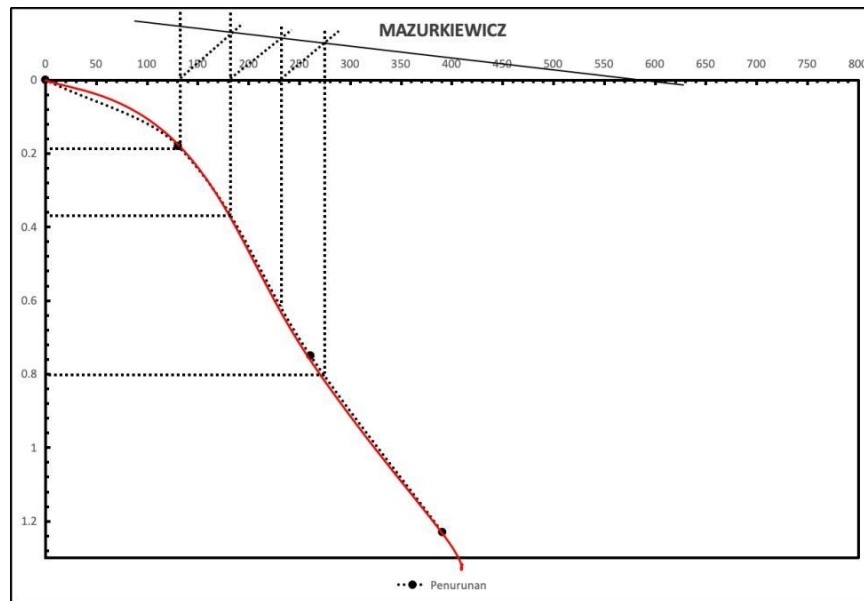
Untuk mengetahui kapasitas aktual fondasi borepile, dilakukan uji pembebanan statik (static load test). Interpretasi hasil dilakukan menggunakan tiga metode ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Influence Zone Fondasi Sumuran

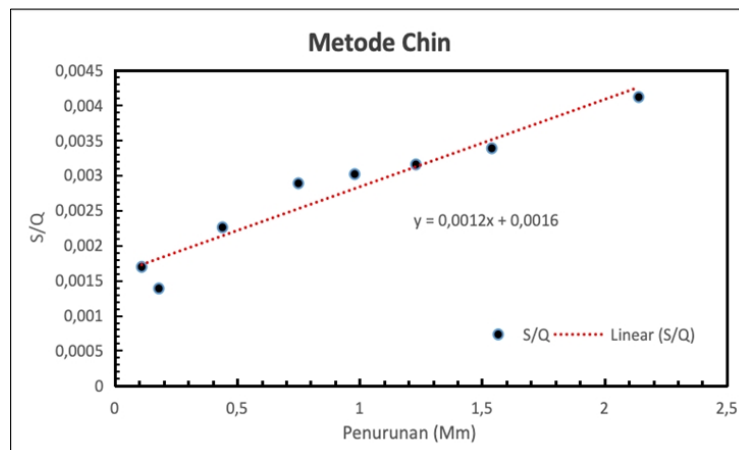
METODE	DAYA DUKUNG IJIN (TON)
MAZURKIEWICZ	580
CHIN	641,025641
DECOURT	692,3076923

Hasil interpretasi menunjukkan bahwa nilai daya dukung izin tertinggi (Qall) adalah 692,31 ton (Metode Decourt), nilai terendah adalah 493,00 ton (Metode Chin). Metode Decourt pada loading

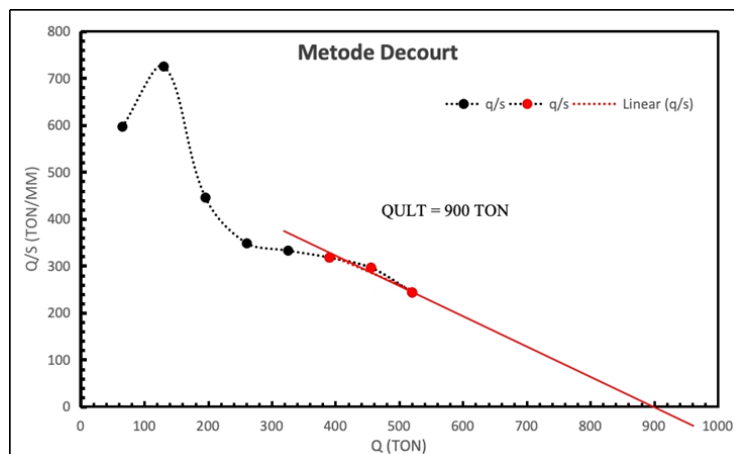
test menghasilkan nilai yang lebih besar karena grafik beban-penurunan menunjukkan kecenderungan linier mendekati nilai ultimit yang lebih tinggi. Sebaliknya, metode Chin cenderung menghasilkan nilai konservatif karena interpretasinya sensitif terhadap bentuk kurva pada penurunan kecil.



Gambar 3. Hasil Interpretasi Loading Test dengan menggunakan Metode Mazurkiewicz



Gambar 4. Hasil Plot Grafis Metode Chin



Gambar 5. Hasil Plot Grafis Metode Decourt

4.4 Perbandingan Hasil Metode Empiris dan Loading Test

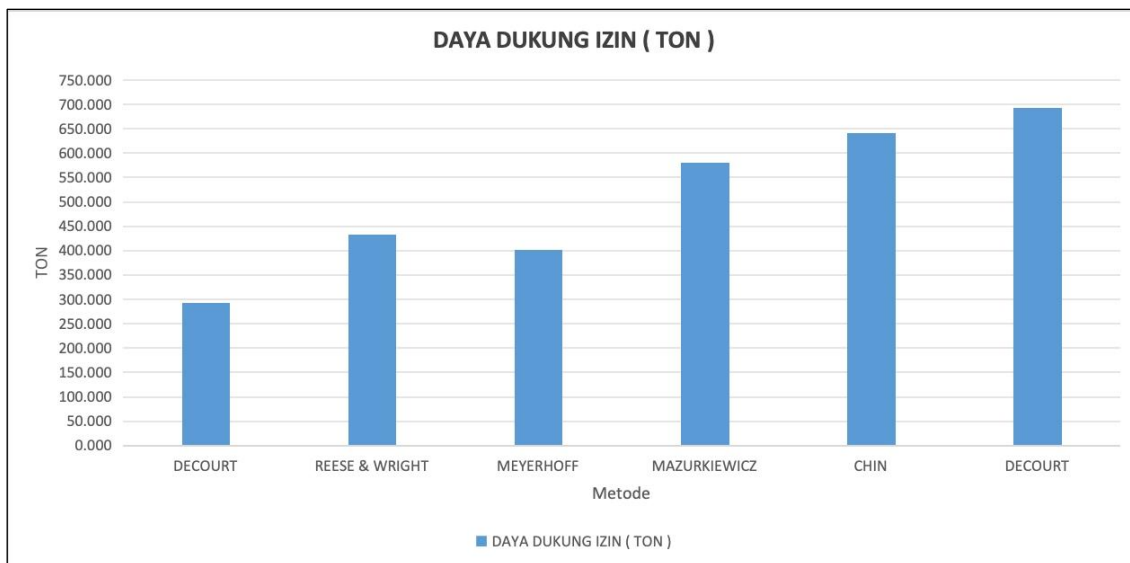
Perbandingan antara kedua pendekatan menunjukkan pola konsisten:

- Nilai Qall hasil loading test > Qall metode empiris.
- Beda nilai paling besar terjadi antara Metode Decourt (loading test: 692,31 ton) dan Metode Decourt (empiris: 293,15 ton).

Perbedaan ini disebabkan oleh:

1. Metode empiris berbasis SPT bersifat konservatif, karena N-SPT hanya merupakan indikator kepadatan tanah, bukan representasi langsung dari interaksi tanah–fondasi.
2. Loading test mengukur respon aktual struktur, termasuk efek konstruksi tiang, kondisi tanah terdistorsi, dan kontribusi lapisan keras yang mungkin tidak tertangkap SPT.
3. Permukaan gesekan aktual borepile sering kali lebih tinggi akibat roughness pengeboran, sehingga meningkatkan Qs pada kondisi lapangan.

Dengan demikian, loading test memberikan hasil yang lebih realistis dan representatif.



Gambar 6. Perbandingan Hasil Metode Empiris dan Loading Test

4.5 Implikasi Terhadap Perencanaan Fondasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa:

1. Metode empiris dapat digunakan sebagai estimasi awal desain, tetapi tidak cukup untuk memvalidasi kapasitas aktual.
2. Uji pembebanan statik diperlukan untuk memastikan bahwa fondasi borepile memenuhi persyaratan keamanan terhadap kondisi lapangan.
3. Perbedaan nilai hingga lebih dari 200 ton antara metode empiris dan loading test menunjukkan bahwa penggunaan metode empiris saja berpotensi menyebabkan desain terlalu konservatif dan tidak ekonomis.

Karena itu, pendekatan kombinasi—empiris + loading test—merupakan strategi analisis yang tepat untuk fondasi borepile pada proyek ini.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis daya dukung fondasi borepile dengan spesifikasi panjang tiang 18 m dan diameter 1 m pada proyek pembangunan Gedung Utama Kawasan OIKN, menggunakan pendekatan metode empiris berbasis data N-SPT dan interpretasi hasil uji pembebanan statik, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil Perhitungan Daya Dukung dengan Metode Empiris (N-SPT).
Perhitungan daya dukung izin (Qall) menggunakan metode Meyerhof, Decourt, dan Reese &

Wright menunjukkan variasi nilai akibat perbedaan asumsi korelasi tahanan ujung dan gesekan selimut.

a) Nilai Qall tertinggi diperoleh dari metode Reese & Wright, yaitu 433,27 ton.

b) Nilai Qall terendah diberikan oleh metode Decourt, yaitu 293,15 ton.

Perbedaan ini menegaskan bahwa metode empiris bersifat konservatif dan sangat dipengaruhi oleh korelasi parameter tanah.

2. Hasil Perhitungan dengan Interpretasi Loading Test.

Interpretasi kurva beban–penurunan menggunakan metode Mazurkiewicz, Chin, dan Decourt menghasilkan kapasitas dukung aktual yang lebih tinggi dibandingkan metode empiris.

a) Nilai Qall tertinggi diperoleh dengan metode Decourt, yaitu 692,31 ton.

b) Nilai Qall terendah diperoleh dari metode Chin, yaitu 493,00 ton.

Hasil ini mencerminkan kondisi interaksi tanah–fondasi yang lebih realistis pada saat pelaksanaan konstruksi tiang borepile.

3. Perbandingan Metode Empiris dan Loading Test

Perbandingan kedua pendekatan menunjukkan bahwa nilai daya dukung dari loading test secara konsisten lebih besar dibandingkan metode empiris. Hal ini disebabkan karena:

a) Metode empiris berbasis korelasi N-SPT hanya memberikan estimasi awal,

b) Sedangkan loading test menggambarkan respon aktual fondasi terhadap beban vertikal.

Oleh karena itu, loading test direkomendasikan sebagai dasar validasi desain akhir untuk memastikan keamanan dan efisiensi desain fondasi borepile.

4. Implikasi terhadap Perencanaan Fondasi

Kombinasi penggunaan metode empiris dan loading test merupakan pendekatan yang paling tepat dalam perencanaan fondasi borepile, yaitu:

a) Metode empiris digunakan sebagai perhitungan awal dan estimasi konservatif,

b) Hasil loading test digunakan sebagai verifikasi kapasitas aktual fondasi di lapangan.

Dengan demikian, rancangan fondasi dapat memenuhi persyaratan keamanan sekaligus tetap ekonomis.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan studi maupun penerapan desain fondasi borepile adalah:

1. Diperlukan uji pembebanan statik tambahan pada beberapa titik lokasi fondasi untuk memvalidasi konsistensi kapasitas dukung, terutama pada proyek berskala besar.
2. Analisis daya dukung fondasi dapat dilengkapi dengan pemodelan numerik, seperti Plaxis 2D/3D, untuk mendapatkan gambaran interaksi tanah–fondasi yang lebih komprehensif.
3. Penggunaan metode empiris tidak boleh menjadi dasar tunggal dalam desain, terutama pada kondisi tanah heterogen. Metode empiris sebaiknya digunakan sebagai estimasi awal sebelum dikalibrasi dengan data lapangan.
4. Pengawasan ketat pada proses pengeboran dan pengecoran tiang sangat penting, karena kondisi lapangan (seperti kerusakan dinding bor dan slurry) dapat memengaruhi nilai Q_s dan Q_p aktual.
5. Untuk penelitian lanjutan, disarankan melakukan studi variasi diameter atau panjang tiang untuk mengoptimalkan desain fondasi agar lebih efisien namun tetap memenuhi standar keamanan.

Referensi

- Faikar, A. (2017). Kajian daya dukung pondasi tiang pancang pada lempung teguh: Studi kasus proyek LRT Palembang. Universitas Katolik Parahyangan.
- Felix, S. (2017). Kajian hasil uji pembebanan aksial pondasi tiang bor menggunakan metode konvensional dan elemen hingga: Studi kasus proyek pusat perbelanjaan di Kuningan, Jakarta Selatan. Universitas Katolik Parahyangan.
- Harsanto, C., Manoppo, F. J., & Sumampouw, J. E. R. (2015). Analisis daya dukung tiang bor (bored pile) pada struktur pylon Jembatan Soekarno dengan Plaxis 3D. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 5(2), 123–132.
- Korah, T., Turangan, A. E., & Sarajar, A. N. (2014). Analisis kestabilan lereng dengan metode Janbu (studi kasus: kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(8), 512–520.

- Mandagi, A. T., & Manoppo, F. J. (2009). Erosion analysis of sandy soil from Rurukan Village. In *Pertemuan Ilmiah Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)*, Denpasar, Bali.
- Nurdiah, I., M., B. C., & Sundary, D. (2022). Analisis perbandingan daya dukung pondasi bored pile menggunakan data N-SPT dan hasil PDA test pada proyek pembangunan Jalan Tol Sigli–Banda Aceh Seksi II. *Journal of the Civil Engineering Student*, 4(2), 113–119.
<https://doi.org/10.24815/journalces.v4i2.21365>
- Rajagukguk, H., & Tanjung, D. (2023). Analisis daya dukung pondasi bore pile dengan hasil uji pembebanan langsung (loading test). *Buletin Utama Teknik*.
<https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/view/7949>
- Shiananta, D. (2015). Pemrograman metode interpretasi daya dukung ultimate pada hasil uji beban tiang dan usulan nilai koreksi daya dukung tiang empiris ke metode interpretasi quadratic hyperbolic. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. <https://repository.its.ac.id/62990/>
- Taqwa, F. M. L., Mardiaman, M., Hariati, F., & Muktadir, R. (2024). Rasio daya dukung aksial bored pile berdasarkan hasil uji SLT dan PDA (Studi kasus: Tamansari Apartemen Bintaro Mansion Kota Tangerang Selatan). *Sinar Teknik: Jurnal Teknik Universitas Islam As-Syafi'iyah*, 2(1).
<https://doi.org/10.47970/snarstek.v2i1.567>
- Yugi, C. (2017). Analisis daya dukung pondasi tiang bor tunggal dan interpretasi loading test pada konstruksi Wisma Atlet Kemayoran. *Universitas Katolik Parahyangan*.