

ANALISIS KAPASITAS FONDASI TIANG PANCANG DI DERMAGA LABUHAN LOMBOK *Analysis of Pile Foundation Capacity at Labuhan Lombok Wharf*

Rini Lestari* Hariyadi** Hafiz Hamdani*

*Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
Jl. KH Ahmad Dahlan No. 1 Pagesangan, Mataram, Indonesia

**Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram
Jl. Majapahit No 62, Mataram, Indonesia

Email : arinislestari24@gmail.com, hariyadi@unram.ac.id, hafiz.hamdani@ummat.ac.id

Manuscript received: 01 Agustus 2024

Accepted: 30 September 2024

Abstrak

Fondasi tiang pancang adalah fondasi dalam yang berfungsi untuk menstabilkan sambungan struktur dan mentransfer beban ke lapisan tanah keras. Penilaian kemampuan tiang memerlukan analisis setelah pemasangan. Kapasitas tiang dihitung dari data pelaksanaan pemancangan menggunakan data kalendering. Dalam penelitian ini, analisis kapasitas tiang pancang dilakukan dengan menggunakan tiga persamaan dinamik, yaitu: metode Hilley (1930), persamaan Gates (1957), dan persamaan Navy-Mckay. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan ketiga metode tersebut guna menentukan metode yang paling tepat dalam mengukur kapasitas tiang. Setelah melakukan analisis dengan metode-metode tersebut, maka dihasilkan kapasitas dukung tiang tunggal berdasarkan persamaan Hilley (1930), persamaan Gates (1957) dan persamaan Navy-Mckay berturut-turut sebesar 7194,56 ton; 21196,88 ton; dan 58524,24 ton. Dikarenakan persamaan Hilley (1930) lebih rendah dari pada metode lainnya, maka metode Hilley (1930) dianggap lebih aman.

Kata kunci : Metode dinamik, Kapasitas tiang tunggal, Penurunan tiang, Kapasitas kelompok tiang.

PENDAHULUAN

Dermaga Labuhan Lombok sebagai infrastruktur penting untuk kegiatan perikanan memerlukan fondasi yang kokoh dan memiliki daya dukung yang kuat. Fondasi tiang pancang digunakan untuk mentransferkan beban dari struktur yang berada di atasnya ke lapisan tanah yang lebih dalam. Kemampuan fondasi dalam menahan beban diperlukan sebagai dasar perencanaan. Namun setelah fondasi dipasang di lapangan, analisis tiang perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan yang sebenarnya. Kapasitas tiang pancang dapat dihitung menggunakan data yang diperoleh dari hasil pemancangan, yaitu dengan data hasil kalendering yang diambil pada saat pelaksanaan pemancangan. Analisis dilakukan dengan beberapa persamaan dinamik yang dikenal memiliki akurasi tinggi dalam menganalisis kapasitas tiang pancang tunggal menggunakan data kalendering. Persamaan yang akan digunakan meliputi metode Hilley (1930), Gates (1957), dan persamaan Navy-Mckay. Dalam perencanaan fondasi ketelitian dan kecermatan sangat penting agar setiap fondasi mampu menahan beban yang telah ditetapkan atau bahkan beban mencapai beban maksimum yang mungkin muncul. Oleh karena itu, evaluasi dari beberapa metode diperlukan untuk mendapatkan nilai daya dukung fondasi yang aman. Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk menganalisis kapasitas tiang tunggal (Q_a) menggunakan berbagai metode, membandingkan hasil analisis kapasitas tiang tunggal dari metode yang digunakan, memeriksa hubungan antara kapasitas tiang pancang (Q_a) dengan penetrasi tiang (s), dan mengevaluasi kapasitas kelompok tiang dengan menggunakan persamaan *Converse-Labarre*.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian Aditiya, (2023) yang berjudul Analisis Perbandingan Kapasitas Tiang Pancang Tunggal Dari Beberapa Metode Terhadap Data Kalendering di Jalan Lintas Timur Sumatera menunjukkan hasil analisis kapasitas tiang pancang berdasarkan data kalendering dengan metode persamaan *Hiley* (1930), *Gates* (1957), *Navy-Mckay*, *Janbu* (1953) menunjukkan hasil yang bervariasi. Metode *Hiley* (1930) memberikan kapasitas yang paling rendah dibandingkan metode lainnya, yaitu sebesar 38607,43 kN pada ABT-A1 dan 39578,42 kN pada ABT-A2.

Rumus dinamik tiang pancang digunakan sebagai dasar untuk menganalisis kapasitas dukung tiang pancang tunggal menggunakan pendekatan dinamik. Analisis ini tidak memperhitungkan perilaku tanah di bawah kelompok tiang pancang dalam mendukung struktur, berkurangnya hambatan gesekan pada sisi tiang akibat pengaruh kelompok tiang, serta perubahan struktur tanah akibat proses pemancangan (Hardiyatmo, 2018).

Rumus dinamik mengasumsikan bahwa ketahanan tanah selama pemancangan setara dengan kapasitas tiang saat menahan beban statis. Asumsi ini didasarkan pada hubungan antara dukungan tiang pancang dan energi yang diterapkan selama pemancangan (Hardiyatmo, 2018).

Menurut Yusti, (2014), besarnya beban kerja (*working load*) atau kapasitas dukung ijin tiang (Q_a) yang mempertimbangkan faktor keamanan terhadap keruntuhan, diperoleh dengan membagi kapasitas dukung ultimit tiang (Q_u) dengan faktor aman (F) yang sesuai.

$$Q_a = \frac{Q_u}{F} \dots\dots\dots (1)$$

dengan: Q_a = kapasitas dukung tiang yang diizinkan (ton), Q_u = kapasitas maksimum tiang (ton), F = faktor keamanan.

Menentukan kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan data kalendering dilakukan sebagai berikut:

1. Metode *Hilley* (1930)

Metode *Hilley* (1930) merupakan salah satu metode untuk menghitung daya dukung fondasi tiang pancang dengan menggunakan analisis dinamik (Bowles, 1988 Jilid 2).

$$Q_u = \frac{e_h W_r h}{s + \frac{1}{2}(k_1 + k_2 + k_3)} \frac{W_r + n^2 W_p}{W_r + W_p} \dots\dots\dots (2)$$

Dalam buku *Teknik Fondasi II* untuk pemukul dengan aksi dobel atau diferensial, *Chellis* (1961) merekomendasikan penyesuaian terhadap persamaan *Hilley* (1930):

$$Q_u = \frac{e_h E_h}{s + \frac{1}{2}(k_1 + k_2 + k_3)} \frac{W_r + n^2 W_p}{W_r + W_p} \quad (\text{faktor aman, } F = 4) \dots\dots\dots (3)$$

Nilai E_h didasarkan pada berat ekivalen W dan tinggi jatuh ram, yaitu:

$$E_h = W_r h \dots\dots\dots (4)$$

2. Metode *Gates* (1957)

Pada persamaan *Gates* (1957) perhitungan dapat dilakukan menggunakan rumus berikut (Bowles J.E, 1988 Jilid 2).

$$Q_u = a \sqrt{e_h E_h} \times (b - \log s) \quad (\text{faktor aman, } F = 3) \dots\dots\dots (5)$$

3. Metode Navy – Mckay

Bowles, (1988) menjelaskan metode ini menggunakan nilai *safety factor* (SF) sebesar 6. *Navy-Mckay* memberikan persamaan untuk menentukan daya dukung tiang pancang berdasarkan data uji dari kalendering, yang disajikan pada persamaan 2-10 (Bowles, 1988 Jilid 2).

$$Q_u = \frac{e_h E_h}{s(1+0,3\frac{W_p}{W_r})} \quad (\text{faktor aman, } F = 6) \quad \dots\dots\dots (6)$$

Kapasitas kelompok tiang yang mempertimbangkan faktor efisiensi tiang dinyatakan melalui persamaan berikut (Bowles J.E, 1988 Jilid 2).

$$Q_g = E_g n Q_a \quad \dots\dots\dots (7)$$

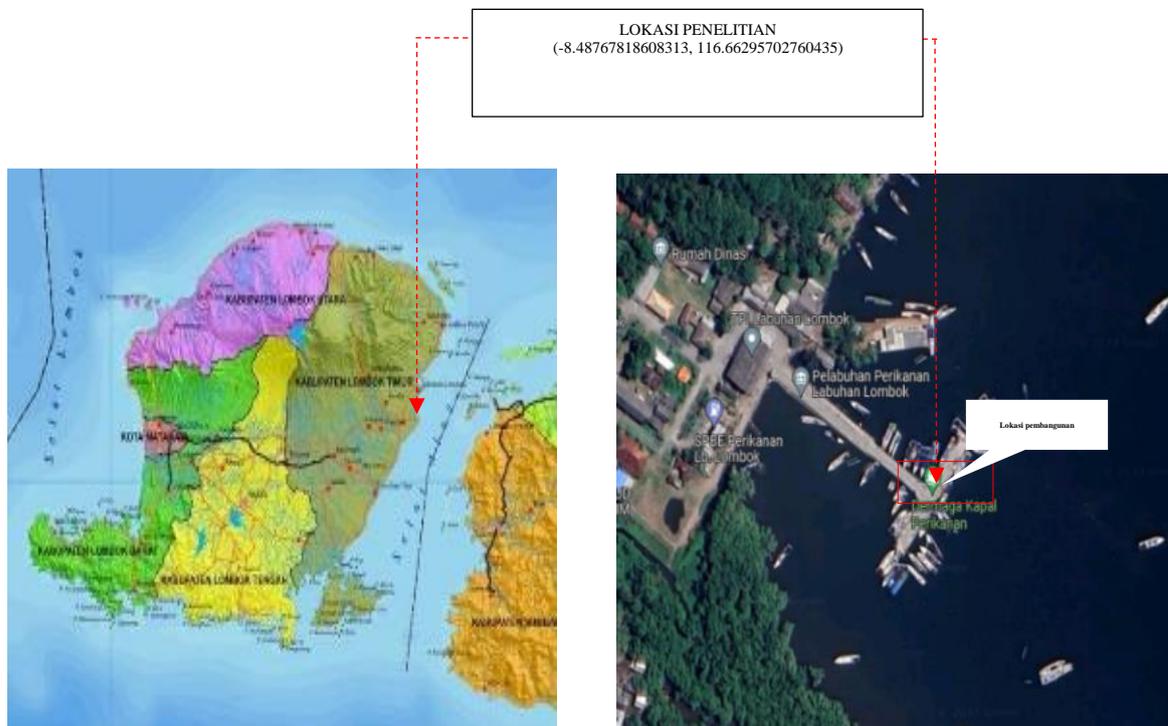
Dalam buku *Analisis dan Desain Fondasi*, salah satu rumus efisiensi tiang yang direkomendasikan adalah formula *Converse-Labarre*, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m+(m-1)n'}{90mn'} \quad \dots\dots\dots (8)$$

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggabungkan analisis deskriptif dengan analisis prosedur. Metodologi penelitian ini melibatkan analisis data-data dari lokasi penelitian.

Lokasi pelaksanaan studi penelitian untuk tugas akhir ini berada pada Pelabuhan Perikanan Labuhan Lombok, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat dengan letak koordinat terdapat pada 08°-29'-15" LS dan 116°-39'-42" BT. Dermaga Labuhan Lombok ini telah diperpanjang dengan masa pengerjaan sejak 06 Juli 2023 sampai 03 Desember 2023 dengan panjang total dermaga 40 m.



Gambar 1 Lokasi Penelitian
 Sumber: Google Earth, 2024

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Tiang dan Data Kalendering

Proyek pembangunan dermaga perikanan Labuhan Lombok menggunakan fondasi tiang dengan spesifikasi tiang sebagai berikut:

1. Jenis fondasi tiang pancang berupa beton pracetak
2. Diameter : 60 cm
3. Jumlah tiang pancng : 33 titik
4. Rencana kedalaman : 30 m

Analisis Kapasitas Tiang Tunggal

Perhitungan daya dukung maksimum tiang tunggal (Q_u) dan kapasitas ijin tiang (Q_a) dengan menggunakan data kalendering, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. *Hilley* (1930)

Dengan menerapkan Persamaan (2) dan (3), berikut adalah metode untuk menentukan kapasitas maksimum tiang tunggal berdasarkan data kalendering yang diperoleh pada 33 titik pemancangan sebagai berikut:

Diketahui :

Properti tiang sebagai berikut:

$$D = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$T = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D^2 - (D - 2T)^2) \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,6^2 - (0,6 - 2 \times 0,1)^2) = 0,157 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$L = 31,00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_p &= 2400 \times A_s \times L \\ &= 2400 \times 0,157 \times 31,00 = 11680,0 \text{ kg} = 11,68 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kapasitas ultimit tiang untuk titik A1 sebagai berikut:

$$e_h = 0,85$$

$$W_r = 6,50 \text{ ton}$$

$$h = 2,00$$

$$s = 0,24 \text{ cm} = 0,0024 \text{ m}$$

$$k = 0,40 \text{ cm} = 0,0040 \text{ m}$$

$$n = 0,5$$

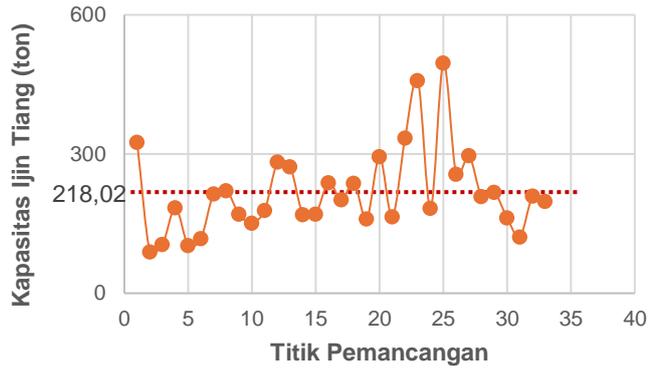
Dikarenakan nilai rebound (k) sudah diketahui sebelumnya maka:

$$Q_u = \frac{e_h W_r h}{s + \frac{1}{2}(k_1 + k_2 + k_3)} \times \frac{W_r + n^2 W_p}{W_r + W_p}$$

$$Q_u = \frac{0,85 \times 6,50 \times 2,00}{0,0024 + \frac{1}{2}(0,0040)} \times \frac{6,50 + 0,5^2 \times 11,68}{6,50 + 11,68} = 1301,24 \text{ ton}$$

Oleh karena itu kapasitas ijin tiang untuk titik A1 adalah:

$$Q_a = \frac{Q_u}{f} = \frac{1301,24}{4} = 325,31 \text{ ton}$$



Gambar 2 Hasil Kapasitas Ijin Tiang (Qa) Persamaan Hilley

2. Gates (1957)

Dengan menerapkan Persamaan (2) dan (5), berikut adalah cara menentukan kapasitas maksimum tiang tunggal berdasarkan data kalendering yang diperoleh dari 33 titik pemancangan dapat diuraikan sebagai berikut:

Diket :

- a = 104,5 SI
- b = 2,4 SI
- eh = 0,85
- Wr = 6,50 ton
- h = 2,00 m
- s = 0,0024

Maka kapasitas ultimit tiang untuk titik A1 adalah:

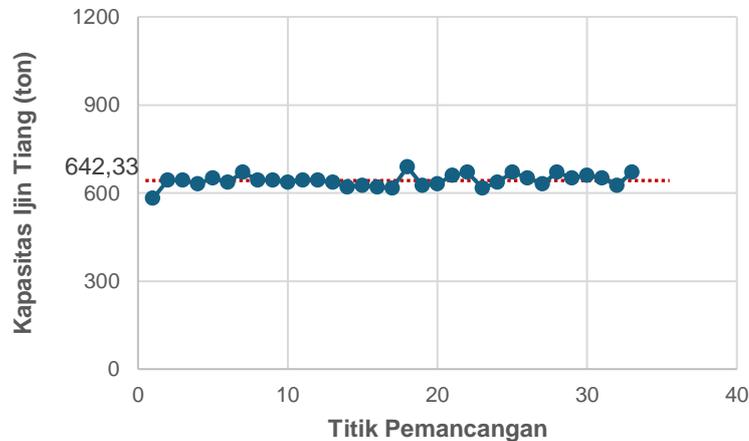
$$Q_u = a\sqrt{e_h E_h} \times (b - \log s)$$

$$Q_u = 104,5\sqrt{0,85 \times 6,50 \times 2,00} \times (2,4 - \log 0,0024) = 1743,74 \text{ ton}$$

Sehingga kapasitas ijin tiang untuk titik A1 adalah:

$$Q_a = \frac{Q_u}{f}$$

$$Q_a = \frac{1743,74}{3} = 581,25 \text{ ton}$$



Gambar 3 Menunjukkan Hasil Kapasitas Dukung Tiang (Qa) Berdasarkan Persamaan Gates

3. Navy-Mckay

Dengan menerapkan Persamaan (2) dan (6), berikut adalah metode untuk menentukan kapasitas maksimum tiang tunggal berdasarkan data kalendering yang diperoleh pada 33 titik pemancangan, dapat dijelaskan sebagai berikut:

Diket :

$$e_h = 0,85$$

$$W_r = 6,50 \text{ ton}$$

$$h = 2,00 \text{ m}$$

$$A_s = 0,157 \text{ m}^2$$

$$L = 31,00 \text{ m}$$

$$W_p = 2400 \times A_s \times L$$

$$= 2400 \times 0,157 \times 31,00 = 11,68 \text{ ton}$$

$$s = 0,0024 \text{ m}$$

Maka kapasitas ultimit tiang untuk titik A1 sebagai berikut:

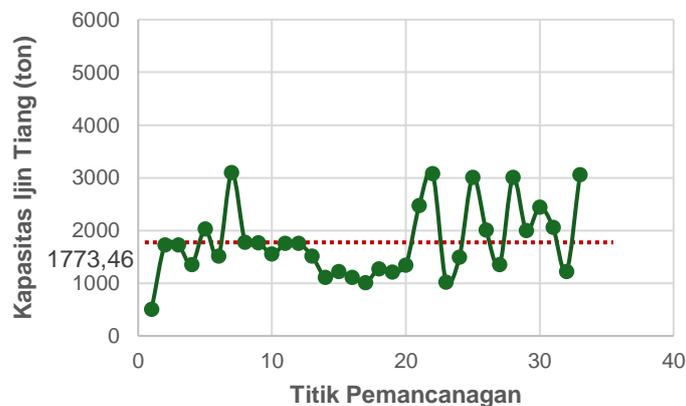
$$Q_u = \frac{e_h E_h}{s(1+0,3\frac{W_p}{W_r})}$$

$$Q_u = \frac{0,85 \times 6,50 \times 2,00}{0,0024(1+0,3\frac{11,68}{6,50})} = 2991,44 \text{ ton}$$

Sehingga kapasitas ijin tiang untuk titik A1 adalah:

$$Q_a = \frac{Q_u}{f}$$

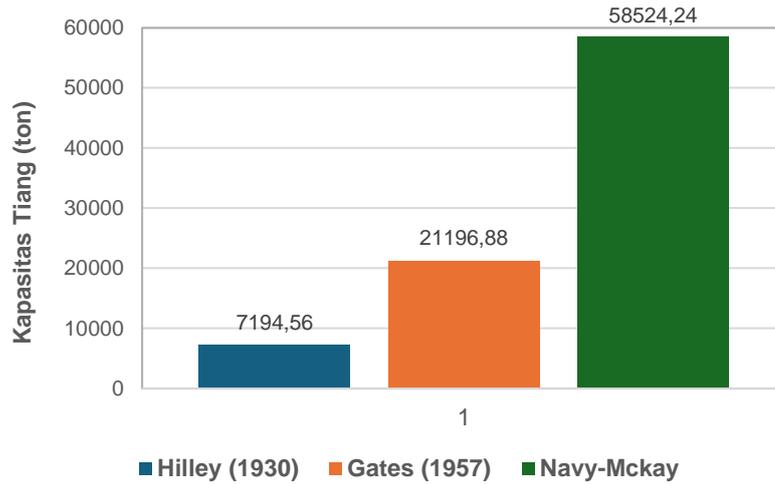
$$Q_a = \frac{2991,44}{6} = 498,57 \text{ ton}$$



Gambar 4 Hasil Kapsitan Ijin Tiang (Q_a) Navy-Mckay

Hasil Analisis Kapasitas Dukung Tiang Tunggal

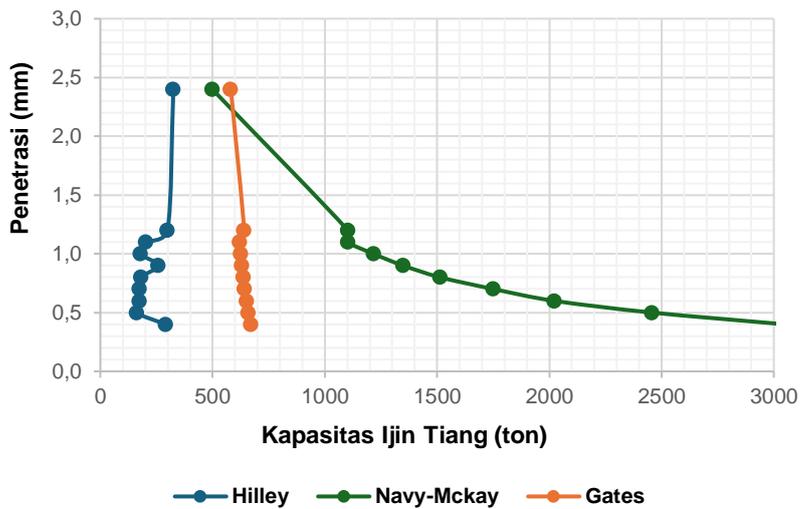
Berdasarkan hasil analisis kapasitas tiang tunggal menggunakan data kalendering dengan tiga metode persamaan yang berbeda-beda, yaitu persamaan *Hilley* (1930), persamaan *Gates* (1957), serta persamaan *Navy-Mckay*. Metode persamaan *Hilley* (1930) menghasilkan kapasitas tiang tunggal yang lebih kecil dari nilai metode lainnya sebesar 7.194,56 ton, sedangkan metode *Gates* (1957) memberikan hasil yang mendekati dengan nilai metode *Hilley* yaitu sebesar 21.196,88 ton, namun pada metode *Navy-Mckay* menunjukkan hasil kapasitas tiang tunggal yang lebih besar sebesar 58.524,24 ton.



Gambar 5 Hasil Analisis Kapasitas Tiang Tunggal

Hubungan Antara Kapasitas Tiang dan Penetrasi Tiang

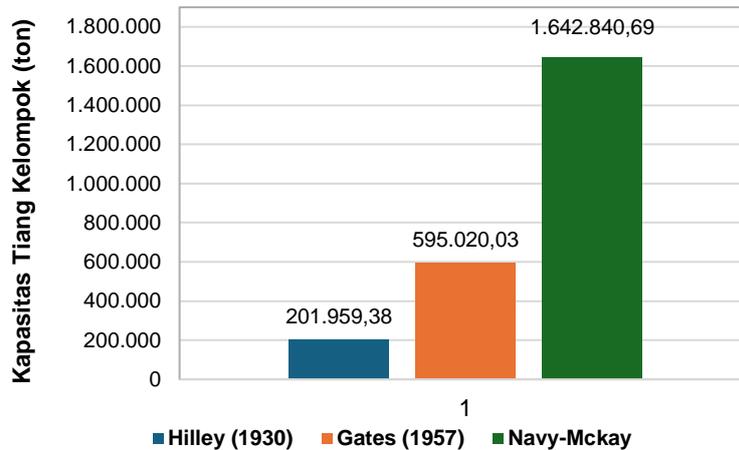
Dari hasil analisis kapasitas tiang tunggal pada setiap titik pemancangan maka dapat pula dibuat grafik hubungan antara kapasitas tiang tunggal dengan penetrasi tiang, adapun grafik tersebut sebagai berikut:



Gambar 6 Hubungan Kapasitas Tiang dengan Penetrasi Tiang

Gambar di atas menggambarkan grafik penurunan yang menunjukkan hubungan terbalik antara nilai penetrasi dan kapasitas tiang dimana semakin kecil penetrasi akibat beban pukulan maka semakin besar daya dukung yang diperoleh sebaliknya semakin besar nilai penetrasi akibat beban pukulan maka semakin kecil daya dukung yang diperoleh. Hal tersebut berlaku untuk metode *Gates* dan *Navy-Mckay* meskipun pada metode *Gates* daya dukung meningkat sangat kecil ketika penetrasi yang terjadi kecil akibat beban pukulan tersebut. Namun pada metode *Hilley* tidak diperoleh korelasi yang logis karena perbedaan nilai penetrasi menghasilkan daya dukung yang relatif sama besar bahkan menurun.

Kapasitas Kelompok Tiang Berdasarkan Formula *Converse-Labarre*



Gambar 7 Kapasitas Kelompok Berdasarkan Formula *Converse-Labarre*

Hasil analisis kapasitas kelompok tiang menggunakan metode *Converse-Labarre* menunjukkan nilai kapasitas kelompok tiang (Q_g) paling rendah pada metode *Hilley* (1930) dengan kapasitas sebesar 201.959,38 ton. Metode *Gates* (1957) menunjukkan nilai sebesar 595.020,03 ton. Sedangkan metode *Navy-Mckay* memberikan hasil yang lebih tinggi sebesar 1.642.840,69 ton.

Pembahasan Hasil Analisis

Hasil analisis kapasitas tiang dengan menggunakan rumus dinamis, diperoleh bahwa persamaan *Hilley* cenderung selalu lebih rendah dari pada metode lainnya dan hampir mendekati metode *Gates*. Meskipun selisih keduanya sekitar 14.002,32 ton. Namun, perbedaan yang cukup signifikan terlihat ketika hasil dari metode *Navy-Mckay* dibandingkan, dimana metode *Navy-Mckay* menunjukkan selisih jauh lebih besar, sekitar 51.329,68 ton lebih tinggi dari metode *Hilley*. Hal ini terjadi karena pada metode *Gates* (1957) hanya mempertimbangkan berat ram (W_r) dan tinggi jatuh pemukul (h) tanpa memperhitungkan faktor-faktor seperti luas tiang (A), panjang tiang (L), dan koefisien restitusi (n). Metode *Navy-Mckay* menambahkan berat keseluruhan tiang (W_p) dan panjang tiang (L), namun tidak mempertimbangkan koefisien restitusi (n) dan rebound pada 10 pukulan terakhir (k). Namun metode *Hilley* (1930) mempertimbangkan beberapa faktor seperti panjang tiang pancang (L), bantalan kepala pada tiang (koefisien restitusi), luas penampang tiang (A), tinggi jatuh pemukul (h), efisiensi pemukul (eh), berat keseluruhan tiang (W_p) dan rata-rata *rebound* pada 10 pukulan terakhir (k). Oleh karena itu metode ini memberikan hasil terkecil sehingga dianggap paling aman.

Berdasarkan hasil analisa hubungan antara penetrasi tiang dengan kapasitas ijin, seperti yang ditunjukkan pada grafik sebelumnya, terlihat bahwa pada metode *Gates*, penetrasi sebesar 0.4 mm menghasilkan daya dukung sebesar 671,35 ton, sedangkan pada penetrasi 2,4 mm menghasilkan daya dukung sebesar 581,25 ton. Hal serupa terjadi pada metode *Navy-Mckay*, dimana penetrasi 0,4 mm menghasilkan daya dukung sebesar 3049,09 ton sedangkan pada penetrasi 2,4 mm menghasilkan daya dukung sebesar 498,57 ton. Ini menunjukkan bahwa semakin kecil penetrasi akibat beban pukulan maka semakin besar daya dukung yang diperoleh. Sebaliknya, semakin besar nilai penetrasi akibat beban pukulan maka semakin kecil daya dukung yang diperoleh. Hal tersebut berlaku untuk metode

Gates dan *Navy-Mckay*, meskipun pada metode *Gates* daya dukung meningkat sangat kecil ketika penetrasi yang terjadi kecil. Namun pada metode *Hilley* tidak diperoleh korelasi yang logis karena perbedaan penetrasi menghasilkan daya dukung yang hampir sama atau bahkan menurun. Hal ini terlihat ketika penetrasi sebesar 0,4 mm dan 1,2 mm memberikan hasil sebesar 290,24 ton dan 299,01 ton tetapi akan menurun pada penetrasi 1,0 sebesar 180,28 ton artinya pada saat benda atau material diuji dengan penetrasi sedalam 0,4 mm dan 1,2 mm, daya dukung yang dihasilkan menunjukkan nilai yang mirip. tetapi menurun pada penetrasi 1,0 mm yaitu sebesar 180,28 ton.

Hasil analisis kapasitas kelompok tiang berdasarkan faktor efisiensi dengan menggunakan metode *Converse-Labarre* menunjukkan bahwa metode *Hilley* (1930) menghasilkan nilai kapasitas kelompok tiang (Q_g) terendah, yaitu sebesar 201.959,38 ton. Metode *Gates* (1957) menunjukkan kapasitas sebesar 595.020,03 ton. Sedangkan metode *Navy-Mckay* memberikan hasil lebih tinggi, yakni 1.642.840,69 ton. Perbedaan ini terjadi karena nilai daya dukung tiang tunggal yang dihasilkan oleh masing-masing metode bervariasi, meskipun faktor efisiensi kelompok tiang tetap sama.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

- 1) Hasil analisis kapasitas tiang menggunakan rumus dinamik menunjukkan bahwa metode *Hilley* (1930) secara konsisten menghasilkan kapasitas tiang tunggal dan kapasitas tiang kelompok yang lebih rendah dibandingkan dengan metode lainnya. Sehingga dianggap lebih aman karena mempertimbangkan lebih banyak faktor dalam analisisnya.
- 2) Perbandingan antara ketiga metode tersebut adalah 1:3:8. Metode *Navy-McKay* menunjukkan hasil kapasitas tiang tunggal dan kelompok tiang yang paling besar di antara ketiga metode yang dibandingkan. Hal ini mencerminkan perbedaan pendekatan dalam mempertimbangkan faktor-faktor yang memengaruhi daya dukung tiang.
- 3) Pada metode *Gates* dan *Navy-McKay*, terdapat hubungan langsung antara penetrasi akibat beban pukulan dan daya dukung tiang. Semakin kecil penetrasi, semakin besar daya dukung yang diperoleh, dan sebaliknya. Namun, pada metode *Hilley*, tidak ditemukan hubungan yang jelas atau konsisten antara penetrasi dan daya dukung.

Saran

- 1) Mengingat bahwa metode *Navy-McKay* memberikan hasil kapasitas yang paling tinggi, disarankan untuk melakukan evaluasi lebih lanjut terhadap pendekatan yang digunakan dalam metode ini. Hal ini penting untuk memastikan bahwa faktor-faktor yang memengaruhi daya dukung tiang telah dipertimbangkan dengan baik dan untuk menghindari risiko yang mungkin timbul.
- 2) Diperlukan penelitian tambahan untuk memahami lebih dalam hubungan antara penetrasi dan daya dukung tiang, terutama dalam konteks metode *Hilley*. Penelitian ini dapat membantu mengidentifikasi faktor lain yang mungkin berpengaruh dan memberikan pemahaman yang lebih baik dalam analisis daya dukung tiang.

DAFTAR PUSTAKA

Aditiya, A., Tanjung, D., & Sarifah, J. (2023). Analisis Perbandingan Kapasitas Tiang Pancang Tunggal Dari Beberapa Metode Terhadap Data Kalendering Di Underpass Jalan Lintas Timur Sumatera Sta 11+140 Binjai-Sabat. *Jurnal Teknik Sipil (JTSIP)*, 2(1), 17-27. DOI: 10.30743/jtsip.v2i1.7653.

Bowles J.E. (1984). *Analisis dan Desain Fondasi Jilid I Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.

Bowles J.E. (1988). *Analisis dan Desain Fondasi Jilid II Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.

Hardiyatmo, H. C. (2010). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

Hardiyatmo, H. C. (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi I, Edisi Pertama*, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

Hardiyatmo, H. C. (2015). *Analisis dan Perancangan Fondasi II, Edisi Ketiga*, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

Hardiyatmo, H. C. (2018). *Teknik Fondasi II Edisi Keempat*, Yogyakarta, Gajah Mada University Press.

Tobing, B. M. L., & Munirwansyah, M. (2019). Perbandingan Kapasitas Penggunaan Formula Dinamis Pada Tiang Pancang Sebagai Kontrol Daya Dukung. *Journal of The Civil Engineering Student*, 1(3), 43-49.

Yusti, A., & Fahriani, F. (2014). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test dan CAPWAP (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel di Pangkalpinang). In *Forum Profesional Teknik Sipil* (Vol. 2, No. 1, p. 61239). Bangka Belitung University.