

**ANALISA DAYA DUKUNG TANAH  
BERDASAR DATA : SONDIR,  $N_{SPT}$  dan LABORATORIUM  
( Studi Kasus di BTN Hamzy Makassar )**

Supriyanto<sup>1</sup>

Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Borobudur

**Abstrak**

*Daya dukung tanah merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan pondasi beserta struktur di atasnya. Daya dukung tanah yang diharapkan untuk mendukung fondasi adalah daya dukung yang mampu memikul beban struktur, sehingga fondasi mengalami penurunan yang masih berada dalam batas toleransi. Kemudian, pemilihan jenis fondasi tergantung pada jenis tanah lapisan tanah yang ada dibawahnya. Apabila lapisan tanah tersebut keras maka daya dukung tanah tersebut cukup kuat untuk menahan beban yang ada, tetapi bila tanah lunak diperlukan penanganan khusus agar mempunyai daya dukung yang baik.*

*Metode untuk menghitung daya dukung tanah, menggunakan persamaan empiris, berdasar teori-teori berdasar hasil uji lapangan. yaitu Metode Meyerhof dan Terzaghi Data uji lapangan tersebut adalah  $N_{SPT}$ , Susunan Lapisan Tanah dan UDS ( Undisturb Sample ), diperoleh dari Bor Dalam (Deep Boring) serta Konsistensi Tanah ( $q$ ) dari Sondir /Cone Penetrometer Test (CPT)*

*Lokasi pengambilan data di BTN Hamzy Blok C no 13 Jl.Perintis Kemerdekaan Makassar Sulawesi Selatan*

*Hasil penyelidikan Sondir rerata pada kedalaman 7-8 m, sudah mencapai  $q = 250 \text{ kg/m}^2$ .. Sedangkan hasil penyelidikan dari  $N_{SPT}$ , didapat kondisi lapisan tanah keras  $N_{SPT} \geq 40$  ,pada kedalaman 8 m. Lapisan Tanah keras berupa lempung keras (cadas) . Dari data Sondir &  $N_{SPT}$  ditentukanlah lapisan tanah kerasnya, kemudian dengan pertimbangan beban bangunan makam dipilih jenis pondasi serta menghitung Daya Dukung Tanahnya*

**Kata kunci :** *Bearing Capacity ,  $N_{SPT}$  , Konsistensi Tanah,UDS*

**1. Pendahuluan**

Daya dukung rencana fondasi diperoleh dari hasil penyelidikan tanah seperti Standart Penetration Test (SPT) tes laboratorium tes sondir. Tujuan penyelidikan tanah adalah untuk mengetahui karakteristik tanah dan mengevaluasi kondisi tanah yang akan digunakan dalam perencanaan fondasi (Kurniawan, 2015). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui metode perhitungan daya dukung tanah dengan data laboratorium, sondir, dan SPT. Manfaat penelitian ini adalah menentukan jenis pondasi yang sesuai antara daya dukung tanah dan beban bangunan.

**2. Tinjauan Pustaka**

Daya dukung tanah dihitung dengan persamaan analitis dan persamaan empiris. Perhitungannya menggunakan data karakteristik tanah yaitu  $N_{SPT}$ , Klasifikasi jenis lapisan tanah ( Pemboran ), Data Indeks/Physical dan Mechanical/Engineering Properties ( Uji

---

<sup>1</sup> Dosen Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borobudur

Sample di Laboratorium ) serta Data Sondir . Selain itu memasukan pendekatan faktor keamanan (safety factor )

Informasi karakteristik tanah hasil penyelidikan diharapkan menggambarkan karakter tanah sedalam lubang bor di lapangan. Dalam hal terbatasnya nilai karakteristik tanah, maka dilakukan pendekatan konversi dari nilai kepadatan tanah atau konsistensi dan klasifikasi jenis tanahnya, dari literatur.

Daya dukung yang didapat harus dibandingkan dengan besarnya tegangan yang didistribusikan oleh pondasi ke tanah dasar ( beban bangunan dibagi luas pondasi ). Intinya bahwa Daya dukung tanah netto ( $q_a$ ) > tegangan akibat bangunan diatasnya. .

Dalam pemilihan jenis pondasi sesuai beban yang ditanggung lapisan tanah, maka dapat ditentukan jenisnya yaitu Pondasi Dalam atau Pondasi Dangkal. Peck dkk membedakan pondasi dalam dan dangkal dari nilai kedalaman (  $D_f/B$  ) ,  
 $D_f$  : Nilai Kedalaman Pondasi     $B$  : Lebar Pondasi  
 $(D_f/B) > 4$  : Pondasi Dalam  
 $(D_f/B) \leq 1$  : Pondasi Dangkal

Daya Dukung ijin adalah beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan, dengan memperhitungkan faktor keamanan. Jika dinyatakan dengan persamaan adalah Daya Dukung Ijin = Daya Dukung Ultimit/  $S_f$  , biasanya  $S_f = 3$ . Daya Dukung Ijin dapat dihitung berdasar  $N_{SPT}$ , Data Indeks Property & Engineering Property dan  $Q$  Sondir.

## 2.1 Daya Dukung Berdasar Data $N_{SPT}$

### a. Pondasi Dalam

Daya dukung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari *jumlah daya dukung terpusat tiang dan tahanan geser pada dinding tiang* seperti diperlihatkan pada Gambar 2.1 dibawah ini dan besarnya daya dukung yang diijinkan  $R_a$  diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$R_a = 1/n \ R_u = 1/n \ (R_p + R_f)$$

$n$  : faktor keamanan

$R_u$  : daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

$R_p$  : daya dukung terpusat tiang (ton)

$R_f$  : Gaya geser dinding tiang (ton)

Secara praktis perkiraan ini berdasarkan rumus yang diajukan oleh Terzaghi ataupun Meyerhof :

$$R_u = q_d \ A + U \cdot \sum (l_i \cdot f_i)$$

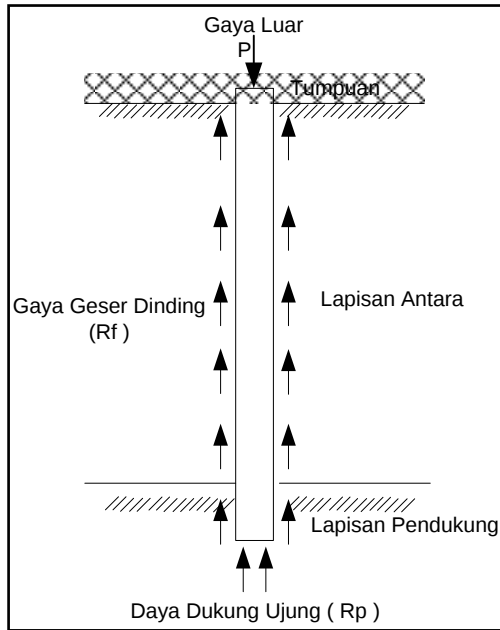
$q_d$  : Daya dukung terpusat tiang (ton)

$A$  : Luas Ujung Tiang ( $m^2$ )

$U$  : Keliling Tiang ( m )

$l_i$  : Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

$f_i$  : Besarnya Gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (  $ton/m^2$  )



Gambar 2.1 Gaya Pada Tiang Pondasi Dalam

### Tahap Perhitungan Penentuan Daya Dukung Tiang mengacu nilai N

#### 1) Menentukan Panjang ekivalen dari penetrasi tiang

$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2}$$

$\bar{N}$  Dimana: Harga N rata-rata untuk perencanaan tanah pondasi pada ujung tiang

$N_1$  : Harga N pada ujung tiang

$\bar{N}_2$  : Harga rata-rata N pada jarak 4D dari ujung tiang

#### 2) Daya Dukung pada ujung Tiang ( Rp )

Perkiraan satuan ( unit ) daya dukung terpusat  $q_d$  diperoleh dari hubungan antara L/D dan  $q_d/N$ .

L : panjang ekivalen penetrasi pada lapisan pendukung.

D : diameter tiang,

N : Harga N rata-rata untuk perencanaan tanah pondasi pada ujung tiang

$$R_p = q_d \cdot A$$

#### 3) Gaya geser maksimum dinding Tiang ( Rf )

$$R_f = U \cdot \sum (l_i \cdot f_i)$$

| Jenis tanah pondasi      | $f_i$ Tiang Pracetak                  | Tiang yang dicor di tempat |
|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Pasir                    | $N/5 (\leq 10)$                       | $N/2 (\leq 12)$            |
| Kohesif (Lempung, Lanau) | $C(\text{kohesi})$ atau $N (\leq 12)$ | $C/2$ atau $N/2 (\leq 12)$ |

Gaya Geser pada keliling permukaan tiang, digolongkan menurut lapisan tanah

| Kedalaman (m)  | Ketebalan lapisan $l_i$ (m) | Jenis Tanah | Harga Rata-rata N | $f_i$ (t/m <sup>2</sup> ) | $l_i \times f_i$ (t/m) |
|----------------|-----------------------------|-------------|-------------------|---------------------------|------------------------|
| (1)            | (2)                         | (3)         | (4)               | (5)                       | (6)=(2)*(5)            |
|                |                             |             |                   |                           |                        |
| $\sum l_i f_i$ |                             |             |                   |                           |                        |

**4) Daya Dukung Ultimate**

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum (l_i \cdot f_i)$$

**5) Daya Dukung Yang Diijinkan**

$$R_a = R_u/n$$

**b. Pondasi Dangkal**

Daya dukung ijin berkaitan dengan nilai  $N_{SPT}$ , dengan persamaan berdasarkan teori Meyerhof (1956), sebagai berikut :

$$q_a = 0,12 N \quad (\text{kg/cm}^2); \quad \text{untuk } B \leq 1,2 \text{ m}$$

$$q_a = 0,08 N ((3.28 B + 1)/3.28 B)^2 \quad (\text{kg/cm}^2); \quad \text{untuk } B > 1,2 \text{ m}$$

**c. Hubungan Konsistensi Nilai N dengan paramater yang terkait Jenis Lempung dan Pasir**

Dalam hal terbatasnya nilai karakteristik tanah untuk menentukan daya dukung tanah, maka dilakukan pendekatan konversi dari nilai kepadatan tanah atau konsistensi dan klasifikasi jenis tanahnya, dari literatur. ( Tabel 3.1., s/d..3.4)

**Tabel 2.1 Hubungan Konsistensi, Nilai N , Daya Dukung Ijin untuk Tanah Lempung ( Terzaghi & Peck 1948 )**

| Konsistensi  | N ( SPT ) | Daya Dukung diijinkan (Kg/cm <sup>2</sup> ) |                        |
|--------------|-----------|---------------------------------------------|------------------------|
|              |           | Pondasi Bujursangkar                        | Pondasi Persegipanjang |
| Sangat Lunak | 0 – 2     | 0,00 – 0,30                                 | 0,00 – 0,22            |
| Lunak        | 2 – 4     | 0,30 – 0,60                                 | 0,22 – 0,45            |
| Sedang       | 4 – 8     | 0,60 – 1,20                                 | 0,45 – 0,90            |
| Kaku         | 8 – 15    | 1,20 – 2,40                                 | 0,90 – 1,80            |
| Sangat Kaku  | 15 – 30   | 2,40 – 4,80                                 | 1,80 – 3,60            |
| Keras        | 30        | 4,80                                        | 3,60                   |

**Tabel 2.2 Hubungan Konsistensi ,  $N_{SPT}$  dan Tegangan Geser Unconfined untuk Lempung (Terzaghi )**

| Konsistensi               | Sangat Lunak | Lunak      | Sedang    | Keras     | Sangat Keras | Padat |
|---------------------------|--------------|------------|-----------|-----------|--------------|-------|
| N ( SPT )                 | < 2          | 2 – 4      | 4 – 8     | 8 – 15    | 15 – 30      | > 30  |
| qu ( kg/cm <sup>2</sup> ) | < 0,25       | 0,25 – 0,5 | 0,5 – 1,0 | 1,0 – 2,0 | 2,0 – 4,0    | > 4   |

**Tabel 2.3 Faktor Hambatan Lekat terhadap Tiang Pondasi ( Terzaghi, 1943 )**

| Jenis Tanah           | fs (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|--------------------------|
| Lanau & Lempung Lunak | 0,07– 0,30               |
| Lempung Sangat Kaku   | 0,49– 1,95               |
| Pasir tidak padat     | 0,12– 0,37               |
| Pasir padat           | 0,34– 0,68               |
| Kerikil padat         | 0,49– 0,98               |

**Tabel 2.4 Hubungan N<sub>SPT</sub> , Kepadatan Relatif, Sudut Geser Dalam untuk Pasir ( Peck, Meyerhof )**

| Nilai N | Kepadatan Relatif      | Sudut Geser Dalam |                  |
|---------|------------------------|-------------------|------------------|
|         |                        | Menurut Peck      | Menurut Mayerhof |
| 2 – 4   | Sangat Lepas 0,0 – 0,2 | < 28,5            | < 30             |
| 4 – 10  | Lepas 0,2 – 0,4        | 28,5 – 30         | 30 – 35          |
| 10 – 30 | Sedang 0,4 – 0,6       | 30 – 36           | 35 – 40          |
| 30 – 50 | Padat 0,6 – 0,8        | 36 – 41           | 40 – 45          |
| > 50    | Sangat Padat 0,8– 1,0  | > 41              | > 45             |

### 3.2 Daya Dukung Berdasar Data Uji Laboratorium

Persamaan berdasarkan teori Terzaghi dengan parameter data Laboratorium :

$$q_{all} = C_u N_c (1 + 0,3 B/L) + \gamma D N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma (1 - 0,2 B/L)$$

Dimana :

$q_{all}$  = daya dukung ijin ( kg/cm<sup>2</sup> )

$\gamma$  = Berat Isi Tanah Efektif ( kg/cm<sup>3</sup> )

D = Kedalaman Lapisan Tanah ( cm )

B = lebar pondasi , L = panjang pondasi ( Rectangular B/L = 1 )

$C_u$  = Kohesi Undrained pd lap tanah di dasar pondasi ( $C_u = q_c/25$  ) ( kg/cm<sup>2</sup> )

$q_c$  = Tahanan qonus ( kg/cm<sup>2</sup> )

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Koef daya dukung

### 3.3 Berdasar Data Sondir

#### a) Pondasi Dalam

Daya dukung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari *jumlah daya dukung terpusat tiang dan tahanan geser pada dinding tiang* seperti diperlihatkan pada Gambar 3.1 dibawah ini dan besarnya daya dukung yang diijinkan  $Q_a$  diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

- Persamaan Umum :

**Pondasi Sumuran** :  $Q_a = q_{all} A_p$

**Bored Pile** :  $Q_a = \frac{q_c'.A_p}{2} + \frac{T_f .O_p}{6}$

**Tiang Pancang** :  $Q_a = \frac{q_c'.A_p}{3} + \frac{T_f .O_p}{5}$

$Q_a$  = daya dukung yang diijinkan

$T_f$  = jumlah hambatan pelekat sepanjang tiang

$A_p$  = luas ujung tiang/ sumuran

$O_p$  = keliling tiang

$q_c'$  =  $[(q_{c_0} + q_{c_1})/2 + q_{c_2}] / 2$

$q_{c_0}$  = rata-rata tekanan konus dibawah 2 D

$q_{c_1}$  = minimum tekanan konus di bawah 2 D

$q_{c_2}$  = nilai rata-rata minimum tekanan konus di atas 8D dari dasar ujung tiang

D = diameter /dimensi tiang /sumuran

#### b. Pondasi Dangkal

##### Daya dukung ijin berkaitan dengan nilai $Q_{onus}$ Sondir

Daya Dukung tanah untuk pondasi bujur sangkar dan persegipanjang dihitung menggunakan persamaan Meyerhof (1956). Daya dukung ( $q_u = q_{ultimate}$ ) disesuaikan dengan ukuran lebar pondasi .

**Untuk lebar pondasi (B)  $\leq 1,2$  m** :  $q_u = q_c / 30$  ( kg/cm<sup>2</sup>)

**Untuk lebar pondasi (B)  $> 1,2$  m** :  $q_u = (q_c/50) (1+(0,3/B))^2$  (kg/cm<sup>2</sup>)

### 3. Hasil dan Pembahasan

Kawasan penyelidikan di BTN Hamzy Blok C no 13 Jl.Perintis Kemerdekaan Makassar Sulawesi Selatan,

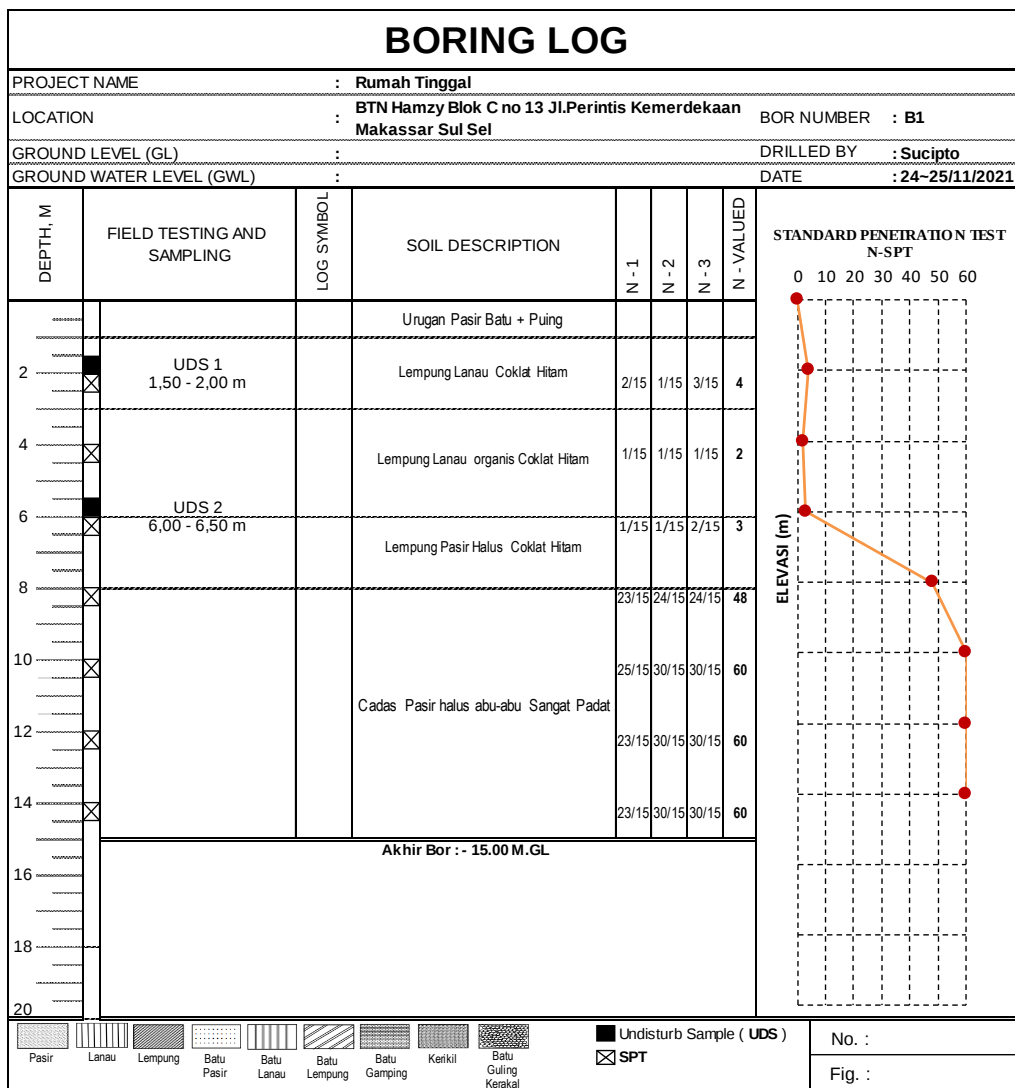
luas lahan 500 m<sup>2</sup> akan didirikan bangunan 3 lantai.

Penyelidikan Tanah dilaksanakan dengan Metoda Pemboran Dalam menggunakan Mesin dan Metoda Sondir. Penyelidikan dilakukan di 1 titik Bor dan 1 titik Sondir di rencana bangunan . Hasil dari kedua metoda tersebut berupa prediksi perlapisan tanah dengan konsistensinya ( sifat Lunak s/d Keras ), ditunjukkan dengan data dan kurva. Sample UDS dari pemboran , dilakukan pengujian laboratorium untuk memperoleh Indeks Properties dan Engineering Properties. Jumlahnya 2 sample UDS, pada kedalaman 1,5 m dan 6 m.

#### 3.1 Pemboran ( Boring )

Hasil dari pemboran berupa Borlog yang berisi  $N_{SPT}$  , Deskripsi Lapisan Tanah, secara visual dan tebal lapisan tanahnya. Kedalaman pemboran 15 m.

Untuk menghitung daya dukung tanah, dengan menginventarisir data hasil penyelidikan tanah dengan menyusun Borlog yang berisi  $N_{SPT}$  , Jenis Lapisan Tanah, Tebal Lapisan



#### Deskripsi Hasil Pemboran di Titik B-1

| Kedalaman (m) | Tebal (m) | Deskripsi                              |             |       |
|---------------|-----------|----------------------------------------|-------------|-------|
|               |           | Jenis Tanah                            | Konsistensi | N-Spt |
| 0 - 1         | 1         | Urugan Pasir Batu + Puing              |             |       |
| 1 - 3         | 2         | Lempung Lanau Coklat Hitam             | Lunak       | 0 - 4 |
| 3 - 6         | 3         | Lempung Lanau organis Coklat Hitam     |             |       |
| 6 - 8         | 2         | Lempung Pasir Halus Coklat Hitam       |             |       |
| 8 - 15        | 7         | Cadas Pasir halus abu-abu Sangat Padat | Keras       | > 40  |

### 3.2 Uji UDS di Laboratorium

Hasil pemeriksaan/pengujian terhadap contoh tanah (UDS), berupa indeks ( physical) dan mechanical (engineering ) properties sehingga diketahui karakter ( jenis & sifat ) lapisan tanah.

Pengujian yang dilakukan meliputi :

- Specific Gravity ( G<sub>s</sub>)
- Natural Density ( γ<sub>n</sub>)
- Natural Water Content ( W<sub>n</sub>)
- Atterberg Limit ( LL, PL, & PI )
- Sieve Analysis & Hydrometer Analysis
- Consolidation Test ( C<sub>c</sub> & C<sub>v</sub>)

– Triaxial Test UU (  $\phi$  & C )

Prosedur pemeriksaan laboratorium berdasarkan Standard ASTM, AASHTO dan Manual Pemeriksaan Bahan ( Bina Marga ), Hasil Uji Laboratorium di Tabel berikut:

### 3.3 Sondir

Hasil penyelidikan dengan sondir akan efektif pada tanah berjenis dominan lempung. Kapasitas maksimum sondir yang dipakai penyelidikan 2,5 Ton atau  $Q = 250 \text{ Kg/Cm}^2$ . Nilai maksimum  $250 \text{ kg/cm}^2$ , akan tercapai jika qonus sudah tidak bisa menembus lapisan tanah, akibat lapisan tanah keras, pada kedalaman tertentu.

Hasil penyelidikan sondir yang dilaksanakan, mencapai kedalaman 7.40 m ini ditunjukkan pada Tabel berikut :

| Deskripsi Hasil Sondir di Titik S1 |                   |                                       |             |                  |
|------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------|------------------|
| Kedalaman<br>( m )                 | Tebal<br>( m )    | Tekanan Qonus<br>( $\text{kg/Cm}^2$ ) | Konsistensi | Deskripsi        |
| 0.00 - 1.00                        | 1.00              | Urugan pasir batu +puing              |             |                  |
| 1.00 - 5.00                        | 4.00              | 0 - 10                                | Lunak       | Lempung Lanauan  |
| 5.00 - 5.30                        | 0.30              | 10 - 30                               | Teguh       |                  |
| 5.30 - 6.30                        | 1.00              | 30 - 60                               | Kaku        |                  |
| 6.30 - 7.00                        | 0.70              | 60 - 120                              | Sangat Kaku |                  |
| > 7.00                             |                   | > 120                                 | Keras       | Lempung Berpasir |
| 7.40                               | Akhir Penyondiran |                                       |             |                  |

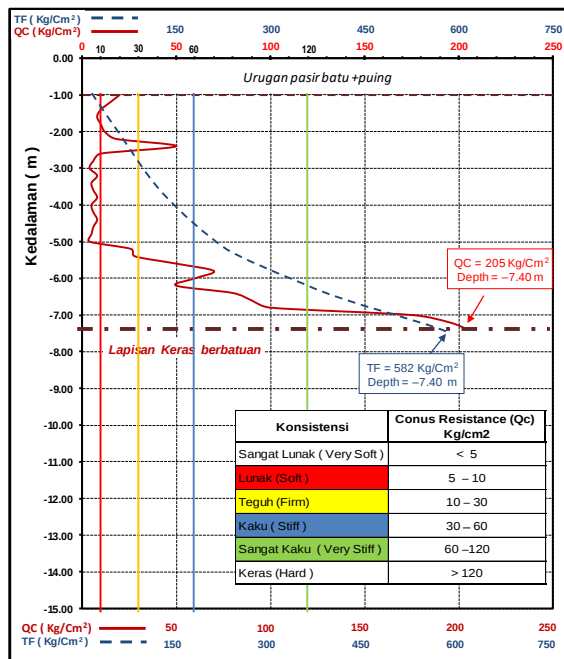
### 3.4 Daya Dukung (Bearing Capacity)

Penyelidikan Tanah ini bertujuan untuk mengetahui daya dukung (bearing capacity ) lapisan tanah, terhadap beban rencana bangunan. Indikator lapisan memiliki daya dukung struktur, minimal jika  $N_{SPT} \geq 30$  (Konsistensi Kaku s/d Keras) dan tahanan qonus ( $Q_c$ )  $\geq 30 \text{ kg/cm}^2$  (Konsistensi Kaku/Stiff) .

Umumnya setiap lapisan tanah memiliki daya dukung (Bearing Capacity),namun kekuatannya bergantung pada karakteristik tanahnya. Untuk mengoptimalkan daya dukung tanah sebagai dasar pondasi, maka sesuaikan antara daya dukung tanah dengan rencana beban bangunan dengan kriteria *nilai daya dukung tanah > tegangan akibat bangunan*. Namun dasar pondasi diupayakan tidak pada tanah jenis kohesif ekspansif ( lanau dan lempung lunak). Dari data sondir,tanah jenis lempung lunak,berada pada kedalaman 0 – 2 m

Lempung lunak, bersifat susut dan kembang yang tinggi, bergantung pada kandungan airnya. Sifat lempung ini melunak jika bercampur air dan sebaliknya mengeras jika air menghilang. Jika lapisan tanah ini digunakan sebagai dasar pondasi, berdampak terjadinya penurunan (proses konsolidasi ) lapisan tanah beserta bangunan diatasnya. Konsolidasi yang ditolerir yaitu maksimal 1 inch atau 2,54 cm.

Daya dukung tanah dihitung dengan Metoda Meyerhoff & Terzaghi untuk Pondasi Dalam pada kedalaman 7 m, dengan pertimbangan dari data Sondir dan  $N_{SPT}$  menunjukkan Lapisan tanah lunak < 7 m dan berjenis Lempung organik (OH) dari hasil uji tanah di laboratorium. Namun semakin meningkat daya dukungnya jika kedalaman tiang > 7 m. Mempertimbangan proses pelaksanaan pembuatan pondasi maka dipilih Fondasi Boredpile.



| Jenis Pondasi | Diameter (cm) | Kedalaman (m) | Daya Dukung (Ton/m <sup>2</sup> ) |        |                  |
|---------------|---------------|---------------|-----------------------------------|--------|------------------|
|               |               |               | N <sub>SPT</sub>                  | Sondir | Perbedaan Metoda |
| Boredpile     | 30            | 7             | 34                                | 31     | 3                |
|               | 40            |               | 51                                | 47     | 4                |
|               | 50            |               | 70                                | 68     | 2                |

Dari Tabel perhitungan diatas Dengan Metoda Meyerhof & Terzaghi, menunjukan hasil daya dukung yang hampir sama pada kedalaman 7 m di bawah tanah permukaan setempat. Pada umumnya stang sondir kapasitas 2,5 ton, daya penetrasinya 20 m, maka akan efektif lapisan tanah kerasnya tidak melebihi 20 m.

## 5. Kesimpulan

- Perhitungan Daya Dukung untuk Pondasi Dalam Metoda Terzaghi & Meyerhof, menggunakan Data  $N_{SPT}$  dan Sondir, menunjukkan hasil yang hampir sama.
- Lapisan Tanah di daerah penyelidikan merupakan Tanah Lunak berjenis lempung dengan ketebalan 7 m , dengan segera menjadi lapisan keras berjenis cadas ( komposisinya lempung yang memadat)
- Data Sondir &  $N_{SPT}$  akan memberikan nilai daya dukung yang hampir sama, dengan batas kedalamam penyelidikan 20 m dan berjenis tanah lempung.

## 6. Daftar Pustaka

- Bowles, Joseph E. 1991. **Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika tanah)**, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja. M. 1995. **Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I** . Erlangga. Jakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. **Mekanika Tanah 1**. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. **Mekanika Tanah 2**. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Sosrodarsono, Suyono. 1988. **Mekanika Tanah & Teknik Pondasi**. PT. Perca. Jakarta.

#### BIODATA PENULIS

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Ir. Supriyanti, MT, Saat ini aktif sebagai staf pengajar Fakultas Teknik Universitas Borobudur. Menyelesaikan studi sarjana strata 1 (S1) Program Studi Geofisika Institut Teknologi Bandung dan strata 2 (S2) Program Studi Teknik Sumber Daya Air Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|