

Perbandingan kapasitas dukung tiang pancang berdasarkan metode Luciano Décourt dan US Army terhadap hasil interpretasi kalendering

Syaira Fatiha Maula¹, Aisya Galuh Laksita^{1,*}

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Pile foundation
Bearing capacity
Standard penetration test
Pile driving records

Corresponding Author:

Aisya Galuh Laksita
245111201@uii.ac.id

Abstract

Pile foundation design is generally based on subsurface investigation data, while field verification of pile bearing capacity is commonly conducted using pile driving records. Different calculation methods may produce varying bearing capacity estimates; therefore, their level of agreement needs to be evaluated. This study compares pile bearing capacities. The capacities are calculated using the Luciano Décourt and US Army methods, which rely on data from Standard Penetration Tests (SPT). The results are also interpreted from pile driving records using the Engineering News Record (ENR) and Janbu methods. The analyzed pile is a 12 m long precast concrete triangular pile with a side dimension of 0.28 m. The analysis utilized SPT data from the nearest borehole and pile driving records from 12 pile locations. The results show that the ultimate bearing capacities obtained using the US Army and Luciano Décourt methods are 139.28 kN and 237.41 kN, respectively. In contrast, the average bearing capacities interpreted from pile driving records are 318.63 kN using the Janbu method and 488.93 kN using the ENR method. Compared with the Janbu results, the Luciano Décourt method exhibits a difference of 24.28%–25.66%, while the US Army method shows a difference of 54.44%–57.55%. These findings indicate that the Luciano Décourt method provides estimates that are closer to field-based interpretations than the US Army method. Therefore, the Luciano Décourt method may be considered a more representative analytical approach for preliminary pile foundation design when pile driving data are unavailable.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia

All rights reserved

Pendahuluan

Dalam suatu sistem struktur bangunan, pondasi menjadi elemen yang bertugas menyalurkan beban yang berasal dari bagian atas bangunan diteruskan menuju tanah di bawahnya, sehingga tanah dasar dapat menopang beban tersebut secara memadai dan stabilitas struktur tetap terjaga (Das & Sivakugan, 2019). emilihan jenis pondasi perlu mempertimbangkan beberapa faktor utama, antara lain kondisi

dan karakteristik tanah, besarnya beban yang dipikul struktur, serta kondisi lingkungan di lokasi pembangunan. Ketika tanah memiliki daya dukung yang rendah, pondasi dangkal umumnya tidak cukup untuk menopang beban struktur yang bekerja, sehingga dibutuhkan solusi berupa pondasi dalam, salah satunya adalah pondasi tiang pancang (Julfah & Siregar, 2023).

Pada pondasi tiang pancang, penyaluran beban dari bagian atas struktur menuju lapisan tanah pendukung (*bearing layer*) berlangsung melalui dua jenis tahanan, yakni tahanan pada ujung tiang (*end bearing resistance*) dan tahanan akibat gesekan selimut tiang dengan tanah di sekitarnya (*skin friction resistance*). Kombinasi kedua tahanan inilah yang membuat tiang pancang dapat berperan dalam mendukung beban hingga ke tanah dasar (Munirwansyah dkk., 2022). Oleh karena itu, pondasi tiang pancang banyak diaplikasikan pada proyek gedung bertingkat, jembatan, kawasan perumahan, dan infrastruktur lainnya yang dibangun pada kondisi tanah lunak hingga tanah lempung.

Aspek evaluasi daya dukung tiang pancang memegang peran krusial, baik dalam tahap perencanaan maupun pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Mengacu pada Das dan Sivakugan (2019), nilai ultimit dari daya dukung tiang terbentuk dari dua komponen, yakni tahanan yang bekerja di ujung tiang dan tahanan akibat gesekan di sepanjang badan tiang. Nilai kapasitas yang dihasilkan dari proses analisis ini harus mampu menjamin pondasi dapat menanggung beban sesuai rencana tanpa mengakibatkan kegagalan akibat geser maupun penurunan tanah yang melampaui batas yang diizinkan.

Selain menggunakan pendekatan statis berdasarkan parameter tanah, daya dukung dari tiang pancang juga bisa dianalisis dengan menggunakan pendekatan dinamis berdasarkan data pemancangan. Salah satu data lapangan yang umum digunakan adalah data kalendering, yaitu pencatatan jumlah pukulan dan penetrasi tiang selama proses pemancangan berlangsung. Menurut Kouretzis (2025), formula dinamis dikembangkan untuk memperkirakan kapasitas daya dukung tiang berdasarkan hubungan antara energi tumbukan palu dan penetrasi tiang yang terjadi selama proses pemancangan.

Pada proyek pembangunan perumahan Royal Batavia milik Pt. Jaya Real Property Tbk., pekerjaan pondasi dilakukan menggunakan tiang pancang yang dipasang dengan metode *drop hammer*. Selama proses pemancangan dilakukan pencatatan data kalendering sebagai bagian dari pengendalian mutu pekerjaan pondasi. Berdasarkan data tersebut, evaluasi kapasitas daya dukung tiang pancang dapat dilakukan dengan menerapkan beberapa metode perhitungan yang tersedia. Dalam studi kasus ini, digunakan empat metode yang terbagi ke dalam dua pendekatan, yaitu US Army dan Luciano Décourt yang tergolong sebagai pendekatan statis, serta Janbu dan *Engineering News Record* (ENR) yang tergolong sebagai pendekatan dinamis. Hasil dari keempat metode tersebut kemudian dibandingkan untuk mengetahui perbedaan estimasi kapasitas daya dukung pada kondisi tanah lempung yang di tinjau.

Studi ini dilaksanakan untuk mengevaluasi kemampuan daya dukung maksimum ultimit (Q_u) dari tiang pancang dalam Proyek Perumahan Royal Batavia milik PT. Jaya Real Property Tbk., menggunakan metode US Army, Luciano Décourt, Janbu, dan ENR. Setelah diperoleh hasil dari masing-masing metode yang digunakan, perbandingan dilakukan untuk mengetahui tingkat perbedaan nilai kapasitas daya dukung yang dihasilkan. Hasil studi ini diharapkan mampu memberikan wawasan terkait metode yang menghasilkan estimasi kapasitas daya dukung (Q_u) yang paling sesuai berdasarkan data lapangan yang tersedia.

Tinjauan Pustaka

Kapasitas dukung tiang pancang

Kapasitas dukung elemen pondasi tiang pancang sangat dipengaruhi oleh karakteristik mekanis tanah di sekeliling tiang serta metode pelaksanaan pemancangan di lapangan. Secara umum, total kapasitas dukung ultimit tiang pancang diperoleh dari kombinasi interaksi

antara perlawanan ujung tiang dan tahanan gesek sepanjang selimut tiang pancang tersebut (Hardiyatmo, 2015). Pengondisian tanah lempung jenuh air akibat penetrasi tiang pancang pracetak sering kali memicu peningkatan tekanan air pori berlebih yang memengaruhi kekuatan geser jangka pendek tanah di sekitar tiang (Pratama dkk., 2018). Untuk menentukan besaran kapasitas tersebut dalam perencanaan, analisis dapat dibagi menjadi kelompok metode statis yang berbasis pada data pengujian laboratorium serta kelompok metode dinamis yang memanfaatkan data pengamatan rekaman penetrasi tiang saat pemancangan aktual berlangsung (Tanjung dkk., 2025).

Kapasitas dukung statis metode Luciano Decourt

Rumus kapasitas dukung ultimit (Q_{ult}) tiang pancang pada tanah lempung menggunakan metode Luciano Decourt – Quaresma adalah penjumlahan dari tahanan ujung (Q_b) dan tahanan selimut (Q_s).

Secara matematis, rumusnya dalam satuan metrik (Ton dan t/m^2) dijabarkan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s \quad (1)$$

atau dapat dituliskan menjadi:

$$Q_{ult} = \alpha(N_p \cdot K)A_p + \beta\left(\frac{N_s}{3} + 1\right)A_s \quad (2)$$

dengan,

α (Koefisien Koreksi Tahanan Ujung Tiang) merupakan faktor koreksi yang digunakan untuk memperhitungkan pengaruh metode pemasangan tiang terhadap tahanan ujung. Untuk tiang pancang (*driven pile*), nilai α yang direkomendasikan oleh Decourt (1996) adalah 1,0.

β (Koefisien Koreksi Tahanan Selimut Tiang) merupakan faktor koreksi yang digunakan untuk memperhitungkan pengaruh pemulihan tegangan lateral tanah setelah proses instalasi tiang. Pada tiang pancang (*driven pile*), nilai β yang disarankan adalah 1,0

K (Koefisien Karakteristik Tanah) merupakan konstanta yang merepresentasikan karakteristik kekuatan tanah pada elevasi ujung tiang. Nilai K menurut Decourt (1996) ditentukan berdasarkan jenis tanah sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Koefisien Karakteristik Tanah (K) Menurut Decourt (1996)

Jenis Tanah	K (t/m^2)	K (kPa)
Lempung (<i>Clay</i>)	12	120
Lanau berlempung	20	200
Lanau berpasir	25	250
Pasir	40	400

N_p adalah nilai rerata N-SPT pada area dampak dari ujung tiang. Angka ini didapatkan dari penghitungan rerata N-SPT yang terdapat di sekitar ujung tiang, umumnya mencakup satu titik di atas, satu titik tepat pada elevasi ujung, dan satu titik yang terdapat di bagian bawah pada ujung tiang. Beberapa referensi menggunakan zona pengaruh sejauh 4D diatas hingga di bawah ujung tiang, dengan D merujuk pada diameter atau ukuran karakteristik tiang dimensi karakteristik tiang. Nilai N-SPT yang digunakan biasanya dibatasi maksimum 50 pukulan.

N_s adalah nilai rerata N-SPT sepanjang selimut tiang yang tertanam. Nilai ini dihitung sebagai rerata aritmatika seluruh nilai N-SPT pada lapisan tanah yang berinteraksi dengan selimut tiang. Umumnya nilai yang digunakan berada pada rentang $3 \leq N \leq 50$.

A_p adalah luas penampang ujung tiang (*base area*) yang dinyatakan dalam satuan m^2 .

Kapasitas dukung statis metode Us Army

Metode statis US Army merupakan salah satu pendekatan empiris yang digunakan secara luas untuk mengevaluasi kapasitas dukung tiang pancang pada lapisan tanah kohesif jenuh air (US Army Corps of Engineers, 1991 pada Hardiyatmo, 2022). Karakteristik utama dari metode ini adalah

orientasinya yang sangat konservatif pada nilai kapasitas neto, di mana berat sendiri dari fisik tiang pancang diperhitungkan secara langsung sebagai faktor beban internal yang mengurangi kekuatan total tanah murni (Bowles, 1996). Rumus perhitungan kapasitas ultimit neto berdasarkan pendekatan metode US Army dapat ditunjukkan pada pers. (3).

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s - W_p \quad (3)$$

dimana,

Q_u = Kapasitas dukung ultimate pondasi (ton)

Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang (ton)

Q_s = Kapasitas tahanan selimut (ton)

W_p = Berat sendiri tiang (ton)

Kapasitas daya dukung dalam tanah kohesif dihitung menggunakan pers. (4) – pers. (5),

$$Q_b = A_b \times f_b \quad (4)$$

$$f_b = C_u \times N_c + P_b' \quad (5)$$

dimana,

Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang (ton)

A_b = Luasan penampang ujung bawah tiang (m^2)

f_b = Tahanan ujung satuan tiang (ton/m^2)

C_u = Kohesi pada kondisi tak terdrainase (*undrained*) tanah yang terletak dibawah ujung tiang yang nilainya diambil dari *undisturbed sample* (T/m^2)

N_c = Faktor kapasitas dukung (fungsi dari ϕ) diambil sama dengan 9 (ton/m^2) menurut Skempton (Hardiyanto, 2010).

Kapasitas tahanan selimut/skin resistance (Q_s) dihitung menggunakan pers. (6) – pers. (7),

$$Q_s = A_s \times f_s \quad (6)$$

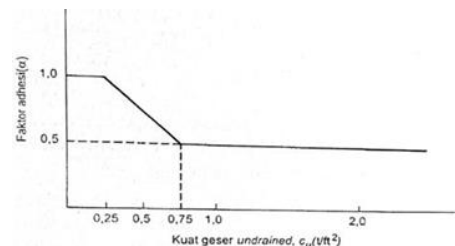
$$f_s = C_d \times C_u \quad (7)$$

dimana,

C_d = adhesi antara tiang dan tanah di sekitarnya (kN/m^2)

α = faktor adhesi (Gambar 1)

C_u = kohesi underdrained (kN/m^2).



Gambar 1. Nilai faktor adhesi yang digunakan ($1 \text{ t/ft}^2 = 105,6 \text{ kPa}$)

(Sumber: Hardiyatmo, 2015)

Kalendering tiang pancang

Perhitungan kalendering digunakan untuk memperkirakan seberapa besar daya dukung tiang pancang dalam menahan beban struktur, dengan mengacu pada data yang tercatat selama proses pemancangan berlangsung. Pada penelitian ini, alat pancang yang digunakan adalah tipe drop hammer dengan berat 1,5 ton. Pendekatan dinamis ini memanfaatkan data kalendering yang lazim diperoleh dari lapangan, sehingga kapasitas dukung tiang bisa dihitung melalui beberapa formula yang berbeda (Bowles, 1997). Dari hasil perhitungan tersebut, dapat diketahui besarnya daya dukung tiang pancang sekaligus dibandingkan antar-formula terhadap nilai daya dukung izin yang telah direncanakan sebelumnya.

Data utama yang dipakai dalam analisis final set (s), yang menunjukkan besarnya penurunan atau penetrasi tiang akibat 10 pukulan terakhir dari drop hammer. Nilai ini diperoleh di lapangan melalui goresan pada kertas milimeter yang dipasang saat pemancangan (Lukman, 2017). Di samping data final set, proses perhitungan kalendering juga membutuhkan beberapa parameter pendukung lain yang terkait dengan kondisi pemancangan di lapangan (Munirwan, 2022), seperti karakteristik

palu, tiang, dan sistem pemancangan yang dipakai.

Metode Engineering News Record (ENR)

Formula ENR lahir sebagai respons atas kebutuhan praktis di lapangan untuk memperkirakan kapasitas dukung tiang kayu yang dipancang dengan drop hammer atau steam hammer awal (ENR, 2024). Pada masa itu, pemahaman rekayasa tanah masih sangat terbatas, sehingga pendekatan berbasis teori kerja-energi sederhana menjadi solusi yang diterima luas.

Formula ENR didasarkan pada prinsip keseimbangan energi antara energi kinetik palu dan kerja yang dilakukan oleh tanah dalam menahan penetrasi tiang. Persamaan ENR dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_u = \frac{W_r h}{s+2,5} \quad (8)$$

dimana,

- W_r = Berat hammer (ton)
- s = Penetrasi per pukulan (cm)
- h = Tinggi jatuh (cm).

(Sumber: Hardiyatmo, 2015)

Metode Janbu (1953)

Metode Janbu termasuk salah satu formula dinamis yang digunakan untuk memperkirakan kapasitas daya dukung tiang pancang dari data hasil pemancangan di lapangan. Kouretzis (2024) menyebutkan bahwa formula-formula pemancangan pada dasarnya dikembangkan untuk menghubungkan besarnya energi yang dibutuhkan selama pemancangan dengan kapasitas ultimit yang dicapai tiang tersebut. Janbu sendiri merupakan salah satu formula yang cukup banyak digunakan dalam kelompok metode ini.

Pada metode Janbu, kapasitas daya dukung tiang dipengaruhi oleh beberapa parameter yang berkaitan dengan proses pemancangan, seperti berat palu, tinggi jatuh palu, efisiensi alat, berat dan dimensi tiang, serta nilai penetrasi akhir (*final set*) yang diperoleh dari hasil kalendering. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menggambarkan besarnya energi yang diteruskan ke tiang dan

tanah yang diberikan oleh tanah selama proses pemancangan berlangsung.

Dalam penelitian ini, metode Janbu digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung ultimit tiang pancang berdasarkan data kalendering hasil pemancangan menggunakan sistem *drop hammer*. Hasil perhitungan yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan metode US Army, Luciano Decourt, dan ENR untuk mengetahui perbedaan estimasi kapasitas daya dukung pada kondisi tanah dan data lapangan yang ditinjau.

Berikut adalah rumus yang dikemukakan oleh Janbu (1953):

$$Q_u = \frac{e h W_r h}{K u^s} \quad (9)$$

dimana,

$$K_u = C_d \left[1 + \left(\frac{\lambda}{C_d} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (10)$$

$$C_d = 0,75 + 0,15 \left(\frac{W_p}{W_r} \right) \quad (11)$$

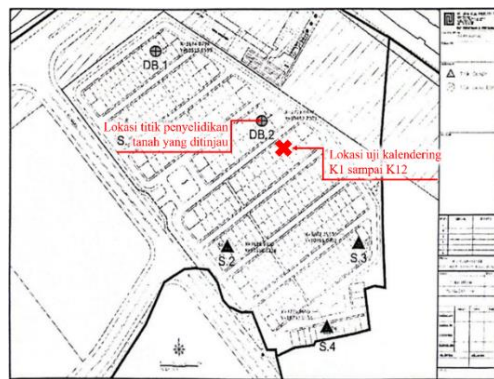
$$\lambda = \frac{e_h E_h L}{A E s^2} \quad (12)$$

di mana s menyatakan besarnya penetrasi terakhir (m). Nilai ini diperoleh dari rata-rata 5 pukulan terakhir apabila palu dijatuhkan secara bebas, sedangkan untuk jenis pemancangan lainnya digunakan rata-rata dari 20 pukulan terakhir (Chellis, 1961).

Metodologi Penelitian

Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada di Distrik Royal Batavia, Jl. Raya Cadas-Kukun, Pangadegan, Kecamatan Pasar Kemis, Kabupaten Tangerang, Banten. Data yang digunakan dalam analisis ini bersumber dari titik bor (*borehole*) DB 02, berupa hasil pengujian SPT. Sebaran lokasi titik bor maupun titik uji kalendering yang ditinjau ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Data Titik Penelitian DB2

Data penyelidikan tanah dan data hasil kalendering pada tiang pancang (drop hammer)

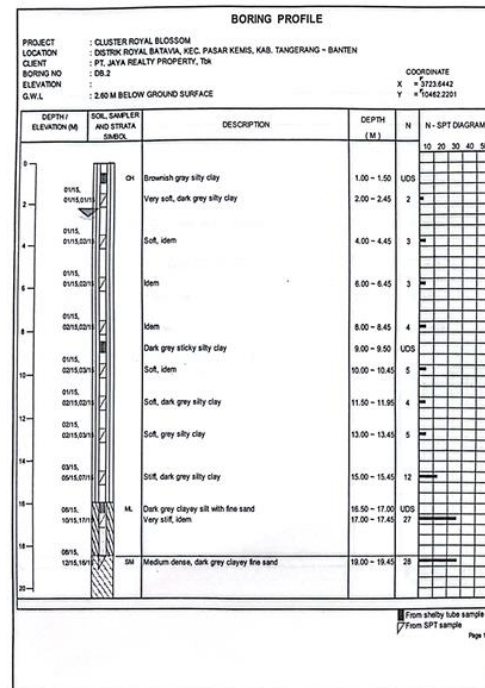
Borlog DB02 hasil penyelidikan tanah dapat dilihat pada Gambar 3. Rekapitulasi data tanah pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji kalendering pada 12 tiang di sekitar titik penyelidikan tanah DB02 dapat dilihat pada Tabel 3. Geometri tiang dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2. Data tanah

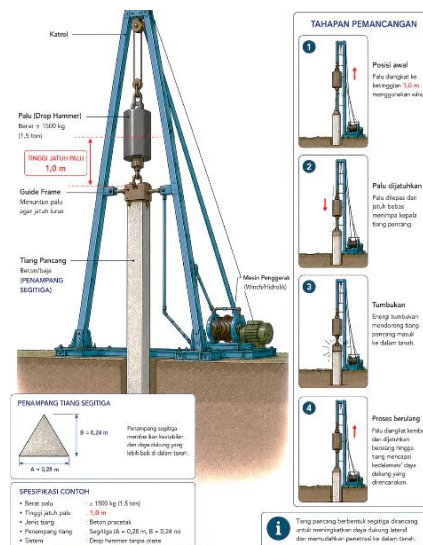
Kedalaman (m)	N-SPT	Jenis Tanah	γ_{bulk} (kN/m^3)	γ_{sat} (kN/m^3)
0	0	Lempung	0	
2	2	Lempung		16.5
4	3	Lempung		17.2
6	3	Lempung		17.2
8	4	Lempung		17.8
10	5	Lempung		18.4
12	4	Lempung		17.8

Tabel 3. Hasil uji kalendering

Titik Kalendering	Penetrasi akhir (cm)	Titik Kalendering	Penetrasi akhir (cm)
K1 (81)	0.6	K7 (93)	0.5
K2 (84)	0.7	K8 (96)	0.5
K3 (85)	0.6	K9 (97)	0.5
K4 (86)	0.5	K10 (98)	0.7
K5 (91)	0.5	K11 (101)	0.7
K6 (92)	0.6	K12 (102)	0.5



Gambar 3. Data Borlog DB02



Gambar 4. Geometri tiang

Analisis Kapasitas Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Metode Decourt dan US Army

Analisis kapasitas dukung tiang pancang dilakukan menggunakan data *Standard Penetration Test* (SPT) pada *borehole* terdekat dengan lokasi pemancangan. Tiang pancang pada penelitian ini terbuat dari beton pracetak dengan bentuk penampang segitiga. Panjang tiang yang digunakan adalah 12 m dengan sisi penampang sebesar

0,28 m. Perhitungan kapasitas dukung ultimit dilakukan menggunakan metode Luciano Décourt dan US Army berdasarkan korelasi nilai N-SPT terhadap tahanan ujung dan tahanan selimut tiang.

Hasil perhitungan kapasitas dukung ultimit pada kedalaman 12 m selanjutnya dibandingkan dengan hasil interpretasi data kalendering menggunakan metode ENR dan Janbu. Perbandingan tersebut dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian metode analitis berbasis data penyelidikan tanah terhadap kapasitas dukung yang diperoleh dari data pemancangan di lapangan.

Interpretasi data kalendering menggunakan metode ENR

Interpretasi kapasitas dukung tiang pancang dilakukan menggunakan data kalendering pada kedalaman akhir pemancangan sebesar 12 m. Data yang digunakan meliputi berat palu, tinggi jatuh palu, serta penetrasi tiang per pukulan (set) yang diperoleh dari hasil pemancangan di lapangan. Pendekatan ENR dan Janbu dipakai dalam penelitian ini untuk menduga besarnya kapasitas dukung ultimit tiang pancang, dengan memanfaatkan besaran energi yang timbul selama proses pemancangan berlangsung. Metode ENR digunakan untuk menghitung kapasitas dukung berdasarkan hubungan antara energi tumbukan dan penetrasi tiang, sedangkan metode Janbu mempertimbangkan pengaruh elastisitas sistem pemancangan melalui faktor efisiensi dan karakteristik material tiang. Hasil interpretasi kapasitas dukung dari kedua metode tersebut selanjutnya digunakan sebagai pembanding terhadap hasil analisis kapasitas dukung yang diperoleh dari metode Luciano Décourt dan US Army.

Metode perbandingan hasil analisis

Perbandingan hasil analisis dilakukan dengan membandingkan kapasitas dukung tiang pancang yang diperoleh dari metode Luciano Décourt dan US Army terhadap hasil interpretasi kalendering menggunakan

metode ENR dan Janbu. Evaluasi dilakukan berdasarkan nilai kapasitas dukung yang dihasilkan oleh masing-masing metode serta selisih persentase antar metode. Metode yang menghasilkan nilai kapasitas dukung paling mendekati hasil interpretasi kalendering dianggap sebagai metode yang paling representatif untuk memprediksi kapasitas dukung tiang pancang pada lokasi penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik tanah dan tiang pancang pada lokasi penelitian

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, lokasi penelitian didominasi oleh tanah lempung dengan konsistensi yang berubah dari lunak pada lapisan atas menjadi semakin kaku pada kedalaman yang lebih besar. Nilai N-SPT pada kedalaman dangkal umumnya masih rendah, yaitu sekitar 0–5, kemudian meningkat hingga mencapai 25 pada kedalaman sekitar 20 m. Hal tersebut mengindikasikan bahwa daya dukung tanah cenderung meningkat pada lapisan yang lebih dalam, dibandingkan dengan kondisi pada lapisan permukaan. Secara umum, profil tanah di lokasi penelitian dapat dikategorikan sebagai tanah lempung lunak hingga kaku dengan kekuatan yang meningkat seiring bertambahnya kedalaman.

Pondasi yang digunakan adalah tiang pancang pracetak yang dipasang menggunakan drop hammer dengan panjang tertanam 12 m. Pada kedalaman tersebut, ujung tiang berada pada lapisan lempung berkonsistensi sedang hingga kaku sehingga besarnya kapasitas dukung tiang ditentukan oleh gabungan antara tahanan ujung dan tahanan selimut, di mana karakteristik tanah pada lokasi tersebut menjadi faktor utama dalam perhitungan, baik melalui pendekatan statis maupun dinamis. Karakteristik tanah inilah pula yang turut menjelaskan munculnya perbedaan hasil antar-metode yang digunakan.

Hasil analisis kapasitas dukung berdasarkan metode Luciano Decourt

Metode Luciano Decourt diterapkan untuk menghitung kapasitas dukung tiang pancang dengan mengacu pada data uji SPT yang diambil dari titik *borehole* di area sekitar lokasi pemancangan. Pendekatan ini menghitung kapasitas dukung ultimit dari hasil penjumlahan antara tahanan ujung (*end bearing resistance*) dan tahanan selimut (*shaft resistance*), yang masing-masing nilainya dikorelasikan secara langsung dengan nilai N-SPT. Pada penelitian ini digunakan tiang pancang beton pracetak berbentuk segitiga dengan panjang tertanam 12 m dan sisi penampang 0,28 m. Berdasarkan rekomendasi Décourt (1996), nilai koefisien koreksi tahanan ujung dan tahanan selimut untuk tiang pancang diambil sebesar 1,0. Tanah di sekitar tiang berupa tanah lempung sehingga digunakan K sebesar 12 ton. Hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pancang menggunakan metode Luciano Décourt pada kedalaman 12 m disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Q_u tiang pancang menggunakan metode Luciano Decourt pada kedalaman 12 m

Kedalaman (m)	N	Q_b (t)	Q_s (t)	Q_u (t)	Q_u (kN)
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2	0.68	2.80	3.48	34.79
4	3	1.09	6.16	7.25	72.46
6	3	1.36	9.52	10.88	108.78
8	4	1.63	13.44	15.07	150.70
10	5	1.77	17.92	19.69	196.85
12	4	1.90	21.84	23.74	237.41

Hasil analisis kapasitas dukung berdasarkan metode US Army

Analisis kapasitas dukung tiang pancang dilakukan menggunakan metode US Army berdasarkan data hasil Standard Penetration Test (SPT). Tiang pancang yang digunakan berupa tiang beton pracetak berbentuk segitiga dengan panjang 12 m dan sisi penampang 0,28 m sehingga luas penampang tiang diperoleh sebesar 0,034 m².

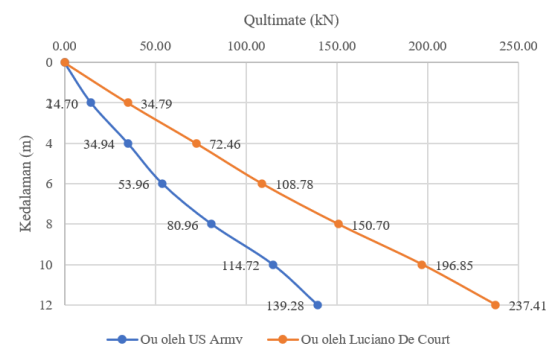
Perhitungan kapasitas dukung dilakukan dengan mengakumulasi tahanan ujung (*end bearing resistance*) dan tahanan selimut

(*skin friction resistance*) pada setiap lapisan tanah hingga kedalaman rencana pemancangan. Selain itu, berat sendiri tiang (*pile weight*) juga diperhitungkan dalam menentukan kapasitas ultimit bersih tiang pancang.

Hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pancang menggunakan metode US Army pada kedalaman 12 m disajikan pada Tabel 5. Apabila dibandingkan, Q_u tiang pancang menggunakan metode US Army dan Décourt hingga kedalaman 12 m dapat dilihat pada Gambar .

Tabel 5. Q_u tiang pancang menggunakan metode US Army pada kedalaman 12 m

Kedalaman (m)	N	Q_b (kN)	Q_s (kN)	W_p (kN)	Q_u (kN)
0	0	0.00	0	0.00	0.00
2	2	2.89	13.44	1.63	14.70
4	3	4.60	33.6	3.26	34.94
6	3	5.09	53.76	4.89	53.96
8	4	6.84	80.64	6.52	80.96
10	5	8.63	114.24	8.15	114.72
12	4	7.94	141.12	9.78	139.28



Gambar 5. Q_u tiang pancang menggunakan metode US Army dan Décourt

Hasil interpretasi kapasitas dukung berdasarkan metode ENR

Interpretasi kapasitas dukung tiang pancang berdasarkan data kalendering dilakukan menggunakan metode *Engineering News Record* (ENR). Analisis ini memanfaatkan data pemancangan di lapangan berupa berat palu (*hammer weight*), tinggi jatuh palu (*hammer drop*), dan penetrasi tiang per pukulan (*set*) pada kedalaman akhir pemancangan. Pada penelitian ini digunakan palu dengan berat 1,5 ton dan tinggi jatuh 1 m. Data penetrasi diambil pada kedalaman 12 m untuk 12 titik tiang pancang yang

berada pada dua rumah terdekat dengan titik penyelidikan tanah (*borehole*).

Kapasitas dukung ultimit tiang pancang dihitung menggunakan persamaan ENR berdasarkan nilai penetrasi per pukulan yang diperoleh dari hasil kalendering. Hasil interpretasi kapasitas dukung menggunakan metode ENR disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Q_u hasil interpretasi uji kalendering metode ENR

Titik Kalendering	Q_u metode ENR (kN)	Titik Kalendering	Q_u metode ENR (kN)
K1 (81)	483.87	K7 (93)	500.00
K2 (84)	468.75	K8 (96)	500.00
K3 (85)	483.87	K9 (97)	500.00
K4 (86)	500.00	K10 (98)	468.75
K5 (91)	500.00	K11 (101)	468.75
K6 (92)	483.87	K12 (102)	500.00

Hasil interpretasi kapasitas dukung berdasarkan metode Janbu

Interpretasi kapasitas dukung tiang pancang juga dilakukan dengan metode Janbu berdasarkan data kalendering hasil pemancangan. Metode ini mempertimbangkan pengaruh elastisitas sistem pemancangan melalui faktor kehilangan energi (*energy loss*) dan karakteristik tiang yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan efisiensi palu (*hammer efficiency*) sebesar 0,75 mengacu pada Bowles (1977) dalam Hardiyatmo (2002), berat palu sebesar 1,5 ton, tinggi jatuh palu 1 m, panjang tiang 12 m, luas penampang tiang sebesar 0,034 m², dan modulus elastisitas beton sebesar 37,35 MPa.

Perhitungan kapasitas dukung dilakukan berdasarkan nilai penetrasi per pukulan (*set*) yang diperoleh dari hasil kalendering pada kedalaman akhir pemancangan. Hasil interpretasi kapasitas dukung menggunakan metode Janbu disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Q_u hasil interpretasi uji kalendering metode Janbu

Titik Kalendering	Q_u metode Janbu (kN)	Titik Kalendering	Q_u metode Janbu (kN)
K1 (81)	316.39	K7 (93)	325.33
K2 (84)	307.73	K8 (96)	325.33
K3 (85)	316.39	K9 (97)	325.33
K4 (86)	325.33	K10 (98)	307.73
K5 (91)	325.33	K11 (101)	307.73
K6 (92)	316.39	K12 (102)	325.33

Perbandingan kapasitas dukung tiang pancang dari metode Tomlinson, US Army, ENR, dan Janbu

Hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pancang menggunakan metode US Army, Luciano Décourt, ENR, dan Janbu menunjukkan adanya perbedaan nilai kapasitas dukung pada lokasi penelitian. Ringkasan hasil perhitungan disajikan pada Tabel 8.

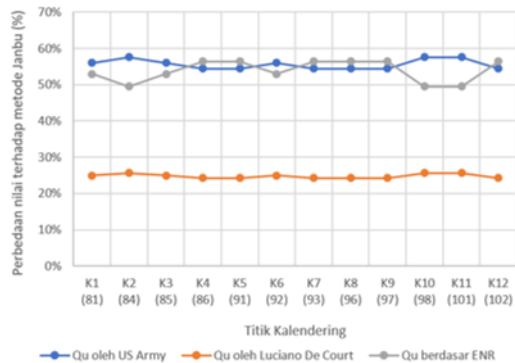
Tabel 8. Ringkasan hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pancang menggunakan metode US Army, Luciano Décourt, ENR, dan Janbu kedalaman 12 m

ID	s (cm)	Q_u US Army (kN)	Q_u Décourt (kN)	Q_u ENR (kN)	Q_u Janbu (kN)
K1	0.6	139.28	237.41	483.87	316.39
K2	0.7	139.28	237.41	468.75	307.73
K3	0.6	139.28	237.41	483.87	316.39
K4	0.5	139.28	237.41	500.00	325.33
K5	0.5	139.28	237.41	500.00	325.33
K6	0.6	139.28	237.41	483.87	316.39
K7	0.5	139.28	237.41	500.00	325.33
K8	0.5	139.28	237.41	500.00	325.33
K9	0.5	139.28	237.41	500.00	325.33
K10	0.7	139.28	237.41	468.75	307.73
K11	0.7	139.28	237.41	468.75	307.73
K12	0.5	139.28	237.41	500.00	325.33

Berdasarkan hasil perhitungan, metode US Army menghasilkan kapasitas dukung ultimit terkecil yaitu sebesar 139,28 kN. Sementara itu, metode Luciano Décourt menghasilkan kapasitas dukung sebesar 237,41 kN atau 70,45% lebih besar dibandingkan metode US Army.

Interpretasi data kalendering menggunakan metode Janbu menghasilkan kapasitas dukung ultimit berkisar antara 307,73 kN hingga 325,33 kN dengan nilai rerata sebesar 318,63 kN. Nilai rerata tersebut

34,21% lebih besar dibandingkan hasil metode Luciano Décourt dan 128,84% lebih besar dibandingkan hasil metode US Army (lihat Gambar 6).



Gambar 6. Ringkasan perbedaan kapasitas dukung tiang pancang metode US Army, Luciano Décourt, dan ENR terhadap Janbu kedalaman 12 m

Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas dukung yang diperoleh dari metode berbasis data penyelidikan tanah menghasilkan nilai yang lebih rendah dibandingkan hasil interpretasi kalendering. Metode US Army menghasilkan kapasitas dukung sebesar 139,28 kN, sedangkan metode Luciano Décourt menghasilkan kapasitas dukung sebesar 237,41 kN. Sementara itu, interpretasi data kalendering menghasilkan kapasitas dukung rerata sebesar 318,63 kN berdasarkan metode Janbu dan 488,93 kN berdasarkan metode ENR.

Apabila hasil kalendering digunakan sebagai representasi kapasitas dukung aktual di lapangan, maka metode Luciano Décourt memberikan hasil yang lebih mendekati dibandingkan metode US Army. Dibandingkan terhadap hasil Janbu, kapasitas dukung metode Luciano Décourt hanya berbeda sebesar 25,5%, sedangkan metode US Army berbeda sebesar 56,3%. Temuan ini menunjukkan bahwa metode Luciano Décourt mampu memberikan estimasi kapasitas dukung yang lebih dekat terhadap hasil evaluasi lapangan pada lokasi penelitian (lihat Gambar 6).

Tabel 9. Ringkasan perbedaan kapasitas dukung tiang pancang metode US Army, Luciano Décourt, dan ENR terhadap Janbu kedalaman 12 m

ID	s (cm)	Q_u US Army	Q_u Décourt	Q_u ENR
K1	0.6	55.98%	24.96%	52.94%
K2	0.7	57.55%	25.66%	49.51%
K3	0.6	55.98%	24.96%	52.94%
K4	0.5	54.44%	24.28%	56.44%
K5	0.5	54.44%	24.28%	56.44%
K6	0.6	55.98%	24.96%	52.94%
K7	0.5	54.44%	24.28%	56.44%
K8	0.5	54.44%	24.28%	56.44%
K9	0.5	54.44%	24.28%	56.44%
K10	0.7	57.55%	25.66%	49.51%
K11	0.7	57.55%	25.66%	49.51%
K12	0.5	54.44%	24.28%	56.44%

Berdasarkan Tabel 9 dan Gambar 6, metode Luciano Décourt menunjukkan persentase selisih terkecil terhadap metode Janbu, yaitu berkisar antara 24,28% hingga 25,66%. Sementara itu, metode ENR memiliki selisih antara 49,51% hingga 56,44%, sedangkan metode US Army menunjukkan selisih terbesar, yaitu antara 54,44% hingga 57,55%.

Nilai selisih yang relatif konsisten pada seluruh titik kalendering menunjukkan bahwa metode Luciano Décourt menghasilkan estimasi kapasitas dukung yang paling mendekati hasil interpretasi kalendering Janbu dibandingkan metode lainnya. Sebaliknya, metode US Army menghasilkan estimasi kapasitas dukung yang paling konservatif pada lokasi penelitian.

Berdasarkan Tabel 9 dan Gambar 6, metode Luciano Décourt menunjukkan persentase selisih terkecil terhadap metode Janbu, yaitu berkisar antara 24,28% hingga 25,66%. Sementara itu, metode ENR memiliki selisih antara 49,51% hingga 56,44%, sedangkan metode US Army menunjukkan selisih terbesar, yaitu antara 54,44% hingga 57,55%.

Nilai selisih yang relatif konsisten pada seluruh titik kalendering menunjukkan bahwa metode Luciano Décourt menghasilkan estimasi kapasitas dukung yang paling mendekati hasil interpretasi kalendering Janbu dibandingkan metode

lainnya. Sebaliknya, metode US Army menghasilkan estimasi kapasitas dukung yang paling konservatif pada lokasi penelitian.

Dari sudut pandang perencanaan, metode US Army menghasilkan estimasi yang lebih konservatif sehingga memberikan margin keamanan yang lebih signifikan terhadap kemampuan dukung pondasi. Namun demikian, penggunaan metode yang terlalu konservatif berpotensi menghasilkan desain yang kurang efisien karena kebutuhan jumlah atau dimensi tiang menjadi lebih besar. Sebaliknya, metode Luciano Décourt menghasilkan kapasitas dukung yang lebih mendekati hasil kalendering sehingga dapat digunakan sebagai alternatif dalam tahap perencanaan awal untuk memperoleh estimasi kapasitas dukung yang lebih representatif terhadap kondisi lapangan.

Berdasarkan Hasil penelitian Penelitian ini menunjukkan bahwa metode Luciano Décourt menunjukkan kesesuaian yang lebih tinggi terhadap hasil ini, kalendering dibandingkan metode US Army. Oleh karena itu, untuk lokasi penelitian dengan karakteristik tanah yang serupa, metode Luciano Décourt dapat dipertimbangkan sebagai metode analitis yang lebih tepat dalam menilai kemampuan dukung tiang pancang sebelum dilakukan validasi dengan data pemancangan di Lokasi.

Kesimpulan dan saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi pada kedalaman tiang 12 m, metode US Army menghasilkan kapasitas dukung ultimit sebesar 139,28 kN, sedangkan metode Luciano Décourt menghasilkan kapasitas dukung sebesar 237,41 kN. Hasil interpretasi data kalendering memberikan kapasitas dukung yang lebih tinggi, yaitu rerata 318,63 kN berdasarkan metode Janbu dan 488,93 kN berdasarkan metode ENR. Hal ini menunjukkan bahwa metode berbasis data penyelidikan tanah menghasilkan estimasi kapasitas dukung yang lebih rendah

dibandingkan metode interpretasi kalendering.

Dibandingkan terhadap hasil Janbu sebagai acuan, metode Luciano Décourt menunjukkan selisih terkecil, yaitu sekitar 24,28%–25,66%, sedangkan metode US Army memiliki selisih sebesar 54,44%–57,55%. Dengan demikian, metode Luciano Décourt memberikan estimasi kapasitas dukung yang lebih mendekati hasil kalendering, sedangkan metode US Army menghasilkan estimasi yang lebih konservatif. Oleh karena itu, untuk tahap perencanaan awal pada kondisi tanah yang serupa dengan lokasi penelitian, metode Luciano Décourt dapat direkomendasikan sebagai metode analitis yang lebih representatif dalam memperkirakan kapasitas dukung tiang pancang apabila data pemancangan atau pengujian lapangan belum tersedia.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan lebih banyak titik penyelidikan tanah dan membandingkan lebih banyak metode analitis agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai estimasi kapasitas dukung tiang pancang. Selain itu, hasil analisis dapat divalidasi menggunakan data PDA Test atau Static Loading Test sehingga tingkat kesesuaian metode analitis terhadap kondisi lapangan dapat dievaluasi dengan lebih baik.

Daftar Pustaka

- Ali, M. M., Selamat, M. R., Yii, S. S., & Ng, W. K. (2011). On the study of pile driving formula based on blow counts. *Geotechnical and Geological Engineering*, 29(3), 351–361. <https://doi.org/10.1007/s10706-010-9381-x>
- Arliyanto, P. B. P., Cahyono, M. S. D., & Rahayu, Y. E. (2024). Analisis perbandingan daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan metode Luciano Decourt dan Plaxis dengan Pile Driving Analyzer (PDA) test pada pembangunan Gedung Research Center UPN Veteran Jawa Timur. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 7(1), 16–23. <https://doi.org/10.25139/jprs.v7i1.6709>

- Beresibo, W. I. (2021). Prediction of bearing capacity of driven piles based on dynamic formulas. *Global Scientific Journal*, 9(10). https://www.globalscientificjournal.com/researchpaper/Prediction_of_Bearing_Capacity_of_Driven_Piles_Based_on_Dynamic_Formulas.pdf
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation analysis and design* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Das, B. M., & Sivakugan, N. (2019). *Principles of foundation engineering* (9th ed.). Cengage Learning.
- Décourt, L. (1995). Prediction of load-settlement relationships for bored piles from SPT results. *Proceedings of the International Symposium on Deep Foundations*, 1(1), 103–114.
- Fadilla, R. N., & Pradiptiya, A. (2022). Analisis daya dukung pondasi spun pile dievaluasi dengan kalendering dan PDA. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 3(2), 18–25. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v3i2.394>
- Hardiyatmo, H. C. (2022). *Analisis dan perancangan fondasi II* (Ed. ke-5). Gadjah Mada University Press.
- Julfah, N., & Siregar, C. A. (2023). Analisis kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan Jembatan Rancabeureum Sungai Cimande Kabupaten Bandung dengan menggunakan dynamic formula. *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 3(2), 249–260. <https://doi.org/10.32897/simteks.v3i2.1069>
- Kouretzis, G. (2025). *Fundamentals of foundation engineering and their applications*. University of Newcastle. <https://newcastle.pressbooks.pub/fundamentals-of-foundation-engineering/>
- Merytsa, A. W., Istiari, I., Hartopo, & Apriyanto, T. (2022). Studi komparasi kapasitas daya dukung tiang pancang secara analitis terhadap hasil uji kalendering dan Pile Driving Analyzer. *Jurnal Teknik Indonesia*, 3(2). <https://doi.org/10.61689/jti.v3i2.367>
- Munirwansyah, M., Munirwan, R. P., & Mufid, F. (2022). Analisis daya dukung axial pondasi tiang pancang dengan menggunakan metode kalendering hasil uji Pile Driving Analyzer. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 93–102. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i1.618>
- Nawawi, A. F., Firmansyah, Y. K., & Farichah, H. (2025). Comparative analysis of analytical rational method in calculating bearing capacity of pile foundation based on N-SPT data against CAPWAP test results PDA. *Jurnal Pensil: Pendidikan Teknik Sipil*, 14(3). <https://doi.org/10.21009/jpensil.v14i3.53509>
- Pratama, R. A., Adi, A. D., & Fathani, T. F. (2018). Pengaruh pemancangan fondasi tiang pada tanah lempung jenuh. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(4), 263–269. <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/jts/article/view/2004>
- Syahrul. (2022). Korelasi kalendering dan Pile Driving Analyzer pada daya dukung substruktur tiang pancang Jembatan Encahaq Kutai Barat. *Sebatik*, 26(1). <https://doi.org/10.46984/sebatik.v26i1.1891>
- Tanjung, R. A., Hariati, F., & Muktadir, R. (2025). Evaluasi kapasitas aksial pondasi tiang pancang tunggal menggunakan pendekatan rumus dinamik. *Innovative: Journal of Social Science Research*, 5(3). <https://doi.org/10.31004/innovative.v5i3.20363>
- Oyeb, M., & Zainuri. (2025). Bearing capacity assessment of pile foundation between the dynamic formula and PDA test. *RACIC: Riau Abdurrah Construction Research Journal*, 10(2), 693–703. https://www.researchgate.net/publication/399861259_BEARING_CAPACITY_ASSESSMENT_OF_PILE_FOUNDATION_BETWEEN_THE_DYNAMIC_FORMULA_AND_PDA_TEST