



ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG PADA GEDUNG SMPN 11 TARAkan DENGAN MENGGUNAKAN DATA CPT DAN KALENDERING

Mustakim¹ dan Hasrullah²

^{1,2)} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No. 1 Kota Tarakan, Kalimantan Utara
Email: mustakimbhaltov97@gmail.com, hasrullah.ray@gmail.com,

ABSTRAK: Proyek konstruksi adalah pekerjaan mendirikan suatu bangunan dalam waktu yang telah ditentukan dan selesai tepat waktu atau bahkan lebih lepat dari waktu yang diperkirakan. Proyek konstruksi tentunya mempertimbangkan jenis tanah sebelum melakukan pembangunan pada lokasi tersebut dimana tanah memiliki peranan yang penting. Tujuan dari penelitian di Proyek Pembangunan Gedung Sekolah SMPN 11 Tarakan ini, untuk mengetahui jenis tanah dengan data sondir dan untuk mengetahui kapasitas daya dukung tiang pancang dengan menggunakan metode statis dan metode dinamis. Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok dengan menggunakan metode statis pada titik sondir S-2 yang beban terbesarnya terdapat pada metode Mayerhoff sebesar 411,774 ton dan yang terkecil pada metode Shamertmann sebesar 111,330 ton. Daya dukung tiang pancang kelompok dengan menggunakan metode dinamis yang terbesarnya yaitu pada titik G-8-F metode AASHTO sebesar 1879,223 ton sedangkan yang terkecil pada titik G-8-C metode Janbu sebesar 409,014 ton. Angka keamanan (SF) pada metode statis pada titik sondir menghasilkan nilai SF terbesar pada titik sondir S-1 metode Mayerhoff sebesar 6,49 dan terkecil pada titik sondir S-5 metode Shamertmann sebesar 0,10. Pada metode dinamis menghasilkan nilai SF terbesar pada titik G-8-F metode AASHTO sebesar 6,63 dan yang terkecil pada titik G-8-C metode Janbu sebesar 1,44.

Kata Kunci: Angka keamanan, klasifikasi tanah metode statis dan dinamis, penurunan tiang, pondasi tiang.

ABSTRACT: A construction project is a work to build a building in a certain time and it has to be ready on time, or even earlier than the expected. in the process, it considers the soil type before the construction starts. the soil is one of the important factors to consider. the objective of the study was to identify the soil types and to determine the capacity of supporting strength of piles, using static and dynamic method. based on the analysis, the group pile strength at the soil point s-2, with mayerhoff method, provides the strongest power of 441.774 tons and its smallest of shamertann is 111.330 tons. meanwhile with the dynamic method, their strongest load at the g-8-f method of aashto method results in 1879,223 tons and its lowest strength at g-8-c point of janbu method is 409,015 tons. furthermore, the security force (sf), at the static method of soil points, is identified at s-1 with the strongest 6.49 and the weakest 0.10 at s-5, using mayerhoff and shamertmann respectively. whereas, with the dynamic method, the biggest s was indicated at g-8-point, using aashto method, producing the highest 6.63 ad the lowest 1.44 at g-8-c point of janbu method.

Keywords: security force, soil classification, static and dynamic method, pile driving.

1. PENDAHULUAN

Ukuran Proyek konstruksi adalah pekerjaan mendirikan suatu bangunan dalam waktu yang telah ditentukan dan selesai tepat waktu atau bahkan lebih lepat dari waktu yang diperkirakan. Salah satu proyek konstruksi yang sedang berjalan saat ini adalah proyek pembangunan gedung sekolah SMPN 11 Kota Tarakan. Proyek pembangunan gedung sekolah SPMN 11 Kota Tarakan akan

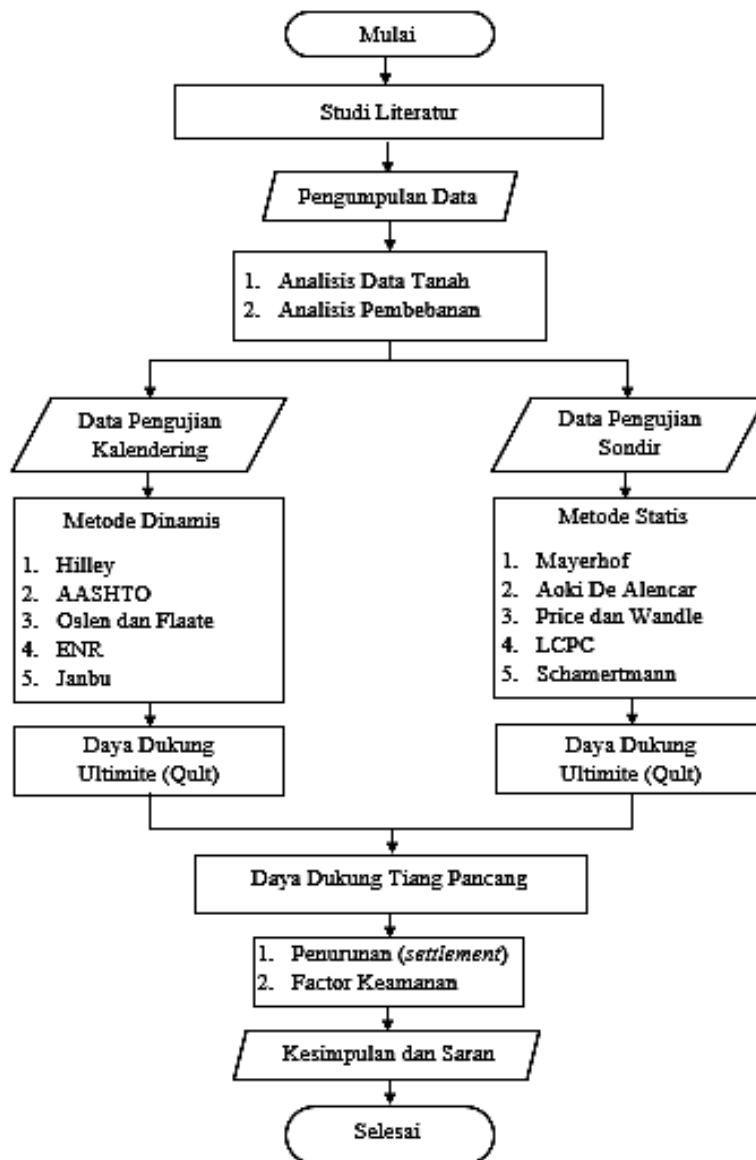
dibangun berlantai 3 dengan fasilitas sekolah pada umumnya seperti yang ada di sekolah. Pembangunan fasilitas-fasilitas tersebut tentunya memiliki beban yang cukup besar. Struktur bangunan yang kuat tentu harus ditopang oleh pondasi dan tanah yang ada di bawahnya.

Pembangunan gedung tidak akan dapat dibangun di tanah yang tidak mampu menerima beban gedung tersebut karena akan menyebabkan terjadinya penurunan (*settlement*) dari konstruksi gedung tersebut. Penurunan (*settlement*) pondasi terjadi apabila kekuatan tanah sudah terlampaui oleh beban yang dipikul oleh tanah tersebut.

Sasrodarsono dan Nakazawa (2000), mengemukakan bahwa tanah selalu memiliki peranan penting dalam suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi penopang suatu bangunan, atau bahan konstruksi bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, atau terkadang sebagai sumber gaya luar pada bangunan tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini



Gambar 1. Bagan alir penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Objek penelitian yang penulis tentukan dalam penelitian ini di Jalan Sei. Mahakam Kelurahan Kampung Empat, Kota Tarakan Provinsi Kalimantan Utara. Dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian (Sumber : Google Earth)

2.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam pembahasan tugas akhir ini penulis melakukan pengambilan data melalui :

1. Metode kepustakaan yaitu pengumpulan data melalui literature seperti: buku, jurnal, bahan kuliah dan bahan pustaka lainnya.
2. Metode pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu data sekunder yang diperoleh dari pihak lain yang berkaitan dengan permasalahan penelitian dan juga data yang berasal dari peraturan yang berlaku.

2.3 Metode Analisis Data

Hasil dari pengujian data sondir dan kalendering masing-masing dianalisis menggunakan lima metode. Untuk data sondir yaitu metode Mayerhoff, metode Aoki de Alencar, metode Bustamante LCPC, metode Price & Wardle, dan metode Schmertmann. Untuk data kalendering yaitu metode Hilley, metode Olsen & Flaate, metode *Engineering New Record* (ENR), metode Janbu, dan metode AASHTO.

2.3.1. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Dari Hasil Sondir

Hasil dari percobaan diperoleh beberapa parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah yaitu perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_c), angka banding (R_f), dan geseran total tanah (T_f) (SNI 03-2827-2008).

Metode perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang dengan menggunakan metode statis berdasarkan data sondir/*Cone Penetration Test* (CPT) :

- 1) Metode Mayerhoff

Jusi (2015), menyatakan bahwa untuk menghitung daya dukung tiang pancang tunggal dari data CPT dapat menggunakan metode Mayerhoff berikut :

$$Q_u = A_b \times f_b + A_s \times f_s \quad (1)$$

Menghitung nilai tahanan ujung satuan (f_b) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$f_b = \omega_1 \times \omega_2 \times q_{ca} \quad (2)$$

2) Metode Aoki de Alencar

Aoki de Alencar merumuskan kapasitas daya dukung tiang ujung dari hasil data pengujian sondir/CPT adalah sebagai berikut :

$$Q_{ult} = q_b \cdot A_b + f \cdot A_s \quad (3)$$

dimana :

- Q_{ult} = kapasitas dukung ultimit (ton)
- Q_b = kapasitas dukung ujung (ton)
- A_b = luas penampang tiang (cm^2)
- f = satuan tahanan kulit (kg/cm^2)
- A_s = luas selimut tiang (cm^2)
- Q_a = daya dukung ijin tiang (ton)

Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_b) diperoleh sebagai berikut :

$$q_b = \frac{q_c (side)}{F_b} \quad (4)$$

dimana :

- q_b = kapasitas dukung ujung tiang persatuan luas (kg/cm^2).
- $q_{ca (base)}$ = perlawanan konus rata-rata 1,5 D diatas ujung tiang, 1,5 D dibawah ujung tiang (kg/m^2).
- F_b = faktor empiris tahan ujung tiang yang tergantung pada tipe tiang.

Tahanan kulit persatuan luas (f) diprediksi sebagai berikut :

$$F = q_c (side) \times \frac{a_s}{F_s} \quad (5)$$

dimana,

- F = satuan tahanan kulit persatuan luas (kg/cm^2)
- $q_c (side)$ = perlawanan konus rata-rata pada lapisan sepanjang tiang
- F_s = faktor empiris tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang

3) Metode Bustamante LCPC

Metode Bustamante LCPC nilai unit tahanan ujung (Q_b) dan unit tahanan kulit (Q_s) hanya diperoleh dari nilai tahanan (q_c) sebagai berikut :

$$Q_b = k_b \times q_{eq} \quad (6)$$

dimana :

- Q_b = tahanan unit ujung tiang
- k_b = faktor daya dukung, yang nilainya 0,15 – 0,16. Nilai k_b terganggu pada jenis tanah dan cara pemancangan tiang
- q_{eq} = perlawanan ujung kerucut rata-rata ekuivalen disekitar ujung tiang 1,5D diatas ujung tiang dan 1,5 D di bawah ujung tiang. (Titi dan Farsakh, 1999).

Untuk menentukan tahanan kulit (Q_s) sebagai berikut :

$$Q_s = f_s \times A_s \quad (7)$$

4) Metode Price & Wardle

Daya dukung ujung pondasi tiang dengan metode ini dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_b = q_t \times A_p \quad (8)$$

$$q_t = K_b \times q_c \quad (9)$$

dimana,

q_t = Perlawanan ujung sondir dengan faktor koreksi

K_b = Faktor pemancangan (0,35 pancang dan 0,3 dengan hidraulik)

Q_b = Daya dukung ujung tiang

Daya dukung kulit pondasi (f) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_s = f \cdot A_s \quad (10)$$

$$f = K_s \times f_s \quad (11)$$

Dimana :

K_s = Faktor pemancangan (0,53 pancang, 0,62 hidraulik, dan 0,49 bor)

F_s = Perlawanan geser, (Titi dan Farsakh,1999)

5) Metode Schmertmann

Schmertmann dan Nottingham dalam Chandra, dkk (2018) menganjurkan perhitungan daya dukung pondasi tiang bor tunggal sebagai berikut :

$$Q_{ult} = A_b \times f_b + A_s \times f_s \quad (12)$$

Jusi (2015) menjelaskan bahwa untuk menghitung nilai tahanan ujung satuan (f_b) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$f_b = \omega \times q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \quad (13)$$

Menghitung nilai tahanan konus rata-rata (q_{ca}) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$q_{ca} = 1/2 (q_{c1} + q_{c2}) \quad (14)$$

dimana,

q_{c1} = q_c rata-rata pada zona 0,7d atau 4d di bawah dasar tiang (kg/cm^2)

q_{c2} = q_c rata-rata pada zona 8d di atas dasar tiang (kg/cm^2)

2.3.2. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Dari Hasil Kalendering

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

1) Metode Hilley

$$Q_u = \frac{e_h W_r h}{s + 1/2 (k_1 + k_2 + k_3)} \frac{W_r n^2 W_p}{W_r W_p} \quad (15)$$

dimana,

Q_u = daya dukung izin ultimit

e_h = efisiensi pemukul

W_r = berat ram

h = tinggi jatuh pemukul

n = koefisien restitusi

W_p = berat tiang pancang

s = penetrasi per pukulan

2) Metode Olsen & Flaate

Hardiyatmo.H.C (2011), memaparkan pada metode ini daya dukung tiang pancang dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_u = \frac{e_h E_h}{s + C_1} \quad (16)$$

$$C_1 = \sqrt{\frac{e_h E_h L}{2 A E}} \quad (17)$$

dimana,

E = Modulus elastisitas bahan tiang

e_h = efisiensi palu

L = Panjang tiang pancang

E_h = Tenaga palu pabrik (W_r, h)

3) Metode *Engineering New Record* (ENR)

Dalam persamaan ini, satuan panjang (h dan s) dipakai adalah cm dan satuan berat W_r dalam kg. Pada tahun-tahun terakhir rumus ENR dimodifikasi menjadi :

$$Q_u = \frac{e_h W_r h (W_r + n^2 W_p)}{(s + 0,25) (W_r + W_p)} \quad (18)$$

4) Metode Janbu

Rumus yang disarankan oleh Janbu (1953) adalah sebagai berikut :

$$Q_u = \frac{e_h W_r h}{K_u s} \quad (19)$$

Dengan,

$$K_u = C_d \left[1 + \left(1 \frac{\lambda}{C_d} \right)^{1/2} \right] \quad (20)$$

$$C_d = 0,75 + 0,15 \left(\frac{W_p}{W_r} \right) \quad (21)$$

$$\lambda = \frac{e_h \times E_h \times L}{A \times E \times s^2} \quad (22)$$

5) Metode AASHTO

AASHTO memberikan persamaan untuk menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan data uji kalendering sebagai berikut :

$$Q_u = \frac{2h W_r + A_r p}{s + C} \quad (23)$$

dimana,

C = 2,5 cm penggunaan satuan disesuaikan dengan konsisten.

A_r = luas penampang pemukul,

p = tekanan uap

2.3.3. Efisiensi Kelompok Tiang

Salah satu persamaan efisiensi tiang yaitu metode *converse-labarre formula* sebagai berikut :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1) m + (m-1)n}{90 mn} \quad (24)$$

Daya dukung kelompok tiang dengan mempertimbangkan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan persamaan (untuk jarak tiang sekitar 2,25d atau lebih):

$$Q_g = E_g n Q_u \quad (25)$$

2.3.4. Angka Kemanan/Safety Factor

Hardiyatmo (2014), menjelaskan bahwa nilai-nilai kapasitas dukung aman, yang telah ditentukan dari hitungan kapasitas dukung ultimit dibagi dengan faktor aman.

Tabel 1 Faktor keamanan yang disarankan

| Klasifikasi Struktur | Faktor Keamanan (Safety Factor, SF) | | | |
|----------------------|-------------------------------------|--------------|---------------|----------------------|
| | Kontrol Baik | Kontrol Aman | Kontrol Jelek | Kontrol Sangat Jelek |
| Monumental | 2,3 | 3 | 3,5 | 4 |
| Permanen | 2 | 2,5 | 2,8 | 3,4 |
| Sementara | 1,4 | 2 | 2,3 | 2,8 |

Sumber: Hardiyatmo, 2008

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Korelasi dan Interpretasi Hasil Uji

Hasil akhir dari pengujian korelasi dan interpretasi berdasarkan kerapatan relatif setiap kedalaman yang didasarkan pada jenis tanah dengan cara korelasi nilai qc. Nilai Fs dan Qc diperoleh bersarkan nilai rata-rata dari pengujian data sondir berdasarkan kedalaman pada jenis tanah itu sendiri.

$$\begin{aligned} Fr &= 0,5 \% \\ Qc &= 14,00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

3.2 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang

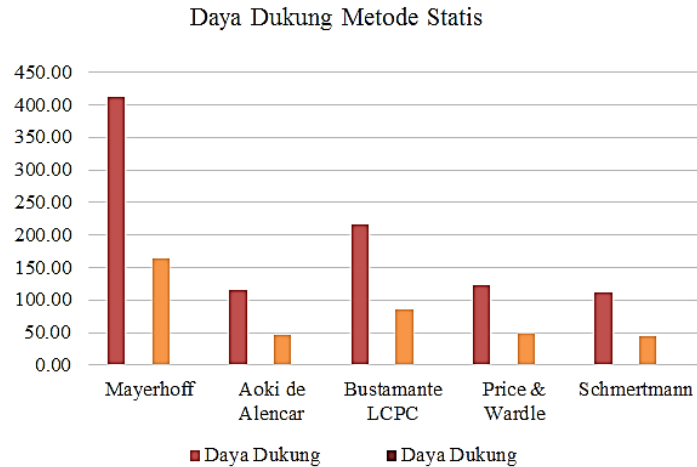
3.2.1. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Dengan Metode Statis

Hasil perhitungan daya dukung dengan metode statis dari beberapa titik sondir, perbandingan hanya dititik sondir S-2 dan diplotkan pada Gambar 3 terlihat beberapa perbedaan daya dukung ijin (Qa) dari masing-masing metode yang digunakan dalam penelitian ini. Selain perbedaan daya dukung ijin perbedaan lain yang dapat dilihat adalah nilai daya dukung ujung (Qb) dan daya dukung selimut (Qs). Ada empat metode yang memiliki nilai $Q_b > Q_s$ yaitu metode Mayerhoff, Aoki de Alencar, Bustamante LCPC, dan Price & Wardle sedangkan hal ini berbanding terbalik dengan metode Schamertmann yang memiliki nilai $Q_b < Q_s$.

Tabel 2. Daya Dukung Tiang Pancang Dengan Metode Statis

| Titik Sondir | Metode | Daya Dukung | |
|--------------|-----------------|---------------|---------------|
| | | (Qu) (ton) | (Qa) (ton) |
| S-2 | Mayerhoff | 411.77 | 164.71 |
| | Aoki de Alencar | 114.90 | 45.96 |
| | Bustamante LCPC | 215.47 | 86.19 |
| | Price & Wardle | 122.13 | 48.85 |
| | Schmertmann | 111.33 | 44.53 |

Sumber: Hasil analisa, 2022



Gambar 3. Daya Dukung Metode Statis

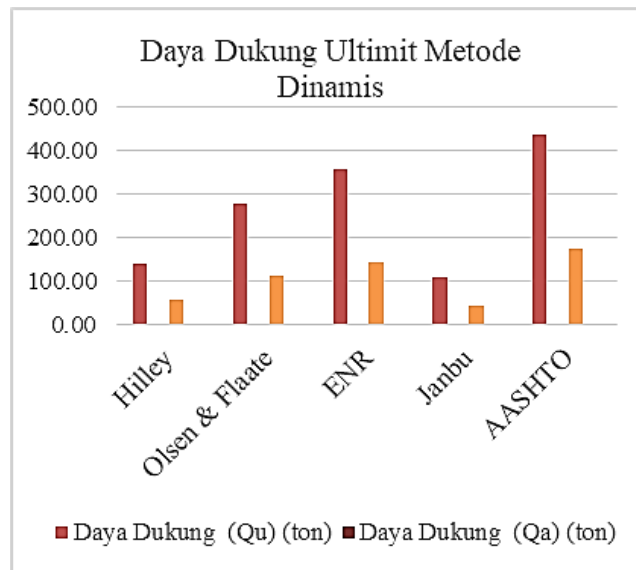
3.2.2. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Dengan Metode Dinamis

Hasil perhitungan daya dukung dengan metode dinamis dari beberapa titik kalendering diplotkan pada Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat beberapa perbedaan daya dukung ultimit (Q_u) dari masing-masing metode yang digunakan dalam penelitian. Dari beberapa metode yang digunakan yang memiliki nilai daya dukung ultimit (Q_u) terbesar terdapat pada metode AASHTO pada titik kalendering G-8-F sebesar 437,500 ton dan yang memiliki nilai daya dukung ultimit (Q_u) terkecil terdapat pada metode Janbu pada titik kalendering G-8-C.

Tabel 3. Daya Dukung Tiang Pancang Dengan Metode Dinamis

| Titik Sondir | Metode | Daya Dukung | |
|--------------|----------------|--------------------|--------------------|
| | | (Q_u) (ton) | (Q_a) (ton) |
| S-2 | Hilley | 141,627 | 56,651 |
| | Olsen & Flaate | 278,433 | 111,373 |
| | ENR | 358,007 | 143,203 |
| | Janbu | 95,426 | 38,170 |
| | AASHTO | 437,500 | 175,000 |

Sumber: Hasil analisa, 2022



Gambar 4. Daya Dukung Metode Dinamis

3.2.3. Faktor Keamanan/Safety Factor

Perhitungan faktor keamanan didapatkan dari hasil daya dukung kelompok dibagi besarnya gaya yang bekerja maka didapatkan nilai *safety factor*.

Tabel 4. Nilai *Safety Factor* Berdasarkan Metode Statis

| Data | Metode | Qg (ton) | SF |
|------|-----------------|----------|------|
| S1 | Mayerhoff | 1838,61 | 6,49 |
| | Aoki de Alencar | 420,21 | 1,48 |
| | Bustamante LCPC | 1536,29 | 5,43 |
| | Price & Wardle | 854,22 | 3,02 |
| | Schmertmann | 465,97 | 1,65 |
| S2 | Mayerhoff | 1765,90 | 6,24 |
| | Aoki de Alencar | 492,75 | 1,74 |
| | Bustamante LCPC | 924,05 | 3,26 |
| | Price & Wardle | 523,74 | 1,85 |
| | Schmertmann | 477,44 | 1,69 |
| S3 | Mayerhoff | 1759,86 | 6,22 |
| | Aoki de Alencar | 376,33 | 1,33 |
| | Bustamante LCPC | 834,08 | 2,95 |
| | Price & Wardle | 506,20 | 1,79 |
| | Schmertmann | 520,69 | 1,84 |
| S4 | Mayerhoff | 660,65 | 2,33 |
| | Aoki de Alencar | 175,73 | 0,62 |
| | Bustamante LCPC | 857,37 | 3,03 |
| | Price & Wardle | 474,31 | 1,68 |
| | Schmertmann | 172,42 | 0,61 |
| S5 | Mayerhoff | 245,47 | 0,87 |
| | Aoki de Alencar | 309,55 | 1,09 |
| | Bustamante LCPC | 1130,64 | 3,99 |

| Data | Metode | Qg (ton) | SF |
|------|----------------|-------------|------|
| | Price & Wardle | 452,60 | 1,60 |
| | Schmertmann | 30,60 | 0,10 |

Sumber: Hasil analisa, 2022.

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai SF terbesar terdapat pada titik sondir S-1 metode Mayerhoff yaitu 6,49. Sedangkan nilai SF terkecil terdapat pada titik sondir S-5 metode Schmertmann yaitu 0,10.

Tabel 4. Nilai Safety Factor Berdasarkan Metode Dinamis

| Data | Metode | Qg (ton) | SF |
|-------|----------------|-------------|------|
| G-8-A | Hilley | 554,953 | 1,96 |
| | Olsen & Flaate | 736,768 | 2,60 |
| | ENR | 1344,634 | 4,75 |
| | Janbu | 421,793 | 1,49 |
| | AASHTO | 1206,144 | 4,26 |
| G-8-B | Hilley | 558,214 | 1,97 |
| | Olsen & Flaate | 770,597 | 2,72 |
| | ENR | 1305,808 | 4,61 |
| | Janbu | 423,304 | 1,50 |
| | AASHTO | 1295,488 | 4,58 |
| G-8-C | Hilley | 533,544 | 1,89 |
| | Olsen & Flaate | 613,345 | 2,17 |
| | ENR | 1183,474 | 4,18 |
| | Janbu | 409,014 | 1,44 |
| | AASHTO | 978,899 | 3,46 |
| G-8-D | Hilley | 609,472 | 2,15 |
| | Olsen & Flaate | 677,301 | 2,39 |
| | ENR | 1442,589 | 5,10 |
| | Janbu | 462,136 | 1,36 |
| | AASHTO | 1087,894 | 3,84 |
| G-8-E | Hilley | 599,619 | 2,12 |
| | Olsen & Flaate | 828,387 | 2,93 |
| | ENR | 1386,819 | 4,90 |
| | Janbu | 456,535 | 1,61 |
| | AASHTO | 952,219 | 3,36 |
| G-8-F | Hilley | 607,368 | 2,15 |
| | Olsen & Flaate | 1194,062 | 4,22 |
| | ENR | 1535,318 | 5,42 |
| | Janbu | 409,236 | 1,45 |
| | AASHTO | 1876,223 | 6,63 |

Sumber: Hasil analisa, 2022.

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai SF terbesar terdapat pada titik kalendering G-8-F metode AASHTO yaitu 6,63. Sedangkan nilai SF terkecil terdapat pada titik kalendering G-8-C metode Janbu yaitu 1,44.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil dan pembahasan, Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang dengan metode statis nilai terbesar terdapat pada titik sondir S-1 metode Mayerhoff sebesar 1838,614 ton dan terkecil pada titik sondir S-5 metode Aoki de Alencar sebesar 30,603 ton. Dengan metode dinamis nilai terbesar terdapat pada titik kalendering G-8-F metode AASHTO sebesar 1876,223 ton dan nilai terkecil pada titik kalendering G-8-C metode Janbu sebesar 409,014 ton. Setelah didapatkan nilai daya dukung tiang pancang kelompok kemudian dihitung nilai angka keamanan/*safety factor* pada metode statis menghasilkan nilai terbesar di titik sondir S-1 dengan perhitungan Mayerhoff sebesar 6,49 dan angka keamanan/*safety factor* yang terkecil di titik sondir S-5 dengan perhitungan Schamertmann sebesar 0,10. Metode dinamis nilai angka keamanan/*safety factor* terbesar di titik G-8-F metode perhitungan AASHTO sebesar 6,63 dan nilai angka keamanan/*safety factor* terkecil di titik G-8-C metode perhitungan Janbu sebesar 1,44.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Saudari Sa'diah yang telah memberi dukungan moral serta materi, dan Saudara-saudari angkatan 2017 serta senior Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan yang membantu dan memberikan motivasi dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2008. SNI 2827 : 2008 *Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir*.
- Chandra, dkk., (2018), *Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Pembangunan Menara Listrik Transmisi 500 KV Peranap-Perawang*. Jurnal Teknik, Vol 12, No.2 : 171 –178.
- Fahriana, N., Ismida, Y., Lydia, E. N., & Ariesta, H. (2019). *Analisis Klasifikasi Tanah Dengan Metode USCS (Meurandeh Kota Langsa)*. Jurnal Ilmiah JURUTERA, 6(2), 005-013.
- Fahriani, F. (2018). *Analisis Pengaruh Kedalaman Pondasi Terhadap Respon Beban Statis dan Beban Dinamis Pada Sistem Pondasi Blok*. Jurnal Teknik Sipil, vol 2.
- Gunawan, Muhammad. 2014. *Rasio Hubungan Nilai Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Sondir, Kalendering dan PDA Test Pada Jembatan Pelawa Kabupaten Parigi Moutong*. Jurnal Infrastruktur, Palu Vol.4, No. 1, hal 41 - 49.
- Hardiyatmo, H. C. (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary C., (2011), *Analisis Perancangan Fondasi I - Jilid 2*, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2014). *Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hery C., (2014). *Analisis dan Perancangan Fondasi I dan II*. UGM Press. Yogyakarta.