

ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI TIANG PANCANG BERDASARKAN HASIL N-SPT DIBANDINGKAN DENGAN HASIL PDA TEST PADA PROYEK JALAN TOL RUAS KUALA TANJUNG - INDRAPURA

Bangun Pasaribu, Jupriah Sarifah, Wahyu Eko Syahputra

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknim, Universitas Islam Sumatera Utara
w.e.sbangun0807@gmail.com; bangun@ft.uisu.ac.id; jupriah.sarifah@gmail.com

Abstrak

Pembangunan infrastruktur jalan tol memerlukan perencanaan fondasi yang matang untuk menjamin stabilitas dan daya dukung tanah, khususnya pada struktur yang menopang beban berat dalam jangka panjang. Penelitian ini dilakukan pada proyek Jalan Tol ruas Kuala Tanjung-Indrapura di Provinsi Sumatera Utara, yang memiliki kondisi tanah bervariasi, mulai dari pasir berlanau hingga lempung berpasir halus. Penelitian bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan daya dukung fondasi tiang pancang berdasarkan data uji N-SPT dengan metode empiris Meyerhof dan hasil uji dinamik PDA Test yang dianalisis menggunakan metode CAPWAP. Hasil perhitungan dengan metode Meyerhoff menunjukkan daya dukung izin tiang pancang berturut-turut sebesar 49,92 ton, 88,69 ton, dan 110,66 ton pada kedalaman 32 m, 36 m, dan 48 m. Sementara itu, hasil uji PDA Test menunjukkan daya dukung izin berturut-turut sebesar 168,70 ton, 150,24 ton, dan 149,92 ton pada kedalaman yang sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai daya dukung dari PDA Test cenderung lebih tinggi dibandingkan hasil perhitungan N-SPT. Hal ini mengindikasikan bahwa kapasitas actual tiang pancang lebih besar dari yang diperkirakan oleh metode empiris. Selain itu, ditemukan bahwa semakin dalam lapisan tanah, daya dukung dari N-SPT cenderung meningkat. Penelitian ini menegaskan pentingnya verifikasi daya dukung fondasi melalui pengujian dinamis untuk memastikan keandalan struktur fondasi pada proyek infrastruktur besar.

Kata Kunci: Daya Dukung Fondasi, N-SPT, PDA Test

I. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur, terutama proyek jalan tol, memerlukan perencanaan yang matang untuk memastikan kelayakan dan daya dukung tanah pada fondasi. Salah satu aspek yang sangat penting dalam pembangunan jalan tol adalah pemilihan dan perancangan fondasi yang tepat. Jalan tol ruas Kuala Tanjung - Indrapura merupakan salah satu proyek strategis yang tengah dikembangkan di Indonesia, yang memerlukan fondasi yang kuat dan stabil agar dapat menopang struktur jalan tol yang akan dilalui oleh kendaraan bermuatan berat dalam jangka waktu yang lama. Proyek ini berada di wilayah dengan kondisi tanah yang bervariasi, mulai dari lapisan tanah berpasir hingga lempung, yang memiliki karakteristik daya dukung yang berbeda-beda. Oleh karena itu, pemilihan jenis fondasi yang sesuai, dalam hal ini fondasi tiang pancang, menjadi sangat penting untuk memastikan stabilitas dan keamanan struktur jalan tol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fondasi

Menurut Hardiyatmo (2002), Fondasi merupakan salah satu elemen penting dalam konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur di atasnya ke tanah

atau lapisan tanah di bawahnya. Secara sederhana, fondasi dapat diartikan sebagai bagian bawah dari suatu bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang bertujuan untuk mendistribusikan beban vertikal, lateral, maupun beban lainnya dari bangunan agar tidak menyebabkan kerusakan pada struktur tersebut. Keberhasilan suatu bangunan sangat bergantung pada desain dan pelaksanaan fondasi yang baik, karena fondasi yang tidak tepat atau lemah dapat menyebabkan penurunan, pergeseran, atau bahkan kegagalan struktur.

2.2 Jenis - jenis Fondasi

Berdasarkan kedalaman dan tipe tanah yang ada di bawah permukaan, fondasi dapat dibagi menjadi dua kategori besar : fondasi dangkal (*shallow foundation*) dan fondasi dalam (*deep foundation*). Pemilihan jenis fondasi yang tepat bergantung pada karakteristik tanah, kedalaman lapisan tanah yang kuat, serta beban yang akan ditanggung oleh bangunan.

2.2.1 Fondasi dangkal (*Shallow Foundation*)

Fondasi dangkal adalah jenis fondasi yang dipasang pada kedalaman yang relatif dekat dengan permukaan tanah dan digunakan apabila tanah di permukaan cukup kuat untuk menahan beban yang diberikan oleh bangunan. Bowles (1991)

menjelaskan bahwa fondasi dangkal dirancang dengan kedalaman lebih kecil atau sama dengan lebar fondasi ($\frac{Df}{B} \leq 1$). Jenis fondasi ini umumnya lebih ekonomis dan mudah diterapkan dalam kondisi tanah yang baik dan tidak memerlukan kedalaman yang besar.

2.2.2 Fondasi dalam (*Deep Foundation*)

Fondasi dalam digunakan ketika tanah di dekat permukaan tidak cukup kuat untuk menahan beban bangunan yang besar atau jika kedalaman lapisan tanah yang kuat cukup dalam. Fondasi ini menyentuh lapisan tanah yang lebih dalam dan memiliki kapasitas dukung yang lebih tinggi. Bowles (1991) menjelaskan bahwa fondasi dalam dirancang dengan kedalaman lebih besar atau sama dengan lebar fondasi ($\frac{Df}{B} \geq 4$). Fondasi dalam umumnya lebih mahal dan kompleks dalam penerapannya dibandingkan fondasi dangkal.

2.3 Fondasi Tiang Pancang

Fondasi tiang pancang merupakan jenis fondasi dalam yang digunakan untuk mentransfer beban bangunan atau struktur ke lapisan tanah yang lebih dalam dan lebih kuat. Tiang pancang dipancangkan ke dalam tanah untuk mencapai lapisan tanah yang memiliki daya dukung yang memadai, sehingga dapat menahan beban yang diberikan oleh bangunan. Fondasi ini sering digunakan pada tanah dengan daya dukung rendah di permukaan atau pada proyek yang membutuhkan dukungan struktur yang kuat, seperti gedung bertingkat tinggi, jembatan, dan dermaga (Indriyanto, 2020).

2.4 Penyelidikan tanah

Penyelidikan tanah adalah proses penelitian atau pengujian terhadap kondisi fisik dan mekanik tanah di suatu lokasi yang bertujuan untuk memperoleh informasi yang akurat mengenai sifat-sifat tanah. Penyelidikan tanah sangat penting dalam perencanaan dan perancangan suatu bangunan atau infrastruktur, karena sifat tanah mempengaruhi pemilihan jenis fondasi yang tepat, stabilitas bangunan, dan keselamatan jangka panjang (Burland, 1990).

Penyelidikan tanah dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menahan beban yang diberikan oleh struktur yang akan dibangun. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, dapat ditentukan jenis fondasi yang sesuai dan perencanaan struktur yang optimal. Menurut Das (2011), penyelidikan tanah juga dapat digunakan untuk menilai potensi masalah geoteknik, seperti penurunan tanah, stabilitas lereng, dan potensi likuifaksi di daerah rawan gempa.

2.5 Pile Driving Analyzer (PDA) Test

PDA test adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengukur respon tiang pancang selama proses pemasangan. Alat ini dapat mengukur kecepatan dan akselerasi tiang, serta memberikan informasi yang lebih tepat mengenai daya dukung tiang pancang.

Menurut Aoki (2005), PDA Test memberikan data real-time yang dapat digunakan untuk mengoreksi estimasi daya dukung tiang pancang yang dihitung menggunakan metode N-SPT, sehingga memberikan hasil yang lebih akurat.

Metode *CASE* dan metode *CAPWAC* digunakan untuk menganalisis hasil pengukuran, dan prinsip dasar dijelaskan sebagai berikut:

Pengenalan Prinsip Metode *CASE*

Asumsi perkiraan dari metode *CASE*:

1. Impedansi tubuh tiang adalah konstan, yaitu, area penampang tubuh tiang tidak berubah, material tubuh tiang homogen dan tidak ada cacat yang jelas.
2. Hanya mempertimbangkan redaman dinamis di dasar tiang, mengabaikan redaman dinamis dari tanah sisi tiang, dan redaman statis selalu tetap konstan.
3. Gelombang tegangan tidak mengalami konsumsi energi dan distorsi sinyal dalam proses transmisi.
4. Hambatan gesekan pada setiap titik di sisi tiang tidak berubah dalam periode waktu ($t_1 \sim t_1 + 4l/c$).

Diasumsikan bahwa waktu puncak kecepatan benturan t_1 , waktu refleksi dasar tiang yang bersesuaian $t_2 = t_1 + 2L/C$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek Jalan Tol ruas Kuala Tanjung - Indrapura, yang terletak di Provinsi Sumatera Utara. Lokasi ini memiliki karakteristik tanah yang beragam, mulai dari pasir sampai lempung, yang mempengaruhi daya dukung tanah untuk fondasi tiang pancang.

3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari proyek jalan tol ruas Kuala Tanjung - Indrapura terdiri dari dua jenis pengujian:

- a) N-SPT: Data N-SPT diambil dari beberapa titik pengeboran yang dilakukan di ruas tol Kuala Tanjung - Indrapura. Pengujian ini memberikan informasi mengenai kepadatan tanah dan kedalaman masing-masing lapisan tanah.
- b) PDA Test: Pengujian PDA dilakukan pada beberapa tiang pancang yang telah dipasang di lokasi penelitian untuk memperoleh data mengenai daya dukung tiang secara langsung. Pengujian dilakukan dengan menggunakan konsep gelombang 1(satu) dimensi yang

diakibatkan oleh pukulan pada kepala tiang tersebut. Dengan pukulan energi palu akan membuat gelombang merambat melalui tiang. Dalam tes ini menggunakan dua alat yakni *straining gauge* dan *accelerometer*. Untuk satu tiang dipasang.

3.3 Prosedur Analisis

- a) Analisis Daya Dukung Berdasarkan N-SPT: Menggunakan rumus empiris seperti *Meyerhof* (1956) atau *Tomlinson* (2001) untuk menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil N-SPT.
- b) PDA Test : Menggunakan Analisis Hasil/Output RSM-WAP
- c) Perbandingan dan Evaluasi: Hasil dari kedua metode tersebut dibandingkan untuk menelaikurasi dan keandalannya dalam menentukan daya dukung fondasi tiang pancang.

3.4 Tahap Penelitian

Dalam mencapai tujuan penelitian yang dilakukan penulis untuk membantu penulisan skripsi, Penulis dapat melakukan Langkah - Langkah sebagai berikut:

- a. Tahap Pertama
Kumpulkan berbagai literatur yang berhubungan dengan subjek ini, termasuk jurnal penelitian dan artikel ilmiah.
- b. Tahap Kedua
Pengumpulan informasi penelitian tanah dari proyek Jalan Tol Ruas Kuala Tanjung - Indrapura.
- c. Menganalisis data lapangan menggunakan buku dan literatur lain yang relevan dengan pembuatan skripsi ini.
- d. Tahap Keempat
Peneliti membandingkan daya dukung fondasi tiang pancang berdasarkan data sekunder yang didapat dari Proyek Jalan Tol Ruas Kuala Tanjung - Indrapura.
- e. Menarik Kesimpulan setelah Perbandingan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

- a) Berdasarkan hasil pengujian dengan bor mesin pada kedalaman 32 m, jenis tanah yang didapat adalah pasir halus berlanau, dimana pada kedalaman tersebut, *N-SPT* yang didapat adalah 10, artinya tingkat kepadatan relatif dari lapisan pasir yaitu lepas.
- b) Berdasarkan hasil pengujian dengan bor mesin pada kedalaman 36 m, jenis tanah yang didapat adalah lempung berlanau, dimana pada kedalaman tersebut, *N-SPT* yang didapat adalah 20, artinya tingkat kepadatan relatif dari lapisan lempung yaitu sangat kaku.

- c) Berdasarkan hasil pengujian dengan bor mesin pada kedalaman 48 m, jenis tanah yang didapat adalah lempung berpasir halus, dimana pada kedalaman tersebut, *N-SPT* yang didapat adalah 19, artinya tingkat kepadatan relatif dari lapisan lempung yaitu keras
- d) Berdasarkan hasil pengujian N-SPT dan dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode Mayerhoff, didapatkan daya dukung izin tiang pancang pada kedalaman 32 m adalah 49.92 Ton, pada kedalaman 36 m adalah 88.69 Ton, pada kedalaman 48 m adalah 110.66 Ton.
- e) Berdasarkan hasil *PDA Test* yang telah dianalisis dengan menggunakan metode *CAPWAP* pada kedalaman 32 m didapatkan hasil daya dukung *ultimit* tiang pancang sebesar 421.77 Ton, Pada kedalaman 36 m didapatkan hasil daya dukung *ultimit* tiang pancang sebesar 375.60 Ton, dan pada kedalaman 48 m didapatkan hasil daya dukung *ultimit* tiang pancang sebesar 374.82 Ton.
- f) Daya dukung izin tiang pancang pada hasil *PDA Test* didapatkan setelah dibagikan dengan *safety factor (SF)* sebesar 2.5 pada kedalaman 32 m adalah 168.70 Ton, pada kedalaman 36 m adalah 150.24 Ton, dan pada kedalaman 48 m adalah 149.92 Ton.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian, daya dukung fondasi tiang pancang dengan menggunakan *PDA Test* memberikan persentase angka yang lebih tinggi dibandingkan dengan *N-SPT*, ini bisa menunjukkan bahwa tiang yang dipasang memiliki kapasitas lebih besar dari yang diindikasikan oleh tes *N-SPT*.
2. Berdasarkan analisis dari penelitian sebelumnya dan lanjutan, diperoleh bahwa daya dukung tiang pancang hasil perhitungan menggunakan data N-SPT dengan metode *Meyerhoff* cenderung lebih kecil dibandingkan hasil pengujian dinamik menggunakan *PDA Test*.
3. Pada pengujian *N-SPT*, semakin dalam titik pengujiannya didapatkan daya dukung izin tiang pancang yang semakin besar.
4. *N-SPT* mengukur ketahanan tanah dengan cara mengetes penetrasi batang standar ke dalam tanah. Namun, hasil *N-SPT* bisa terpengaruh oleh banyak faktor, seperti jenis tanah atau kedalaman. Kapasitas daya dukung tanah yang diukur dengan *N-SPT* mungkin tidak selalu mencerminkan kapasitas tiang yang sesungguhnya.

5. *PDA Test* mengukur respon tiang langsung selama proses pemancangan dan memberikan informasi tentang kapasitas beban tiang itu sendiri, termasuk faktor-faktor seperti kekakuan dan integritas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Aoki, T., 2005. *Pile Driving Analyzer: Theory and Applications*. Geotechnical Testing Journal.
- [2]. ASTM D 1586. 1958. *Pengujian Standart Penetration Test*.
- [3]. ASTM D 4945. (Standart Test Methode for High Strain Dynamic Testing of Deep Foundations) Metode Pelaksanaan PDA Test.
- [4]. Bergman, A., et al., 2012. *Soil Mechanics*. Wiley.
- [5]. Das, B. M., 2007, *Principles of Foundation Engineering. Sixth Edition*, North America: Nelson.
- [6]. Gunawan. 1991. *Pengantar Ilmu Bangunan*. Yogyakarta: Kanisius.
- [7]. Hardiyatmo, H. C., 2008. *Teknik Pondasi II*, Edisi Keempat, Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.
- [8]. Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [9]. Hardiyatmo, H.C., 2011, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Edisi Kedua. Gadjah Mada University Press.
- [10]. HS, Sardjono. 1990, *Pondasi Tiang Pancang, jilid I*, Surabaya, PT Sinar Wijaya. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [11]. Meyerhof, G. G., 1956, *Penetration Tests and Their Application to the Design of Foundations*. Canadian Geotechnical Journal.
- [12]. Sardjono, H.S., 1988. *Pondasi Tiang Pancang*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- [13]. Tomlinson, M. J., 2001, *Foundation Design and Construction*. Prentice Hall.
- [14]. Wang, Z., et al., 2016. *Application of N-SPT and PDA in Pile Design*. International Journal of Geotechnical Engineering.