Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Statis dan Dinamis pada Proyek SBE *Plant* PT.Ecooils Jaya Indonesia

Kezia Nadella J.[1], Mila K Wardani.[2], Arintha Indah DS. [3] M.Ferdaus NA. [4]

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3,4]
e-mail:kezianadella069 @gmail.com

ABSTRACT

The construction of SBE Plant, PT. Ecooil Jaya Indonesia is planned to use piles as deep foundation. The initial planning of the pile was recommended a 35x35, 40x40 and 45x45 square pile with a depth of 28m based on the bearing capacity of the conventional static method. Estimated load on subgrade is 141.14 tons. From the results of soil investigations, the corrected NSPT value starts at a depth of 20 - 40 m with an NSPT value of 16 - 38 types of fine sand soil and silty fine sand. At a depth of 0-20 m the subgrade is silt soils with a NSPT value of 1 - 5. The design of piles has been done using static probabilistics method and compared to dynamic method using Gates formula. The used pile has size of 45 cm in diameter and assumed that the piling construction using drop hammer. The static bearing capacity is 58.51 tons to 97.04 tons and the dynamic bearing capacity is 108 tons. These values meet the requirement that the static bearing capacity nust be less than dynamic bearing capacity.

Keyword: *deep foundation, NSPT, bearing capacity, static, dynamic*

ABSTRAK

Pada pembangunan SBE Plant PT.Ecooil Jaya Indonesia direncanakan menggunakan pondasi dalam berupa tiang pancang. Perencanaan awal tiang pancang direkomedasikan bentuk tiang persegi 35 x 35, 40 x 40, dan 45 x45 dengan kedalaman tiang pancang mencapai 28 m berdasarkan perhitungan daya dukung metode statis konvensional. Beban yang akan bekerja di atas tanah dasar direncakan sebesar 141.14 ton. Dari hasil penyelidikan tanah nilai NSPT terkoreksi dimulai pada kedalaman 20 – 40 m dengan nilai NSPT 16 – 38 jenis tanah pasir halus dan pasir halus kelanauan. Pada kedalaman 0 – 20 m tanah dasar adalah tanah lanau kelempungan nilai NSPT 1 – 5. Perencanaan tiang pancang selanjutnya dilakukan dengan metode statis probabilistik dengan dibandingkan terhadap daya dukung dinamis menggunakan Formula Gates. Tiang pancang yang direncanakan dengan dimensi lingkaran φ 45 cm dan asumsi penggunaan alat pemancangan menggunakan *Drop Hammer*. Hasil Perhitungan daya dukung statis metode LRFD sebesar 58,51 ton hingga 97,04 ton pada kedalaman 21 – 24 m lebih kecil dari daya dukung dinamis yaitu 108 ton. Nilai tersebut memenuhi persyaratan bahwa daya dukung statis harus lebih kecil dari daya dukung dinamis.

Kata kunci: pondasi dalam, NSPT, daya dukung, statis, dinamis

PENDAHULUAN

PT. Ecooil Jaya Indonesia merupakan suatu perusahaan yang bergerak di bidang daur ulang residu industri kelapa sawit yang berprinsip pada kelestarian lingkungan. SBE Plant adalah salah satu proyek milik PT. Ecooil yang berlokasi di Gresik dengan bangunan struktur atas yang berbentuk *Extraction Plant*. Penyelidikan tanah dilakukan pada 5 titik penyelidikan sedalam 40 m di lokasi pembangunan. Dari kondisi tanah dasar yang lunak maka dalam pembangunan membutuhkan konstruksi pondasi dalam.

Pondasi dalam yang dipilih adalah dengan menggunakan tiang pancang. Dari data perencanaan awal direkomendasikan dimensi tiang pancang persegi 35 x 35, 40 x 40, dan 45 x45 dengan kedalaman rencananya mencapai 28 m. Penentuan daya dukung tiang pancang dengan metode statis konvensional menggunakan data penyelidikan tanah dari hasil pengujian SPT mencapai Qijin 90 – 150 ton. Berdasarkan SNI 8460:2017 tentang salah satu persyaratan dasar pondasi adalah memenuhi persyaratan kekuatan yaitu struktur atau tanah pendukung pondasi. Perhitungan daya dukung pondasi dapat dihitung dengan statis dan dinamis. Perhitungan daya dukung dengan metode dinamis menghasilkan daya dukung yang prediksinya masih kurang dan harus menggunakan angka keamanan

besar (Olsen, 1967). Penggunaan rumus dinamis yang disarankan adalah dengan menggunakan Formula Gates (Long, 2002).

Perhitungan daya dukung dinamis memerlukan data seperti energi pemancangan, *final set*, dan efisiensi *hammer*. Data tersebut dapat diperoleh dengan pemilihan alat tiang pancang atau hasil pelaksanaan pemancangan di lapangan. Berdasarkan hasil studi dengan Metode Bayes, pada lokasi proyek ini terpilih alat yang memiliki nilai alternatif sebesar 3.75 adalah *Drop Hammer* (Frido, 2019).

Pada pembangunan SBE Plant dilakukan analisis perhitungan ulang dengan perbandingan daya dukung statis menggunakan metode konvensional Luciano Decourt dan metode LRFD menggunakan dimensi tiang pancang φ 45 cm. Perhitungan daya dukung statis dihitung berdasarkan data SPT dari 5 titik penyelidikan. Selanjutnya dilakukan perhitungan daya dukung dinamis menggunakan asumsi *Drop Hammer*. Studi daya dukung tentang statis dan dinamis masih dikatakan wajar apabila statis ≤ dinamis (Arianto, 2013) Riza dan Kusuma (2016). Dari hasil perhitungan kemudian disesuaikan dengan beban yang bekerja sebesar 141.14 ton. Tujuan dari analisis adalah agar dapat diperoleh kedalaman tiang pancang yang sudah diperhitungkan dengan daya dukung dinamis yang dibandingkan dengan Metode statis probabilistik. Sehingga dalam pelaksanaan pembangunan SBE Plant dapat diminimalisir resiko perencanaan karena dalam statis juga diperhitungkan daya dukung statis dengan metode probabilistik.

TINJAUAN PUSTAKA

Dari hasil penyelidikan tanah menggunakan uji SPT, nilai NSPT yang diperoleh, tidak dapat digunakan langsung dalam merencanakan kekuatan pondasi. Nilai NSPT harus dilakukan koreksi terhadap muka air tanah dan tegangan *overburden* yang terjadi. Koreksi terhadap muka air tanah dilakukan khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila N > 15 Wahyudi (1999),

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N - 15) \quad \text{..... (1)}$$

$$N_1 = 0{,}6N \quad \text{..... (2)}$$

Dari perhitungan nilai NSPT koreksi selanjutnya adalah menghitung daya dukung pondasi menggunakan persamaan Luciano Decourt. Prinsip daya dukung metode Luciano Decourt menggunakan nilai koefisien berdasarkan jenis tanah pada ujung tiang dan nilai koefisien sama pada selimut tiang (Schnaid, 2009). Luciano Decourt menghasilkan nilai daya dukung yang besar pada tanah pasir dibandingkan pada tanah lempung. Formula yang umumnya digunakan untuk perhitungan daya dukung tiang pancang metode statis antara lain:

a. Luciano Decourt

$$Qu = \alpha(q_p * A_p) + \beta(q_s * A_s) \quad \text{..... (3)}$$

$$Q_p + Q_s = [\alpha * (\check{N}_p * K) * A_p] + \left[\beta * \left(\frac{\check{N}_s}{3} + 1 \right) * A_s \right] \quad \text{..... (4)}$$

Dimana:

Qu = daya dukung tiang pancang (ton)
α = koefisien dasar tiang (Lihat Tabel)
β = koefisien selimut tiang (Lihat Tabel)
q_p = daya dukung ujung tiang (ton)
q_s = daya dukung selimut tiang (ton)
A_p = luas penampang dasar tiang (m^2)
A_s = luas selimut tiang (keliling x panjang tiang yang terbenam) (m^2)
N_p = harga rata-rata SPT sekitar 4B diatas hingga 4B dibawah dasar tiang pondasi
N_s = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan 3 <N < 50
B = diameter pondasi

Tabel 1 Koefisien Dasar Tiang α (Decourt & Quaresma,1978; Decourt dkk,1996)

Soil/Pile	*Driven Pile*	*Bored Pile*	*Bored Pile (Bentonite)*	*Continuous hollow auger*	*Root Piles*	*Injected Pile (high pressure)*
Clay	1,00	0,85	0,85	0,3	0,85	1,00
Intermediate Soils	1,00	0,60	0,60	0,3	0,60	1,00
Sands	1,00	0,50	0,50	0,3	0,50	1,00

Tabel 2 Koefisien Selimut Tiang β (Decourt & Quaresma,1978; Decourt dkk,1996)

Soil/Pile	*Driven Pile*	*Bored Pile*	*Bored Pile (Bentonite)*	*Continuous hollow auger*	*Root Piles*	*Injected Pile (high pressure)*
Clay	1,00	0,85	0,90	1,00	1,50	3,00
Intermediate Soils	1,00	0,60	0,75	1,00	1,50	3,00
Sands	1,00	0,50	0,65	1,00	1,50	3,00

b. *Load Resistance Factor Design* (LRFD)
LRFD adalah suatu metode yang didasari oleh konsep keadaan batas dimana keadaan batas tersebut dicapai melalui proses interaksi antara faktor kelebihan beban dan berkurangnya kekuatan material. Bila pemakaian pondasi tiang pancang telah ditetapkan maka dimensi dan panjang tiang perlu dihitung berdasarkan pada beban yang berasal dari bagian konstruksi. Dalam perhitungan metode probabilistik digunakan faktor reduksi daya dukung atau tahanan berdasarkan Tabel 3 sesuai SNI atau usulan dari Lastiasih (2012).

Tabel 3 Perbandingan Faktor Reduksi Tahanan, Faktor Beban dan SF antara SNI dan Usulan

Beban Tetap (β = 3,7)	ϕ	γD	γL	SF
SNI	0,41	1,2	1,6	3,2
Usulan	0,34	1,05	1,18	3,3

Sumber : Lastiasih (2012)

Pertimbangan energi pemancangan untuk menghitung daya dukung tiang masih digunakan selain untuk menentukan ukuran palu di lapangan. Pemilihan tiang pancang digunakan adalah dengan *Drop Hammer*, dalam perhitungan daya dukung tiang metode dinamis terdapat beberapa formula yang dapat digunakan salah satunya adalah Formula Gates,

$$Qu = a * \sqrt{e_h E_h}\,(b - \log s) \quad \text{..... (5)}$$

Dimana :
Qu = daya dukung tiang pancang (ton)
eh = efisiensi alat/hammer
Eh = energi palu
s = final set
a = 27 FPs (1 fps = 0,3048 m/s)
b = 2,4 SI

Pada saat proses pemancangan diperlukan suatu analisis dalam pemilihan alat pemancangan. Salah satu cara untuk dapat memilih alat tiang pancang adalah dengan Metode Bayes. Metode Bayes adalah suatu metode keputusan dengan cara kuisioner kemudian memberikan penilaian pada setiap kriteria dan menghasilkan nilai alternatif. Hasil kuisioner dari Metode Bayes adalah Matrik keputusan pemilihan alat pancang yang diberikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis pemilihan alat pancang berdasarkan Metode Bayes

Alternatif	Kriteria				Nilai Alternatif
	Dampak Lingkungan	Biaya Pelaksanaan	Produktivitas Pancang	Topografi Lokasi	
Drop Hammer	4	4	4	3	3,75
Diesel Hammer	4	3	2	3	3,05
Bobot Kriteria	0,3	0,2	0,25	0,25	

Sumber : Hasil olahan data Frido (2019)

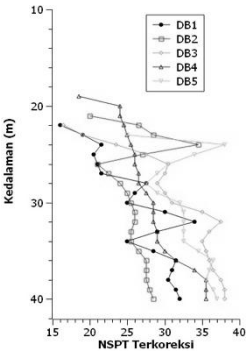
METODE

Metode yang digunakan dalam perhitungan perbandingan daya dukung statis dan dinamis pada Pembangunan SBE Plant PT.Ecooil Jaya Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan studi pustaka dan penelitian terdahulu, dimana mencari referensi terutama tentang perbandingan daya dukung statis dan daya dukung dinamis.
2. Pengumpulan data sekunder meliputi data bangunan, data pembebanan, data tanah dan data spesifikasi tiang pancang.
3. Perhitungan daya dukung tiang pancang per 1 m kedalaman berdasarkan pengolahan data tanah dengan variasi dimensi. Variasi dimensi yang digunakan adalah Ø 45 cm pada 5 DB1, DB2, DB3, DB4, dan DB5. Daya dukung dihitung dengan Metode Luciano Decourt dan Metode LRFD.
4. Perbandingan daya dukung statis dengan daya dukung dinamis kemudian membandingkan daya dukung statis dengan beban bekerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

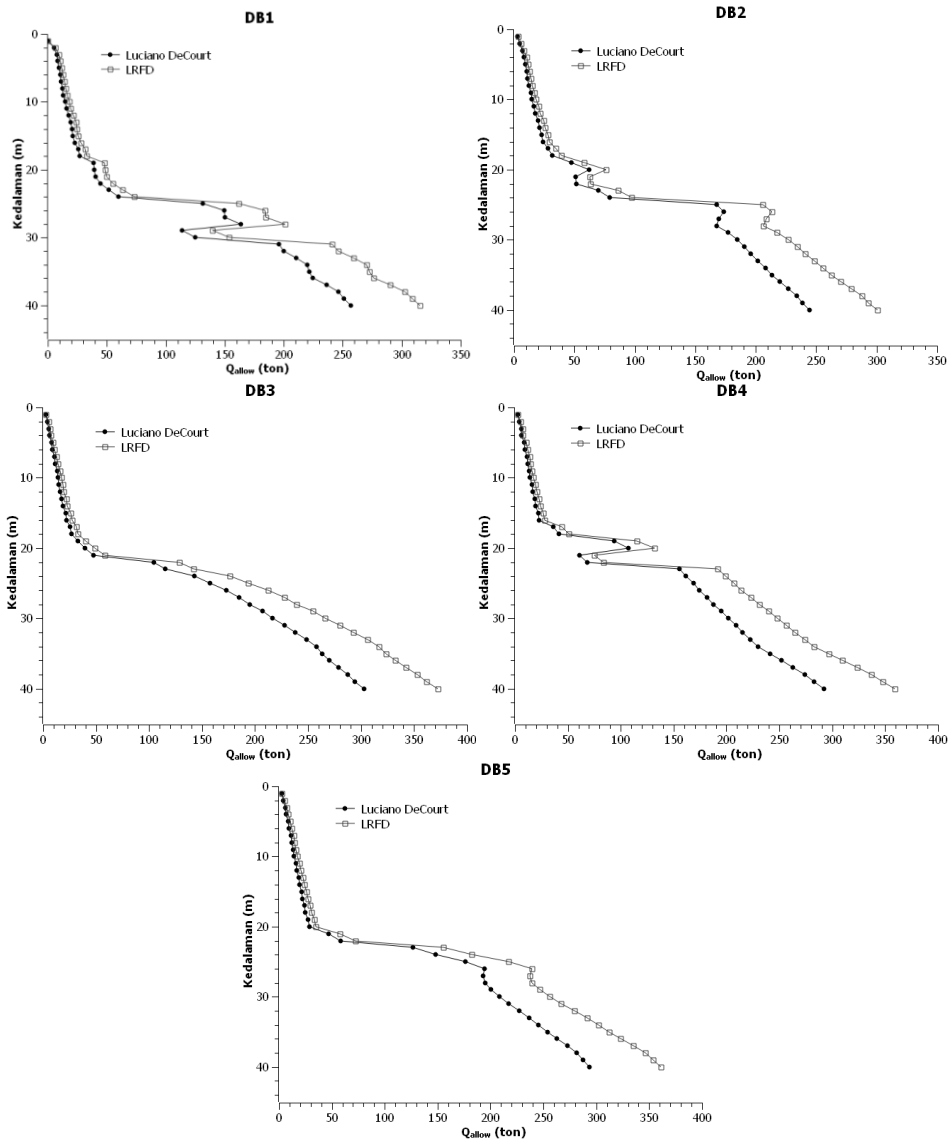
Dari pengolahan data tanah hasil uji NSPT, jenis tanah paling dominan di lapangan adalah tanah lempung pada sedalam hampir 20 m dan terdapat lapisan tanah pasir kelanauan pada kedalaman 25 sampai 40 m. Hasil NSPT dikoreksi pada kedalaman 20 m sampai 40 m dikarenakan pada kedalaman 0 sampai 20 meter mempunyai nilai NSPT antara 1 – 5. Nilai NSPT koreksi pada kedalaman 20 – 40 m sebesar 21 – 38 m jenis tanah pasir halus dan pasir halus kelanauan. Nilai NSPT Koreksi pada 5 titik *borehole* diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Nilai NSPT terkoreksi pada 5 titik *borehole*

Perhitungan Daya Dukung Metode Statis

Perhitungan daya dukung dengan metode Luciano Decourt dan LFRD disajikan dalam Grafik yang menyatakan hubungan antara kedalaman dan daya dukung izin (Q_{allow}) pada setiap titik *bore hole.*



Gambar 2 Perbandingan daya dukung izin pada 5 titik bore hole menggunakan metode Luciano De Court dan LRFD

Dari Gambar 2 nilai daya dukung dari kedua metode di setiap titik mengalami kenaikan pada setiap kedalaman. Nilai daya dukung dengan metode LRFD lebih besar nilainya dibandingkan dengan metode Luciano DeCourt, hal ini karena nilai daya dukung ijin digunakan faktor reduksi sebesar 0.41. Dari Gambar 2 direkomendasikan kedalaman tiang pancang yang dapat digunakan untuk 5 titik *borehole* adalah 21 - 24 m. Daya dukung yang dipakai adalah dengan menggunakan LRFD dengan pertimbangan pendekatan konseptual dan konsisten terhadap resiko perencanaan. Nilai Qallow ijin sebesar 58.51 ton – 97.04 ton pada 5 titik *borehole.*

Perhitungan Daya Dukung Metode Dinamis

Berdasarkan pemilihan alat *Drop Hammer*, maka perhitungan daya dukung metode dinamis dihitung menggunakan formula (5). Nilai yang digunakan sebagai perhitungan adalah dengan energi

palu sebesar 249 kJ dan efisiensi palu 1, serta final set 0,8 m. Dengan SF=3, daya dukung dinamis izin yang diperoleh pada 5 titik bore hole adalah 108 ton.

Dari hasil perhitungan daya dukung dinamis tersebut digunakan untuk melakuan cek syarat tentang statis ≤ dinamis. Dari daya dukung statis pada 5 titik *borehole* yang dipilih pada 21 - 24 m memenuhi daya dukung dinamis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Daya dukung metode LRFD pada kedalaman 21 – 24 m menghasilkan daya dukung DB1 yaitu 73,38 ton, DB2 sebesar 97,04 ton, DB3 sebesar 58,51 ton, DB4 sebesar 84 ton, dan DB5 adalah 72,03 ton.
2. Daya dukung ijin dinamis menggunakan Formula Gates untuk kelima titik borehole diperoleh hasil sebesar 108 ton.
3. Apabila memperhatikan persyaratan bahwa daya dukung statis ≤ dinamis, maka semua titik borehole memenuhi syarat tersebut. Sehingga penggunaan alat *Drop Hammer* dapat digunakan pada lokasi pembangunan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Yulianto. 2017. *Pemilihan Alat Pancang Menggunakan Expert Choice*. J. Ris. Rekayasa Sipil Univ. Sebel. Maret.
[2] F. I. Wibowo and M. K. Wardani. 2019. *Pemilihan Alat Pancang Menggunakan Metode Bayes dan Perbandingan Hasil Daya Dukung Statis dan Dinamis Pada Pembangunan SBE Plant PT. ECOOILS JAYA INDONESIA.* Gresik
[3] H. Wahyudi. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
[4] R. E. Olson and K. S. Flaate. 1967. *Pile Driving Formulas for Friction Piles in Sand*. J. Soil Mech. Found. Eng. ASCE, vol. 93, no. SM6, pp. 270–296
[5] J. H. Long. 2002. *Resistance Factors for Driven Piling Developed From Load-test Databases.* Geotech. Spec. Publ., no. 116 II, pp. 944–960
[6] G. Likins. 2004. *Pile Testing - Selection and Economy of Safety Factors.* Deep Found. ASCE
[7] Y. Lastiasih. 2014. *Metode Load Resistance Factor Design Untuk Perencanaan Pondasi Tiang Bor*. Semin. Nas. Geotek
[8] M. Kusuma and A. Riza. 2016. *Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Metode Statis Metode Dinamis Dan Kekuatan Bahan Berdasarkan Data NSPT (Studi Kasus Pembangunan Hotel Ayola Surabaya).* vol. 1, no. 2, pp. 1–6
[9] L. DeCourt and A. Quaresma. 1978. *Capacidade de carga de estacas a partir de valores de* SPT. Congr. Bras. MECÂNICA DOS SOLOS E Eng. FUNDAÇÕES, vol. 1, no. 6, pp. 45–53
[10] D. D. Ariyanto and D. I. D. Untung. 2013. *Studi Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal dengan Beberapa Metode Analisa*. vol. 1, no. 1, pp. 1–5