

Analisis Daya Dukung Axial Pondasi Tiang Pancang Dengan Menggunakan Metode Kalendering Hasil Uji Pile Driving Analyzer

Munirwansyah¹⁾, Reza P. Munirwan²⁾, Fauzan Mufid³⁾

^{1, 2, 3)}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
Email: nir_geotechnical@unsyiah.ac.id¹⁾ r.munirwan@unsyiah.ac.id²⁾,
mufiid99@gmail.com³⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v12i1.618>

(Received: September 2021 / Revised: January 2022 / Accepted: February 2022)

Abstrak

Pondasi adalah sebuah sistem rekayasa yang bekerja dengan meneruskan dan menopang beban serta beratnya sendiri ke tanah dasar (*bearing layer*) yang terletak di bawah pondasi. Jembatan Alue Lamteh merupakan jembatan yang berlokasi di Kecamatan Kuta Cot Glie, Kabupaten Aceh Besar berada pada koordinat 5°23'42,4" LU dan 95°29'35,9" BT. Jembatan ini masuk ke dalam Ruas Jalan Nasional Banda Aceh-Medan akan melayani pergerakan lalu lintas yang tergolong padat dengan banyak dilintasi oleh truk bermuatan besar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis daya dukung dinamis pondasi tiang pancang melalui penggunaan data pengujian kalendering pada pekerjaan jembatan tersebut dengan menggunakan metode formula dinamik, ada tiga metode analisis yang digunakan, yaitu masing masing menggunakan metode Danish, metode AASHTO dan metode Gates dengan menggunakan *data final set* (s) capaian yang diizinkan untuk masing metode sebesar 24, 16 dan 12 mm. Hasil analisis kapasitas daya dukung dinamik yang diperoleh dengan ketiga metode tersebut, yakni dengan menggunakan metode Danis. AASHTO dan Gates, masing-masing ditemukan daya dukung dinamik yang semakin meningkat dari 121,477 ton paling rendah, meningkat menjadi 241.047 ton dan menjadi 1267,051 ton sebagai daya dukung dinamis paling besar.

Kata kunci: *Pondasi tiang pancang, pengujian kalendering, formula dinamis, final set.*

Abstract

The foundation is an engineering system that works by transmitting and supporting the load and its own weight into the subgrade (*bearing layer*) located below it. The Alue Lamteh Bridge is a bridge located in Kuta Cot Glie District, Aceh Besar Regency with coordinates at 5°23'42.4" North Latitude and 95°29'35.9" East Longitude. The bridge that enters the Banda Aceh-Medan National Road Section has a relatively heavy traffic movement with many large trucks being traversed. The purpose of this study was to analyze the dynamic bearing capacity of the pile foundation using calendaring test data on the Alue Lamteh Bridge widening project using the dynamic formula method, namely using the the Danis method, AASHTO method and the Gates method. Based on the results of the calculation of the carrying capacity of the carrying capacity using the the Danis method, AASHTO method and the Gates method, it was found that the largest dynamic carrying capacity value was using the Gates method, with the final set value 24, 16 and 12 mm respectively. of 121.477 ton, 241.047 ton and 1267,051 tons. while the large value of dynamic carrying capacity is using the Gates method.

Keywords: *pile foundations, calendaring test, dynamic formula, final set.*

1. Latar Belakang

Perencanaan *sub-structure* pada lokasi jembatan Alue Lamteh ini perlu mendapat perhatian dan pertimbangan khusus pada sistem pondasi, karena jembatan ini senantiasa menampung beban dari kendaraan-kendaraan truk berbobot berat dan lalu lintas hariannya sangat padat. Lokasi jembatan ini berdekatan jaraknya dengan sumber beban khusus, yakni beban gempa yang bersumber dari; *Sumatera fault*, tumbukan lempeng subduksi *Indo-Australia* dengan *Euru-Asia*, *Seulimum fault* dan *Seulawah Vulcano*. Sehingga dalam tahap perencanaan jembatan tersebut sampai ke tahap pelaksanaan pembangunannya, kemampuan daya dukung pondasi perlu dikontrol dengan cermat dan akurat terhadap kapasitas daya dukung dinamik (*dynamic bearing capacity*) agar aman menahan beban yang disalurkan dari struktur atas (*upper-structure*) (Munirwan et al., 2020). Jembatan Alue Lamteh ini merupakan jembatan yang berlokasi di Kecamatan Kuta Cot Glie, Kabupaten Aceh Besar pada koordinat $5^{\circ}23'42,4''$ LU dan $95^{\circ}29'35,9''$ BT. Jembatan ini terdapat dalam ruas jalan Nasional Banda Aceh-Medan, seperti diperlihatkan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi proyek pembangunan Jembatan Alue Lamteh

Pondasi adalah sebuah elemen konstruksi yang bekerja untuk meneruskan beban-beban dari struktur atas ke lapisan tanah dasar (*bearing layer*) yang terletak pada profil tanah di bawah sebuah bangunan (Bowles, 1997). Jenis pondasi yang digunakan perlu disesuaikan dengan jenis dan kuat geser (*shear strength*) tanah setempat yang dapat dihitung berdasarkan hasil penyelidikan tanah lapangan pada lokasi pembangunan proyek (Munirwansyah et al., 2020).

Permasalahan yang umumnya terjadi pada konstruksi pondasi berkaitan dengan properties tanah dan lemahnya daya dukung tanah yang mengakibatkan penurunan pondasi berlebihan, tidak merata, keruntuhan (*break-up*) dan terjadi retak-retak pada komponen struktur jembatan (*upper-structure*) (Munirwansyah et

al., 2018) dan (Tobing, 2019). Lebih lanjut, “faktor yang menjadi dasar perhitungan pada pondasi *bor pile* dan pondasi tiang pancang diantaranya pada daya dukung tiang tunggal dan tiang kelompok, analisis dari gaya geser negatif, karena faktor-faktor ini menyebabkan terjadi tekanan ekstra” (Arifin, 2008).

Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis daya dukung dinamik pondasi tiang pancang melalui penggunaan data uji kalendering pada proyek jembatan Alue Lamteh dengan menggunakan metode formula-formula dinamik dari (Bowles, 1997), yaitu; metode Danish, AASHTO dan Gates.

Metode uji dinamik memiliki sifat yang lebih ekonomis dan efisien dibandingkan dengan uji beban secara statis dengan hasil pengujian yang dapat segera diketahui di lapangan. Selain itu juga waktu pengujian berlangsung relatif singkat, dimana dalam sehari dapat dilakukan pengujian beberapa pondasi tiang pancang dan dapat dilaksanakan pada area kerja yang terbatas (Santoso and Hartono, 2020).

Salah satu metode pengujian yang sering digunakan untuk mengontrol kinerja pondasi tiang pancang adalah metode kalendering dengan menggunakan data *final-set*. Metode kalendering biasanya digunakan pada saat pemancangan tiang pancang untuk mengetahui daya dukung tanah secara empiris, melalui perhitungan dengan data pada *formula dynamic* yang dihasilkan oleh alat tumbuk tiang pancang (Pratama, 2019). Kapasitas daya dukung yang harus dicapai oleh sebuah tiang pancang harus dapat menopang beban aksial yang disalurkan yang bekerja di atasnya dan memenuhi standard/specifikasi perencanaan (Mulyono, 2015).

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini memerlukan data deformasi aksial yang terjadi pada saat tiang pancang dimasukkan pada titik yang direncanakan di bawah abutmen dan pilar jembatan, data deformasi yang dimaksud adalah data kalendering yang sering digunakan juga dengan istilah data *final set* (s) yaitu jumlah deformasi aksial tiang pancang yang terjadi dalam jumlah tumbukan standard (dapat diperoleh dalam format kalendering) dari pencatatan di lapangan berupa goresan pada kertas milimeter. Dalam perhitungan menggunakan formula dinamis ini diperlukan data-data pendukung, yang berhubungan dengan pelaksanaan pemancangan di lapangan.

2.1 Metode Pemancangan Tiang

Tiang pancang yang digunakan dalam proyek pembangunan Jembatan Alue Lamteh ini merupakan *Precast Concrete Pile*, tipe *driven pile* dengan menggunakan metode pemancangan hammer tipe *diesel hammer D-3,5*. Mutu tiang pancang yang digunakan adalah $f_c'30$ MPa dengan diameter 50 cm dan panjang tiang pancang yang akan dimasukkan ke dalam tanah mencapai kedalaman 17.00 m. Metode pemancangan yang telah dilakukan pada Proyek Pelebaran Jembatan Alue Lamteh dapat dilihat seperti dalam Gambar 2. Kedalaman pemancangan yang dilakukan berpedomani pada gambar bestek yang tertera dalam dokumen *detail engineering design* (DED).

2.2 Metode Pengukuran Kalendering

Pengukuran uji kalendering dilakukan untuk mengamati ketahanan penetrasi pondasi tiang pancang pada profil tanah yang akan mendukung beban konstruksi yang disalurkan oleh pondasi tiang, baik untuk menganalisis nilai tahanan penetrasi

melalui tahanan selimut dan melalui tahanan ujung tiang, serupa juga disebut uji *driven pile analyzer (PDA)*. Pengujian ini seperti disebutkan di atas menggunakan *diesel hammer* seberat 3,5 ton. Analisis untuk mendapatkan nilai *final set* dengan cara mengukur nilai akumululasi dari *deformasi* penetrasi tiang, seperti diperlihatkan dalam Gambar 3. Nilai *final set* (s) yang diukur pada tiang pancang pada Proyek Pelebaran Jembatan Alue Lamteh, adalah ketika dilakukan pemancangan pada pondasi tiang nomor titik; HCP1.2 (*hammer concrete pile* pada abutmen-1 baris 2 nomor 2), HCP2.2 (*hammer concrete pile* pada abutmen-2 baris 2 nomor 2), HCP3.2 (*hammer concrete pile* pada abutmen-3 baris 2 nomor 2) dan HCP4.2 (*hammer concrete pile* pada abutmen-4 baris 2 nomor 2) dengan data hammer dan mutu tiang pancang beton. sebagai berikut; berat *hammer* 3,5 ton, tinggi jatuh hammer 2,50 meter, berat tiang pancang 5,13 ton berdiameter 50.00 cm, panjang tiang pancang 17.00 meter, mutu beton tiang pancang dirancang untuk kuat tekan (f_c') 30 MPa.



Gambar 2 Pemancangan *Driven Precast Concrete Pile* f_c' 30 MPa, HCP3.2.

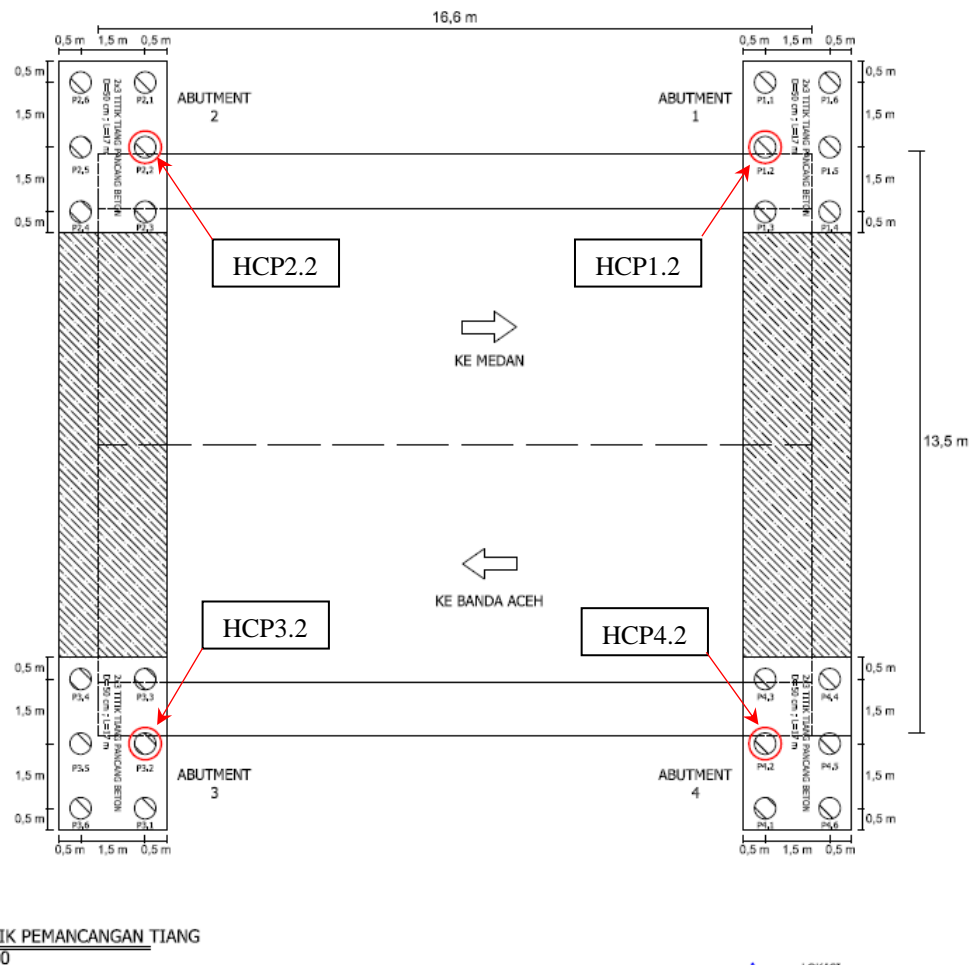


Gambar 3 Pengukuran total *deformasi* penetrasi tiang dan *final set* HCP3.2

2.3 Metode Analisis Daya Dukung Dinamik

Analisis daya dukung dinamik tiang pancang dilakukan dengan menggunakan data *final set* yang dianalisis di atas dengan menggunakan formula dinamik. Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini, menggunakan metode-metode; Danis, AASHTO dan metode Gates. Analisis daya dukung dinamik pondasi tiang dengan menggunakan ke tiga metode tersebut, dilakukan masing masing pada titik

pemancangan pondasi tiang nomor; HCP1.2, HCP2.2 HCP3.2 dan HCP4.2, seperti diperlihatkan dalam Gambar 4 (ditandai berlingkaran merah).



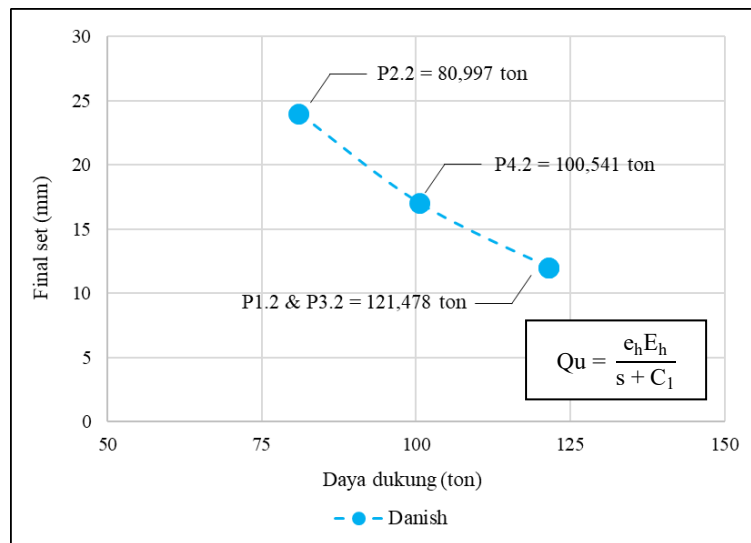
Gambar 4 Sebaran Titik Pengukuran total *deformasi* penetrasi dan *final set* HCP1.2, HCP2.2 HCP3.2 dan HCP4.2

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil analisis daya dukung dinamik tiang pancang yang di hitung dengan menggunakan ketiga metode formula dinamik Danis, AASHTO, dan Gates telah ditemukan daya dukung dinamik pondasi tiang pancang yang bervariasi dari masing-masing metode dan formula dinamik yang digunakan. Lebih jelas masing-masing hubungan dan korelasi yang diperoleh disajikan dalam bentuk grafik, seperti diperlihatkan dalam Gambar 5 s/d Gambar 7.

3.1 Hasil Kapasitas Daya Dukung Dinamik Dengan Metode Danish.

Perhitungan daya dukung tiang pancang dinamik dengan menggunakan formula (Q_u) metode Danish diperlihatkan seperti dalam grafik Gambar 5. Metode Danish ini menganjurkan menggunakan *safety factor* sebesar 3 untuk mendapatkan nilai daya dukung izin (Q_{all}).

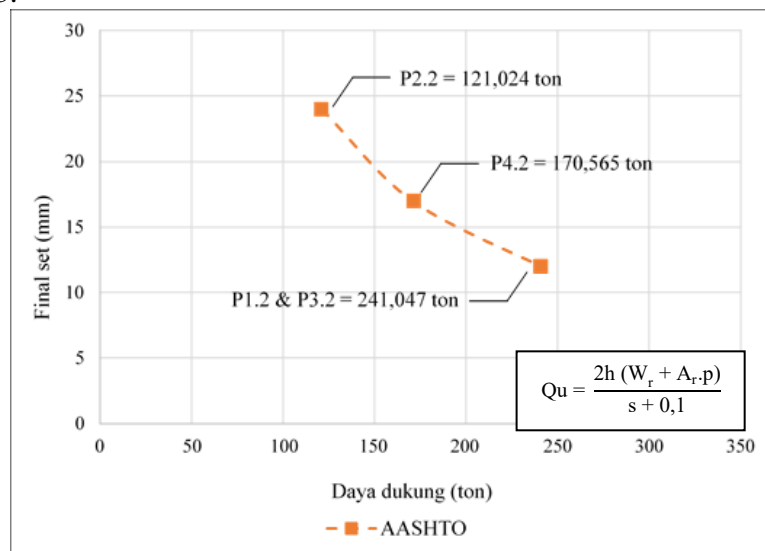


Gambar 5 Grafik hubungan antara nilai *final set* (s) dengan daya dukung dinamik, metode Danish.

Dalam Gambar 3 diperlihatkan bahwa nilai daya dukung dinamik semakin meningkat dengan semakin mengecilnya nilai *final set*. Mengecilnya final set berturut turut dari 24 mm, 16 mm dan 12 mm, diperoleh nilai daya dukung izin (Q_{all}) masing masing meningkat dari 80,997 ton, 100.541 ton dan paling sebesar 121,478 ton pada nilai *final set* (s) 12 mm.

3.2 Hasil Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Metode AASHTO

Perhitungan daya dukung tiang pancang dinamik yang dihitung dengan metode AASHTO diperlihatkan dalam grafik Gambar 6. Metode Danis menganjurkan *safety factor* (SF) sebesar 6, dua kali lebih besar dari metode Danis SF hanya 3.

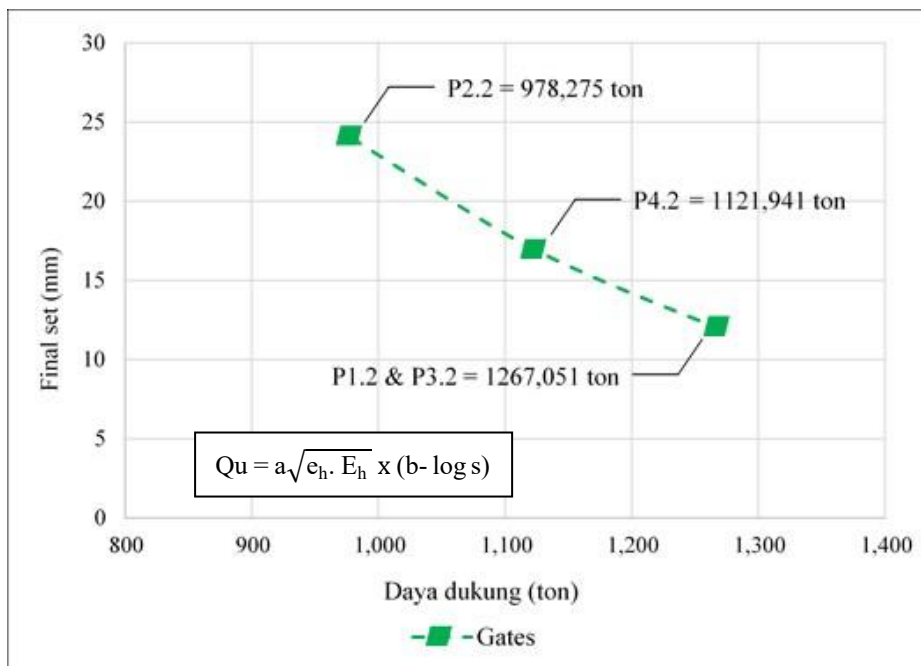


Gambar 6. Grafik hubungan antara nilai *final set* (s) dengan daya dukung dinamik, metode AASHTO.

Dalam Gambar 6 diperlihatkan bahwa nilai daya dukung dinamik juga semakin meningkat dengan semakin rendah nilai final set. Mengecilnya *final set* berturut turut dari 24 mm, 16 mm dan 12 mm, diperoleh daya dukung izin (Q_{all}) masing masing meningkat dari 121,024 ton menjadi 170.505 ton dan paling sebesar 241,047 ton pada nilai final set (s) 12 mm.

3.3 Hasil Kapasitas daya dukung tiang pancang metode Gates

Analisis daya dukung tiang pancang dinamik yang dihitung dengan metode Gates menganjurkan *safety factor* (SF) sebesar 3, sama besar dengan metode Danis atau setengah lebih kecil dari SF AASHTO, yaitu SF=3. Hasil analisis daya dukung dinamik dengan metode AASHTO ini, seperti diperlihatkan dalam Gambar 7.



Gambar 7 Grafik hubungan antara nilai *final set* (s) dengan daya dukung tiang pancang metode Gates.

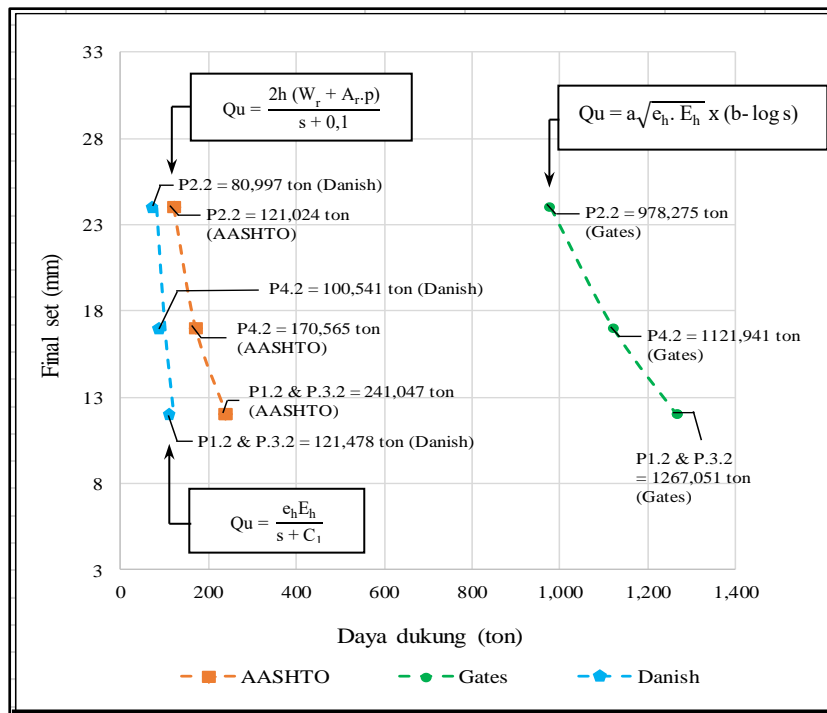
Seperti diperlihatkan dalam Gambar 7, bahwa nilai daya dukung tiang pancang dinamik yang dihitung dengan formula dinamik Gates (Q_u) serupa dengan metode metode lainnya bahwa daya dukung dinamik yang diperoleh semakin besar dengan mengecilnya nilai *final set*. Mengecilnya nilai *final set* dari 24 mm, 16 mm dan terendah 12 mm, masing masing diperoleh nilai daya dukung dinamik yang meningkat dari 978,275 ton menjadi 1121,421 ton dan daya dukung tertinggi sebesar 1267,051 ton pada nilai *final set* 12 mm.

3.4 Hubungan *Final Set* Dengan Metode Danis-ASHTO-Gates.

Dalam Gambar 8 diperlihatkan gabungan hubungan analisis kuantitatif dan kualitatif dalam bentuk grafik dari ketiga metode analisis daya dukung dinamik tiang pancang dengan nilai *final set* (s) menggunakan formula dinamis metode Danish, metode AASHTO dan metode Gates. Dapat diamati secara umum bahwa

metode Gates memberikan nilai daya dukung dinamik tiang pancang terbesar dibandingkan kedua metode lainnya seperti metode AASHTO yang moderate dan metode Danis memperlihatkan nilai daya dukung tiang pancang yang sangat rendah.

Dalam konsep *fundamental* geoteknik, terlihat bahwa pola grafik berperilaku yang sangat sesuai antara peningkatan daya dukung dinamik tiang yang meningkat karena mengecilnya nilai *final set* yang bahwa kekerasan profil tanah lebih kuat atau padat, *soil strength* akan lebih kuat dibandingkan dengan lapisan tanah yang memiliki *final set* besar.



Gambar 8 Grafik gabungan hubungan nilai *final set*-daya dukung dinamik menggunakan dinamik formula Danish, AASHTO dan Gates.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas daya dukung dinamik dengan metode Danish, AASHTO dan Gates pada semua titik pondasi yang dilakukan uji kalendering, didapat bahwa nilai kapasitas daya dukung dinamik terbesar terdapat dengan menggunakan dinamik formula Gates yaitu sebesar 1267,051 ton pada nilai *final set* 12 mm. Bahwa semakin besar nilai *final set* (s) maka nilai daya dukung dinamik yang dihasilkan akan semakin kecil dan sebaliknya apabila nilai (s) semakin kecil maka nilai daya dukung dinamik tiang pancang yang dihasilkan akan semakin besar. Daya dukung dinamik maksimum pada final set 12 mm, metode Gates memberikan nilai daya dukung dinamik tiang pancang terbesar dibandingkan kedua metode lainnya seperti metode AASHTO yang moderate dan metode Danis memperlihatkan nilai daya dukung tiang pancang yang sangat rendah.

4.2 Saran

Penelitian ini perlu dilanjut kembangkan untuk mengukur variasi nilai daya dukung dinamik dengan formula dinamik lainnya, seperti metode; Janbu, ENR-Modified, Navy-Mckay, Eytelwein, dan Hiley. Sehingga diperoleh nilai nilai perbandingan lainnya.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada Lembaga LPPM-USK, yang telah mendanai penelitian Skim PP 2021 dengan Kontrak No. 166/UN11/SPK/PNBP/2021, sehingga penulis dapat mempublikasi artikel ini. Semoga artikel ini berguna bagi masyarakat dan bagi insan akademik secara khusus. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada *Editor in chief* Teras Jurnal yang telah mempublikasi artikel ini. Kepada para tim peneliti yang ikut membantu sehingga telah terlaksananya penelitian dan turut berperan mempublikasikan artikel ini, juga turut kami ucapkan terima kasih.

Daftar Kepustakaan

- Arifin, 2008. Analisa Perbandingan Biaya Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang dan Bor Pile Jembatan Suramadu. *Neutron* 8, 1–13.
- Bowles, J.E., 1997. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, T., 2015. *Teknik Fondasi II*. JTS.FT.UNJ, Jakarta.
- Munirwan, R.P., Munirwansyah, M., Jamaluddin, K., Gunawan, H., Mubarak, A.Z., Ramadhansyah, P.J., Youventharan, D., 2020. Liquefaction Potential Analysis of Reusep Prestress Bridge in Pidie Jaya due to 6.4 Mw Earthquake. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* <https://doi.org/10.1088/1757-899X/712/1/012010>
- Munirwansyah, Irsyam, M., Munirwan, R.P., Yunita, H., Munirwan, H., 2020. Safety factors and stability analysis of escape hill critical high towards tsunami free-board and run-up level. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* <https://doi.org/10.1088/1757-899X/796/1/012036>
- Munirwansyah, M., Munirwan, R.P., Yunita, H., 2018. Geotechnical Engineering Aspect Related to Pidie Jaya–Aceh Earthquake Disaster and Mitigation. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.* 8, 870–875. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.3.4189>
- Pratama, R.R., 2019. Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Data Kalendering Pada Proyek Icon City Delta Mas, Cikarang Pusat, Bekasi. *J. Tek. Sipil Univ. Pakuan* 1–7.
- Santoso, H.T., Hartono, J., 2020. Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil Uji Spt Dan Pengujian Dinamis. *J. Ris. Rekayasa Sipil* 4, 30. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v4i1.44635>

- Struyk, H.J., Van der Veen, K.H.C.W., 1984. *Jembatan*. P.T. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sungkar, M., Munirwansyah, M., Munirwan, R.P., Safrina, D., 2020. Slope stability analysis using Bishop and Finite Element Methods. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* <https://doi.org/10.1088/1757-899X/933/1/012035>
- Tobing, B.M.L., 2019. Perbandingan Kapasitas Penggunaan Formula Dinamis Pada Tiang Pancang Sebagai Kontrol Daya Dukung. *J. Civ. Eng. Student* 1, 43–49.

Copyright (c) Munirwansyah, Reza P. Munirwan, Fauzan Mufid