

## ANALISIS DAYA DUKUNG AKSIAL *BORED PILE* Ø 80 CM DENGAN MENGGUNAKAN UJI BEBAN STATIK DAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA PADA PROYEK MENARA BRI – MEDAN

Risky Fajar Sundari<sup>1\*</sup>, Roesyanto<sup>2</sup>, Gina Cynthia Raphita Hasibuan<sup>3</sup>, Rudianto Surbakti<sup>4</sup>

Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Indonesia<sup>1,2,3</sup>

Politeknik Negeri Medan, Indonesia<sup>4</sup>

Email: riskyfajarsundari15@gmail.com\*

### Abstrak

Tingginya jumlah penduduk diberbagai kota besar seperti Kota Medan membuat berkembangnya gedung di kota ini semakin pesat. Hal ini mempengaruhi kebutuhan pile pada suatu pondasi yang bangunan karena perkembangan bangunan yang memiliki konsep vertikal maka diperlukan pondasi yang kuat untuk menerima beban dari struktur atas (upper structure). Pondasi yang digunakan di Kota Medan rata-rata menggunakan pondasi bored pile, karena pondasi yang tergolong pondasi dalam ini memiliki dampak getaran yang kecil dalam pengerjaannya dan cocok digunakan di area padat penduduk. Hal ini sangatlah menentukan desain pondasi bored pile yang sesuai dengan kebutuhan proyek. Strategi penelitian yang digunakan untuk menjawab perumusan masalah penelitian ini adalah mengumpulkan data dari lapangan (proyek) data tanah. Kemudian dianalisis dengan metode Reese and O'Neill yang digunakan untuk mendapatkan nilai daya dukung dari hasil uji SPT dan menghitung besarnya penurunan yang terjadi pada pondasi bored pile proyek Menara BRI-Medan secara analitis dan dengan metode elemen hingga menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D dan PLAXIS 3D dengan jenis tanah Mohr-Coulomb dan Hardening Soil. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, daya dukung ultimate bored pile berdasarkan data SPT dengan menggunakan persamaan O'Neil dan Reese adalah 565 ton sedangkan hasil interpretasi loading test dengan metode Davisson memberikan nilai 410 ton, metode Mazurkiewich 350 ton dan metode Chin 344 ton. Untuk besar penurunan bored pile tunggal, secara analitis dengan metode elastis menghasilkan besar penurunan 3,80 mm, analisis berdasarkan FEM PLAXIS 2D Mohr-Coulomb penurunan sebesar 4,51 mm dan Hardening Soil penurunan sebesar 3,85 mm, serta analisis berdasarkan FEM PLAXIS 3D Mohr-Coulomb penurunan sebesar 3,87 mm, dan Hardening Soil penurunan sebesar 3,41 mm. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa persamaan O'Neil dan Reese memberikan nilai lebih besar dari pada interpretasi pengujian pembebanan sehingga akan memberikan nilai keamanan yang besar jika digunakan saat desain dan analisis penurunan yang paling mendekati hasil di lapangan adalah analisis dengan PLAXIS 3D dengan jenis permodelan Hardening Soil.

**Kata Kunci:** Daya Dukung, Penurunan, *Bored pile*, FEM

### Abstract

*The high population in various large cities such as Medan City makes the development of buildings in this city increasingly rapid. This affects the need for piles on a building's foundation because the development of a building that has a vertical*

**How to cite:** Sundari, et al. (2024). Analisa Daya Dukung Aksial Bored Pile Ø 80 CM dengan Menggunakan Uji Beban Statik dan Menggunakan Metode Elemen Hingga Pada Proyek Menara BRI – Medan. *Syntax Literate*. (9)1. <http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v9i1>

**E-ISSN:** 2548-1398

**Published by:** Ridwan Institute

*concept requires a strong foundation to accept the load from the upper structure. The foundations used in the city of Medan generally use bored pile foundations, because these foundations, which are classified as deep foundations, have a small vibration impact during construction and are suitable for use in densely populated areas. This really determines the bore pile foundation design that suits the project needs. The research strategy used to answer the formulation of this research problem is collecting data from the field (project) land data. Then it was analyzed using the Reese and O'Neill method which was used to obtain the bearing capacity value from the SPT test results and calculate the amount of settlement that occurred in the bored pile foundation of the BRI-Medan Tower project analytically and with the finite element method using PLAXIS 2D and PLAXIS 3D software. with Mohr- Coulomb and Hardening Soil types Based on the analysis that has been carried out, the ultimate bearing capacity of the bored pile based on SPT data using the O'Neil and Reese equation is 565 tons, while the results of the interpretation of the loading test using the Davisson method give a value of 410 tons, the Mazurkiewich method 355 tons and the Chin method 344 tons. For the settlement of a single bored pile, analytically the elastic method produces a settlement of 3.80 mm, analysis based on FEM PLAXIS 2D Mohr-Coulomb settlement is 4.51 mm and Hardening Soil settlement is 3.85 mm, as well as analysis based on FEM PLAXIS 3D The Mohr-Coulomb drop was 3.87 mm, and the Hardening Soil drop was 3.41 mm. Based on the results of the analysis, it can be concluded that the O'Neil and Reese equation provides a greater value than the interpretation of the loading test so that it will provide a large safety value if used during design and settlement analysis. The results in the field is the analysis with PLAXIS 3D with the Hardening Soil*

**Keywords:** *Bearing Capacity, Settlement, Bored pile, FEM*

## **Pendahuluan**

Perkembangan sebuah wilayah/kota dapat terlihat dari segi pembangunan infrastruktur yang terus dilakukan dan pertambahan penduduk yang semakin meningkat (Latue et al., 2023). Mengakibatkan kebutuhan dan penggunaan lahan terus bertambah, sehingga pembangunan tersebut berdampak pada lahan tersedia yang menjadi semakin sempit, pembangunan infrastruktur di Indonesia bertujuan untuk memberikan fasilitas, ketersediaan ruang di kota-kota besar untuk membangun gedung-gedung perkantoran guna menyediakan lapangan kerja khususnya kota medan semakin terbatas. Solusi terbaik yang dapat dilakukan adalah dengan membangun gedung pekantoran secara vertikal atau gedung kantor bertingkat tinggi dalam perencanaan gedung tingkat tinggi (Prasetya, 2018).

Perencanaan struktur merupakan aspek penting yang harus direncanakan dengan sebaik-baiknya, struktur pada bangunan gedung terdiri atas struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas adalah bagian dari struktur gedung yang berada di atasmuka tanah dan struktur bawah merupakan bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di bawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur basement, dan/atau struktur pondasinya (Rendi et al., 2021).

Proyek pembangunan gedung BRI - Sumatera Utara yang berlokasi di Jln. Putri Hijau merupakan gagasan yang telah direncanakan oleh pihak owner (pemilik) PT. Bank

Rakyat Indonesia terdiri dari 4 lantai dan 2 *Basement*, Berdasarkan data hasil penyelidikan tanah di lokasi proyek diperoleh bahwa tanah lapisan atas adalah tanah pasir atau tanah berbutir halus,. Untuk jenis pondasi yang digunakan pada bangunan Gedung BRI Medan yaitu pondasi tiang *bored pile* dengan kedalaman 26,9 m dan diameter 80 cm.

Daya dukung tanah (*Bearing Capacity*) adalah kekuatan tanah untuk menahan suatu beban yang bekerja yang biasanya disalurkan melalui pondasi (Pratama et al., 2020). Pondasi merupakan bagian dari suatu struktur yang mengalami kontak langsung dengan lapisan tanah. Ada beberapa jenis pondasi yang digunakan untuk struktur bangunan seperti contoh salah satunya adalah pondasi *bored pile* (Bowles, 1991).

Pondasi merupakan sistem yang menopang beban yang diterima dari struktur maupun beratnya sendiri yang diteruskan ke tanah yang dibawahnya (Bowles, 2002). Pondasi terbagi menjadi dua macam berdasarkan kedalamannya yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*) (Das, 1985). Secara umum tiang pancang adalah konstruksi yang terbuat dari bahan kayu, beton, atau baja dan digunakan untuk meneruskan beban-beban dari struktur atas ke bawah (Bowles, 1991). Adapun daya dukung tiang merupakan kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban yang dipikulnya (Hardiyatmo, 2002; Hardiyatmo, 2010).

Pondasi *bored pile* adalah pondasi dalam yang sering digunakan pada pembangunan konstruksi besar yang berlokasi di daerah yang padat dengan pertimbangan mengurangi kebisingan dan pengaruh getaran yang akan terjadi jika digunakan pondasi tiang pancang (Muluk et al., 2020).

*Loading test* biasa disebut juga dengan uji pembebanan statik. Cara yang paling dapat diandalkan untuk menguji daya dukung pondasi tiang adalah dengan uji pembebanan statik. Interpretasi dari hasil benda uji pembebanan statik merupakan bagian yang cukup penting untuk mengetahui respon tiang pada selimut dan ujungnya serta besarnya daya dukung ultimitnya. Namun hal ini seringkali menjadi kendala dalam setiap pelaksanaannya untuk dilakukan pengalokasian untuk semua tiang yang digunakan, karena pada setiap pelaksanaannya dibutuhkan biaya yang relatif mahal dan lamanya waktu pengerjaan sehingga tidak menguntungkan secara ekonomis (Iskandar, 2017).

Masalah yang timbul dalam merencanakan pondasi yang perlu dianalisis adalah daya dukung dan penurunan. Pondasi yang memiliki daya dukung cukup untuk menopang beban yang ada diatasnya baik beban dari struktur konstruksi maupun beban luar yang mempengaruhi konstruksi tersebut (Matondang & Mulyana, 2012). Selain itu Batasan penurunan yang terjadi pada pondasi juga perlu dijaga untuk kestabilan struktur atas konstruksi. Kedua hal ini dapat dilakukan dengan perhitungan secara empiris dan metode elemen hingga saat proses perencanaan dan monitoring saat proses pelaksanaan dengan pengujian pembebanan untuk mendapatkan daya dukung dan batas penurunan sesuai rencana.

Salah satu metode untuk menghitung besarnya daya dukung aksial pondasi tiang *bored pile* adalah dengan menggunakan metode Elemen Hingga (*finite element*) yaitu dengan cara menggunakan program PLAXIS (Iskandar, 2017), dimana menganalisisnya

dengan mempergunakan hasil data penyelidikan tanah di lapangan dan data hasil laboratorium kemudian hasil keseluruhannya dibandingkan dengan hasil uji pembebanan (*loading test*) yang dilakukan di lapangan dan peran metode Elemen Hingga disini untuk memahami karakteristik tanah sebagai pemodelan untuk menganalisis atau memprediksi daya dukung tiang bor yang lain yang tidak dilakukan *loading test* pada proyek yang sama

Konsep dalam PLAXIS 2D (dua dimensi) dan PLAXIS 3D (tiga dimensi) pemodelan struktur dan input material konstruksi yang dimodelkan (Soeratinoyo et al., 2022). Pondasi yang digunakan pada proyek Menara BRI-Medan Sumatera Utara adalah pondasi *boredpile* Ø80 cm. Tesis ini menganalisis daya dukung serta penurunan pada pondasi menggunakan bantuan program PLAXIS 2D dan PLAXIS 3D. Selain itu tahapan konstruksi di lapangan juga diinterpretasikan dalam analisa PLAXIS sehingga didapatkan hasil yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Pemilihan tipe mesh serta jumlah titik nodal juga menjadi pertimbangan untuk mendapatkan hasil yang akurat. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pemilihan input jenis mesh dan titik nodal serta ketelitian dan sebagainya terhadap hasil pemodelan PLAXIS.

Hutapea (2021) menganalisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang bor dengan PLAXIS 3D terhadap hasil *loading test* proyek Jakarta LRT-Corridor 1 (Phase 1) Kelapa Gading Velodrome-Package P 102 dengan metode elemen hingga menggunakan perangkat lunak PLAXIS beliau menyimpulkan hasil analisis yang telah dilakukan terdapat perbedaan nilai daya dukung yang dihasilkan dari analisis PLAXIS 3D terhadap hasil pengujian *loading test* di lapangan. Besar daya dukung yang dihasilkan oleh analisis PLAXIS 3D lebih kecil dari pada hasil pengujian di lapangan sehingga analisis ini dapat digunakan untuk proses perencanaan pondasi yang memiliki faktor keamanan terhadap konstruksi di lapangan, dan besar penurunan yang dihasilkan dari analisis PLAXIS 3D dengan mesh medium memberikan nilai penurunan yang paling mendekati hasil *loading test* di lapangan. Suhairiani (2017) menganalisis perbandingan daya dukung hasil *loading test* pada *bored pile* diameter satu meter tunggal dengan metode elemen hingga memakai model tanah *mohr-coulomb* pada proyek crystal square Medan. Secara teknis untuk mengetahui daya dukung dari pondasi tiang biasanya dilakukan pengujian *loading test*, sehingga pada kasus ini dari 319 tiang bor yang ada, hanya 3 tiang yang dilakukan *loading test*. Penelitian ini bertujuan untuk memahami karakteristik tanah sebagai pemodelan dan menganalisis daya dukung tiang bor yang lain yang tidak dilakukan *loading test* pada proyek yang sama. Sehingga tidak perlu melakukan *loading test* lagi dengan alasan ekonomis. Hal ini menjelaskan bahwa uji pembebanan vertikal yang dilakukan memenuhi syarat izin ASTM D1143/81.

Dalam penelitian ini, akan dianalisis besar daya dukung serta penurunan, Analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan daya dukung dengan interpretasi dari data *loading test* di lapangan dengan metode Davisson, Mazurkiewicz dan Chin, serta perhitungan daya dukung menggunakan data SPT menggunakan metode O'Neil dan Reese. Kemudian besar penurunan yang terjadi dari hasil PLAXIS 2D dan PLAXIS 3D dengan menggunakan Mohr-Coulomb dan Hardening Soil juga akan dibandingkan dengan data penurunan *loading test* yang dilakukan di lapangan. Hasil pemodelan dari besar

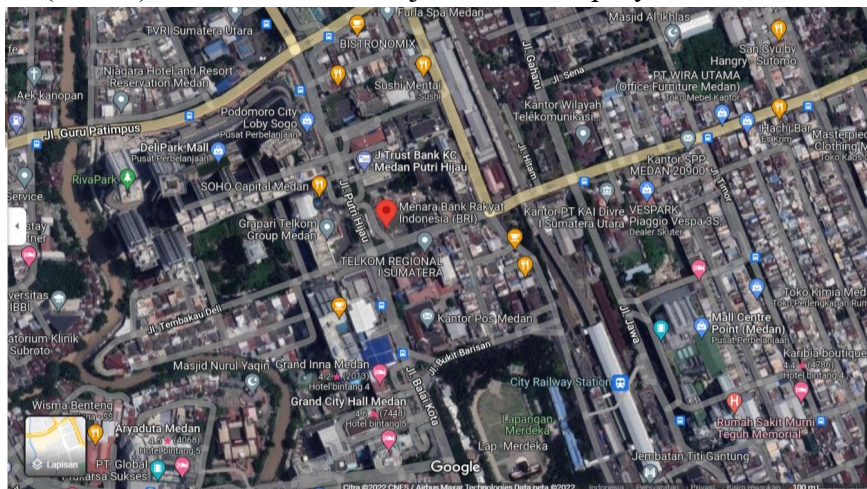
# Analisis Daya Dukung Aksial Bored Pile Ø 80 CM dengan Menggunakan Uji Beban Statik dan Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Proyek Menara BRI – Medan

penurunan yang terjadi dari hasil PLAXIS 2D dan PLAXIS 3D juga akan dibandingkan dengan data penurunan *loading test* yang dilakukan di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh data input PLAXIS terhadap daya dukung dan penurunan pondasi hasil perencanaan yang dilakukan secara analitis dan hasil pengujian monitoring di lapangan untuk mendapatkan pemodelan PLAXIS 2D dan PLAXIS 3D yang memberikan hasil yang akurat.

Perumusan masalah dalam tesis ini mencakup tiga pokok utama, yaitu menentukan daya dukung aksial bored pile berdasarkan data SPT dan hasil loading test, menganalisis penurunan elastis tiang tunggal bored pile secara analitis, serta mengevaluasi perbedaan penurunan bored pile hasil perhitungan dari data loading test dengan PLAXIS 2D dan PLAXIS 3D menggunakan jenis tanah Mohr-Coulomb dan Hardening Soil. Tujuan penulisan tesis ini melibatkan analisis mendalam terkait daya dukung aksial ultimate bored pile, penurunan elastis tiang tunggal, dan perbedaan penurunan bored pile antara data loading test dengan PLAXIS 2D dan PLAXIS 3D. Manfaat dari penulisan ini melibatkan penguasaan konsep daya dukung dan penurunan pondasi bored pile, kemampuan menghitung hasil pengujian Loading Test dengan menggunakan metode elemen hingga dan parameter tanah dari penyelidikan lokasi. Selain itu, penulisan ini juga memberikan kontribusi dalam memperkaya pengetahuan terkait keamanan perencanaan pondasi berdasarkan hasil loading test. Adapun batasan masalah penelitian ini mencakup fokus pada data proyek pembangunan Menara BRI-MEDAN sebagai sumber informasi yang dijadikan dasar penelitian.

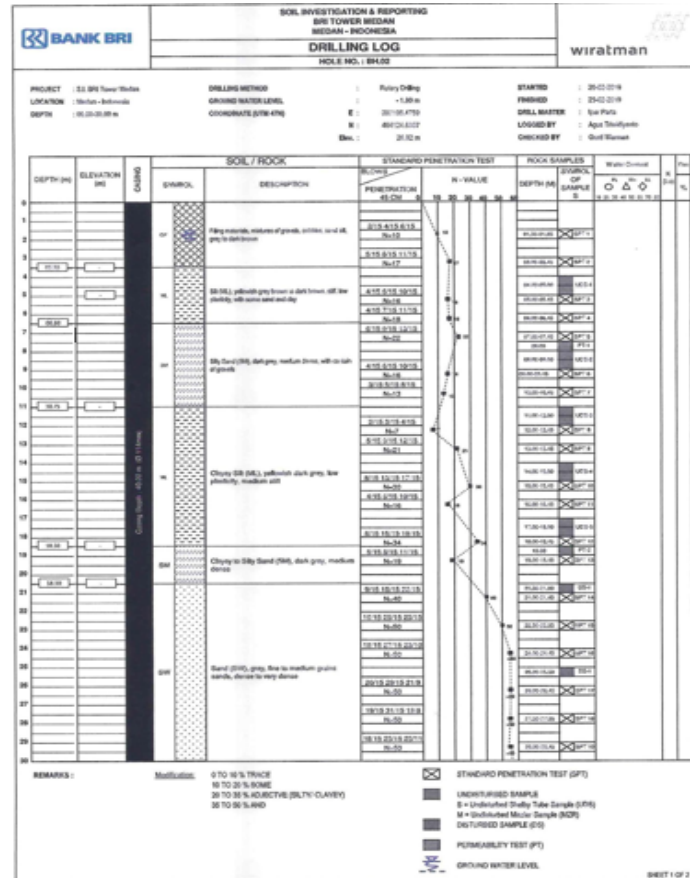
## Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, analisis dilakukan menggunakan data proyek Menara BRI-Medan yang terletak di Jl. Putri Hijau No 2a, Kesawan, Kec. Medan Barat, Kota Medan, Sumatera Utara. Informasi proyek mencakup nama proyek (Proyek Menara BRI-Medan), lokasi, pemilik proyek (Bank Rakyat Indonesia), pelaksana proyek (PT. Adhi Karya), dan sumber dana (swasta). Gambar 3.1 menunjukkan lokasi proyek.



Gambar 1. Lokasi proyek

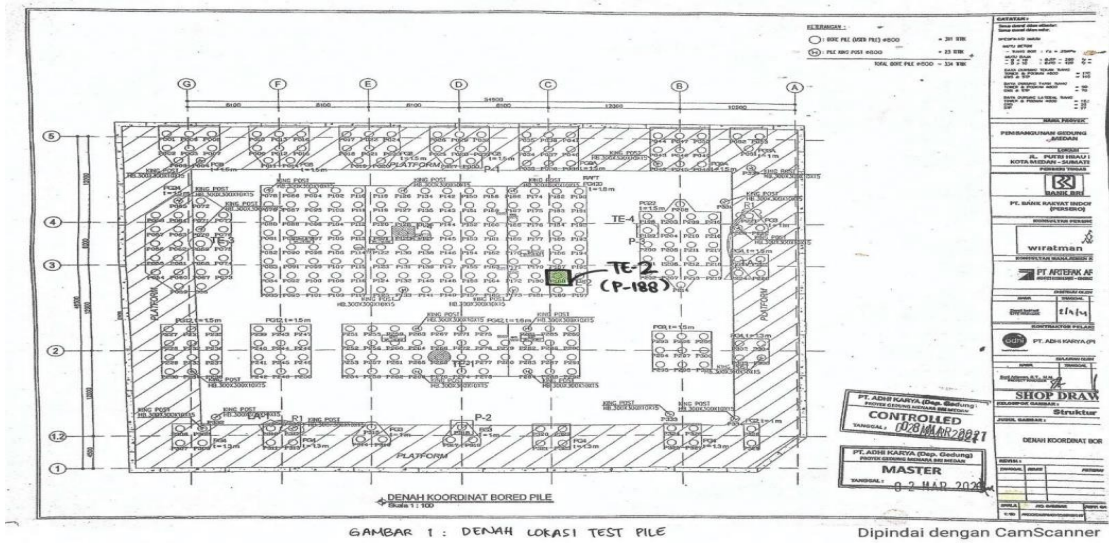
Hasil penyelidikan tanah pada BH2 memberikan gambaran kondisi tanah, dengan data borelog yang disajikan pada Gambar 2 menunjukkan titik borelog dan bored pile tiang tunggal BH-2 yang akan dianalisis.



Gambar 2. Hasil borelog BH 2

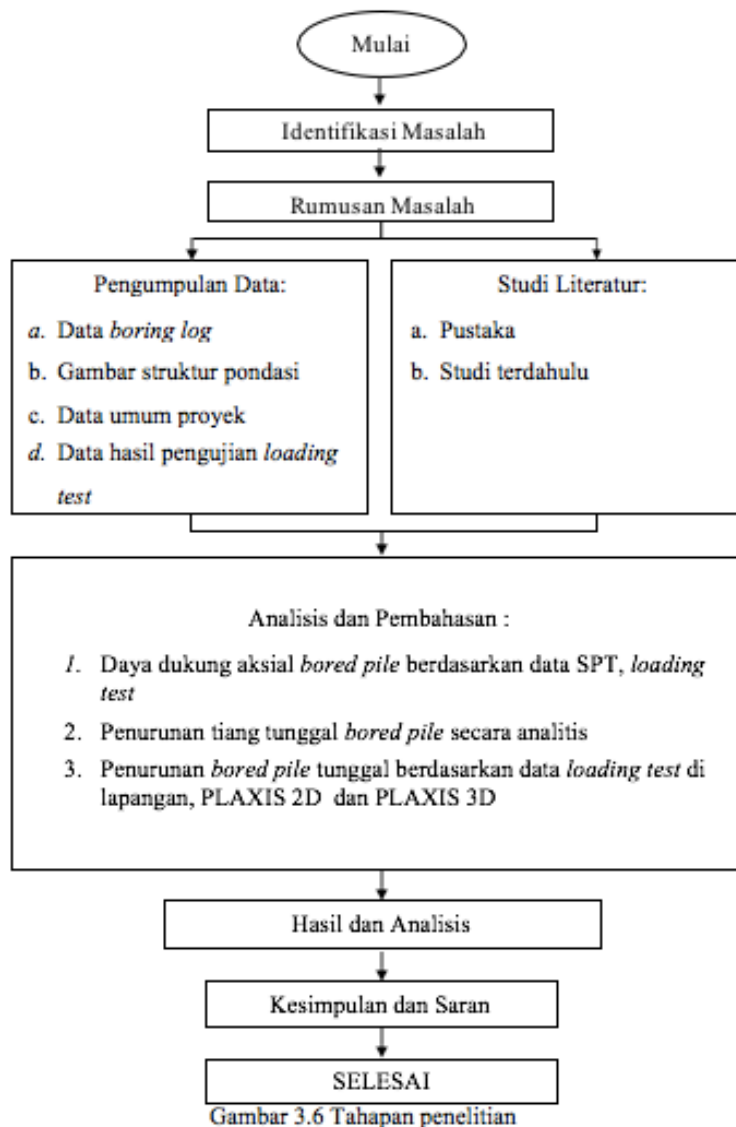
Data pondasi bored pile termasuk nomor tiang, beban rencana dan maksimum, diameter bored pile, total panjang, panjang efektif, tanggal pengecoran, tanggal test, mutu beton, metode pembebanan, dan metode test, seperti terlihat pada Gambar 3.

# Analisis Daya Dukung Aksial Bored Pile Ø 80 CM dengan Menggunakan Uji Beban Statik dan Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Proyek Menara BRI – Medan



**Gambar 3. Denah pile cap bored pile yang akan di analisis**

Tahapan penelitian melibatkan pengumpulan literatur, data sekunder (tanah, bored pile, loading test), perhitungan dan analisis daya dukung serta penurunan dengan metode elemen hingga PLAXIS 3D, pembahasan hasil analisis, dan penarikan kesimpulan, sebagaimana dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tahapan penelitian

## Hasil dan Pembahasan

### A. Umum

Pada bagian ini akan dibahas hasil perhitungan daya dukung tiang *bored pile* tunggal menggunakan *software* PLAXIS dan metode analitis serta penurunan tiang tunggal *bored pile*. Daya dukung tiang *bored pile* di analisis menggunakan data *Standard Penetration Test* (SPT), dan penurunan tiang *bored pile* tunggal dihitung dengan metode analitis dan memakai *software* PLAXIS 2D dan PLAXIS 3D pada proyek Menara BRI medan menggunakan tiang *bored pile* berdiameter 80 cm dengan Panjang 26,9 m.

### B. Parameter Tanah

Dalam permodelan PLAXIS dibutuhkan input parameter-parameter tanah yang akan dimodelkan. Parameter-parameter tanah yang digunakan pada permodelan



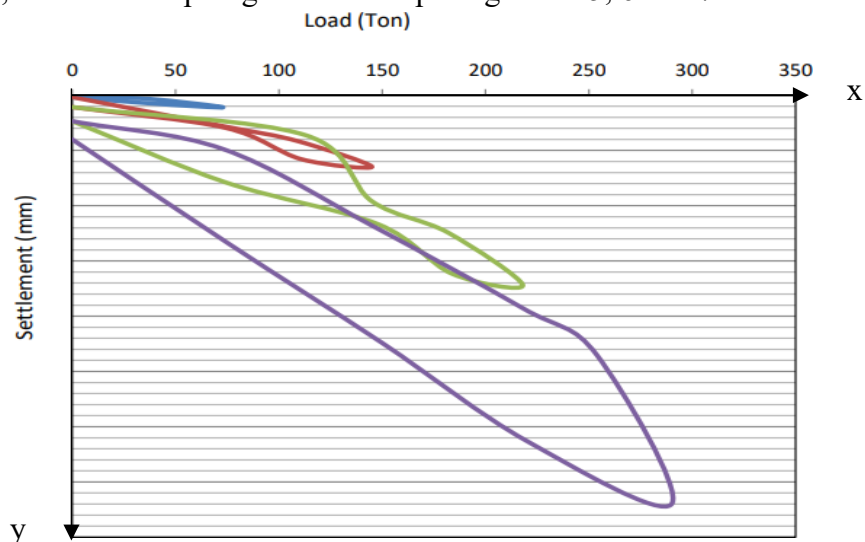
PLAXIS diambil dari hasil pengujian laboratorium seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Pada penelitian ini permodelan akan dilakukan dengan Mohr-Coulomb dan Hardening Soil.

### C. Perhitungan Daya Dukung Aksial *Bored Pile* Dengan Data SPT

Perhitungan daya dukung aksial bored pile dilakukan berdasarkan data N-SPT pada Boring Log BH02 menggunakan metode O'Neil dan Reese. Contoh perhitungan daya dukung aksial pondasi bored pile mencakup parameter seperti diameter tiang ( $D$ ) sebesar 0,8 m, luas tiang ( $A_b$ ) sebesar 0,50 m<sup>2</sup>, keliling tiang ( $P_i$ ) sebesar 2,512 m, dan panjang tiang ( $L$ ) sebesar 26,9 m. Daya dukung ujung bored pile dihitung menggunakan rumus yang melibatkan tahanan ujung bored pile dengan batasan  $\leq 4500$  kPa, menghasilkan nilai 3750 kPa. Dengan menggunakan persamaan terkait, daya dukung ujung bored pile dihitung menjadi 1884,0 kN. Selanjutnya, perhitungan melibatkan daya dukung selimut tiang dengan mempertimbangkan kedalaman 2 m, 10 m, dan 12,5 m dengan persamaan terkait nilai  $\beta$ . Persamaan (2.12) digunakan untuk kedalaman 2 m, 10 m, dan 12,5 m dengan  $N_{60} \leq 15$ , sedangkan Persamaan (2.11) digunakan untuk kedalaman 2 m dengan  $N_{60} \geq 15$ . Kemudian daya dukung ultimate aksial merupakan penjumlahan dari skin friction dan end bearing pada setiap kedalaman.

### D. Perhitungan Daya Dukung Aksial *Bored Pile* Dengan Data *Loading Test*

Uji pembebanan (*loading test*) dilakukan berdasarkan standar ASTM D1143-07. *Bored pile* yang diuji didesain dengan beban kerja 145 ton dan pembebanan dilaksanakan dalam 4 siklus dengan hasil pembacaan monitoring. Dari hasil beban yang di analisis melalui *loading test* di dapatkan hasil Garafik hubungan beban dan penurunan dari hasil pengujian *loading test* dari laporan lapangan Hal ini akan di bandingkan oleh peneliti memakai PLAXIS 2D dan PLAXIS 3D dan dengan metode analitis, berikut hasil plot grafik tertera pada gambar 5, 6 dan 7 dibawah ini.



**Gambar 6. Grafik hubungan beban dan penurunan dari hasil pengujian *loading test* dari laporan lapangan**

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan hubungan besar beban dan penurunan yang terjadi. Pembebanan maksimum mengakibatkan penurunan sebesar 3.70 mm dengan penurunan akhir saat pembeban selesai adalah 0.40 mm. Sehingga dapat disimpulkan besar penurunan elastis yang terjadi adalah 3,13 mm dengan penurunan plastis sebesar 0.40 mm. Hasil monitoring persentase beban untuk hasil *loading test* di lapangan bahwa penurunan minimum yang terjadi sebesar 3.09 mm dan penurunan maksimum yang terjadi sebesar 3.70 mm

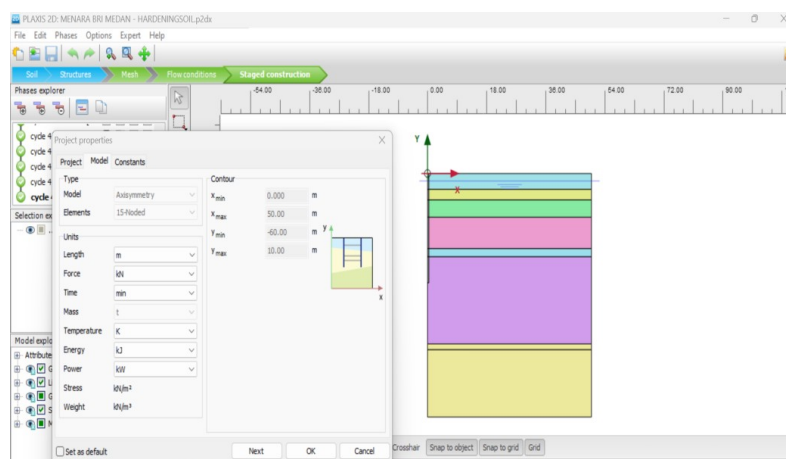
#### E. Analisis Tiang *Bored Pile* Dengan Menggunakan PLAXIS 2D (Mohr-Coulomb)

Dalam analisis PLAXIS 2D, permodelan geometri bored pile dilakukan secara komprehensif sesuai dengan kondisi lapangan. Langkah-langkah analisis mencakup beberapa aspek, antara lain pengaturan properti proyek, karakteristik tanah, struktur, kondisi batas, pembentukan mesh, dan tahap konstruksi. Pengaturan properti proyek melibatkan parameter-proyek yang diperlukan, sedangkan karakteristik tanah mencakup sifat-sifat geoteknikal yang relevan. Struktur model melibatkan geometri dan material dari bored pile yang diintegrasikan ke dalam analisis. Kondisi batas merinci batasan dan pengaturan kondisi di tepi model. Pembentukan mesh dilakukan untuk menyusun elemen hingga model secara terperinci. Tahap konstruksi mencakup urutan dan langkah-langkah dalam konstruksi model geometri bored pile. Melalui serangkaian langkah ini, analisis PLAXIS 2D dapat memberikan representasi yang akurat terhadap kondisi sebenarnya dalam permodelan geometri bored pile.

#### F. Analisis Tiang *Bored Pile* Dengan Menggunakan PLAXIS 2D (Hardening Soil)

##### 1. Permodelan geometri .

Analisis PLAXIS 2D dilakukan dengan memodelkan *bored pile* secara utuh sesuai kondisi sebenarnya. Langkah analisis yang dilakukan meliputi *Project properties*. Pada tahapan ini dilakukan pengaturan umum yang akan digunakan pada analisis ini. Pengaturan yang akan digunakan disajikan pada Gambar 7.



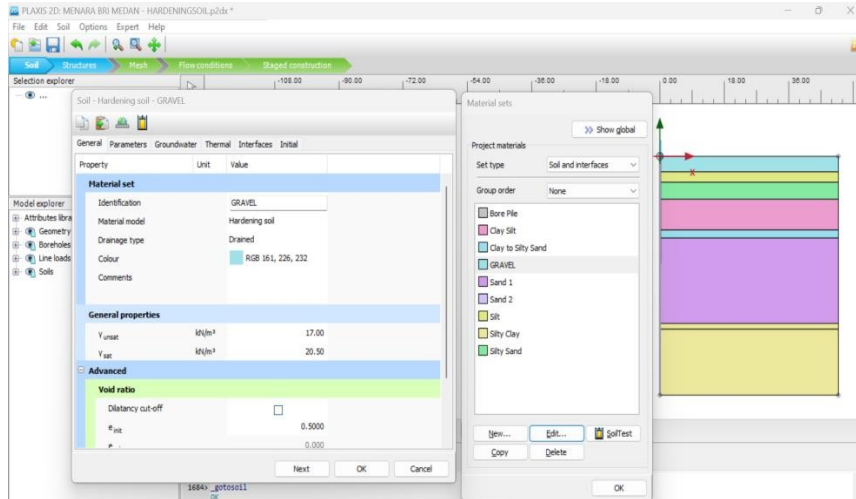
Gambar 7. *Project properties* permodelan PLAXIS 2D Hardening Soil

##### 2. Soil

Langkah selanjutnya adalah memodelkan *bore hole* tanah eksisting sesuai

# Analisis Daya Dukung Aksial Bored Pile Ø 80 CM dengan Menggunakan Uji Beban Statik dan Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Proyek Menara BRI – Medan

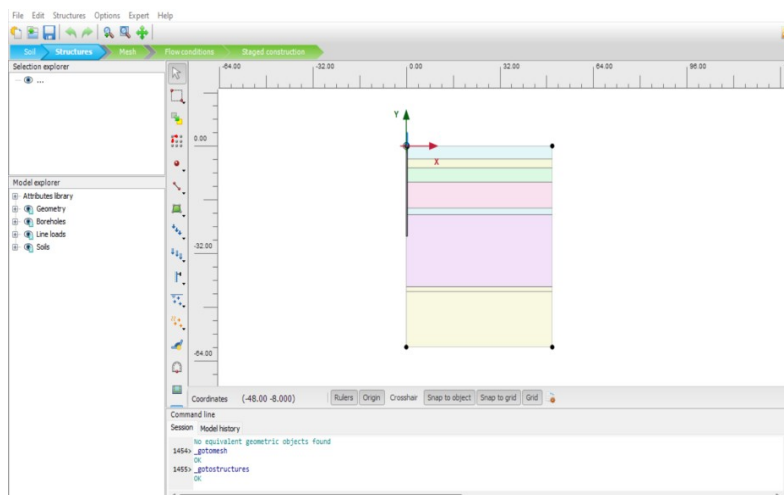
data dari penyelidikan tanah. Tidak hanya memodelkan, parameter tanah yang digunakan juga dideklarsikan pada tahapan ini. Parameter *bored pile* yang digunakan juga diinput pada tahapan ini. Adapun proses pemodelan dan input parameter tanah dan *bored pile* disajikan pada Gambar 8.



**Gambar 8. Soil layer properties yang sudah dimasukkan ke PLAXIS 2D Hardening Soil.**

## a. Structure

Tahapan structure mengakomodasi pemodelan struktur yang termasuk kedalam analisis ini. pada analisis ini dilakukan pemodelan *bored pile*, elemen *interface*, dan pembebanan yang akan digunakan sebagai interpretasi pengujian pembebanan pada *bored pile* terlihat pada Gambar 9 dibawah ini.

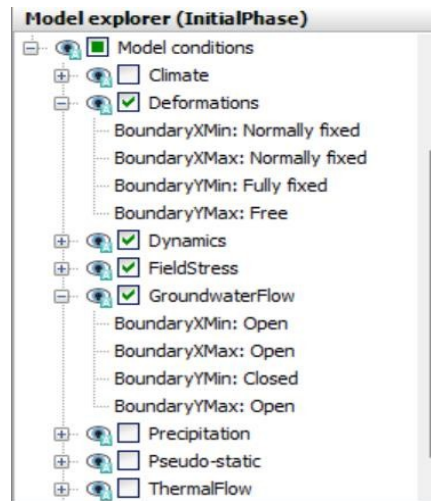


**Gambar 9. Structure yang sudah dimasukkan ke PLAXIS 2D Hardening Soil**

## b. Boundry condition

*Boundry condition* pada permodelan di atur agar kondisi dimana air tidak boleh turun ke bawah, yang mana deformasi untuk arah  $X_{min}$  *normally fixed*, sementara untuk arah  $X_{max}$  dengan keadaan *normally fixed*,  $Y_{min}$  dengan keadaan *fully fixed*, sementara untuk arah  $Y_{max}$  dengan keadaan *free*, sementara

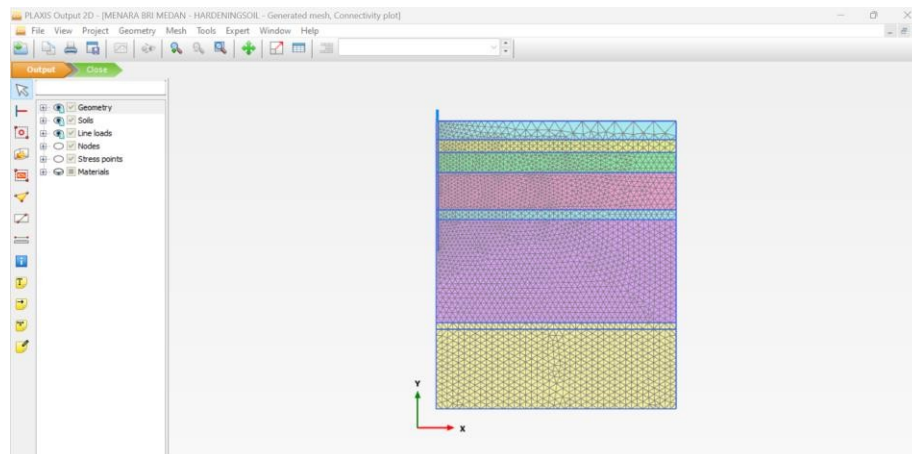
untuk keadanmuka air tanah *boundy condition*  $X_{\min}$  dalam keadaan dibiarkan mengalir (*open*),  $X_{\max}$  juga dengan keadaan mengalir (*open*),  $Y_{\min}$  dalam keadaan tertutup (*closed*),  $Y_{\max}$  juga dengan keadaan mengalir (*open*), berikut kondisi *boundry condition* pada kondisi PLAXIS 2D tertera pada Gambar 10 dibawah ini.



**Gambar 10. Kondisi *boundry condition* pada PLAXIS 2D Hardening Soil.**

c. *Mesh*

Tahapan selanjutnya yang harus dilakukan adalah membagi-bagi model struktur dan tanah menjadi elemen-elemen yang lebih kecil. Pada tahapan ini digunakan mesh medium. Mesh yang dihasilkan dari generate mesh medium adalah sebanyak jumlah 2404 elemen dan 3966 titik nodal hasil generate mesh



**Gambar 11. *Generate mesh* pada PLAXIS 2D Hardening Soil dengan jumlah 2404 elemen dan 3966 titik nodal.**

d. *Stage Construction*

Pada tahapan ini dilakukan pemodelan tahanan konstruksi yang menginterpretasi keadaan sebenarnya. Tahapan konstruksi yang dimodelkan

pada analisis ini adalah proses pembebanan saat pelaksanaan *loading test*. Penambahan beban dan waktu yang diinput dalam PLAXIS diperoleh dari data *loading test* di lapangan. Pada analisis ini tahapan konstruksi yang dimodelkan sebanyak 32 fase (Gambar 11).

#### G. Analisis Metode Elemen Hingga Menggunakan PLAXIS 3D Mohr- Coulomb.

Analisis selanjutnya dilakukan dengan metode elemen hingga menggunakan PLAXIS 3D. Analisis akan dilakukan pada PLAXIS 3D dengan variasi pemodelan seperti yang telah dijelaskan pada tujuan penelitian. Dalam analisis PLAXIS 3D, membutuhkan nilai parameter tanah eksisting dan parameter *bored pile* yang akan digunakan sebagai input dari proses analisis yang dilakukan. Selain itu tahapan pembebanan saat pengujian *loading test* akan diinterpretasikan dalam tahapan *stage construction* sehingga didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang mendekati dengan nilai di lapangan.

#### H. Analisis Metode Elemen Hingga Menggunakan PLAXIS 3D Hardening Soil.

Analisis selanjutnya dilakukan dengan metode elemen hingga menggunakan PLAXIS 3D. Analisis akan dilakukan pada PLAXIS 3D dengan variasi pemodelan seperti yang telah dijelaskan pada tujuan penelitian. Dalam analisis PLAXIS 3D membutuhkan nilai parameter tanah eksisting dan parameter *bored pile* yang akan digunakan sebagai input dari proses analisis yang dilakukan. Selain itu tahapan pembebanan saat pengujian *loading test* akan diinterpretasikan dalam tahapan *stage construction* sehingga didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang mendekati dengan nilai di lapangan.

### I. Pembahasan

1. Setelah dilakukan analisis daya dukung aksial *bored pile* menggunakan rumus empiris dari O'Neil dan Reese dan metode interpretasi *loading test*, besar daya dukung ultimate aksial *bored pile* tunggal yang dihasilkan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Daya dukung ultimate aksial bored pile**

Daya dukung Pondasi Boredpile Tiang TE-2/P188	
Metode	Daya dukung ultimate (ton)
	Analisis
O'Neil dan Reese	565
Davisson	410
Mazurkiewich	350
Chin	344

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa daya dukung ultimate *bored pile* berdasarkan data SPT dengan metode O'Neil dan Reese lebih dan Davisson lebih besar dari pada daya dukung *bored pile* yang dihasilkan dari interpretasi *loading test* dan metode Mazurkiewich, Chin.

2. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan hasil perhitungan daya dukung berdasarkan data *loading test* yang dilakukan pada penelitian ini jika dibandingkan dengan hasil perhitungan dari konsultan yang melakukan pengujian

*loading test* di lapangan. Hal ini dapat terjadi dikarenakan perhitungan yang dilakukan merupakan interpretasi data yang dilakukan secara grafis sehingga hasil yang diberikan tergantung kepada subjek yang membuat garis dan membaca grafik tersebut.

- Setelah dilakukan perhitungan besar penurunan *bored pile* dengan perhitungan analitis, *loading test*, PLAXIS 2D dan PLAXIS 3D di dapatkan hasil yang tertera pada Tabel 2 dibawah ini:

**Tabel 2. Hasil perhitungan besar penurunan *bored pile***

<b>Penurunan pondasi <i>bored pile</i> tiang TE-2/P188</b>	
<b>Metode</b>	<b>Besaran Penurunan (mm)</b>
Berdasarkan perhitungan analitis	3,80
Hasil <i>loading test</i> lapangan	3,70
Hasil FEM PLAXIS 2D Mohr-Coulomb	4,51
Hasil FEM PLAXIS 2D Hardening Soil	3,85
Hasil FEM PLAXIS 3D Mohr-Coulomb	3,87
Hasil FEM PLAXIS 3D Hardening Soil	3,41

- Setelah dilakukan perhitungan terdapat perbedaan perhitungan penurunan yang terjadi dari PLAXIS 2D dengan model tanah Mohr-Coulomb dengan Hardening Soil sebesar 0,66 mm, kemudian terdapat perbedaan penurunan penurunan yang terjadi dari PLAXIS 3D dengan jenis tanah Mohr-Coulomb dengan Hardening Soil sebesar 0,46 mm
- Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa peneliti secara analitis memberikan nilai penurunan terbesar. Dan nilai penurunan yang paling mendekati hasil di lapangan adalah hasil dari analisis menggunakan PLAXIS 3D dengan menggunakan jenis pemodelan tanah Hardening Soil dan perhitungan analitis

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa besar daya dukung aksial *bored pile* bervariasi tergantung pada metode perhitungan. Nilai daya dukung terbesar diperoleh dari metode O'Neil dan Reese dengan hasil 565 ton, sedangkan metode Davisson, Mazurkiewich, dan Chin memberikan nilai 410 ton, 350 ton, dan 344 ton secara berturut-turut berdasarkan data *loading test*. Selain itu, penurunan pondasi *bored pile* tiang tunggal dari hasil perhitungan metode elastis adalah sebesar 3,8 mm. Hasil analisis PLAXIS 2D dan PLAXIS 3D dengan menggunakan jenis tanah Mohr-Coulomb dan Hardening Soil menunjukkan variasi nilai. Nilai penurunan yang paling mendekati kondisi lapangan diperoleh dari analisis dengan menggunakan PLAXIS 3D dengan jenis tanah Hardening Soil, sementara data *loading test* memberikan nilai penurunan yang sebanding. Dengan demikian, analisis ini menyajikan perbedaan dalam nilai daya dukung dan penurunan pondasi *bored pile* antara metode perhitungan analitis dan hasil *loading test* di lapangan.

### **BIBLIOGRAFI**

- Al-Atroush, M. E., & Aloufi, M. (2022, May). Estimation of the Large Diameter Bored Pile Ultimate Capacity Using Different Design Methods: Assessment Study. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1026, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.
- Azizi, A., Salim, M. A., & Ramadhon, G. (2020). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Proyek Gedung DPRD Kabupaten Pematang Jaya. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 6(2), 78-80.
- Bowles, J. E. (2002). *Analisis dan Desain Pondasi*.
- Das, B. M. (1985). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis)*. Penerbit Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I. Yogyakarta*. Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Teknik Pondasi, jilid 1 dan 2*. Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Hasrullah, H., Iswandi, S., & Novianto, D. (2021). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Tiang Pancang Menggunakan Data Pda Test Dan Program Plaxis Pada Pembangunan Gedung Laboratorium Dan Kuliah Terpadu Universitas Borneo Tarakan. *Jurnal Qua Teknika*, 11(2), 90-102.
- Hutapea, D. S., & Iskandar, R. (2021). Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor dengan Plaxis 3D terhadap Hasil Loading Test. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(6), 1007–1026.
- Hyeongjoo, K., Joseleo, M., Youngsun, S., Jaehong, B., & Pilsoon, B. (2008). Axial Load Capacity Prediction of Single Piles in Clay and Sand Layers Using Nonlinear Load Transfer Curves. 9(5), 45-52.
- Iskandar, R. (2017). Analisis Perbandingan Daya Dukung Hasil Loading Test Pada Bore Pile Diameter Satu Meter Tunggal Dengan Metode Elemen Hingga Memakai Model Tanah Mohr Coulomb Pada Proyek Crystal Square Medan. *Educational Building: Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, 3(1 JUNI), 84–92.
- Kim, S., Whang, S. W., & Kim, S. (2017). Pile foundation design through the increased bearing capacity of extended end pile. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 16(2), 395-402.
- Latue, P. C., Manakane, S. E., & Rakuasa, H. (2023). Analisis Perkembangan Kepadatan Permukiman di Kota Ambon Tahun 2013 dan 2023 Menggunakan Metode Kernel Density. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(1), 26–34.
- Matondang, Z., & Mulyana, R. (2012). *Konstruksi Bangunan Gedung*. Unimed Press.
- Muluk, M., Hamid, D., & Santi, M. (2020). Studi Perbandingan Pondasi Tiang Pancang dengan Pondasi Bore Pile (Studi Kasus: Pelaksanaan Pembangunan Pondasi Tower Grand Kamala Lagoon-Bekasi). *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*, 7(1), 26–33.
- Najib, F. L., Dermawan, H., & Yusuf, R. (2022). Modifikasi Koefisien Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Berdasarkan Back Analysis Pada Data Loading Test. *Jurnal Kokoh Vol*, 20(1).
- Prasetya, A. D. (2018). Desain Modifikasi Struktur Gedung Perkantoran One Galaxy dengan Dual System Menggunakan Elemen Pracetak dan Hollow Core Slab. *Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya*.
- Pratama, A. R., Respati, R., & Saputra, N. A. (2020). Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Dalam Berdasarkan Data Lapangan Di Desa Baringin Kota Palangka Raya:

- Analysis Of The Carrying Capacity Of Deep Foundation Soil Based On Field Result In Baringin Village, Palangka Raya City. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 9(1), 70–77.
- Rendi, R., Ishak, I., & Kurniawan, D. (2021). Perencanaan Struktur Atas Gedung Fakultas Hukum Universitas Muhammdiyah Sumatera Barat. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(1), 121–129.
- Sathe, R. S., Sharma, J. K., & Suneja, B. P. Numerical Analysis of Single Stepped Axially Loaded Pile.
- Soeratinoyo, A. H., Manoppo, F. J., & Mandagi, A. T. (2022). Pemodelan Pondasi Box Di Tanah Berpotensi Likuifaksi. *TEKNO*, 20(81).
- Zakariya, A., Rifa'i, A., Ismanti, S., & Hidayat, M. S. (2023, May). Axial and lateral bearing capacity assessment of bored piles on medium-dense sand and liquefiable potential based on numerical simulation. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1184, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.

---

**Copyright holder:**

Risky Fajar Sundari, Roesyanto, Gina Cynthia Raphita Hasibuan,  
Rudianto Surbakti (2024)

**First publication right:**

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

**This article is licensed under:**

