Available online at: http://jtb.ulm.ac.id/index.php/JTB
Volume 12 Nomor 02
ISSN: 2302-8394 (print)

ANALISA DAYA DUKUNG FONDASI TIANG TUNGGAL DENGAN DATA SPT

Asih Mitra Fenie Lestari[1]
[1]*Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jalan A.Yani KM 35,5, Kota Banjarbaru, 70714, Indonesia*

ABSTRACT

Analysis of the bearing capacity of foundations requires investigation of adequate soil data and selection of the appropriate bearing capacity calculation method to minimize errors in planning. Soil investigations carried out in this paper include deep drilling and SPT tests, as well as laboratory tests. In calculating the bearing capacity of the pile, the N-SPT value is used which has been corrected for the SPT hammer energy, as well as corrections for the ground water level and overburden pressure. Soil investigations were carried out at the planned location of the Palm Oil Factory in Branch Village River, Keamatan. Kumai, Kabupaten Pangkalan Bun. The test results show that there is a very soft to soft cohesive soil layer at a depth of around 8.00 – 18.00 m. Hard soil layers began to be found at a depth of 45.00 m until the end of the test depth at 50.00 m. The planned pile foundation is a spun pile with a diameter of 500 m with an embedded pile length of 46.00 m. The calculation method used is Meyerhoff (1956), Briaud et al. (1985), and Decourt (1987). With Safety Factor 3, the average permitted carrying capacity is 183.90 tons (Meyerhoff Method, 1956), 153.07 tons (Briaud et al., 1985 Method), and 156.75 tons (Decourt, 1987). The ultimate bearing capacity using the Meyerhoff (1956) method is approximately 15% greater than that of the other two methods.

Key words: soil investigation, deep drilling, spt, bearing capacity of pile foundations.

ABSTRAK

Analisa daya dukung fondasi memerlukan data penyelidikan tanah yang memadai dan pemilihan metode perhitungan daya dukung yang tepat untuk meminimalisir kesalahan dalam perencanaan. Penyelidikan tanah yang dilakukan pada karya tulis yaitu uji bor dalam dan SPT, serta uji laboratorium. Dalam menghitung daya dukung tiang digunakan nilai N-SPT yang telah dikoreksi terhadap energi hammer SPT, serta koreksi muka air tanah dan overburden pressure. Penyelidikan tanah dilakukan pada lokasi rencana Pabrik Kelapa Sawit di Desa Sungai Cabang, Kec. Kumai, Kab. Pangkalan Bun. Dari hasil uji menunjukkan bahwa terdapat lapisan tanah kohesif sangat lunak hingga lunak di sekitar kedalaman 8.00 – 18.00 m. Lapisan tanah keras mulai ditemukan di kedalaman 45.00 m hingga akhir kedalaman uji di 50.00 m. Fondasi tiang yang direncanakan yaitu spun pile diameter 500 m dengan panjang tiang tertanam 46.00 m. Metode perhitungan yang digunakan yaitu Meyerhoff (1956), Briaud et al. (1985), dan Decourt (1987). Dengan Safety Factor 3, daya dukung ijin rata-rata sebesar 183.90 ton (Metode Meyerhoff, 1956), 153.07 ton (Metode Briaud et al., 1985), dan 156.75 ton (Decourt, 1987). Kapasitas daya dukung ultimit dengan metode Meyerhoff (1956) lebih besar sekitar 15% dibandingkan dengan dua metode lainnya.

Kata kunci: penyelidikan tanah, bor dalam, spt, daya dukung fondasi tiang.

Correspondence : Asih Mitra Fenie Lestari
Email : asihmitra@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pada pekerjaan sipil, penyelidikan tanah sangat diperlukan untuk memberikan informasi mengenai parameter geoteknik yang relevan. Penyelidikan tanah harus dirancang agar diperoleh data yang memadai, yaitu mencakup stratifikasi tanah, posisi muka air tanah, serta sifat fisis dan mekanis tanah. Titik penyelidikan harus diatur dalam pola sedemikian rupa sehingga stratifikasi tanah yang melintasi lokasi pembangunan dapat diperoleh; serta tidak menimbulkan bahaya bagi struktur, pekerjaan konstruksi, atau lingkungan di sekitarnya. Dalam menentukan jarak titik penyelidikan, juga mempertimbangkan kondisi tanah relatif seragam atau tanah memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga jarak titik penyelidikan dapat lebih jauh atau jumlah titik penyelidikan yang lebih sedikit.

Penyelidikan tanah terdiri dari penyelidikan lapangan dan uji laboratorium. Salah satu penyelidikan tanah yang umum dilaksanakan yaitu uji uji bor dalam dan SPT (*Standard Penetration Test*). Dari hasil uji ini, diperoleh informasi jenis lapisan dan parameter tanah, serta nilai N-SPT yang dapat digunakan dalam perhitungan daya dukung fondasi tiang.

Menurut Das dan Sivakugan (2016), fondasi merupakan struktur bangunan paling bawah yang berfungsi memikul beban seluruh struktur bangunan, dimana beban yang diteruskan oleh fondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah tersebut. Mengingat fungsinya tersebut, fondasi harus direncanakan agar aman dalam memikul beban yang bekerja dengan tetap mempertimbangkan stabilitas atau deformasi pada bangunan tersebut dan bangunan di sekitarnya. Dalam SNI 8460:2017, perancangan fondasi harus memenuhi persyaratan kekuatan/daya dukung dan penurunan.

Penggunaan metode dalam menentukan daya dukung tiang sangat berpengaruh terhadap kapasitas dukung tiang, sehingga perlu pertimbangan yang tepat untuk meminimalisir kesalahan dalam perencanaan. Penggunaan data SPT untuk menentukan daya dukung tiang terdiri dari dua pendekatan utama, yaitu metode langsung dan metode tidak langsung. Metode langsung menggunakan nilai N-SPT dengan beberapa faktor koreksi, sedangkan metode tidak langsung menggunakan data nilai *friction angle and undrained shear strength*. Dari kedua metode tersebut, metode yang umum digunakan yaitu metode langsung (Shooshpasha dkk, 2013). Hal tersebut yang menjadi tujuan karya tulis ini, dimana dapat memberikan gambaran daya dukung tiang dari beberapa metode perhitungan.

2. METODE PENELITIAN

Karya tulis ini menggunakan data penyelidikan tanah pada lokasi rencana Pabrik Kelapa Sawit di Desa Sungai Cabang, Kecamatan Kumai, Kabupaten Pangkalan Bun, Kalimantan Tengah. Penyelidikan tanah yang dilakukan meliputi:

1. Uji Bor Dalam sebanyak 5 (lima) titik
2. Pengujian SPT (*Standard Penetration Test*)
3. Pengambilan *Undisturbed Sample* masing-masing 5 sampel/titik
4. Uji laboratorium mekanika tanah

Jenis tiang yang digunakan pada proyek ini adalah spun pile diameter 500 mm. Kedalaman tiang tertanam yang direncakan yaitu 46 m (*tipe end-bearing pile*).

2.1 Metode Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah dilakukan oleh PT Tiyasa Total Rekayasa dengan metode uji mengacu pada standar yang berlaku seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Standar Uji Penyelidikan Tanah

Jenis Uji	Standar Uji
Tata cara pencatatan dan identifikasi hasil pengeboran inti	SNI 2436:2008
Uji penetrasi lapangan dengan SPT	SNI 4153:2008
Tata cara pengambilan contoh tanah	SNI 03-4148.1-2000
Uji kadar air	ASTM D2216-7 SNI 1965:2008
Uji berat volume	ASTM D2937-71 SNI 03-3637-1994

Jenis Uji	Standar Uji
Uji berat jenis	ASTM D854-58 SNI 1964:2008
Uji batas cair dan batas plastis	ASTM D423-6 SNI 1967:2008
Analisa saringan	ASTM C130-46 SNI 03-1968-1990
Uji hidrometer	ASTM D421-58 ASTM D422-63 SNI 3423:2008
Tata cara pengklasifi-kasian tanah	ASTM D 2487-06 SNI 6371: 2015
Uji geser langsung (*direct shear*)	ASTM D3080-72 SNI 3420:2016
Uji kuat tekan bebas (*unconfined compres-sive strength*)	ASTM D423-66 SNI 3638:2012
Uji konsolidasi	ASTM D2435-70 SNI 2812:2011

2.2 Metode Perhitungan Daya Dukung Tiang

Perhitungan daya dukung fondasi tiang berdasarkan data N-SPT menggunakan metode sebagai berikut:

1. Meyerhoff (1956)
2. Briaud et al. (1985)
3. Decourt (1987)

Nilai N-SPT yang digunakan dalam perhitungan merupakan nilai yang telah dikoreksi terhadap *hammer* yang digunakan (N_{60}). Untuk tipe donat *hammer* umumnya faktor energi koreksi berkisar 0.5 – 1.0 (Skempton, 1986). Berdasarkan data PT Tiyasa Total Rekayasa digunakan faktor koreksi /*energy corecction factor* (c_e) sebesar 0.75. Sehingga, N-SPT asli lapangan dikali 0.75.

Selain itu, menurut Terzaghi dan Peck (1960) - Bazaraa (1967) data SPT juga harus dikoreksi terhadap muka air tanah dan *overburden pressure* tanah.

1. Koreksi Terhadap Muka Air (N_1)

- Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yag berada di bawah muka air tanah, serta hanya bila N > 15. Koreksinya yaitu:
  a) Menurut Terzaghi dan Peck (1960);
  $N_1 = 15 + ½ (N – 15)$
  b) Menurut Bazaraa (1967)
  $N_1 = 0.6\ N$

  Dipilih harga N yang terkecil dari (a) dan (b) di atas.
- Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar, serta bila $N \leq 15$. Tidak ada koreksi, yaitu: $N_1 = N$
-

2. Koreksi Terhadap *Overburden Pressure* Dari Tanah

Hasil dari koreksi 1 (N_1) dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan *vertical effective* pada lapisan tanah dimana harga N tersebut didapatkan. Dimana tekanan *vertical effective = overburden pressure*. Koreksi terhadap *overburden pressure* adalah sebagai berikut.

$$p_o \leq 7.5\ \text{ton/m}^2;\ N_2 = \frac{4.N_1}{1 + 0.40.p_0} \quad (1)$$

$$p_o > 7.5\ \text{ton/m}^2;\ N_2 = \frac{4.N_1}{3.25 + 0.10.p_0} \quad (2)$$

Dimana:

p_o =tekanan tanah *vertical effective* pada lapisan atau kedalaman yang ditinjau.

$p_o = \gamma'_i.h_i$

Harga N_2 harus lebih kecil atau sama dengan $2N_1$. Jika dari koreksi diperoleh $N_2 > 2N_1$, maka $N_2 = 2N_1$. Dari harga-harga SPT yang telah dikoreksi pada setiap kedalaman, maka $SPT_i = N2_i$. Dimana $N2_i$ pada kedalaman segmen tiang ke-$_i$. Tiang pancang dibagi menjadi n segmen (biasanya h_i = 1.0 m atau 2.0 m).

2.3 Metode Meyerhoff (1956)

Persamaan untuk perhitungan daya dukung ultimit tiang berdasarkan data SPT sebagai berikut:

$$Q_u = 40.\bar{N}.A_p + \sum_{1=1}^{n} \frac{N_i}{2 \text{ atau } 5}.A_s \quad (3)$$

Dimana:

Qu = daya dukung ultimit tiang (ton)

$\bar{N}$ = nilai N-SPT koreksi rata-rata pada 4D di bawah ujung hingga 8D di atas ujung tiang

Ap = luas penampang ujung tiang yang ditinjau (m2)

As = luas selimut tiang pada segmen kedalaman yang ditinjau (m2)

Ni = nilai N-SPT koreksi rata-rata; Ni dibagi 2 untuk tanah lempung/lanau; 5 untuk untuk tanah pasir.

2.4 Metode Briaud et al. (1985)

Metode ini memberikan persamaan untuk perhitungan tahanan ujung satuan sebagai berikut.

$$f_b = 19{,}7.\sigma_r.(N_{60}')^{0{,}36} \quad (4)$$

dan tahanan gesek satuan:

$$f_s = 0{,}224.\sigma_r.(N_{60}')^{0{,}29} \quad (5)$$

Dimana:
f_b = tegangan ujung satuan (kN/m²)
f_s = tegangan gesek satuan (kN/m²)
σ_r = tegangan referensi = 100 kN/m²
N_{60}'= N-SPT yang telah dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan tekanan *over burden*.

Persamaan daya dukung ultimit tiang adalah sebagai berikut.

$$Q_u = f_b.A_p + f_s.A_s \quad (4)$$

Dimana:
Q_u = daya dukung ultimit tiang (kN)
A_p = luas penampang ujung tiang yang ditinjau (m^2)
A_s = luas selimut tiang pada segmen kedalaman yang ditinjau (m^2)

2.5 Metode Decourt (1987)

Metode ini merupakan penyempurnaan dari metode Meyerhoff (1956), daya ultimit tiang dihitung dengan persamaan berikut.

$$Q_u = A_p.N_p.K + A_s.\left(\frac{N_s}{3}+1\right) \quad (4)$$

Dimana:
Q_u = daya dukung ultimit tiang (ton)
N_p = nilai rata-rata N-SPT mulai dari 4D di bawah ujung tiang hingga 4D diatas ujung tiang yang ditinjau.
A_p = luas penampang ujung tiang yang ditinjau (m^2)
A_s = luas selimut tiang pada segmen kedalaman yang ditinjau (m^2)
N_s = nilai N-SPT rata-rata sepanjang segmen tiang yang ditinjau
K = Nilai koefisien berdasarkan jenis tanah, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai Koefisien K

Jenis Tanah	K (t/m²)
Lempung	12
Lanau berlempung	20
Lanau berpasir	25
Pasir	40
Lempung	12
Lanau berlempung	20

Sumber: Decourt L. (1987)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Lapisan Tanah

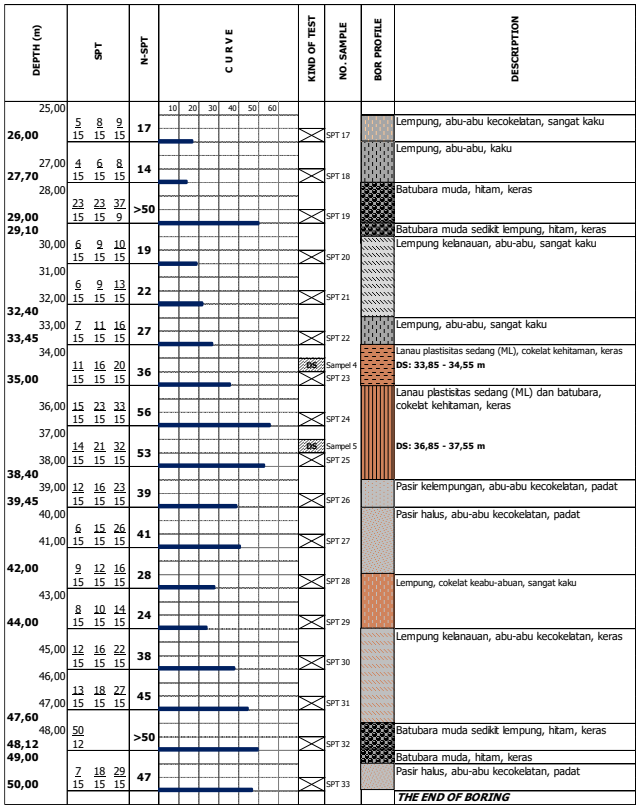
Pada lokasi rencana Pabrik Kelapa Sawit ini terdapat 5 uji bor yang masing-masing mewakili rencana bangunan, dengan data sebagai berikut.

Tabel 3 Nilai Koefisien K

No. Titik Uji	Lokasi/Area	Kedalaman Bor (m)
BH-1	Water Treatment Tank	50
BH-2	Boiler	50
BH-3	Sterilizer	50
BH-4	Loading Ramp	50
BH-5	Storage Tank	50
BH-1	Water Treatment Tank	50

Gambar 1 Pelaksanaan Uji Bor Dalam dan SPT

Gambar 2 Inti Bor pada titik BH-2



Gambar 3 *Drilling Log* BH-2 Kedalaman 25 – 50 m

Hasil uji Bor dan SPT menunjukkan lapisan tanah secara umum yaitu berupa lapisan pasir kepadatan medium di permukaan hingga sekitar kedalaman 3.00 m dan 6.00 m. Lapisan selanjutnya merupakan lapisan tanah kohesif sangat lunak hingga lunak hingga kisaran kedalaman 15.00 m dan 18.00 m, dilanjutkan dengan lapisan tanah kohesif kaku hingga sangat kaku, sebelum ditemukan lapisan tanah keras (N-SPT 30 – 50) mulai sekitar kedalaman 45.00 m. Pada beberapa titik uji, terdapat lapisan batubara, yaitu di kedalaman 30.70 – 32.30 m (BH-1), 27.70 – 29.10 m dan 47.60 – 49.00 m (BH-2), 46.80 – 48.00 m (BH-3), dan 44.45 – 45.50 m (BH-4).

Hasil uji laboratorium pada beberapa kedalaman menunjukkan jenis tanah kohesif dengan plastisitas rendah hingga tinggi dan pasir plastisitas rendah serta pasir nonplastis; dengan klasifikasi lanau plastisitas tinggi (MH), lanau plastisitas sedang dengan pasir (ML), lanau berpasir plastisitas sedang (ML), lanau platisitas rendah (ML), lanau plastisitas sedang (ML), pasir berlempung plastisitas rendah (SC), pasir berlanau nonplastis (SM). Pada sampel yang diambil di sekitar kedalaman 5.00 - 15.00 m, sudut geser dalam berkisar 3.0 – 24.5° dan *kohesi undrained* 0.053 – 0.468 kg/cm². Pada sampel yang diambil di sekitar kedalaman 18.00 - 38.00 m, sudut geser dalam berkisar 12.8 – 52.2° dan *kohesi undrained* 0.300 – 1.340 kg/cm².

Gambar 4 *Atterberg Limit Test*

Gambar 5 *Direct Shear Test*

Gambar 6 *Unconfined Compressive Strength Test*

3.2 Analisa Lapisan Tanah

Bangunan pada lokasi direncakan menggunakan tiang spun pile diameter 500 m dengan panjang tiang tertanam 46.00 m. Daya dukung ijin pabrikasi tiang (Kelas A1 dimensi 500 mm) adalah 185.30 ton. Dengan asumsi elevasi kepala tiang sama dengan elevasi 0.00 m uji bor, daya dukung tiang dapat dilihat pada Tabel 4 hingga Tabel 6.

Tabel 4. Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Metode Meyerhoff (1956)

Titik Bor	Qp	Qs	Qu	Qa
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
BH-1	139,06	298,03	437,09	145,70
BH-2	187,75	433,79	621,54	207,18
BH-3	202,24	401,04	603,28	201,09
BH-4	147,73	415,89	563,62	187,87
BH-5	161,47	371,55	533,02	177,67
Rata-rata	**167,65**	**384,06**	**551,71**	**183,90**

Tabel 5. Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Metode Briaud et al. (1985)

Titik Bor	Qp	Qs	Qu	Qa
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
BH-1	139,53	283,56	423,09	141,03
BH-2	141,00	336,99	477,99	159,33
BH-3	153,37	337,06	490,43	163,48
BH-4	124,15	330,09	454,24	151,41
BH-5	139,65	310,62	450,27	150,09
Rata-rata	**139,54**	**319,67**	**459,21**	**153,07**

Tabel 6. Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Decourt (1987)

Titik Bor	Qp	Qs	Qu	Qa
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
BH-1	46,23	328,31	374,53	124,84
BH-2	102,49	450,35	552,84	184,28
BH-3	63,71	419,75	483,46	161,15
BH-4	79,51	425,37	504,88	168,29
BH-5	52,59	371,16	435,58	145,19
Rata-rata	**68,91**	**398,99**	**470,26**	**156,75**

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode Meyerhoff (1956) dan Briaud et al. (1985), daya dukung ujung (Qp) sebesar 30% dan daya dukung selimut (Qs) sebesar 70% dari data dukung ultimit (Qu). Sedangkan hasi perhitungan dengan metode Decourt (1987),

daya dukung ujung (Qp) sebesar 15% dan daya dukung selimut (Qs) sebesar 85% dari data dukung ultimit (Qu). Kapasitas daya dukung ultimit dengan metode Meyerhoff (1956) lebih besar sekitar 15% dibandingkan dengan dua metode lainnya.

4. KESIMPULAN

Penyelidikan tanah dilakukan pada lokasi rencana Pabrik Kelapa Sawit di Desa Sungai Cabang, Kec. Kumai, Kab. Pangkalan Bun, Kalimantan Tengah. Dengan pengujian yaitu 5 titik uji Bor dan SPT, serta pengambilan sampel sebanyak 25 tabung untuk Uji Laboratorium. Dari hasil penyelidikan tanah dan perhitungan daya dukung diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada lokasi uji, terdapat lapisan tanah kohesif sangat lunak hingga lunak di sekitar kedalaman 8.00 – 18.00 m. Lapisan tanah keras mulai ditemukan di kedalaman 45.00 m hingga akhir kedalaman uji di 50.00 m.
2. Terdapat beberapa lapisan batubara yang sebaiknya tidak digunakan sebagai lapisan *end-bearing*.
3. Dengan Safety Factor 3, daya dukung ijin rata-rata sebesar 183.90 ton (Metode Meyerhoff, 1956), 153.07 ton (Metode Briaud et al., 1985), dan 156.75 ton (Decourt, 1987).
4. Kapasitas daya dukung ultimit dengan metode Meyerhoff (1956) lebih besar sekitar 15% dibandingkan dengan dua metode lainnya. Namun, metode ini yang mendekati nilai kapasitas dukung ijin (pabrikasi) sebesar 185,30 ton.
5. Untuk mengetahui nilai aktual daya dukung tiang, kedepannya sebaiknya juga dilakukan uji tiang.

DAFTAR RUJUKAN

Bowles, Joseph E. 1993. Analisa dan Desain Fondasi 2. Jakarta: Erlangga.

B. Mochtar, Indrasurya. 2002. Modul Bahan Ajar Perencanaan Tiang Pancang.

Das, Braja M. 2011. Principles of Foundation Engineering. USA: Cengage Learning.

Das, Braja M & Sivakugan, Nagaratnam Sivakugan. 2016. Fundamentals of Geotechnical Engineering. USA: Cengage Learning.

Hardiyatmo, HC. 2008. Teknik Pondasi 2, Yogyakarta: Beta Offset.

Mulyono & Agustina, Dian Hastari. 2022. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Dan Kelompok (Studi Kasus Proyek Hangar Lion Air Batam). Sigma Teknika, Vol. 5, No.2: 372–382.

Sardjono, HS. 1984. Fondasi Tiang Pancang Jilid 1. Surabaya: Sinar Wijaya.

Shooshpasha, Issa & Hasanzadeh, Ali & Taghavi Ghalesari, Abbasali. 2013. Prediction of the Axial Bearing Capacity of Piles by SPT-based and Numerical Design Methods. International Journal of GEOMATE, 4, 560, http://dx.doi.org/10.21660/2013.8.2118

Skempton, A.W. 1986. Standard Penetration Test Procedures and the Effect in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and Over-Consolidation. Geotechnique, 36, 425-447.