

Pengaruh Tiang Terhadap Daya Dukung Pondasi Proyek Rumah Bunga Kaca Tambusan

The Effect of Pillars on the Carrying Capacity of the Foundation of the Tambusan Glass Flower House Project

Darnianti 1*), Suranto²⁾

1,2.) Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Quality Jl. Ring Road No. 18 Ngumban
Surbakti Medan

*Email : Darnianti83@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini menganalisis pengaruh tiang pancang terhadap daya dukung pondasi pada proyek Rumah Bunga Kaca Tambusan. Dengan menggunakan metode analisis numerik dan elemen hingga, penelitian ini fokus pada kapasitas dukung pondasi bored pile yang diletakkan pada tanah keras. Metode yang diterapkan mencakup Reese & O'Neil, Brom, dan Poulos & Davis, serta pemodelan menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D V8.6. Hasil analisis menunjukkan bahwa konfigurasi tiang, jarak antar tiang, dan jumlah tiang dalam kelompok berpengaruh signifikan terhadap kapasitas dukung. Kapasitas kelompok tiang pancang yang diijinkan lebih besar dari tegangan penggerak, dengan prediksi penurunan total sebesar 0,07 m dalam umur layanan lebih dari 60 tahun. Temuan ini memberikan wawasan penting untuk desain pondasi yang efektif dan aman di tanah lunak.

Kata kunci: daya dukung, pondasi, tiang pancang, tanah lunak, analisis numerik.

Abstrack

This research analyzes the effect of piles on the bearing capacity of the foundation in the Tambusan Glass Flower House project. Using numerical and finite element analysis methods, this research focuses on the bearing capacity of bored pile foundations placed on hard soil. The methods applied include Reese & O'Neil, Brom, and Poulos & Davis, as well as modeling using PLAXIS 2D V8.6 software. The analysis results show that pile configuration, distance between piles, and number of piles in a group have a significant effect on bearing capacity. The allowable pile group capacity is greater than the driving stress, with a predicted total settlement of 0.07 m over a service life of more than 60 years. These findings provide important insights for effective and safe foundation design in soft soils.

Key words: bearing capacity, foundation, piles, soft soil, numerical analysis.

PENDAHULUAN

Latar Belakang Rumusan Masalah

Pada umumnya suatu struktur bangunan dibedakan menjadi dua bagian yaitu struktur bagian atas (*up structure*) dan struktur bagian bawah (*sub structure*). Struktur bawah berupa pondasi yang menyalurkan beban yang diterima dari bangunan ke tanah keras. Pondasi sangat menentukan stabil tidaknya struktur bangunan yang berdiri di atasnya, bangunan akan stabil apabila tanah mampu mendukung beban dari pondasi tersebut.

Pondasi sebagai suatu struktur bawah secara umum dibagi menjadi 2 macam yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung beban secara langsung, seperti : Pengaruh konfigurasi kelompok tiang terhadap daya dukung pondasi di tanah lunak adalah topik yang penting dalam rekayasa geoteknik. Berikut adalah beberapa kesimpulan umum yang dapat diambil dari penelitian tentang pengaruh konfigurasi kelompok tiang terhadap daya dukung pondasi di tanah lunak: Jumlah tiang dalam kelompok: Penambahan jumlah tiang dalam kelompok cenderung meningkatkan daya dukung pondasi secara keseluruhan. Dalam

kelompok tiang dengan jarak yang sama, semakin banyak tiang yang digunakan, semakin tinggi daya dukungnya.

Jarak antar tiang: Jarak antar tiang dalam kelompok juga memiliki pengaruh signifikan terhadap daya dukung pondasi. Dalam tanah lunak, jarak yang lebih kecil antara tiang cenderung meningkatkan daya dukung karena adanya efek kompak yang lebih baik pada tanah di sekitar tiang. Pola kelompok tiang: Pola atau konfigurasi tiang dalam kelompok juga dapat mempengaruhi daya dukung pondasi. Beberapa pola kelompok tiang yang umum digunakan termasuk persegi, segitiga, atau kelompok berbaris. Pola kelompok tiang yang simetris cenderung memiliki daya dukung yang lebih baik daripada pola yang tidak simetris. Pengaruh interaksi tiang: Dalam kelompok tiang, terjadi interaksi antara tiang-tiang yang saling berdekatan. Interaksi ini dapat berdampak pada daya dukung pondasi secara keseluruhan. Interaksi positif antara tiang-tiang dapat meningkatkan daya dukung, sementara interaksi negatif dapat mengurangi daya dukung. Karakteristik tanah: Selain konfigurasi kelompok tiang, karakteristik tanah juga mempengaruhi daya dukung pondasi. Sifat-sifat tanah seperti kekuatan geser, kekakuan, dan konsolidasi akan berpengaruh pada daya dukung pondasi. Penting untuk dicatat bahwa pengaruh konfigurasi kelompok tiang terhadap daya dukung pondasi di tanah lunak dapat bervariasi tergantung pada kondisi tanah spesifik, geometri tiang, dan beban yang diterapkan. Oleh karena itu, analisis dan perencanaan yang cermat perlu dilakukan untuk memastikan desain pondasi yang efektif dan aman dalam kondisi tanah lunak. Berdasarkan jurnal yang terlampir. (Ridho, 2010)

Jarak antar tiang memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi daya dukung tiang kelompok bor. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan pada fondasi kelompok tiang bor 3x3 dengan panjang 12m dan diameter 0,6m. Penelitian ini menggunakan 10 metode perhitungan untuk menentukan efisiensi tiang kelompok dengan jarak yang bervariasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jarak tiang relatif paling efektif adalah 2,5 kali diameter tiang (2,5D).

Metode perhitungan menggunakan pemodelan finite element dengan program Midas GTS NX juga digunakan dalam penelitian ini. Kesimpulan ini didasarkan pada analisis perhitungan dan perbandingan nilai efisiensi dari beberapa metode yang digunakan. Pada pembangunan proyek Kebun Bunga Kaca Tambusan memiliki 20 lantai dan 3 lantai *basement* dengan jenis tanah Pasir campuran dan pasir kasar. Elevasi dasar *basement* berada pada kedalaman 12 meter dari permukaan tanah asli. Untuk mendukung beban aksial yang terjadi dari bangunan diperlukan pondasi dalam agar bangunan dapat berdiri stabil. Dalam pemilihan jenis pondasi dalam tergantung dari kondisi lapangan dan kemudahan dalam pelaksanaan dilapangan. Pada a digunakan pondasi tiang bor (*Bored pile*). (S & Sentosa, 2021).

Menentukan kapasitas beban: Analisis ini bertujuan untuk menghitung kapasitas beban maksimum yang dapat ditanggung oleh bore pile. Hal ini membantu memastikan bahwa pondasi memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban yang diterapkan oleh struktur di atasnya. Memastikan keamanan struktur: Analisis daya dukung bore pile dilakukan untuk memastikan bahwa pondasi memiliki faktor keamanan yang memadai. Dengan menentukan kapasitas beban pile yang cukup, dapat memastikan bahwa struktur tidak akan mengalami kegagalan atau kerusakan yang dapat membahayakan keselamatan. Mengoptimalkan desain pondasi: Analisis daya

dukung bore pile juga membantu dalam mengoptimalkan desain pondasi dengan memilih ukuran dan jumlah pile yang sesuai.

Dengan mempertimbangkan karakteristik tanah dan beban yang diterapkan, analisis ini dapat membantu dalam menentukan konfigurasi pile yang efisien dan ekonomis. Mengantisipasi penurunan dan deformasi: Selain kapasitas beban, analisis daya dukung bore pile juga dapat memberikan informasi tentang penurunan dan deformasi yang mungkin terjadi pada pondasi. Hal ini penting untuk memastikan bahwa penurunan dan deformasi tersebut tetap dalam batas yang dapat diterima dan tidak merusak struktur di atasnya.

Jenis tanah tiap lapisan pada proyek Swiss-Bell berupa lapisan berpasir, maka perhitungan kapasitas pondasi juga mengikuti tata cara perhitungan kapasitas dukung kelompok tiang pada tanah berpasir (granuler). Pada penelitian ini digunakan metode *Reese and O'neil, Brom*, dan *Poulos & Davis* pada tanah pasir. Dalam perhitungan Kapasitas dukung kelompok tiang bor dipengaruhi oleh jarak antar tiang (s), menentukan jarak antar tiang dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti fungsi pile, klasifikasi tanah, dan peraturan-peraturan bangunan berdasarkan daerah masing-masing. Dari tinjauan latar belakang diatas maka penulis mencoba untuk mempelajari, menganalisis tentang „*Pengaruh jarak antar tiang terhadap kapasitas dukung pondasi bored pile dengan metode Reese & O'neil, Brom, Poulos & Davis, dan PLAXIS 2D*”. (Никаноров et al., 2018).

Adapun yang menjadi maksud dan tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui besar kecilnya daya dukung ijin kelompok tiang.
2. Mengetahui variasi kedalaman tiang, diameter tiang, bentuk tiang dan bahan tiang.

Pendekatan pemecahan masalah

Pondasi tiang bor yaitu Pondasi yang dipasang kedalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu sampai kedalaman yang diinginkan, kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Pondasi tiang bor memiliki kedalaman dan diameter yang bervariasi, sehingga baik digunakan pada beban ringan maupun untuk struktur berat ,seperti :bangunan bertingkat tinggi, jembatan, menara tinggi, stabilitas lereng (*soldier pile*) , dan konstruksi lainnya. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh suatu pondasi tiang adalah sebagai berikut :

1. Beban yang diterima oleh pondasi tidak boleh melebihi daya dukung tanah maupun kekuatan bahan tiang untuk menjamin keamanan tiang pondasi tersebut.
2. Pengendalian atau pencegahan efek dari metode konstruksi pondasi seperti getaran saat pemancangan, galian atau pekerjaan pondasi yang lain untuk membatasi pergerakan bangunan atau struktur lain disekitarnya.

Menurut Hardiyatmo (2008). Penggunaan tiang bor mempunyai beberapa keuntungan dan kerugian, antara lain :

Keuntungan penggunaan tiang bor :

1. Tidak ada resiko kenaikan muka tanah.
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
3. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.

4. Tiang dapat dipasang sampai kedalaman yang dalam, dengan diameter besar, dan dapat dilakukan pembesaran ujung bawahnya jika tanah berupa lempung atau batu lunak.
5. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.

Kerugian penggunaan tiang bor :

1. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil
2. Pencoran beton sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
3. Air yang mengalir kedalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang.
4. Pembesaran ujung bawah tiang tidak dapat dilakukan bila tanah berupa pasir.

Daya dukung tiang tanah yang lunak Penelitian ini dilaksanakan dengan metode analisis kuantitatif yaitu perhitungan kestabilan daya dukung tiang pancang pada arah vertikal akibat beban luar atau support reaction yang berupa gaya vertikal P , gaya lateral/horisontal H dan momen arah x maupun y . Lokasi penelitian di daerah urugan tambak di kawasan PLTU Tambak Lorok Semarang yang akan dibuat gedung kontrol GIS 150 kV. Pengumpulan data tanah berupa hasil uji sondir, uji bor, uji *soil properties* dan *engineering properties* di laboratorium. Lalu dilanjutkan simulasi input pembebanan, pembuatan model dua dimensi, uji coba kestabilan kelompok tiang sampai memperoleh konfigurasi, kedalaman dan dimensi yang memenuhi syarat keamanan, kemudahan dalam pelaksanaan dan terjangkau secara kontraktual.

Perhitungan dilakukan dengan MS Excel 2013 yang dikontrol dengan cara membandingkannya terhadap catatan rekam data deformasi bangunan sejenis yang sudah dibangun di sekitarnya. Variasi *support reaction* yang berbeda pada setiap kolom menghasilkan beragam tipe pile group. Dengan demikian konfigurasi tiang dalam setiap kelompok tiang bervariasi pula. Untuk tidak menimbulkan variasi *pile group* yang banyak, beberapa nilai *support reaction* yang berdekatan, akan dikelompokkan dalam satu tipe pile group. Setiap tipe pile group mempunyai jumlah tiang, kedalaman tiang, jarak antar tiang, posisi tiang dan ukuran pile cap yang berbeda, namun semua tipe pile group mempunyai diameter tiang yang sama untuk kemudahan perhitungan dan pemesanan di pabrik. Hasil akhirnya diharapkan memunculkan pilihan dimensi kelompok tiang yang efisien, stabil dan aman.

State of the art dan kebaruan

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan sebelumnya, maka pada penelitian ini terdapat perbedaan yang akan berguna untuk melengkapi kekurangan -kekurangan pada penelitian sebelumnya. Untuk lebih jelasnya perbandingan antara penelitian sebelumnya dapat dilihat gambar dibawah ini: pada saat itu, ada beberapa tren dan perkembangan yang dapat disebut sebagai state of the art dalam penelitian tersebut. Metode Numerik: Penggunaan metode numerik seperti metode unsur hingga (finite element method) dan metode unsur batas (boundary element method) telah menjadi semakin umum dalam analisis daya dukung pondasi. Metode ini memungkinkan

simulasi yang lebih realistis dan akurat terhadap respons tanah dan pondasi terhadap beban.

Optimisasi Konfigurasi Pile: Terdapat peningkatan dalam penggunaan teknik optimisasi untuk menentukan konfigurasi kelompok tiang yang optimal. Metode ini memungkinkan pencarian kombinasi jarak, kedalaman, dan pola penempatan tiang yang memberikan daya dukung maksimum dengan efisiensi biaya yang tinggi.

Studi Laboratorium dan Lapangan: Penelitian terbaru juga melibatkan studi laboratorium dan lapangan yang lebih canggih untuk memahami perilaku tanah lunak dan pondasi secara lebih mendalam. Penggunaan peralatan pengujian canggih dan teknologi pemantauan telah memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang respons tanah dan pondasi terhadap beban.

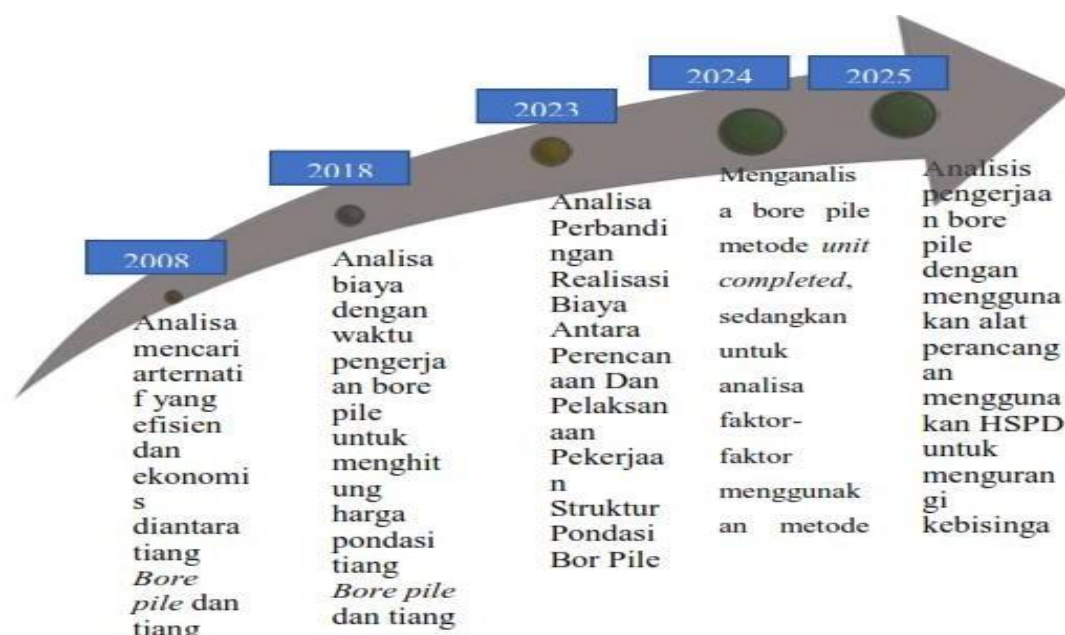
Analisis Probabilistik: Pendekatan probabilistik semakin digunakan dalam analisis daya dukung pondasi di tanah lunak. Metode ini mempertimbangkan ketidakpastian dalam parameter tanah dan beban, dan menghasilkan estimasi probabilitas kegagalan atau penurunan yang dapat diterima dalam desain pondasi.

Pengembangan Material: Penggunaan material inovatif dan teknologi konstruksi seperti tiang pancang berlapis, tiang pancang berongga, atau sistem peningkatan kapasitas beban telah menjadi fokus penelitian terkini dalam upaya meningkatkan daya dukung pondasi di tanah lunak.

Perlu dicatat bahwa informasi di atas adalah berdasarkan pengetahuan saya hingga September 2021. Untuk mendapatkan informasi terkini tentang state of the art dan kebaruan dalam penelitian tersebut, disarankan untuk merujuk ke literatur ilmiah terbaru, jurnal- jurnal teknik sipil, konferensi, atau berkonsultasi dengan ahli di bidang tersebut.

Peta jalan (road map)

Gambar 1. Diagram penelitian sebelumnya sampai kepenelitian lanjutan



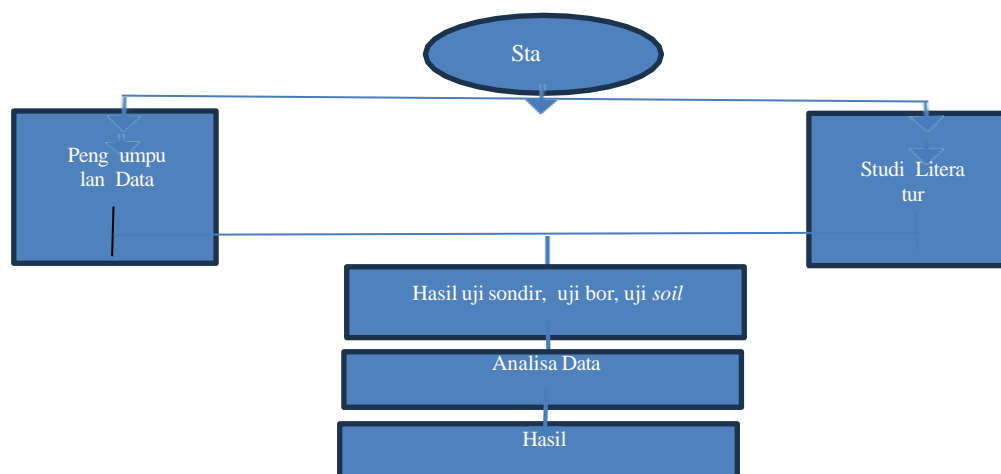
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode analisis kuantitatif yaitu perhitungan kestabilan daya dukung tiang pancang pada arah vertikal akibat beban luar atau support reaction yang berupa gaya vertikal P, gaya lateral/horisontal H dan momen arah x maupun y. Lokasi penelitian di kabanjahe, membuat rumah kaca. Pengumpulan data tanah berupa hasil uji sondir, uji bor, uji *soil properties* dan *engineering properties* di laboratorium. Lalu dilanjutkan simulasi input pembebanan, pembuatan model dua dimensi, uji coba kestabilan kelompok tiang sampai memperoleh konfigurasi, kedalaman dan dimensi yang memenuhi syarat keamanan, kemudahan dalam pelaksanaan dan terjangkau secara kontraktual.

Perhitungan dilakukan dengan MS Excel 2013 yang dikontrol dengan cara membandingkannya terhadap catatan rekam data deformasi bangunan sejenis yang sudah dibangun di sekitarnya. Variasi *support reaction* yang berbeda pada setiap kolom menghasilkan beragam tipe pile group. Dengan demikian konfigurasi tiang dalam setiap kelompok tiang bervariasi pula. Untuk tidak menimbulkan variasi *pile group* yang banyak, beberapa nilai *support reaction* yang berdekatan, akan dikelompokkan dalam satu tipe pile group. Setiap tipe pile group mempunyai jumlah tiang, kedalaman tiang, jarak antar tiang, posisi tiang dan ukuran pile cap yang berbeda, namun semua tipe pile group mempunyai diameter tiang yang sama untuk kemudahan perhitungan dan pemesanan di pabrik. Hasil akhirnya diharapkan memunculkan pilihan dimensi kelompok tiang yang efisien, stabil dan aman.

Studi Pustaka

Studi pustaka adalah landasan teori bagi analisis yang mengacu pada buku-buku, media informasi teknologi (internet), pendapat atau teori-teori para ahli yang berhubungan dengan penelitian. Studi pustaka pada penelitian ini dibahas pada bab tersendiri



Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang harus dilewati untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, adapun langkah penelitian adalah sebagai

berikut ini

1. Mempelajari dan mencari literature yang berkaitan dengan penelitian ini,
2. Pengumpulan data, yaitu tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam analisis, berupa data sekunder ataupun data primer,
3. Merumuskan permasalahan dan tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini,
4. Melakukan uji laboratorium
5. Analisa data
6. Tahapan penulisan dan penarikan kesimpulan, pada tahap ini meliputi penulisan laporan berdasarkan aturan yang berlaku dan hasil pengolahan data. Pada tahap ini juga didapatkan kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tipe Pondasi

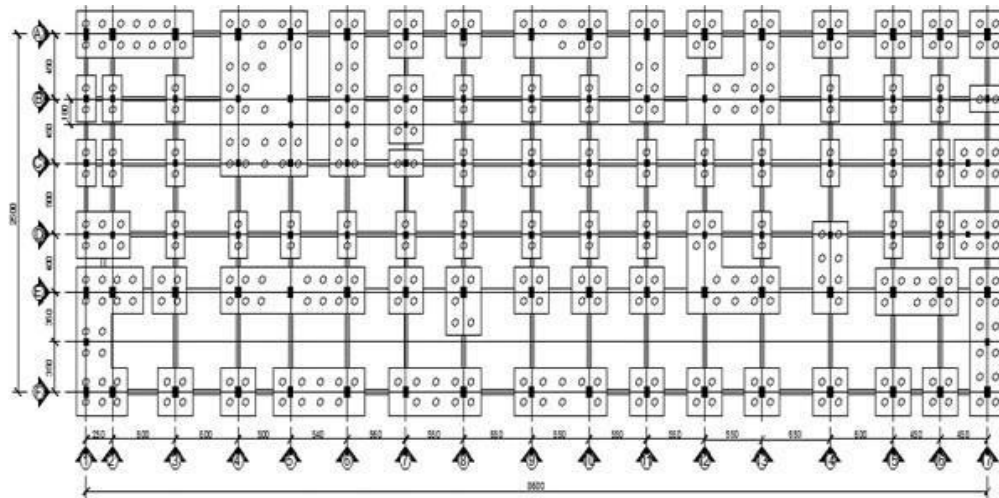
Ada beberapa tipe pondasi yang umum digunakan dalam konstruksi, bergantung pada karakteristik tanah, beban yang diterapkan, dan kondisi lingkungan. Berikut adalah beberapa tipe pondasi yang umum. Pondasi Tiang Pancang (Pile Foundation) Tiang pancang adalah elemen struktural berbentuk silinder yang ditanamkan ke dalam tanah. Digunakan ketika lapisan tanah yang kuat terletak di kedalaman yang dalam atau ketika tanah di permukaan tidak memiliki daya dukung yang cukup. Ada beberapa jenis tiang pancang, termasuk tiang pancang beton bertulang, tiang pancang kayu, dan tiang pancang logam.

Pondasi Dalam (Deep Foundation): Pondasi dalam adalah tipe pondasi yang ditanamkan ke dalam tanah hingga mencapai lapisan tanah yang memiliki daya dukung yang memadai. Digunakan ketika tanah di permukaan tidak memiliki daya dukung yang cukup atau ketika beban struktural yang diterapkan sangat berat. Contoh pondasi

dalam termasuk pondasi tiang pancang, pondasi bore pile, dan pondasi caisson. Pondasi Dangkal (Shallow Foundation). Pondasi dangkal adalah tipe pondasi yang diletakkan di dekat atau di bawah permukaan tanah. Digunakan ketika tanah di permukaan memiliki daya dukung yang memadai untuk menahan beban struktural. (Amariansah et al., 2021)

Hasil uji tanah menunjukkan jenis tanah mayoritas lempung dengan sebaran lapisan pada kedalaman 0-30 meter mayoritas merupakan lempung konsistensi lunak-sangat lunak setengah padat, ada sisipan pasir kelanauan, warna dengan nilai N-SPT 1-12, tekanan konus 2-12 kg/cm², jumlah hambatan pekat 4-590 kg/cm', kadar air $w = 60-69\%$, berat jenis $\gamma = 1,59-1,62 \text{ t/m}^3$, porositas $n = 61-63\%$, kadar pori $e = 1,56-1,77$. Sedangkan di kedalaman 30-60 meter mayoritas merupakan lempung konsistensi setengah padat, teguh dan keras, warna abu-abu kecoklatan, dengan nilai N-SPT 13-45, tekanan konus dan jumlah hambatan pekat tidak ada data karena uji sondir sampai kedalaman 20 meter, kadar air $w = 30-40\%$, berat jenis $\gamma = 1,66-1,69 \text{ t/m}^3$, porositas $n = 51-55\%$, kadar pori $e = 1,06-1,25$ (Lab.Mektan Undip, 2019).

Hasil running perhitungan struktur atas dengan program bantu SAP 2000, besaran *support reaction* dikelompokkan menjadi 11 tipe *support reaction* berdasarkan kedekatan nilai nominalnya, sebab itu dirancang 11 tipe *pile group* dengan konfigurasi tiang yang berbeda (Citicon, 2019).



Gambar 4. Sebelas Pondasi

Sebelas tipe pondasi dalam ini pada umumnya mempunyai bentuk pile cap persegi atau persegi panjang atau huruf L dengan penyebaran titik-titik pancang pada setiap pile capnya simetris atau tidak simetris. Hal ini disebabkan sejumlah titik pancang pada beberapa lokasi pile cap, merupakan area *switchyard tower* dan *HV equipment 150 kV* lama yang dibongkar *steel structure*nya namun pilenya masih tertanam di dalam tanah karena sulit dibongkar. Oleh sebab itu letak beberapa titik pancang pada satu pile cap bisa tidak simetris, namun kedalaman semua pile pada semua pile cap adalah sama yaitu 55 m untuk memperkecil resiko penurunan tidak seragam pada bangunan. Penentuan panjang 55 m dan tebal semua pile cap 0,70 m ini dihitung berdasarkan nilai daya dukung ijin terhadap *support reaction* terbesar pada pile cap tipe P.11 yang memiliki 26 titik tiang. Dipilih tiang spun pile K-500 dengan diameter 0.60 m yang tertanam di lapisan lempung keras warna coklat dengan N-SPT = 45 sesuai data BH- Daya dukung ijin tiang tunggal dengan faktor reduksi $\phi = 0,85$ menggunakan rumus Meyerhoff adalah 180 ton > P yang bekerja maksimum pd tiang tunggal = 132 ton. Sedangkan tahanan lateral ijin dengan faktor reduksi $\phi = 0,75$ adalah 70,00 ton > gaya lateral maksimum yang bekerja = 24,02 ton.

Sedangkan untuk kestabilan kelompok tiang mempunyai efisiensi 0,60 sehingga beban vertikal yang bekerja pada pile group tipe P.2 = $E \times \sum \text{tiang} \times P_{ijin} = 0,60 \times 5 \times 180 = 540 \text{ ton} > P_{maks} = 132 \text{ ton}$.

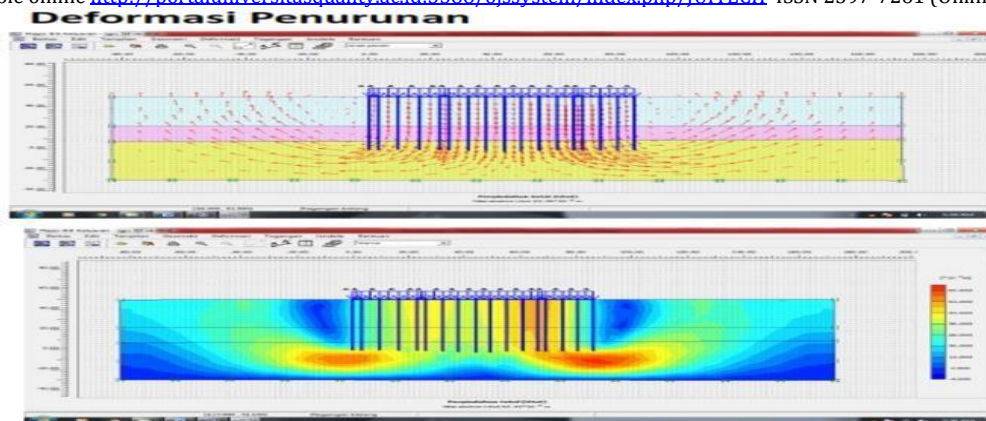
Beban vertikal yang bekerja pada pile group tipe

P.11 = $E \times \sum \text{tiang} \times P_{ijin} = 0,60 \times 26 \times 180 = 2808 \text{ ton} > P_{maks} = 368,9 \text{ ton}$.

beban vertikal yang bekerja pada pile group tipe

P.1 = $E \times \sum \text{tiang} \times P_{ijin} = 0,60 \times 3 \times 180 = 324 \text{ ton} > P_{maks} = 68,74 \text{ ton}$.

Adapun penurunan terbesar pada pile group tipe P.11 sebesar 0,01 m saat penurunan segera dan 0,06 m ketika penurunan konsolidasi, sehingga penurunan total 0,07 m yang diprediksi terjadi lebih dari 50 tahun sejak bangunan beroperasi. Adapun angka keruntuhan blok pondasi $4,50 > 1,00$ dengan nilai *heave* 0,03 m.



Terjadi penurunan total maximum 0,062 m

n	V_{piles} (m^3)	P_{auger} (m^3)	D (m)	L (m)	Q (m)	α	β	γ	δ
1	12,717	0	0,3	0,3	45	1	1	0	0

$$x = \frac{1 (12,717 - 0)}{45 ((1 + 1) (\frac{1}{2} + \frac{45}{0}) + (0 + 0) (\frac{0,3}{2} + \frac{45}{0}) + \frac{0,3 - 0,3}{45}}$$

$$x = 0,028 \text{ m}$$

Gambar 3. Prediksi heave terbesar pada pile group dengan kedalaman tiang 60 m

Berdasarkan analisis dan hasil perhitungan di atas, maka konfigurasi tiang pancang yaitu angka efisiensi dan spasi antar tiang, berpengaruh signifikan pada perubahan daya dukung ijin kelompok tiang. Semakin banyak tiang dalam satu kelompok, akan semakin tinggi daya dukungnya ketika nilai efisiensi minimal 0,60 dan jarak antar tiang minimal 2 kali diameter tiang. Hal ini berlaku untuk kedalaman tiang, diameter tiang, bentuk tiang dan bahan tiang yang sama.

SIMPULAN

1. Kapasitas daya dukung yang diizinkan untuk kelompok tiang lebih besar daripada tegangan penggerak.
2. Prediksi penurunan segera dan konsolidasi material adalah 0,07 m dalam umur layanan bangunan lebih dari 60 tahun.
3. Tinggi badan pondasi maksimum adalah 0,03 m.
4. Nilai keruntuhan blok pondasi adalah 4,50, yang lebih besar dari 1.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menganalisis pengaruh variasi jenis dan konfigurasi tiang terhadap daya dukung pondasi pada tanah lunak.
2. Studi parametrik dengan memvariasikan faktor-faktor seperti jumlah tiang, jarak antar tiang, dan pola susunan tiang dapat dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif.
3. Pengujian laboratorium dan lapangan dapat dilakukan untuk memvalidasi hasil analisis numerik dan elemen hingga yang telah dilakukan.
4. Analisis ekonomi perlu dipertimbangkan dalam pemilihan konfigurasi tiang yang optimal, sehingga diperoleh solusi yang paling efisien secara teknis dan

ekonomis.

6. Pemodelan yang lebih detail dengan memperhitungkan faktor-faktor lain seperti interaksi tanah-struktur, efek kelompok tiang, dan karakteristik tanah yang lebih realistis dapat dilakukan untuk meningkatkan akurasi hasil analisis.

DAFTAR PUSTAKA

- Brinkgreve, R.J.B. 2002. Reference Manual V.8 Pakis (manual Plaxis). A. A balkema. Jakarta.
- Bowles, J.E 1991. *Analisis dan desain pondasi*. Jakarta :Erlangga, Ed 4th Jilid 1 Erlangga Jakarta
- Bowles, J.E 1997. *Foundation Analysis and Design*, Ed 5th McGraw - Hill
- Das. Braja M, 1988. *Mekanika Tanah Jilid 1*. Terjemahan oleh Noor Endah mochtar dan Indrasurya B. Mochtar, E, Surabaya :Erlangga
- Das. Braja M, 1994. *Mekanika Tanah Jilid* Terjemahan oleh Noor Endah mochtar dan Indrasurya B. ochtar, Surabaya :Erlangga
- Das. Braja M, 2010. *Principle of Geotechnical Engineering*. Ed 4th. California State University, Sacramento
- Firdaus, w 2011. Studi Perilaku Tiang Pancang Kelompok Menggunakan PLAXIS 2d Pada Tanah nak *Soft Soil*. ([http://digilib.its.ac.id/ITS- Undergraduate- 3100011044062/16490](http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100011044062/16490). Diakses November 2018).
- Haq, D.2018. Pengaruh Variasi Dimensi Terhadap Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Bor Kelompok Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. ([https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/ 5720](https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/5720). Diakses November 2018)
- Hardiyatmo, H.C 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta :Gramedika