Journal Scientific of Mandalika (JSM)
https://www.ojs.cahayamandalika.com/index.php/jomla
Vol. 7, No. 9, 2026
e-ISSN: 2745-5955 | p-ISSN: 2809-0543
pp. 1012-1018

Analisis daya dukung pondasi kelompok tiang pancang untuk struktur *barge loading conveyor*

Sri Devi Siri[1]*, Revia Oktaviani[2], Albertus Juvensius Pontus[3], Tommy Trides[4], Agus Winarno[5].
[1,2,3,4,5]Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mualawarman, Samarinda, Indonesia
*Corresponding Author e-mail: vhysridevi28(@)gmail.com ; revia.oktaviani(@)gmail.com

Abstract

The Barge Loading Conveyor (BLC) is a supporting facility that must be prepared for loading coal onto barges. The stability of the BLC structure is largely determined by the quality and strength of its supporting foundation. Pile foundations were chosen as the technical solution because piles can distribute structural loads through end resistance and friction sheaths, enabling them to bear loads of 2,158 kN with point loads. Calculating the bearing capacity of the pile foundation of the barge loading conveyor structure is necessary to ensure stability against operational loads at the coal mine in Kota Bangun District, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province, using a standard safety factor of 2.5. The research method used is a quantitative method with a theoretical approach and numerical modeling. The data analyzed includes secondary data in the form of standard penetration test (SPT) reports, pile material specifications, and upper support reaction loads. The analysis was conducted by comparing the results of manual calculations using the Meyerhoff method and numerical simulations based on the finite element method (FEM) with PLAXIS 2D software. From the analysis results conducted on the bearing capacity of the pile group foundation, the bearing capacity obtained using the Meyerhoff method was 2,586.56 kN. Meanwhile, the bearing capacity obtained using the FEM method was 2,520.78 kN.

Keywords: *pile foundation, bearing capacity, meyerhoff, finite element, safety factor*

Abstrack

Barge Loading Conveyor (BLC) merupakan fasilitas pendukung yang harus disiapkan dalam pemuatan Batubara menuju tongkang. Stabilitas struktur BLC sangat ditentukan oleh kualitas dan kekuatan pondasi yang mendukungnya. Pondasi tiang pancang dipilih sebagai solusi teknis karena tiang pancang dapat menyalurkan beban struktural melalui perlawanan ujung dan gesekan selimut, sehingga mampu menanggung beban yang bekerja sebesar 2.158 kN dengan beban tumpuan berupa beban titik. Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang pada struktur *barge loading conveyor* diperlukan guna memastikan stabilitas terhadap beban operasional pada tambang batubara di Kecamatan Kota Bangun, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur, dengan menggunakan faktor keamanan standar yaitu 2,5. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan pendekatan secara teoritis dan pemodelan numerik. Data yang dianalisis meliputi data sekunder berupa laporan hasil pengujian *standard penetration test* (SPT), spesifikasi material tiang pancang serta beban reaksi tumpuan atas. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual menggunakan metode Meyerhoff dan simulasi numerik berbasis elemen hingga (*Finite Element Method*) dengan softwere PLAXIS 2D. Dari hasil analisis yang dilakukan terhadap daya dukung pondasi kelompok tiang, diperoleh daya dukung dengan metode Meyerhoff sebesar 2.586,56 kN. Sedangkan perolehan daya dukung dengan metode FEM adalah 2.520,78 kN.

Kata Kunci: Pondasi tiang pancang, daya dukung, Meyerhoff, Elemen Hingga, Faktor keamanan

Pendahuluan

Transportasi batubara yang efisien merupakan aspek krusial dalam produktivitas tambang, dimana penggunaan *Barge loading conveyor* (BLC) menjadi Solusi utama untuk mempercepat proses distribusi. Namun efektivitas system ini sangat bergantung pada stabilitas struktur bawahnya. Pondasi BLC harus mampu menahan beban statik dari material serta beban dinamik selama operasional berlangsung guna menghindari risiko pergeseran atau kerusakan structural yang merugikan secara ekonomi dan keselamatan kerja. Ketidaksesuaian desain pondasi dengan kondisi tanah setempat dapat mengakibatkan kegagalan struktur yang fatal. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi daya dukung tanah dan menentukan jenis perkuatan pondasi yang paling sesuai, guna memastikan struktur BLC yang aman, kokoh dan mampu mendukung kelancaran operasional tambang dalam jangka panjang.

Pengertian tanah secara umum adalah bagian kerak bumi yang tersusun dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, di samping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan (Das et al., 1995).

Penyelidikan tanah dilapangan dibutuhkan untuk keperluan perencanaan struktur geoteknik seperti pondasi bangunan,

Copyright©2026, Author (s)
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.
https://doi.org/10.36312/jomla.v7i9.618

dinding penahan tanah, pilar jembatan dan sebagainya merupakan langkah awal yang sangat menentukan keberhasilan dari sebuah proyek pembangunan. Penyelidikan ini diperlukan untuk memberikan informasi yang diperlukan seperti jenis lapisan tanah, muka air tanah dan parameter tanah. Selanjutnya informasi yang diperoleh dianalisis dan diolah untuk membuat rekomendasi yang berkaitan dengan kondisi geoteknik tanah (Bowles.E.J, 1989)

Uji Penetrasi Standar (*standard penetration test*, SPT) merupakan salah satu pengujian untuk menentukan daya dukung di lapangan, selain pengujian kerucut statis *(cone penetration test*, CPT), pengujian beban pelat (*plate load test* atau *plate bearing test*) dan lain-lain. Uji ini terutama dilakukan pada tanah-tanah yang mudah terganggu pada waktu pengambilan contohnya, seperti tanah-tanah tidak kohesif. Metode SPT merupakan eksperimen dinamis yang dilakukan di dalam lubang bor dengan cara menjatuhkan massa penggerak (palu) seberat 63,5 kg secara bebas dari ketinggian 760 mm dan memasukkan tabung sampel berdiameter 35 mm ke kedalaman 300 mm. Nilai N adalah jumlah pukulan palu yang diperlukan untuk memasukkan tabung sampel sedalam 300 mm (Hardiyatmo, 2010).

Pondasi ialah struktur terendah yang dapat menahan tekanan dari struktur diatasnya karena menjadi bagian dari sistem struktur bawah yang mampu menahan beratnya sendiri dan menanggung tekanan struktur atas hingga lapisan tanah dan batu di bawahnya. Pondasi tiang pancang merupakan pondasi tiang yang dibuat terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam tanah hingga mencapai kedalaman tertentu. Metode yang paling umum untuk memasukkan tiang ke dalam tanah adalah dengan memukul kepala tiang berulang kali dengan sebuah palu khusus yang disebut sebagai pemancangan tiang. (Bowles.E.J, 1989)

Menurut Hardiyatmo (2011), Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya. Tiang pancang yang dihitung berdasarkan pada tahanan ujung *(end bearing pile)* ini dipancang sampai pada lapisan tanah keras, yang mampu memikul beban yang diterima oleh tiang pancang tersebut. untuk menentukan daya dukung *ultimate* tiang adalah sebagai berikut.

$Qu = Qp + Qs$ .....(1)

Dimana :

Qu = Daya dukung ultimate pondasi tiang (kN)

Qp = Daya dukung ujung tiang (kN)

Qs = Daya dukung selimut tiang (kN)

Untuk mendapatkan kapasitas dukung tiang izin, langkahnya adalah membagi daya dukung ultimit dengan faktor keamanan yang sudah ditetapkan.

$q_{all} = \frac{qult}{SF}$ .....(2)

Dimana :

q_{all} = Tegangan tanah yang diizinkan (kg/m²)

q_{ult} = Daya dukung batas (kg/m²)

SF = Faktor keamanan

Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data SPT dapat digunakan metode meyerhoff dengan menggunakan persamaan seperti berikut.

1. Daya dukung ujung pondasi pada tanah *non kohesif*

   $Qp = 40 \times Nb \times \frac{Lb}{D} \times A_p > 400 \times Nb \times A$ .....(3)

   Keterangan:

   Qp = Daya dukung ujung tiang pada tanah *non kohesif* (ton)

   Ap = Luas Penampang (m²)

   Lb = Kedalaman tiang (m)

   D = Diameter tiang (m)

   $Nb = \frac{N1+N2}{2}$

   N1 = Nilai Nrata-rata dari dasar ke 8D ke atas

   N2 = Nilai Nrata-rata dari dasar ke 4D ke bawah

2. Daya dukung fondasi selimut pada tanah *non kohesif*

   $Qs = 2 \times N\text{-}SPT \times p \times L$ .....(4)

   Keterangan :

   Qs = Daya dukung selimut untuk tanah *non kohesif* (ton)

   Li = Panjang lapisan tanah (m)

   p = Keliling tiang (m)

3. Daya dukung ujung pada tanah kohesif

   $Qp = 9 \times cu \times Ap$ .....(5)

   $Cu = N\text{-}SPT \times 2/3 \times 10$

   Keterangan :

   Qp = Daya dukung ujung tiang (ton)

   Ap = Luas Penampang (m²)

   Cu = Kohesi *Undrained* (kN/m²)

4. Daya dukung selimut pada tanah kohesif

$Qs = \alpha \times cu \times p \times Li$ .....(6)

Keterangan :

α = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang

cu = Kohesi undrained (kN/m^2)

p = Keliling tiang (m)

Li = Panjang lapisan tanah (m)

Kelompok tiang pancang merupakan kumpulan tiang yang diletakkan sangat berdekatan satu sama lain dan biasanya dihubungkan pada bagian atas oleh *pile cap*. Jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak antar tiang, dan konfigurasi tiang semuanya harus diperhitungkan saat menghitung daya dukung tiang dari suatu kelompok tiang. Kapasitas dukung ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan Persamaan berikut.

$Qg = Eg \times n \times Qall$ .....(7)

Dimana :

Qg = Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan (kN)

Eg = Efisiensi kelompok tiang

Qall = Beban maksimum tiang tunggal (kN)

N = Jumlah tiang dalam kelompok

Penurunan kelompok tiang umumnya lebih besar daripada pondasi tiang tunggal karena pengaruh tegangan pada daerah yang lebih luas dan lebih dalam. Vesic memberikan persamaan sederhana sebagai berikut :

$Sg = S \cdot \sqrt{\frac{Bg}{D}}$ .....(8)

Dimana :

Sg = Penurunan kelompok tiang (cm)

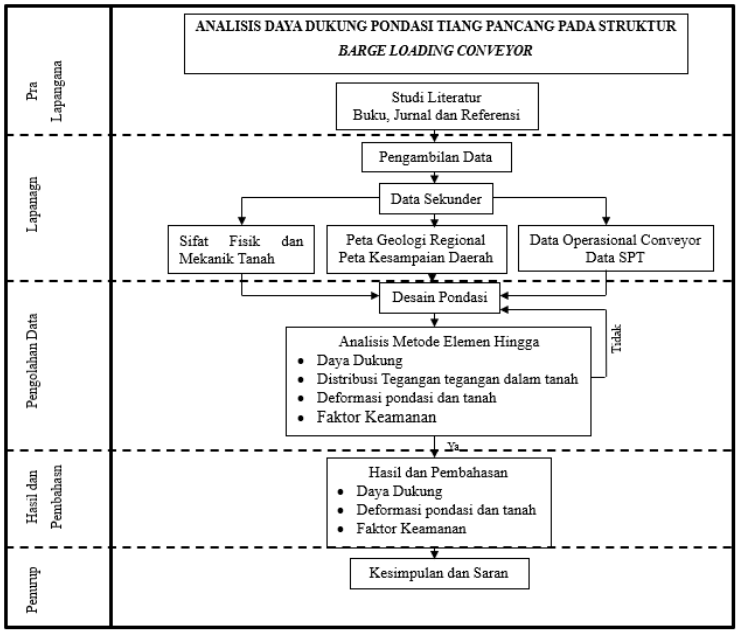
S = Penurunan pondasi tiang tunggal (cm)

Bg = Lebar kelompok tiang (cm)

D = Diameter ata sisi tiang tunggal (cm)

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif di mana menggunakan proses data-data berupa angka untuk menganalisis dan melakukan kajian penelitian, terutama mengenai penelitian yang sudah dilakukan. Dalam pelaksanaannya terdapat beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap analisis dan tahap pembahasan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Data yang digunakan untuk pembuatan tugas akhir ini berasal dari sumber sekunder seperti log bor, SPT, gaya aksial pada titik pilecap, dan hasil penyelidikan tanah uji laboratorium. lampiran dan informasi perpustakaan lainnya menunjukkan. Data sekunder peneliti berasal dari Proyek perbaikan *jetty*, PT X Kalimantan Timur, juga dari sumber perpustakaan dan data teknis instansi.

Data-data yang berasal dari data sekunder berupa data *borlog* diolah dengan dua pendekaan yaitu numerik (Plaxis 2D) dan analitis (manual). Adapun tahap-tahap yang dilakukan untuk pengolahan data dan analisis data adalah sebagai berikut:

1. Melakuan korelasi menggunakan nilai N-SPT untuk mendapatakan nilai paramter tanah seperti berat jenis, modulus elastisitas, *poisson ratio*, kohesi dan sudut geser dalam.
2. Menentukan dimensi dan jenis material pondasi tiang yang akan digunakan.
3. Menghitung daya dukung selimut dan daya dukung ujung menggunakan nilai N-SPT
4. Menghitung daya dukung ultimit dan ijin tiang tunggal.
5. Menghitung daya dukung kelompok tiang menggunakan parameter daya dukung ijin tiang tunggal, jumlah tiang, efisiensi kelompok tiang.
6. Menghitung penurunan tiang akibat beban yang bekerja pada pondasi.
7. Melakukan permodelan menggunakan metode elemen hingga berdasarkan parameter sifat fisik dan mekanik tanah.
8. Melakukan evaluasi terhadap perbandingan daya dukung dan penurunan pondasi berdasarkan pendekatan teoritis dan pemodelan numerik.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian *Standar Penetration Test* (SPT) yang terlampir pada lampiran A, diperoleh gambaran stratigrafi tanah yang bervariasi hingga kedalaman 30 meter. Secara umum, kondisi tanah pada daerah penelitian didominasi oleh material lempung (*clay*) dengan tingkat plastisitas menengah hingga tinggi. Pada kedalaman tertentu, ditemukan adanya sisipan material pasir non-plastis serta lempung berlanau. Adapun nilai N-SPT pada daerah penelitian menunjukkan peningkatan konsistensi seiring bertambahnya kedalaman. Penentuan konsistensi tanah dalam penelitian ini merujuk pada korelasi nilai N-SPT menurut Terzaghi dan Peck (1967) seperti pada tabel berikut

Tabel 1. Kedalaman bor dan Nilai N-SPT

Depth (m)	N-SPT Terkoreksi	Konsistensi
2,00	11	*Stiff*
4,00	12	*Stiff*
6,00	8	*Medium*
8,00	9	*Stiff*
10,00	12	*Stiff*
12,00	15	*Stiff*
14,00	21	*Very Stiff*
16,00	39	*Hard*
18,00	44	*Hard*
20,00	45	*Hard*
22,00	42	*Hard*
24,00	47	*Hard*
26,00	>50	*Hard*
28,00	>50	*Hard*
30,00	>50	*Hard*

Berdasarkan korelasi antara nilai N-SPT dengan konsistensi tanah pada tabel 4.1, dilakukan perencanaan pondasi tiang pancang dengan kedalaman yang mencapai lapisan tanah keras, ujung tiang direncanakan mencapai kedalaman 20,00 meter. Penentuan kedalaman ini didasarkan pada pertimbangan untuk memanfaatkan mekanisme daya dukung ujung (*point bearing*) yang stabil.

Tabel 2. Korelasi Parameter Tanah dengan nilai N-SPT

Depth (m)	N-SPT	Konsisntensi	qu (kN/m³)	γ *sat* (kN/m³)	γ *unsat* (kN/m³)	C' (kN/m³)	Φ' (°)	E' (kN/m²)
0-4	11,50	*stiff*	150,00	19,11	16,68	6,77	13,54	8.400
4-8	9,67	*stiff*	123,81	18,58	16,87	6,59	3,85	9.600
8-14	13,00	*stiff*	171,43	19,39	16,87	10,78	6,28	14.600
14-20	37,25	*Hard*	410,00	20,57	16,87	21,93	20,64	30.800
20-22	43,50	*Hard*	425,00	22,36	17,50	25,60	21,87	30.800
22-26	46,33	*Dense*	425,00	26,49	18,45	0,00	45,44	35.666
26-30	50,00	*Hard*	425,00	25,50	20,00	29,43	23,14	36.000

Daya Dukung Tiang Tunggal Pondasi Tiang Pancang Metode Meyerhoff

Analisis kapasitas dukung pondasi tiang pancang dilakukan dengan tiang diametr 80 cm. Analisis daya ultimit dilakukan dengan menggunakan metode Meyerhoff. Untuk memperoleh kapasitas dukung izin (Qall) digunakan faktor keamanan *(safety*

factor) yaitu 2,5. Penentuan nilai FK ini mengacu pada standar yang ditetapkan dalam SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik.

Tabel 3. Daya Dukung Tiang Tunggal

Diameter (m)	0,8
Qp (kN)	1.326,34
Qs (kN)	807,05
Qu (kN)	2.133,38
Q all (kN)	853,35

Berdasarkan tabel diatas didapatkan hasil kapasitas dukung izin (Qall) sebesar 853,35 kN. Nilai kapasitas dukung izin tiang tunggal yang telah diperoleh ini selanjutnya akan digunakan sebagai parameter dasar dalam menghitung kapasitas dukung kelompok tiang untuk menentukan konfigurasi pondasi yang mampu memikul beban struktur atas secara aman.

Hasil Analisis Kapasitas Dukung Tiang Kelompok

Analisis kapasitas dukung kelompok tiang dilakukan dengan metode Meyerhoff, berdasarkan hasil perhitungan kapasitas dukung izin tiang tunggal (Qall) pada tabel 3, dilakukan analisis lanjutan untuk menentukan kapasitas dukung kelompok tiang (Qg) guna memastikan bahwa konfigurasi kelompok tiang yang direncanakan mampu memikul beban aksial (P) dari struktur atas dengan mempertimbangkan faktor efisiensi kelompok (Eg). Rangkuman hasil analisis kapasitas dukung pondasi tiang pancang pada kedua titik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Kapasitas Dukung Tiang Kelompok

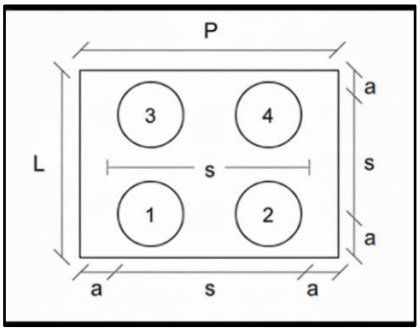
Diameter (m)	0,8
P (kN)	2.158
n (tiang)	4
Eg	0,795
Qug (kN)	6.466,392
Qg (kN)	2.586,557
Cek	Aman

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4. kapasitas dukung tiang kelompok metode Meyerhoff didapatkan hasil bahwa kapasitas dukung kelompok tiang (Qg) sangat dipengaruhi oleh konfigurasi jumlah tiang (n) dan diameter yang digunakan untuk memikul beban rencana (P). Pada tiang diameter 80 cm, dengan jumlah 4 tiang yang menghasilkan kapasitas dukung izin sebesar 2.586,227 kN. Dengan demikian, tiang pancang dengan diameter 80 cm merupakan pilihan yang paling efektif untuk memenuhi kriteria keamanan untuk pondasi tiang.

Konfigurasi dan tata letak susunan kelompok tiang (*pile group*) yang direncanakan untuk memikul beban struktur pada setiap titik tinjauan secara visual dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Gambar tersebut mengilustrasikan jarak antar tiang serta pola distribusi tiang dalam satu *pile cap.*

Tabel 5. Dimensi *pilecap*

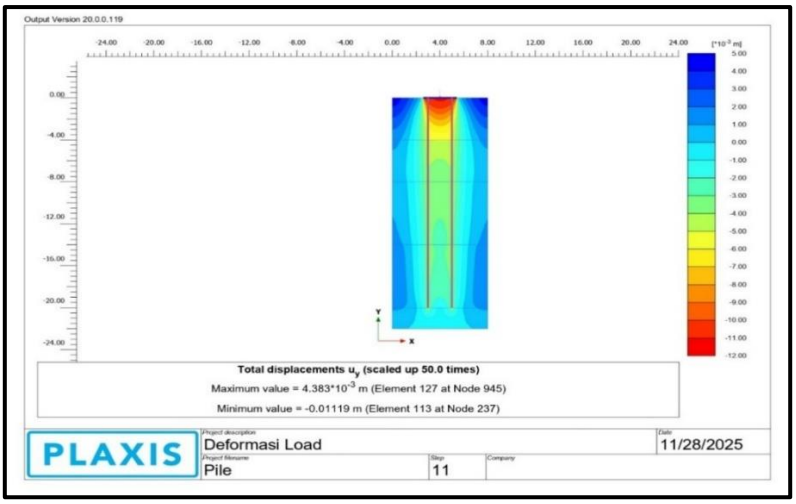
Diameter (m)	0,8
Jarak tiang ke tepi = a (m)	1
Jarak antar tiang = S (m)	2
Lebar = L (m)	4,8
Panjang = P (m)	4,8



Gambar 2. Susunan tiang diameter 80 cm

Analisis Pondasi dengan Metode Elemen Hingga

Analisis *Finite element Method* (FEM) digunakan sebagai bentuk simulasi pembebanan pada pondasi tiang untuk merepresentasikan kondisi beban aktual di lapangan secara akurat. Pada proyek *Barge Loading Conveyor* ini, simulasi dilakukan pada kedua titik tinjauan dengan panjang tiang pancang direncanakan yaitu 20 meter, yang dibebani oleh kolom utama sebesar 2158,2 kN.



Gambar 3. Jaringan terdeformasi pada tahap pembebanan tiang

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *Finite Element Method* (FEM) pada gambar 3 menunjukkan bahwa pengaruh pembebanan aksial terkonsentrasi di sepanjang tiang pancang dengan diameter 80 cm. Penurunan kelompok tiang yang dihitung menggunakan pendekatan teoritis seperti pada tabel 5, menunjukkan bahwa hasil penurunan pondasi dengan diameter 80 cm penurunan lebih besar menggunakan analisis FEM dibandingkan dengan hasil penurunan yang dihitung menggunakan metode teoritis.

Tabel 6. Penurunan (Se) Pondasi Tiang Pancang

Metode	Meyerhoff
D (m)	0,8
Se 1 (m)	0,002193
Se 2 (m)	0,001842
Se 3 (m)	0,001582
ΣSe (m)	0,005617
Sg (m)	0,010509
FEM (m)	0,01119

Dari hasil analisis, penurunan yang sebenarnya harus lebih kecil dari batas penurunan yang diizinkan (Stotal ≤ Sizin). Berdasarkan hasil penurunan pada tabel 5, semua nilai penurunan pondasi pada kedua titik baik secara teoritis maupun analisis FEM lebih kecil daripada S izin, sesuai dengan persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk penurunan pondasi tiang gedung bertingkat. Penurunan izin < 15 cm + b/600 (b dalam satuan cm) untuk bangunan tinggi dan bisa dibuktikan struktur atas masih aman. Sehingga, struktur dan pondasi tersebut dapat dianggap aman untuk digunakan.

Selain melakukan perhitungan penurunan tiang, program FEM juga dapat menghitung faktor keamanan dan daya dukung pondasi tiang. Dari program FEM didapatkan nilai faktor kemanan yang dapat digunakan untuk menentukan nilai daya dukung ultimit tiang seperti pada tabel 7 berikut :

Tabel 7. Rekapitulasi kapasitas dukung kelompok tiang pancang

Keterangan	Meyerhoff	FEM
Diameter (m)	0,8	0,8
P (kN)	2.158,2	2.158,2
ΣMsf	2,5	2,9
Qug (kN)	6.466,392	6.301,944
Qg (kN)	2.586,56	2.520,78
Cek	Aman	Aman

Berdasarkan data pada tabel 7. dilakukan rekapitulasi untuk membandingkan kapasitas dukung kelompok tiang antara metode Meyerhoff dan FEM. Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua metode aman untuk semua kofigurasi yang direncanakan karena nilai Qg lebih besar dari beban rencana. Tiang dengan diameter 80 cm, kedua metode menghasilkan nilai yang cukup konsisten, yaitu sebesar 2520,78 kN menggunakan FEM dan 2586,56 kN menggunakan Meyerhoff.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis daya dukung tiang pancang pada *Barge Loading Conveyor* dapat diambil kesimpulan bahwa jenis pondasi yang sesuai pada lokasi penelitian adalah pondasi tiang pancang, dengan diameter @80 cm dan panjang tiang yaitu 20 m, sehingga mampu untuk mendukung beban struktur secara aman. Kapasitas dukung kelompok tiang dengan diameter 80 cm yaitu sebesar 2586.56 kN dan 2520.78 kN sudah melebihi beban rencana yang diterapkan yaitu sebesar 2158,2 kN, menunjukkan pondasi stabil dan aman.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu dalam penelitian ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik dan lancar.

Daftar Pustaka

1. Adhitia, I., Kamardi, M, A., 2020. Studi Potensi Dan Kualitas Batubara Si Wilayah Tenggarong Seberang, Jurnal Teknik, Vol. 21 No. 1.
2. Apolonaris, Y. (2019). *Hubungan Nilai N-Spt Terhadap Parameter Daya Dukung Tanah Pada Proyek Pengerukan Danau Tempe Di Kabupaten Sidrap*.
3. Aryaji, A., & Darmawan, R. (R). (2024). Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi *Boredpile* Menggunakan Metode *Meyerhof, Reese & Wright, Poulos & Davis* Dan Program Plaxis.
4. Badan Standarisasi Nasional. (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik (Sni 8460:2017). Jakarta.
5. Bowles.E.J. (1989). *Analisis Dan Desain Pondasi Jilid 1* (4th Ed.). Penerbit. Erlangga.
6. Das, B. (M), Endah, N., & Mochtar, I. (B). (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Penerbit Erlangga.
7. Das, B. (M). (2011). *Geotechnical Engineering Handbook*. J.Ross Publishing.
8. Darwis, H., 2018, Dasar-Dasar Mekanika Tanah, Pena Indis, Yogyakarta, Isbn: 978-602-429-098-6
9. Febriantoro, F., Cahyo, Y., & Ridwan, A. (2018). Study Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Jembatan Sembayat Baru Ii Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik. In *Jurmateks* (Vol. 1, Issue 1).
10. Hanif, M. (R). (2023). *Perencanaan Dimensi Belt Conveyor Sebagai Alat Angkut Bongkar Muat Barang Curah Kering Di Pelabuhan Laut Garongkong Kabupaten Barru*.
11. Harasid, H., Anwar, K., & Trianda Pitri, D. 2023 Analisis Daya Dukung Pondasi Dangkal Dengan Metode Terzaghi Dan Mayerhof.
12. Hardiyatmo, C. H. (2008). *Teknik Pondasi*.
13. Khusnah I, Sara W, Huda M., 2021. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Studi Kasus Proyek Pembangunan Pt Kaltim Amonium Nitrat.
14. Look, B. (G). (2007). *Handbook Of Geotechnical Investigation And Design Tables*. Taylor & Francis/Balkema.
15. Mindiastiwi, T., & Mustofa, M. A. (2023). Perbandingan Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Menggunakan Metode Terzaghi, Mayerhoff Dan Plaxis 2d. *Jurnal Teknik Sipil*, *16*(2), 81–91. Https://Jurnal2.Untagsmg.Ac.Id/Index.Php/Jts
16. Muhammad Hafidz, Revia Oktaviani, Tommy Trides, & Albertus Juvensius. (2025). Analisis Stabilitas Lereng Dan Penanganan Longsor Dengan Dinding Penahan Di Palaran, Samarinda. *Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumian, Ilmu Perkapalan*, *3*(2), 177–186. Https://Doi.Org/10.61132/Globe.V3i2.824
17. Suradi, M., Aziz, P., Widyasari, R., & Tri Setya, R. (2024). Analisis Perancangan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan *Software* Plaxis (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Amc Rs Anutapura Palu) *In Journal Of Applied Civil And Environmental Engineering* (Vol. 4, *Issue* 1).
18. Pomungkos, A., & Harianti, E. (2013). Desain Pondasi Tahan Gempa (S. Suryantoro, Ed.). Penerbit Andi Yogyakarta.
19. Wesley, L. (2010). Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan Dan Residu (D. Prabantini, Ed.; S. Pranyoto, Trans.). Penerbit Andi Yogyakarta.
20. Winarno, A., Amijaya, D. H., & Harijoko, A. (2019). Karakteristik Batubara Formasi Pulaubalang Dan Balikpapan Cekungan Kutai Bawah, Kalimantan Timur. *In Jurnal Geosapta* (Vol. 5, *Issue* 1, P. 57). Https://Doi.Org/10.20527
21. Yuniardi, R. C., & Adiyastuti, S. M. (2018). Perancangan Struktur Dermaga Batu Bara *New* Blc Di Kaliorang, Kutai Timur, Kalimantan Timur.