

Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang *Bore Pile* Pada Perencanaan Pembangunan Gedung Rawat Inap V 4 Lantai RSUD Labuhan Batu

Suci Adhelia Nasution¹

¹Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan, Medan, Indonesia

Article Info	ABSTRAK
Article history: Received Juli 22, 2026 Revised Juli 22, 2026 Accepted Juli 27, 2026 Kata Kunci: Pondasi <i>Bore Pile</i>, Daya Dukung Izin, <i>Meyerhof</i>, <i>Reese & Wright</i>, <i>Kulhawy</i> Keywords: <i>Bore Pile Foundation</i>, <i>Allowable Bearing Capacity</i>, <i>Meyerhof</i>, <i>Reese & Wright</i>, <i>Kulhawy</i>	Pondasi merupakan komponen utama yang berfungsi menyalurkan beban struktur ke tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung izin pondasi <i>bore pile</i> pada Gedung Rawat Inap VVIP 4 Lantai RSUD Labuhan Batu dengan menggunakan data <i>Cone Penetration Test (CPT)</i> dan <i>Standard Penetration Test (SPT)</i>. Analisis dilakukan dengan diameter 80 cm dan kedalaman 8 meter menggunakan tiga metode, yaitu <i>Meyerhof</i>, <i>Reese & Wright (1977)</i>, dan <i>Kulhawy (1984)</i>. Metodologi penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan Sumber data primer dan sekunder yang didapat dari lapangan dengan alur studi literatur, pengumpulan data tanah, analisis kapasitas ultimit, serta perhitungan daya dukung izin pondasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa diperoleh nilai daya dukung izin (Q_{all}) tiang tunggal dengan metode <i>Meyerhof</i> dengan data CPT yaitu: S-9 sebesar 333,49 ton dengan kedalaman 7,6 m ; S10 sebesar 327,49 ton dengan kedalaman 7,6 m ; S12 sebesar 329,44 ton dengan kedalaman 7,4 m. Sedangkan dengan menggunakan data SPT titik BH-1 diperoleh Q_{all} sebesar 85,43 ton dengan metode <i>Reese & Wright 1977</i> dan 280,54 ton dengan metode <i>Kulhawy</i>. Nilai tersebut menunjukkan perbedaan yang disebabkan oleh variasi parameter tanah dan faktor adhesi yang digunakan masing-masing metode. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi daya dukung pondasi diketahui adalah kedalaman pondasi dimana semakin dalam pondasi, maka akan semakin besar <i>skin friction</i> yang didapat, kemudian <i>end bearing</i> atau daya dukung ujung besarnya dipengaruhi oleh nilai angka <i>Nspt</i> pada <i>borehole</i> dan angka perlawanan konus (CR) pada data sondir, besarnya angka itu dipengaruhi oleh jenis tanah pada setiap kedalaman tanah, besarnya diameter pondasi juga sangat mempengaruhi daya dukung pondasi, semakin besar diameter pondasi maka semakin besar daya dukung yang diberikannya. ABSTRACT <i>The foundation is a primary structural component that functions to transfer loads from the superstructure to the ground. This study aims to analyze the allowable bearing capacity of bore pile foundations for the four-story VVIP Inpatient Building at Labuhan Batu Regional Hospital using Cone Penetration Test (CPT) and Standard Penetration Test (SPT) data. The analysis was conducted with a pile diameter of 80 cm and a depth of 8 meters using three methods: Meyerhof, Reese & Wright (1977), and Kulhawy (1984). The research methodology employed a quantitative approach utilizing both primary and secondary data obtained from field investigations, including literature review, soil data collection, ultimate capacity analysis, and calculation of the allowable bearing capacity of the foundation. The results indicate that the allowable bearing capacity (Q_{all}) of a single pile using the Meyerhof method based on CPT data is 333.49 tons at a depth of 7.6 m for point S-9, 327.49 tons at 7.6 m for point S-10, and 329.44 tons at 7.4 m for point S-12. Meanwhile, using SPT data at</i>

point BH-1, the *Qall* value obtained was 85.43 tons with the Reese & Wright (1977) method and 280.54 tons with the Kulhawy (1984) method. The variation in these values is attributed to differences in soil parameters and adhesion factors applied in each method. Based on these findings, it is concluded that the factors influencing the bearing capacity of the foundation include foundation depth—where deeper foundations result in greater skin friction—end bearing capacity, which is affected by the *N-SPT* value in the borehole and cone resistance (*CR*) in *CPT* data, as well as soil type at various depths. Additionally, the pile diameter significantly affects the foundation's bearing capacity, with larger diameters providing greater load-bearing strength

This is an open access article under the [CC BY](#) license



Corresponding Author:

Suci Adhelia Nasution
Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan,
Medan, Indonesia
Email: syahputrabdaniel@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Salah satu bagian penting dalam sebuah perencanaan gedung adalah perencanaan pondasi [1]. Dalam rekayasa konstruksi, pondasi adalah bagian penting yang bertanggung jawab untuk menyalurkan beban dari konstruksi dan berat sendiri ke dalam tanah dan batuan di bawahnya [2]. Pemilihan Proyek Pembangunan Gedung Rawat Inap VVIP 4 Lantai RSUD Labuhan Batu sebagai lokasi penelitian didasarkan pada pertimbangan bahwa proyek tersebut merupakan pembangunan gedung bertingkat yang memerlukan sistem pondasi dengan daya dukung tinggi untuk menjamin keamanan, stabilitas, dan umur layan struktur. Selain itu, proyek ini memiliki data penyelidikan tanah (*soil investigation*) yang lengkap berupa hasil pengujian *Cone Penetration Test (CPT)* dan *Standard Penetration Test (SPT)*, hasil dari penyelidikan tanah sangat penting sebagai dasar perancangan pondasi. Data ini digunakan untuk mengevaluasi kemampuan tanah dalam menahan tekanan, sehingga kita dapat memilih jenis pondasi yang sesuai, baik itu dangkal atau dalam [3]. Sehingga memungkinkan dilakukan analisis dan perbandingan kapasitas daya dukung pondasi *bore pile* menggunakan metode Meyerhof, Reese & Wright (1977), dan Kulhawy (1984). Tiang bor adalah jenis tiang yang ditanam ke dalam tanah dengan cara melakukan pengeboran terlebih dahulu sebelum kemudian mengisi tiang tersebut dengan tulangan dan bahan beton [4]. Pondasi tiang bor merupakan pilihan yang cocok di lingkungan perkotaan karena minim getaran, mudah dalam mobilisasi, dan proses pembuatannya dilakukan *onsite* dengan menggunakan alat bor dan perakitan tulangan [5]. Ini adalah prinsip dasar dalam perencanaan pondasi. Prinsip ini penting untuk memastikan bahwa pondasi tidak melebihi daya dukung tanah yang ada di lokasi tersebut [6], [7]. Penggunaan pondasi tiang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada di bawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan beban yang bekerja padanya [8]. Kemampuan fondasi untuk menopang beban disebut sebagai daya dukung fondasi [9]. Selain itu, RSUD Labuhan Batu merupakan fasilitas pelayanan kesehatan yang menjadi salah satu pusat rujukan masyarakat di Kabupaten Labuhanbatu. Pembangunan gedung rawat inap VVIP merupakan bagian dari upaya peningkatan kualitas pelayanan kesehatan sehingga keberhasilan konstruksi bangunan, khususnya pada aspek pondasi, menjadi faktor yang sangat penting. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu teknik sipil, tetapi juga dapat menjadi referensi bagi perencana maupun pelaksana

konstruksi dalam mengevaluasi desain pondasi bore pile pada proyek bangunan bertingkat dengan kondisi tanah yang serupa. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis terhadap daya dukung pondasi tiang dengan diameter berbeda guna menentukan solusi yang paling efisien dan efektif. Perencanaan pondasi harus dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik tanah, besarnya beban yang bekerja, serta kapasitas daya dukung tanah agar pondasi mampu menahan beban secara aman dan tidak mengalami kegagalan maupun penurunan yang berlebihan [10].

Penelitian ini berfokus pada Gedung Rawat Inap VVIP 4 Lantai RSUD Labuhan Batu sebagai studi kasus. Dengan melakukan analisis, tujuannya diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang jelas mengenai jenis pondasi dan diameter yang paling sesuai untuk digunakan, memperhitungkan aspek teknis dan ekonomis. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang teknik sipil, khususnya dalam perencanaan dan desain pondasi bangunan bertingkat.

2. METODE

2.1 Metode Pengolahan

2.1.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan kegiatan sebelum melakukan pengumpulan dan pengolahan data. Pada tahap ini disusun dengan kegiatan yang harus dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan dalam perencanaan. Persiapan awal yang dilakukan penulis untuk menunjang kelancaran penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Melengkapi persyaratan administrasi,
- b. Melengkapi studi pustaka berupa pengumpulan materi sebagai referensi dalam analisa data,
- c. Menentukan kebutuhan data sementara,
- d. Pengadaan persyaratan administrasi untuk pengumpulan data,
- e. Pengumpulan data proyek,
- f. Pembuatan jadwal rencana penelitian.

2. Tahapan Perencanaan

Perhitungan daya dukung tiang pondasi secara manual dengan menggunakan dasar teori seperti yang telah dijabarkan pada Bab II. Perhitungan disesuaikan dengan jenis lapisan tanah dengan persamaan-persamaan tertentu. Perhitungan daya dukung aksial tekan pada lapisan pasir dihitung berdasarkan data N-SPT, sedangkan pada lapisan lempung dihitung dengan menggunakan faktor adhesi (a). Untuk masing-masing nilai faktor adhesi yang berbeda akan menghasilkan tahanan ujung (*End bearing*) dan tahanan geser selimut (*Skin friction*) yang berbeda. Oleh karena itu, pada akhirnya perhitungan daya dukung *ultimit* akan menghasilkan 2 (dua) jenis nilai daya dukung yang berbeda. Dari berbagai jenis hasil perhitungan daya dukung tersebut diambil kapasitas daya dukung tiang terkecil.

2.2 Metode Analisis

Untuk perhitungan daya dukung pondasi tiang ini penulis melakukan analisis yang dilakukan antara lain:

- a. Analisis Perencanaan Daya Dukung Pondasi *bore pile* Dengan Data Sondir menggunakan metode *Meyerhof*.
- b. Analisis Daya Dukung Pondasi *bore pile* Berdasarkan Metode *Reese & Wright (1977)*
- c. Analisis Daya Dukung Pondasi *bore pile* Berdasarkan Metode *Kulhawy (1984)*

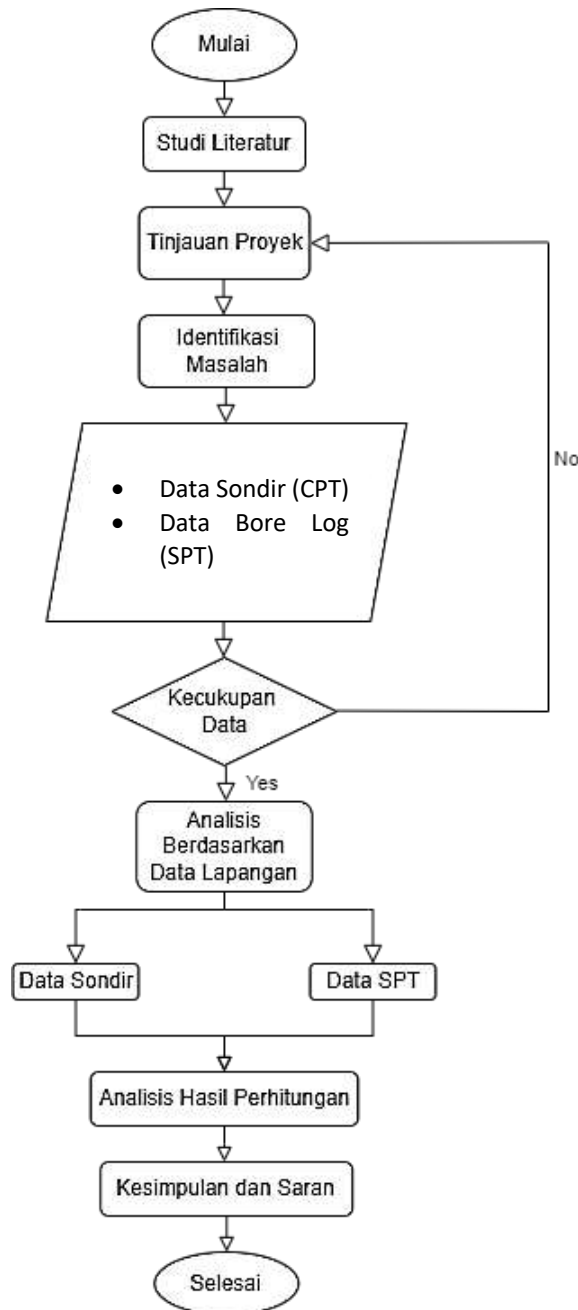
Dari data sondir, hasil perhitungan daya dukung pondasi dihitung menggunakan diameter 80 cm dari kedalaman per meter (tanah keras). Dan dengan data *Borehole* metode N-SPT juga dihitung dengan diameter 80cm.

2.3 Diagram Alir

Proses penelitian ini dilaksanakan secara sistematis dengan mengikuti serangkaian tahapan yang saling berkaitan. Setiap tahap dirancang untuk memastikan data yang diperoleh valid, relevan, dan mampu menjawab rumusan masalah penelitian. Adapun langkah-langkah dan prosedur penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap awal adalah melakukan tinjauan pustaka, yaitu mempelajari buku dan jurnal yang relevan dengan topik pondasi tiang. Pada tahap ini juga dilakukan identifikasi permasalahan terkait pondasi tiang dan proses pelaksanaannya di lapangan.
2. Tahap berikutnya adalah melakukan peninjauan langsung ke lokasi proyek untuk menentukan titik atau area yang akan dijadikan lokasi pengambilan data yang diperlukan.
3. Tahap ketiga adalah pengumpulan data lapangan. Data yang diperoleh meliputi:
 - a. Hasil pengujian sondir (CPT) dan *bore log* (SPT)
 - b. Data struktur proyek
4. Tahap keempat adalah melakukan analisis data menggunakan metode yang sesuai berdasarkan data yang telah dikumpulkan dari lapangan.
5. Tahap terakhir adalah menganalisis hasil perhitungan secara menyeluruh. Pada tahap ini dilakukan interpretasi data untuk mendapatkan jawaban terhadap rumusan masalah penelitian. Hasil perhitungan digunakan untuk menilai apakah pondasi yang direncanakan telah memenuhi kriteria daya dukung yang disyaratkan. Selanjutnya, menganalisis hasil perhitungan yang diperoleh, kemudian menarik kesimpulan serta memberikan saran.

Keseluruhan kerangka berpikir dan prosedur penelitian tersebut divisualisasikan dalam bentuk diagram alir penelitian, kemudian digambarkan dalam diagram alir seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Bagan alur penelitian menunjukkan tahapan penelitian yang dilakukan secara sistematis, dimulai dari identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data primer dan sekunder, analisis daya dukung pondasi bore pile menggunakan metode Meyerhof berdasarkan data CPT serta metode Reese & Wright (1977) dan Kulhawy (1984) berdasarkan data SPT, kemudian dilanjutkan dengan perbandingan hasil analisis hingga penarikan kesimpulan dan pemberian saran. Alur penelitian ini disusun untuk memastikan setiap tahapan penelitian terlaksana secara terstruktur sehingga tujuan penelitian dapat tercapai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang

Daya dukung aksial statik dapat dihitung dengan persamaan-persamaan daya dukung static dari Meyerhof, Tomlinson, Kulhawy, Reese & O'neil, American Petroleum Institute (API) 1986, Based on

N-SPT dan lain-lain. Dalam penelitian ini akan disimulasikan jenis pondasi tiang, yaitu pondasi *bore pile* dengan menggunakan 2 (dua) macam data yaitu *Borelog* (SPT) dan Sondir (CPT).

3.2 Analisis Perencanaan Kapasitas Daya Dukung Tiang *Borepile* Dengan Data Sondir (CPT)

Untuk menghitung daya dukung tiang berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Meyerhof*. Hasil perhitungan daya dukung pondasi *bore pile* dihitung menggunakan diameter 80cm. Berdasarkan metode *Meyerhof* dengan data sondir, perhitungan daya dukung ujung pondasi *bore pile* secara umum dihitung dengan menggunakan contoh pondasi diameter 80 cm dan selanjutnya diteruskan menggunakan program *MS. Excel* sebagai berikut:

Diketahui:

1. Kedalaman pondasi (berada di tanah keras sesuai data sondir S9)	:	7,60	m
2. Diameter rencana pondasi	:	80	cm
3. Nilai CR	:	183	kg/cm ²
4. Nilai TSF	:	532	kg/cm
5. Faktor Keamanan 1	:		3
6. Faktor Keamanan 2	:	5	

Penyelesaian:

Menghitung daya dukung *Ultimit*, Q_{ult} :

$$Q_{ult} = CR \times A_p + TSF \times K$$

Dengan,

A_p : Luas penampang pondasi

K : Keliling penampang pondasi

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad K = 2 \pi r$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 80^2 = 5028,57 \text{ cm}^2 \quad K = 2 \times \frac{22}{7} \times 40 = 251,43 \text{ cm}$$

Menghitung daya dukung Izin, Q_{all} :

$$Q_{all} = \frac{CR \times A_p}{Fk1} + \frac{TSF \times K}{Fk2}$$

$$\text{Maka didapat } Q_{all} = \frac{183 \times 5028,57}{3} + \frac{532 \times 251,43}{5} = 333,49 \text{ ton}$$

Perhitungan lengkap selanjutnya dibuat dalam bentuk tabel yang dihitung dalam program *Microsoft Excel* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Project : Pembangunan gedung rawat inap VVIP 4 lantai RSUD Labuhan Batu

Titik Bor : Sondir

Jenis Pondasi : *Bore pile*

Diameter : 0,80 m.

Metode : *Meyerhof*

Tabel 1. *Summary* Hasil Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Dengan Data Sondir Diameter 80cm

Titik Sondir	D (cm)	CR (kg/cm ²)	TSF (kg/cm)	Ap (cm ²)	K (cm ²)	Qult (ton)	Qall (ton)
S9	80	183	532	5028,57	251,43	1053,99	333,49
S10	80	182	446	5028,57	251,43	1027,34	327,49
S12	80	184	418	5028,57	251,43	1030,35	329,44

Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan MS. Excel

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Meyerhof* pada data Sondir, diperoleh nilai daya dukung izin (Qall) untuk pondasi bore pile diameter 80 cm berkisar antara 329,44 ton hingga 333,49 ton. Nilai terbesar diperoleh pada titik S-9 sebesar 333,49 ton, sedangkan nilai terkecil diperoleh pada titik S-10 sebesar 327,49 ton. Perbedaan nilai tersebut disebabkan oleh variasi nilai tahanan konus (*Cone Resistance/CR*) dan total *skin friction (TSF)* pada masing-masing titik sondir, Secara umum, hasil tersebut menunjukkan bahwa ketiga titik sondir memiliki kapasitas daya dukung yang relatif seragam sehingga lokasi penelitian memiliki kondisi tanah yang cukup homogen pada kedalaman pondasi rencana.

3.3 Analisis Perencanaan Kapasitas Daya Dukung Tiang Borepile Dengan Data Borehole (SPT)

Dalam menganalisis daya dukung *bore pile*, dilakukan dalam 2 (dua) metode, yaitu:

1. Berdasarkan Metode *Reese & Wright (1977)*

Metode ini memperhitungkan daya dukung tanah berdasarkan friksi selimut dan daya dukung ujung tiang secara empiris.

2. Berdasarkan Metode *Kulhawy (1984)*

Metode ini menggunakan pendekatan berbasis parameter geoteknik untuk menentukan kapasitas daya dukung tiang berdasarkan karakteristik tanah. Pondasi tiang bor (*Bore pile*) adalah salah satu jenis pondasi dalam, dengan bentuk seperti tabung yang terdiri dari campuran beton bertulang dengan dimensi diameter dan kedalaman tertentu. Berbeda dengan tiang pancang yang dipasang dengan cara ditancapkan ke tanah, *bore pile* lebih cocok untuk kondisi tanah tertentu dan lingkungan yang sensitif terhadap getaran akibat pemancangan.

Daya Dukung Pondasi *Bore pile* Berdasarkan Metode *Kulhawy* Pada Data *Borehole*

Berdasarkan *Kulhawy*, perhitungan daya dukung pondasi *bore pile* secara umum dihitung sebagai berikut:

1. Daya dukung ujung untuk tanah berbutir kasar atau pasir

Berdasarkan data *Borehole* BH-1 diperoleh nilai N-SPT pada kedalaman 8 m sebesar 51. Sementara nilai $N-SPT_{av}$ (nilai rata-rata N-SPT 10D ke atas dan 4D ke bawah ujung tiang) dengan diameter *bore pile* 80 cm diperoleh dibawah ini.

Dalam perencanaan pondasi, salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui karakteristik tanah adalah dengan melakukan uji NSPT (*Standard Penetration Test*) setiap 2 meter. Namun agar lebih akurat maka akan dilakukan interpolasi nilai NSPT untuk mendapatkan nilai NSPT setiap satu meter. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan data kepadatan dan daya dukung tanah secara lebih rinci di setiap kedalaman.

Interpolasi dilakukan menggunakan rumus: $y = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$

Contoh menginterpolasi kedalaman 3 meter: $y = 7 + (16 - 7) \frac{(3-2)}{(4-2)} = 11,5$

Selanjutnya akan dihitung menggunakan MS.Excel.

Tabel 2. Interpolasi NSPT Per Satu Meter

Depth (m)	NSPT BH-1	INTERPOLASI	Soil Layer
0	0		Top Soil
1		3,5	lempung kelanauan
2	7		
3		11,5	
4	16		
5		22	Pasir berlanau bercampur batuan
6	28		
7		39,5	
8	51		
9		50,5	Pasir berlanau
10	50		
11		51,5	
12	53		
13		56,5	
14	60		
15		55,5	
16	51		
17		53,5	Pasir halus
18	56		
19		57	
20	58		
21		56,5	
22	55		
23		57,5	
24	60		
25		60	
26	60		
27		60	
28	60		
29		60	
30,45	60		

Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan MS. Excel

Daya dukung ujung pondasi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$Q_p = 40 \times N\text{-SPT}_{av} \times A_p$ untuk berbutir kasar/pasir

Dimana:

$$\begin{aligned} A_p &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times \frac{22}{7} \times 0,80^2 \\ &= 0,503m^2 \end{aligned}$$

Sedangkan cara untuk mendapatkan $N-SPT_{av}$ adalah sebagai berikut:

Tabel 3. $N-SPT_{av}$ (Nilai rata-rata N-SEPERTI 10D keatas dan 4D kebawah)

Depth (m)	NSPT BH-1
0	0,0
1	3,5
2	7,0
3	11,5
4	16,0
5	22,0
6	28,0
7	39,5
8	51,0
9	50,5
10	50,0
11	51,5

Sumber: Tabel interpolasi NSPT

Kedalaman pondasi = 8 m

$$10D = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ m} = 8 - 8 = 0 \text{ m}$$

$$4D = 4 \cdot 0,8 = 4,2 \text{ m} = 8 + 3,2 = 11,2 \text{ m}$$

Rata-rata N-SEPERTI 10D keatas

$$N-SEPERTI = \frac{3,5+7+11,5+16+22+28+39,5+51}{8} = 22,31$$

Rata-rata N-SEPERTI 4D kebawah

$$N-SEPERTI = \frac{51+50,5+50+51,5}{4} = 50,75$$

$$\text{nilai } N-SEPERTI_{av} = \frac{22,31+50,75}{2} = 36,53$$

Jadi pada diameter *bore pile* 80 cm, $N-SEPERTI_{av}$ diperoleh sebesar 36,53. Maka:

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 \times 36,53 \times 0,503 \\ &= 734,80 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Daya dukung ujung Untuk tanah berbutir halus atau *clay* (c-soil) untuk lanau lempung untuk setiap lapisan tanah yang berbutir halus atau *clay*, daya dukung ujung pondasi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_p = q_b \times A_p$$

$$q_b = N_c \times C_u$$

$$Q_p = N_c \times C_u \times A_p$$

Karena pada Borehole BH-1 terdapat lapisan tanah lempung, maka nilai q_b per satu meter adalah:

$$q_b = N_c \times C_u$$

$$N_c = 9$$

$$C_u = 2/3 \times N_{spt}$$

Sebagai contoh, pada kedalaman rencana 4 meter karena lapisan tanah lempung kelanauan maka :

$$\begin{aligned} A_p &= 0,25 \times \pi \times D \\ &= 0,25 \times 22/7 \times 0,8 \\ &= 0,503 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{p4} &= q_b \times A_p \\ &= N_c \times C_u \times A_p \\ &= 9 \times 10,67 \times 0,503 \\ &= 96 \times 0,503 \\ &= 48,27 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel Error! No text of specified style in document.. Nilai q_b per kedalaman satu meter untuk clay soil

Depth (m)	Soil Layer	NSPT BH-1	C_u (ton/m ²)	q_b	End Bearing / Q_p (ton)
0	Top Soil	0,0	-	-	55,31
1	lempung kelanauan	3,5	2,33	21	10,56
2	lempung kelanauan	7,0	4,67	42	21,12
3	lempung kelanauan	11,5	7,67	69	34,70
4	lempung kelanauan	16,0	10,67	96	48,27
5	Pasir berlanau bercampur batuan	22,0	-	-	453,83
6	Pasir berlanau bercampur batuan	28,0	-	-	551,35
7	Pasir berlanau bercampur batuan	39,5	-	-	640,51
8	Pasir berlanau bercampur batuan	51,0	-	-	734,80

Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan MS. Excel

3. Daya dukung selimut/gesek (*skin friction*)

Berdasarkan metode *Metode Kulhawy*, perhitungan daya dukung selimut/gesek *bore pile* secara umum dirumuskan seperti berikut:

$$Q_s = \sum F_s \times p \times \Delta L$$

a. Untuk tanah berbutir halus atau *clay soil* (c-soil)

Untuk tanah berbutir halus (*clay soil*), secara umum f_s dirumuskan sebagai berikut:

$$F_s = \alpha \cdot C_u$$

Pada kedalaman 4 m. Jenis lapisan tanah lempung kelanauan maka:

$$C_u = 2/3 \cdot N\text{-SPT} = 2/3 \cdot 16 = 10,67 \text{ ton/m}^2 = 106,7 \text{ KN/m}^2 \text{ (g = 10 m/s}^2\text{)}$$

Dari gambar Hubungan antara undrained shear strength (C_u) terhadap faktor adhesi (α). Maka: $C_u = 106,7 \text{ KN/m}^2$ diperoleh $\alpha = 0,45$

$$\text{Sehingga, } F_{s4} = 0,45 \times 10,67 \text{ ton/m}^2 = 4,80 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Keliling Penampang } \textit{bore pile} \text{ (p)} = \pi \cdot D = \pi \cdot 0,8 = 2,51 \text{ m}$$

Maka:

$$Q_{s4} = 4,8 \text{ ton/m}^2 \cdot 2,514 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 48,27 \text{ ton}$$

b. Untuk tanah berbutir kasar atau pasir (*l-soil*)

Untuk tanah berbutir kasar atau pasir, secara umum f_s dirumuskan sebagai berikut:

$$F_s = 0,2 \cdot N_{spt}$$

Pada kedalaman 8 m. Jenis tanah Pasir berlanau bercampur batuan, N_{spt} 51 maka:

$$F_s = 0,2 \times 51$$

$$F_s = 10,20 \text{ ton/m}^2$$

Keliling Penampang *bore pile* (p) = $\pi \cdot D = \pi \cdot 0,8 = 2,51 \text{ m}$

$$Q_{s4} = f_s \times p \times L$$

$$= 10,20 \text{ ton/m}^2 \times 2,51 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 25,65 \text{ ton}$$

Selanjutnya perhitungan daya dukung selimut/gesek (*skin friction*) dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Daya dukung selimut pada data *borehole Metode Kulhawy*

Depth (m)	NSPT BH-1	Faktor Adhesi (α)	F_s	Skin friction (ton)		Cu (ton/m^2)
				Qs		
				Local	Cumm	
0	0,0	-	0,00	0,00	0,00	-
1	3,5	0,90	2,10	5,28	5,28	2,33
2	7,0	0,70	3,27	8,21	13,49	4,67
3	11,5	0,55	4,22	10,60	24,10	7,67
4	16,0	0,45	4,80	12,07	36,16	10,67
5	22,0	-	4,40	11,06	47,23	-
6	28,0	-	5,60	14,08	61,31	-
7	39,5	-	7,90	19,86	81,17	-
8	51,0	-	10,20	25,65	106,82	-

Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan MS. Excel

4. Daya dukung izin (Q_{all})

Daya dukung izin 2180edung daya dukung *ultimit* pondasi dibagi dengan faktor keamanan yaitu sebagai berikut:

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_p + Q_s}{SF}$$

$$Q_{all} = \frac{734,80 \text{ ton} + 106,82 \text{ ton}}{3}$$

$$Q_{all} = 280,54 \text{ ton}$$

Perhitungan lengkap selanjutnya dibuat dalam bentuk tabel yang dihitung dalam program Microsoft Exel dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Project : Pembangunan 2180edung rawat inap VVIP 4 lantai RSUD Labuhan Batu.

Titik Bor : *Depth Boring 1 (BH1)*

Jenis Pondasi : Tiang bor / *Borepile*

Diameter : 0,80

Metode : *metode Kulhawy*

Tabel 6. Analisa Daya Dukung Pondasi Per satu Meter Metode *Kulhawy*

Depth (m)	Soil Description	NSPT _{av}	Faktor Adhesi (α)	f _s	Skin Friction (ton)		C _u (ton/m ²)	q _b	End Bearing / Q _p (ton)	Q _{ult} (ton)
					Q _s					
					Local	Cumm				
0	Top Soil	2,75	-	0,00	0,00	0,00	-	-	55,31	55,31
1	lempung	5,63	0,90	2,10	5,28	5,28	2,33	21	10,56	15,84
2	kelanauan	8,81	0,70	3,27	8,21	13,49	4,67	42	21,12	34,61

Depth (m)	Soil Description	NSPT _{av}	Faktor Adhesi (α)	f _s	Skin Friction (ton)		C _u (ton/m ²)	q _b	End Bearing / Q _p (ton)	Q _{ult} (ton)
					Q _s					
					Local	Cumm				
3	Pasir berlanau bercampur batuan	12,44	0,55	4,22	10,60	24,10	7,67	69	34,70	58,79
4		16,99	0,45	4,80	12,07	36,16	10,67	96	48,27	84,44
5		22,56	-	4,40	11,06	47,23	-	-	453,83	501,06
6		27,41	-	5,60	14,08	61,31	-	-	551,35	612,65
7		31,84	-	7,90	19,86	81,17	-	-	640,51	721,68
8		36,53	-	10,20	25,65	106,82	-	-	734,80	841,62
9	Pasir berlanau	39,72	-	10,10	25,39	132,21	-	-	798,91	931,12
10		43,16	-	10,00	25,14	157,35	-	-	868,06	1025,41
11		46,91	-	10,30	25,90	183,25	-	-	943,49	1126,74
12		49,72	-	10,60	26,65	209,90	-	-	1000,06	1209,96
13		51,63	-	11,30	28,41	238,31	-	-	1038,40	1276,71
14		53,25	-	12,00	30,17	268,48	-	-	1071,09	1339,57
15		53,75	-	11,10	27,91	296,39	-	-	1081,14	1377,54
16		53,94	-	10,20	25,65	322,04	-	-	1084,91	1406,95
17		55,00	-	10,70	26,90	348,94	-	-	1106,29	1455,23
18		55,75	-	11,20	28,16	377,10	-	-	1121,37	1498,47
19	Pasir halus	55,97	-	11,40	28,66	405,76	-	-	1125,77	1531,54
20		56,34	-	11,60	29,17	434,93	-	-	1133,31	1568,24
21		56,59	-	11,30	28,41	463,34	-	-	1138,34	1601,68
22		56,72	-	11,00	27,66	491,00	-	-	1140,86	1631,86
23		57,47	-	11,50	28,91	519,91	-	-	1155,94	1675,86
24		58,34	-	12,00	30,17	550,08	-	-	1173,54	1723,63
25		58,75	-	12,00	30,17	580,26	-	-	1181,71	1761,97
26		59,00	-	12,00	30,17	610,43	-	-	1186,74	1797,17
27		59,19	-	12,00	30,17	640,60	-	-	1190,51	1831,11
28		59,31	-	12,00	30,17	670,77	-	-	1193,03	1863,80
29		59,53	-	12,00	30,17	700,94	-	-	1197,43	1898,37
30,45		59,84	-	12,00	30,17	731,11	-	-	1203,71	1934,83

Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan MS. Excel

Berdasarkan hasil analisis menggunakan data *Standard Penetration Test (SPT)* dengan metode *Kulhawy* (1984), diperoleh nilai daya dukung izin (Q_{all}) sebesar 280,54 ton pada kedalaman rencana 8 meter. Nilai daya dukung mengalami peningkatan secara bertahap seiring bertambahnya kedalaman karena semakin dalam pondasi dipasang, semakin besar luas bidang kontak antara tiang dan tanah sehingga tahanan gesek selimut (*skin friction*) semakin meningkat. Selain itu, nilai N-SPT pada lapisan tanah yang lebih dalam cenderung lebih besar sehingga menghasilkan daya dukung ujung (*end bearing*) yang lebih tinggi. Pada metode *Kulhawy*, nilai faktor adhesi (α) ditentukan berdasarkan hubungan antara kuat geser tanah (*undrained shear strength*) dengan kondisi tanah, sehingga kontribusi tahanan gesek selimut menjadi lebih besar dibandingkan metode lainnya. Kedalaman 8 meter dipilih sebagai kedalaman rencana karena berdasarkan hasil borehole lapisan tanah pada kedalaman tersebut telah

memiliki nilai N-SPT yang cukup tinggi dan stabil, menunjukkan bahwa tanah telah mencapai lapisan yang mampu menahan beban bangunan secara aman.

Daya Dukung Pondasi *Borepile* Berdasarkan Metode *Reese & Wright (1977)* Pada Data *Borehole*

Pondasi yang dianalisis merupakan pondasi tiang bor berdiameter 80 cm dengan panjang tiang 8 m yang berada di tanah pasir. Perhitungan ini meliputi daya dukung tiang tunggal pondasi *bore pile*.

Berdasarkan Metode *Reese & Wright (1977)*, perhitungan daya dukung pondasi *bore pile* secara umum dihitung sebagai berikut:

1. Daya dukung ujung untuk tanah berbutir kasar atau pasir

Berdasarkan data *Borehole* BH-1 diperoleh nilai N-SPT pada kedalaman 8 m sebesar 51. Sementara nilai $N-SPT_{av}$ (nilai rata-rata N-SPT 10D ke atas dan 4D ke bawah ujung tiang) dengan diameter *bore pile* 80 cm diperoleh dibawah ini.

Dalam perencanaan pondasi, salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui karakteristik tanah adalah dengan melakukan uji NSPT (*Standard Penetration Test*) setiap 2 meter. Namun agar lebih akurat maka akan dilakukan interpolasi nilai NSPT untuk mendapatkan nilai NSPT setiap satu meter. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan data kepadatan dan daya dukung tanah secara lebih rinci di setiap kedalaman.

Interpolasi dilakukan menggunakan rumus: $y = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$

Contoh menginterpolasi kedalaman 3 meter: $y = 7 + (16 - 7) \frac{(3 - 2)}{(4 - 2)} = 11,5$

Selanjutnya akan dihitung menggunakan MS.Excel

Tabel 7. Interpolasi NSPT Per Satu Meter

Depth (m)	NSPT BH-1	INTERPOLASI	Soil Layer
0	0		Top Soil
1		3,5	lempung kelanauan
2	7		
3		11,5	
4	16		
5		22	Pasir berlanau bercampur batuan
6	28		
7		39,5	
8	51		
9		50,5	Pasir berlanau
10	50		
11		51,5	
12	53		
13		56,5	
14	60		
15		55,5	
16	51		
17		53,5	

Depth (m)	NSPT BH-1	INTERPOLASI	Soil Layer
18	56		Pasir halus
19		57	
20	58		
21		56,5	
22	55		
23		57,5	
24	60		
25		60	
26	60		
27		60	
28	60		
29		60	
30,45	60		

Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan MS. Excel

Daya dukung ujung pondasi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Bagian ujung tiang bor terletak pada tanah pasir dengan perhitungan kapasitas ujung tiang sebagai berikut. Sedangkan cara untuk mendapatkan $N-SPT_{av}$ adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Tabel $N-SPT_{av}$ (Nilai rata-rata N-SPT 10D keatas dan 4D kebawah)

Depth (m)	NSPT BH-1
0	0,0
1	3,5
2	7,0
3	11,5
4	16,0
5	22,0
6	28,0
7	39,5
8	51,0
9	50,5
10	50,0
11	51,5

Sumber: Tabel interpolasi NSPT

Kedalaman pondasi = 8 m

$10D = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ m} = 8 - 8 = 0 \text{ m}$

$4D = 4 \cdot 0,8 = 4,2 \text{ m} = 8 + 3,2 = 11,2 \text{ m}$

Rata-rata N-SPT 10D keatas

$$N-SPT = \frac{3,5+7+11,5+16+22+28+39,5+51}{8} = 22,31$$

Rata-rata N-SPT 4D kebawah

$$N-SPT = \frac{51+50,5+50+51,5}{4} = 50,75$$

$$\text{nilai } N-SPT_{av} = \frac{22,31+50,75}{2} = 36,53$$

Perhitungan nilai q_p berbeda untuk jenis tanah kohesif dan non kohesif. Penentuan nilai q_p untuk tanah non kohesif didasarkan pada kolerasi antara q_p dan N-SPT (Reese & Wright, 1977), nilai q_p yang didapat adalah:

$q_p = 26 \text{ kg/cm}^2$ (dilihat pada Gambar dilihat pada gambar Daya Dukung Ujung Batas Tiang Bor pada Tanah Pasiran (Reese & Wright, 1977).

$Q_p = q_p \times A_p$ untuk berbutir kasar/pasir

Dimana:

$$\begin{aligned} A_p &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times \frac{22}{7} \times 80^2 \\ &= 5028,57 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jadi pada diameter *bore pile* 80 cm, $N-SPT_{av}$ diperoleh sebesar 36,53. $q_p = 26$. Maka:

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A_p \\ &= 26 \times 5028,57 \\ &= 130742,82 \text{ kg} \\ &= 130,74 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Daya dukung ujung Untuk tanah berbutir halus atau *clay* (c-soil) untuk lanau lempung untuk setiap lapisan tanah yang berbutir halus atau *clay*, daya dukung ujung pondasi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$q_p = N_c \times C_u$$

$$Q_p = N_c \times C_u \times A_p$$

Karena pada Borehole BH-1 terdapat lapisan tanah lempung, maka nilai q_p per satu meter adalah:

$$q_p = N_c \times C_u$$

$$N_c = 9$$

$$C_u = 2/3 \times N_{spt}$$

Sebagai contoh, pada kedalaman rencana 4 meter karena lapisan tanah lempung kelanauan maka :

$$\begin{aligned} A_p &= 0,25 \times \pi \times D \\ &= 0,25 \times \frac{22}{7} \times 0,8^2 \\ &= 0,503 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{p4} &= q_p \times A_p \\ &= N_c \times C_u \times A_p \\ &= 9 \times 10,67 \times 0,503 \\ &= 96 \times 0,503 \\ &= 48,27 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 9. Nilai q_p per kedalaman satu meter untuk *clay soil*

No	Soil Layer	NSPT BH-1	NSPT _{av}	q_p	End Bearing / Q _p (ton)
0	Top Soil	0,0	2,75	-	0,00
1	lempung kelanauan	3,5	5,63	21	10,56
2	lempung kelanauan	7,0	8,81	42	21,12
3	lempung kelanauan	11,5	12,44	69	34,70
4	lempung kelanauan	16,0	16,99	96	48,27
5	Pasir berlanau bercampur batuan	22,0	22,56	15	75,43
6	Pasir berlanau bercampur batuan	28,0	27,41	18	90,51
7	Pasir berlanau bercampur batuan	39,5	31,84	21	105,60
8	Pasir berlanau bercampur batuan	51,0	36,53	26	130,74

Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan MS. Excel

3. Daya dukung selimut/gesek (*skin friction*)

Berdasarkan metode *Metode Reese & Wright (1977)*, perhitungan daya dukung selimut/gesek *bore pile* secara umum dirumuskan seperti berikut:

$$Q_s = f \times p \times \Delta L$$

a. Untuk tanah berbutir halus atau *clay soil* (*c-soil*)

Untuk tanah berbutir halus (*clay soil*), secara umum f dirumuskan sebagai berikut:

$$f = \alpha \cdot C_u$$

Pada kedalaman 4 m. Jenis lapisan tanah lempung kelanauan maka:

$C_u = 2/3 \cdot N_{spt} = 2/3 \cdot 16 = 10,67 \text{ ton/m}^2 = 0,99 \text{ ton/ft}^2$ ($1 \text{ ton/m}^2 = 0,093 \text{ ton/ft}^2$). Dari tabel faktor adhesi (*Metode Reese & Wright (1977)*). Hubungan antara *undrained shear strength* (C_u) terhadap faktor adhesi (α). Maka: $C_u = 0,99 \text{ ton/ft}^2$ diperoleh faktor adhesi $\alpha = 0,55$.

Sehingga, $f_4 = 0,55 \times 10,67 \text{ ton/m}^2 = 5,87 \text{ ton/m}^2$

Keliling Penampang *bore pile* (p) = $\pi \cdot D = \pi \cdot 0,8 = 2,514 \text{ m}$

Maka:

$$Q_{s4} = 5,87 \text{ ton/m}^2 \cdot 2,514 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 14,75 \text{ ton}$$

b. Untuk tanah berbutir kasar atau pasir (*s-soil*)

Untuk tanah berbutir kasar atau pasir, secara umum nilai f didapat dari Gambar Tahanan Selimut Tiang Bor pada Tanah Pasiran (*Reese & Wright, 1977*), Maka:

Tinggi Lapisan (L) = 1 m

Kedalaman pondasi = 8 m

Rata-rata N-SPT 10D keatas

$$N\text{-SPT} = \frac{3,5+7+11,5+16+22+28+39,5+51}{8} = 22,31$$

Rata-rata N-SPT 4D kebawah

$$N\text{-SPT} = \frac{51+50,5+50+51,5}{4} = 50,75$$

$$\text{Nilai } N\text{-SPT}_{av} = \frac{22,31+50,75}{2} = 36,53$$

Pada kedalaman 8 m. Jenis tanah Pasir berlanau bercampur batuan, maka:

Nilai $f = 1,2$ didapat dari Gambar Tahanan Selimut Tiang Bor pada Tanah Pasiran (*Reese & Wright, 1977*).

Keliling Penampang *bore pile* (p) = $\pi \cdot D = \pi \cdot 80 = 251,2 \text{ cm}$

$$Q_{s8} = f \times p \times L$$

$$= 1,2 \text{ kg/cm}^2 \times 251,2 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$$

$$= 30171 \text{ kg}$$

$$= 30,17 \text{ ton}$$

Selanjutnya perhitungan daya dukung selimut/gesek (*skin friction*) dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 10. Daya dukung selimut *Metode Reese & Wright, 1977*

No	Soil Layer	NSPT BH-1	NSPT _{av}	C _u (ton/m ²)	Faktor Adhesi (α)	f	Skin friction (ton)	
							Q _s	
							Local	Cumm
0	Top Soil	0,0	2,75	-	-	0,00	0,00	0,00
1	lempung kelanauan	3,5	5,63	2,33	0,55	1,28	3,23	3,23
2	lempung kelanauan	7,0	8,81	4,67	0,55	2,57	6,45	9,68
3	lempung kelanauan	11,5	12,44	7,67	0,55	4,22	10,60	20,28
4	lempung kelanauan	16,0	16,99	10,67	0,55	5,87	14,75	35,03
5	Pasir berlanau bercampur batuan	22,0	22,56	-	-	0,70	17,60	52,63
6	Pasir berlanau bercampur batuan	28,0	27,41	-	-	0,80	20,11	72,75
7	Pasir berlanau bercampur batuan	39,5	31,84	-	-	0,90	22,63	95,38
8	Pasir berlanau bercampur batuan	51,0	36,53	-	-	1,20	30,17	125,55

Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan MS. Excel

4. Daya dukung izin (Q_{all})

Daya dukung izin adalah daya dukung *ultimit* pondasi dibagi dengan faktor keamanan yaitu sebagai berikut:

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_p + Q_s}{SF}$$

$$Q_{all} = \frac{130,74 \text{ ton} + 125,55 \text{ ton}}{3}$$

$$Q_{all} = 85,43 \text{ ton}$$

Perhitungan lengkap selanjutnya dibuat dalam bentuk tabel yang dihitung dalam program Microsoft Exel dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Project : Pembangunan gedung rawat inap VVIP 4 lantai RSUD Labuhan Batu.
Titik Bor : *Depth Boring* 1 (BH1)
Jenis Pondasi : *Tiang bor / Borepile*
Diameter : 0,80

Tabel 11. Analisa Daya Dukung Pondasi *Metode Reese & Wright (1977)*

Depth (m)	Soil Layer	NSPT _{av}	q_p	End Bearing / Q _p (ton)	C _u (ton/m ²)	Faktor Adhesi (α)	f	Skin Friction (ton)		Q _{ult} (ton)
								Q _s		
								Local	Cumm	
0	Top Soil	2,75	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
1	lempung	5,63	21	10,56	2,33	0,55	1,28	3,23	3,23	13,79
2	kelanauan	8,81	42	21,12	4,67	0,55	2,57	6,45	9,68	30,80

Depth (m)	Soil Layer	NSPT _{av}	q_p	End Bearing / Q _p (ton)	C _u (ton/m ²)	Faktor Adhesi (α)	f	Skin Friction (ton)		Q _{ult} (ton)	
								Q _s			
								Local	Cumm		
3		12,44	69	34,70	7,67	0,55	4,22	10,60	20,28	54,98	
4		16,99	96	48,27	10,67	0,55	5,87	14,75	35,03	83,31	
5		Pasir berlanau bercampur batuan	22,56	15	75,43	-	-	0,70	17,60	52,63	128,06
6			27,41	18	90,51	-	-	0,80	20,11	72,75	163,26
7	31,84		21	105,60	-	-	0,90	22,63	95,38	200,98	
8	36,53		26	130,74	-	-	1,20	30,17	125,55	256,29	
9	Pasir berlanau	39,72	-	798,91	-	-	10,10	25,39	150,94	949,86	
10		43,16	-	868,06	-	-	10,00	25,14	176,08	1044,14	
11		46,91	-	943,49	-	-	10,30	25,90	201,98	1145,47	
12		49,72	-	1000,06	-	-	10,60	26,65	228,63	1228,69	
13		51,63	-	1038,40	-	-	11,30	28,41	257,04	1295,44	
14		53,25	-	1071,09	-	-	12,00	30,17	287,22	1358,30	
15		53,75	-	1081,14	-	-	11,10	27,91	315,12	1396,27	
16		53,94	-	1084,91	-	-	10,20	25,65	340,77	1425,68	
17		55,00	-	1106,29	-	-	10,70	26,90	367,67	1473,96	
18		55,75	-	1121,37	-	-	11,20	28,16	395,83	1517,20	
19	Pasir halus	55,97	-	1125,77	-	-	11,40	28,66	424,50	1550,27	
20		56,34	-	1133,31	-	-	11,60	29,17	453,66	1586,98	
21		56,59	-	1138,34	-	-	11,30	28,41	482,07	1620,42	
22		56,72	-	1140,86	-	-	11,00	27,66	509,73	1650,59	
23		57,47	-	1155,94	-	-	11,50	28,91	538,64	1694,59	
24		58,34	-	1173,54	-	-	12,00	30,17	568,82	1742,36	
25		58,75	-	1181,71	-	-	12,00	30,17	598,99	1780,70	
26		59,00	-	1186,74	-	-	12,00	30,17	629,16	1815,90	
27		59,19	-	1190,51	-	-	12,00	30,17	659,33	1849,84	
28		59,31	-	1193,03	-	-	12,00	30,17	689,50	1882,53	
29		59,53	-	1197,43	-	-	12,00	30,17	719,67	1917,10	
30,45		59,84	-	1203,71	-	-	12,00	30,17	749,84	1953,56	

Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan MS. Excel

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Reese & Wright* (1977), diperoleh nilai daya dukung izin (Q_{all}) sebesar 85,43 ton pada kedalaman rencana 8 meter. Seperti halnya metode *Kulhawy*, peningkatan kapasitas daya dukung dipengaruhi oleh bertambahnya kedalaman pondasi yang menyebabkan meningkatnya kontribusi tahanan gesek selimut dan daya dukung ujung akibat bertambahnya nilai N-SPT pada lapisan tanah yang lebih dalam. Namun demikian, nilai daya dukung yang diperoleh jauh lebih kecil dibandingkan metode *Kulhawy* karena metode *Reese & Wright* menggunakan nilai faktor adhesi (α) yang lebih konservatif pada tanah kohesif, sehingga nilai tahanan gesek selimut yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Akibatnya, kapasitas ultimit maupun daya dukung izin yang diperoleh juga lebih kecil.

Hasil perhitungan daya dukung pondasi dua metode *Based on N-SPT (Reese & Wright, 1977)* dan *Kulhawy* pada kedalaman rencana pondasi 8m selanjutnya dirangkum dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 12. *Summary Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Dengan Data SPT*

No	Metode	Depth (m)	Qult (ton)	Qall (ton)
1	<i>(Reese & Wright, 1977)</i>	8	256,29	85,43
2	<i>Kulhawy</i>	8	841,62	280,54

Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan MS. Excel

Berdasarkan hasil analisis menggunakan data SPT, metode *Reese & Wright (1977)* menghasilkan daya dukung izin sebesar 85,43 ton, sedangkan metode *Kulhawy* menghasilkan 280,54 ton. Terlihat bahwa metode *Kulhawy* memberikan kapasitas daya dukung yang jauh lebih besar dibandingkan metode *Reese & Wright*. Perbedaan tersebut terjadi karena masing-masing metode menggunakan pendekatan yang berbeda dalam menentukan nilai adhesi tanah (α) dan kontribusi tahanan gesek selimut (*skin friction*). Dengan demikian, pemilihan metode analisis sangat mempengaruhi besarnya nilai daya dukung pondasi yang diperoleh.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kapasitas daya dukung tunggal pondasi *bore pile* menggunakan data *Cone Penetration Test (CPT)* dan *Standard Penetration Test (SPT)* pada Proyek Pembangunan Gedung Rawat Inap VVIP 4 Lantai RSUD Labuhan Batu, diperoleh nilai daya dukung izin (Q_{all}) dengan metode Meyerhof berdasarkan data CPT pada 3 titik yang diambil sebagai sampel yaitu S9, S10, dan S12 diperoleh nilai daya dukung izin (Q_{all}) tiang tunggal dengan metode Meyerhof yaitu: S-9 sebesar 333,49 ton dengan kedalaman 7,6 m ; S10 sebesar 327,49 ton dengan kedalaman 7,6 m ; S12 sebesar 329,44 ton dengan kedalaman 7,4 m. Sementara itu, berdasarkan data SPT pada titik BH-1 diperoleh nilai daya dukung izin sebesar 280,54 ton menggunakan metode Kulhawy (1984) dan 85,43 ton menggunakan metode Reese & Wright (1977) pada kedalaman rencana 8 m. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh metode mampu digunakan untuk menganalisis kapasitas daya dukung pondasi *bore pile*, namun menghasilkan nilai kapasitas yang berbeda sesuai dengan pendekatan perhitungannya.

Berdasarkan hasil analisis penulis terhadap perbandingan daya dukung tiang didapat nilai daya dukung izin (Q_{all}) terbesar dihitung dengan data CPT menggunakan metode Meyerhof sebesar 333,49 ton pada kedalaman 7,6 m di titik S9, sedangkan daya dukung izin (Q_{all}) terkecil dihitung dengan data SPT menggunakan metode Reese & Wright 1977 sebesar 85,43 ton. Perbandingan hasil analisis menunjukkan bahwa metode Meyerhof menghasilkan nilai daya dukung izin terbesar, diikuti oleh metode Kulhawy (1984), sedangkan metode Reese & Wright (1977) menghasilkan nilai daya dukung izin terkecil. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh jenis data penyelidikan tanah yang digunakan, yaitu CPT dan SPT, serta perbedaan konsep perhitungan pada masing-masing metode, terutama dalam menentukan tahanan ujung (*end bearing*), tahanan gesek selimut (*skin friction*), dan faktor adhesi (α). Selain itu, kapasitas daya dukung pondasi juga dipengaruhi oleh kedalaman pondasi, nilai *Cone Resistance (CR)*, nilai N-SPT, karakteristik lapisan tanah, dan diameter pondasi. Semakin besar nilai parameter tanah dan semakin dalam pondasi mencapai lapisan tanah yang lebih padat, maka semakin besar kapasitas daya dukung pondasi yang dihasilkan.

REFERENSI

- [1] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, ed. 4. Yogyakarta, Indonesia: Gadjah Mada University Press, 2018.
- [2] A. Saputra dan A. Firmanto, "Analisis struktur Rumah Sakit Permata Cirebon," *Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur*, vol. 6, no. 6, 2020.
- [3] W. Winarti dan K. I. Sari, "Analisa daya dukung pondasi tiang pancang beton pada proyek pembangunan rumah sakit di Kabupaten Deli Serdang," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 1, no. 1, hal. 44–50, 2022.
- [4] A. Mardhani dan S. Jamal, "Inovasi metode kerja pada konstruksi tiang bor beton di tanah lunak pada penggantian Jembatan Sei Alalak," *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, vol. 7, no. 2, hal. 107–124, 2021.
- [5] B. Kandey, "Tinjauan perencanaan, metode pelaksanaan serta kebutuhan material pondasi bore pile pada proyek pembangunan Gedung Balai Kesehatan Mata Masyarakat di Kota Manado," Skripsi, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia, 2016.
- [6] K. Prayogo dan H. Saptowati, "Penyelidikan struktur dan karakteristik tanah untuk desain pondasi iradiator gamma kapasitas 2 MCi," *Jurnal Perangkat Nuklir*, vol. 10, no. 1, 2017.
- [7] Z. F. Umari, B. Djohan, dan A. Subaktio, "Desain pondasi dengan menggunakan batu kali pada Jalan Sekayu-Betung," *Jurnal Teknik Sipil Universitas Tridianti Palembang*, vol. 9, no. 2, hal. 100–107, 2019.
- [8] B. A. Lingga, R. N. Siagian, dan R. Tarigan, "Analisis daya dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan Jalan Tol Binjai–Langsa Seksi Binjai–Pangkalan Brandan STA. 12+300," dalam *Prosiding Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan*, Medan, Indonesia, 2021, hal. 232–243.
- [9] N. A. Jamil dan C. A. Siregar, "Analisis daya dukung fondasi tiang bor (bored pile) berdasarkan data penetrasi standar (SPT) dan data sondir (CPT)," *SIMTEKS*, vol. 3, no. 2, hal. 232–248, 2023.
- [10] J. E. Bowles, *Analisis dan Desain Pondasi*, jilid 2. Jakarta, Indonesia: Erlangga, 1988.