

PERHITUNGAN DAYA DUKUNG PONDASI *BORED PILE* PADA PEMBANGUNAN GEDUNG KEMAHASISWAAN UNIVERSITAS SUMATERA UTARA BERDASARKAN *SONDERING TEST* DAN *BORING TEST*

Berkat Harapan Zega¹⁾, Diana Suita Harahap²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Sarjana Teknik Sipil, Universitas Harapan Medan

²⁾ Staf Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Sipil, Universitas Harapan Medan
berkatzega35@gmail.com

Abstrak

Pengujian sondir adalah penekanan yang dilakukan untuk menganalisa daya dukung tanah dan mengukur kedalaman lapisan tanah keras atau pendukung yang biasa disebut tanah sondir. Boring Test yaitu pengujian tanah untuk mengetahui kondisi tanah setiap layer hingga sampai ke tanah keras. Standart yang ditetapkan dalam pengujian ini yaitu SPT (Standart Penetration Test) dengan nilai setiap interval 2,0m. Standart ini mengacu pada ASTM D.1586 dengan berat hammer yang digunakan adalah 63,5 kg dengan tinggi jatuh bebas hammer yaitu 76cm. biasanya, model alat boring yang digunakan memiliki hammer otomatis. Tujuan ini adalah untuk menghitung dan membandingkan kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal menggunakan data sondir dan Berdasarkan hasil di atas daya dukung ultimate (Qult) menggunakan metode Mayerhoff yaitu BH-1(145,7ton), BH-2(145,7 ton), sedangkan menggunakan metode AokiDeAlencer yaitu BH-1 (0,9279 ton), BH-2(0,3307 ton). Kapasitas izin daya dukung tanah (Q izin) menggunakan metode Mayerhoff yaitu BH-1(58,28ton), BH-2(58,28ton). Sedangkan menggunakan metode AokiDe Alenceryaitu BH-1 (0,37116 ton), BH-2(0,37116 ton). Berdasarkan hasil dari perhitungan daya dukung dari metode Mayerhoff lebih besar daripada metode AokiDe Alencer, maka metode Mayerhoff lebih efisien dari pada metode AokiDe Alencer. Pengujian sondir adalah penekanan yang dilakukan untuk menganalisa daya dukung tanah dan mengukur kedalaman lapisan tanah keras atau pendukung yang biasa disebut tanah sondir. Boring Test yaitu pengujian tanah untuk mengetahui kondisi tanah setiap layer hingga sampai ke tanah keras. Standart yang ditetapkan dalam pengujian ini yaitu SPT (Standart Penetration Test) dengan nilai setiap interval 2,0m. Standart ini mengacu pada ASTM D.1586 dengan berat hammer yang digunakan adalah 63,5 kg dengan tinggi jatuh bebas hammer yaitu 76cm. biasanya, model alat boring yang digunakan memiliki hammer otomatis.

Kata Kunci: Pengujian, Sondir dan Boring, Daya Dukung, Kapasitas

I. PENDAHULUAN

Pondasi pada bangunan haruslah terlebih dahulu mempertimbangkan beberapa hal antara lain jenis bangunan, lokasi, keadaan tanah, dana yang tersedia serta peralatan pendukung yang ada. Pondasi adalah struktur bagian bawah konstruksi yang paling terpenting pada suatu bangunan, karena pondasi berfungsi sebagai penahan seluruh beban (beban hidup dan beban mati) yang berada di atasnya dan gaya-gaya dari luar. Dalam setiap konstruksi seperti gedung jembatan, jalan raya, terowongan, dinding penahan, menara, dan tanggul harus mempunyai pondasi yang dapat mendukungnya. pondasi umumnya terletak di bawah permukaan tanah yang berfungsi untuk meneruskan gaya yang diterimanya kelapisan tanah pendukung pada struktur bangunan, pondasi berfungsi untuk memikul beban bangunan yang ada di atasnya.

Pengujian sondir pada pembangunan Gedung Universitas Sumatera Utara yaitu dari nilai perlawanan konus(qc) untuk keempat titik pengujian rata-rata ditemukan kedalaman tanah keras atau qc 200 kg/cm² di kedalaman 12,40 - 13,60 m. Kemudian untuk muka air tanah (GWL) di kedalaman 3,10 -3,20 m di bawah permukaan

tanah. Dari hasil pengujian bor mesin untuk kedua titik pengujian, diperoleh data letak muka air tanah yaitu di 2,50 - 3,50 m di bawah permukaan tanah. Kondisi lapisan tanah beragam yaitu.

1. Kedalaman 0,00 - 6,00 m ditemukan lempung berlanau kepasiran berwarna coklat cerah ke gelap, kepadatan rendah ke sedang, plastisitas sedang dan kadar air sedang.
2. Kedalaman 6,00 - 18,00 m terdapat pasir berlanau campur gravel halus berwarna abu-abu gelap, kepadatan sedang ke padat, plastisitas rendah dan kadar air rendah.
3. Kedalaman 18,00 - 30,00 m terdapat pasir sedang berwarna abu-abu cerah, kepadatan padat, non plastis dan kadar air rendah

Yang dilakukan pada penelitian ini yaitu metode yang digunakan, metode Aoki De Alencardan Mayerhoff dengan memanfaatkan data dari uji Sondir atau metode uji langsung ke lapangan berdasarkan data. Dengan adanya pengujian langsung ke lapangan maka saya dapat menyusun skripsi ini dengan judul Perhitungan Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Pada Pembangunan Gedung Kemahasiswaan Universitas Sumatera Utara Berdasarkan *Sondering Tets* Dan *Boring Test* Dengan Metode Aoki De Alencar Dan Mayerhof.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Aoki DeAlencar dan Mayerhoff*.

2.1 Lokasi dan Jadwal Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan pada proyek pembangunan gedung Kemahasiswaan Universitas Sumatera Utara. Jalan Dr. T. Mansur No.9, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah data sondering dan boring test dengan menggunakan metode *Mayerhoff* dan *Aoki DeAlencer*.

2.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian adalah tahap-tahap yang dilakukan peneliti secara berurutan selama berlangsungnya penelitian. Tahapan penelitian ini memberikan gambaran secara garis besar langkah – langkah pelaksanaan penelitian yang akan menuntun peneliti agar lebih terarah selama berjalanya peneliti.

Adapun tahapan pelaksanaan penelitian dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Tahap Pertama adalah melakukan review dan dan study kepustakaan untuk mencari buku dan jurnal-jurnal terkait dengan pondasi, mencari permasalahan pada pondasi *bored pile*.
2. Tahap kedua adalah meninjau langsung ke lokasi proyek dan menentukan lokasi dimana yang akan dilaksanakan pengambilan data yang dianggap perlu.
3. Tahap ketiga pelaksanaan pengumpulan data-data.
Data yang diperoleh dari proyek adalah:
 - a. Data hasil sondir
 - b. Data boring tes
4. Tahap keempat adalah mengadakan analisis data dengan menggunakan data-data yang diperoleh berdasarkan metode yang ada.
5. Tahap kelima adalah mengadakan analisis terhadap hasil perhitungan yang dilakukan dan membuat kesimpulan
6. Setelah semua data terkumpul, selanjutnya dilakukan analisis data sebagai berikut :
 - a. Evaluasi Daya Dukung Pondasi
 - b. Perbandingan Metode Perhitungan *Mayerhoff* dan *Aoki De Alencer*
7. Kesimpulan dan saran yaitu: kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian dan memberikan saran kepada pembaca tentang analisis penggunaan pondasi *bored pile*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Metode *Mayerhoff* (BH-1)

Kapasitas daya dukung pondasi bore pile pada tanah pasir dan silt pada data uji lapangan SPT, ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

1. Daya dukung ujung pondasi bore pile (end bearing), (Reese & Wright, 1977).

Data-data :

$$\begin{aligned} N1 &= 60 \\ N2 &= 60 \\ D &= 0,50 \text{ m} \\ L &= 43,20 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$N_b = \frac{N1+N2}{2} = \frac{60+60}{2} = 60$$

$$\begin{aligned} Q_p &= A_p \times q_p \\ \rightarrow A_p &= \frac{1}{4} \pi \times D^2 \\ &= 0,196 \times 420 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,50^2 \\ &= 82,32 \text{ ton} \\ &= 0,196 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow q_p &= 7 \times N \\ &= 7 \times 60 \\ &= 420 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

2. Daya dukung selimut pondasi bore pile (end bearing), (Reese & Wright, 1977).

$$\begin{aligned} Q_s &= f \times L \times p \\ \rightarrow f &= 0,50 \times N \\ &= 30,00 \times 42,20 \times 0,071 \\ &= 0,50 \times 60 \\ &= 63,38 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$= 30,00 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= (Q_p + Q_s) \\ &= 82,32 + 63,38 \\ &= 145,7 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{izin} &= Q_{ult} / SF \\ &= 145,7 / 2,5 \\ &= 58,28 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan metode *Mayerhoff* BH-1 untuk *boring test* = 58.28 ton.

3.2 Metode *Mayerhoff* (BH-2)

Kapasitas daya dukung pondasi bore pile pada tanah pasir dan silt pada data uji lapangan SPT, ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

1. Daya dukung ujung pondasi bore pile (end bearing), (Reese & Wright, 1977).

Data-data :

$$\begin{aligned} N1 &= 60 \\ N2 &= 60 \\ D &= 0,50 \text{ m} \\ L &= 43,20 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} N_b &= \frac{N1+N2}{2} = \frac{60+60}{2} \\ &= 60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= A_p \times q_p \\ &= 0,196 \times 420 \\ &= 82,32 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow A_p &= \frac{1}{4} \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,50^2 \\ &= 0,196 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Daya dukung selimut pondasi bore pile (end bearing), (Reese & Wright, 1977).

$$\begin{aligned} Q_s &= f \times L \times p \\ \rightarrow f &= 0,50 \times N \\ &= 30,00 \times 42,20 \times 0,071 \\ &= 0,50 \times 60 \\ &= 63,38 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= (Q_p + Q_s) \\ &= 82,32 + 63,38 \\ &= 145,7 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{izin} &= Q_{ult} / SF \\ &= 145,7 / 2,5 \\ &= 58,28 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan metode *Mayerhoff* BH-2 untuk *boring test* = 58.28 ton.

3.3 Analisis Data *Sondir* Test (*Mayerhoff*)

Perhitungan kapasitas daya dukung *bored pile* dari data sondir dengan menggunakan metode *Mayerhoff*. Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate pada titik S-1 :

3.4 Metode *Mayerhoff* (S-1)

$$\begin{aligned} \text{Data} &: \\ \text{Diameter Tiang (D)} &= 50 \text{ cm} \\ \text{Keliling Tiang (P)} &= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 50 \\ &= 157 \text{ cm} \\ &= 1,57 \text{ m} \\ \text{Luas Tiang (A}_p\text{)} &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 50^2 \\ &= 1962,5 \text{ cm}^2 \\ &= 0,196 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

1. perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang (Q_p)

$$\begin{aligned} q_c - r &= \frac{q_c - r_1 + q_c - r_2}{2} \\ &= \frac{154,762 + 127,332}{2} \\ &= 14,104 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= A_p \times (q_c - r) \\ &= 1962 \times 14,104 \\ &= 27672 \text{ kg} \\ &= 27.672 \text{ Ton} \end{aligned}$$

2. Perhitungan kapasitas daya dukung kulit (Q_s)

$$\begin{aligned} Q_s &= TF \times AK \\ &= 730 \times 1571 \\ &= 11468 \text{ kg} \\ &= 11.468 \text{ Ton} \end{aligned}$$

3. kapasitas daya dukung ultimate

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 27.672 + 11.468 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 39.14 \text{ Ton} \\ Q_i &= \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5} \\ &= \frac{27.672}{3} + \frac{11.468}{5} \\ &= 11.517 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan metode *Mayerhoff* S-1 untuk *Sondir* Test = 11.517 ton.

3.5 Metode *Mayerhoff* (S-2)

$$\begin{aligned} \text{Data} &: \\ \text{Diameter Tiang (D)} &= 50 \text{ cm} \\ \text{Keliling Tiang (P)} &= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 50 \\ &= 157 \text{ cm} \\ &= 1,57 \text{ m} \\ \text{Luas Tiang (A}_p\text{)} &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 50^2 \\ &= 1962,5 \text{ cm}^2 \\ &= 0,196 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

1. Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang (Q_p).

q	Fb	Fs
Tiang Pancang		
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja r	1,75	3,5
Bentong Pratekan	1,75	3,5

$$\begin{aligned} &= \frac{q_c - r_1 + q_c - r_2}{2} \\ &= \frac{129,77 + 987,67}{2} \\ &= 228,53 \text{ kg/cm}^2 \\ Q_p &= A_p \times (q_c - r) \\ &= 1962 \times 22,853 \\ &= 44837 \text{ kg} \\ &= 44.837 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- a. Perhitungan kapasitas daya dukung kulit (Q_s)

$$\begin{aligned} Q_s &= TF \times AK \\ &= 918 \times 1571 \\ &= 14421 \text{ kg} \\ &= 14.421 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- b. kapasitas daya dukung ultimate

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 44.837 + 14.421 \\ &= 59.258 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_i &= \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5} \\ &= \frac{44.837}{3} + \frac{14.421}{5} \\ &= 17.829 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan metode *Mayerhoff* S-2 untuk *Sondir* Test = 17.829 ton.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Daya Dukung *Mayerhoff* (*Boring test*)

Titik Bore	Metode <i>Mayerhoff</i>	
Log	Q Ult	Q Izin
BH – 1	145,7 ton	58,28 ton
BH – 2	145,7 ton	58,28 ton

(Sumber : Perhitungan Daya Dukung *Mayerhoff* *Boring Test*)

Tabel 2. Hasil Perhitungan Metode Mayerhoff (Sondiring Test)

Titik Bore Log	Metode Mayerhoff	
	Q Ult	Q Izin
S – 1	39.14 ton	11.517 ton
S – 2	59.258 ton	17.829 ton
S – 3	66.608 ton	20.158 ton
S – 4	40.257 ton	11.328 ton.

(Sumber : Hasil Perhitungan Metode Mayerhoff)

3.6 Metode Aoki de Alencer (BH-1)

Data-data:

Diameter : 0,50 m
 Dimensi tiang : 50 x 50 cm
 Kedalaman tiang : 30 m
 Luas penampang tiang (AP) : 19,6 cm²

- a) Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang (Qb)

$$Qb = \frac{qca(base)}{Fb} \text{ (nilai } Fb \text{ tiang bor} = 3,50) \\ = \frac{1,5 \times 30}{3,50} \\ = 12,857 \text{ kg/cm}^2$$

- b) Perhitungan nilai Qb

$$Qb = qb \times Ap \\ = 12,857 \times 19,6 \text{ cm}^2 \\ = 251,99 \text{ kg/cm}^2 \\ = 0,2519 \text{ ton}$$

- c) Perhitungan kapasitas daya dukung kulit (Qs).

Perhitungan nilai f:

$$F = qc(side) \frac{as}{fs} \text{ (nilai } fs \text{ tiang bor} = 7,00) \\ = 60,00 \times \frac{0,01347}{7,00} \\ = 0,115 \text{ kg/cm}$$

- d) Perhitungan nilai Qs

$$Qs = f \times As \\ = 0,115 \times 30 \times 19,6 \\ = 677,2 \text{ kg} \\ = 0,676 \text{ ton}$$

- e) Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate tiang pancang (Qu)

$$Qu = Qb + Qs \\ = 0,2519 + 0,676 \\ = 0,9279 \text{ ton}$$

- f) kapasitas izin tiang (Qa)

$$Qa = \frac{Qu}{Sf} \\ = \frac{0,9279}{2,5} \\ = 0,37116 \text{ ton.}$$

Dari hasil perhitungan metode Aoki de Alencer BH-1 untuk Boring Test = 0,37116 ton.

3.7 Metode Aoki de Alencer (BH-2)

Data-data:

Diameter : 0,50 m
 Dimensi tiang : 50 x 50 cm
 Kedalaman tiang : 30 m
 Luas penampang tiang (AP) : 19,6 cm²

- a) Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang (Qb)

$$qb = \frac{qca(base)}{Fb} \text{ (nilai } Fb \text{ tiang bor} = 3,50) \\ = \frac{1,5 \times 30}{3,50} \\ = 12,857 \text{ kg/cm}^2$$

- b) Perhitungan nilai Qb

$$Qb = qb \times Ap \\ = 12,857 \times 19,6 \text{ cm}^2 \\ = 251,99 \text{ kg/cm}^2 \\ = 0,2519 \text{ ton}$$

- c) Perhitungan kapasitas daya dukung kulit (Qs).

Perhitungan nilai f:

$$F = qc(side) \frac{as}{fs} \text{ (nilai } fs \text{ tiang bor} = 7,00) \\ = 60,00 \times \frac{0,01546}{7,00} \\ = 0,132 \text{ kg/cm}$$

- d) Perhitungan nilai Qs

$$Qs = f \times As \\ = 0,132 \times 30 \times 19,6 \\ = 78,804 \text{ kg} \\ = 0,0788 \text{ ton}$$

- e) Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate tiang pancang (Qu)

$$Qu = Qb + Qs \\ = 0,2519 + 0,0788 \\ = 0,3307 \text{ ton}$$

- f) kapasitas izin tiang (Qa)

$$Qa = \frac{Qu}{Sf} \\ = \frac{0,3307}{2,5} \\ = 0,13228 \text{ ton.}$$

Dari hasil perhitungan metode Aoki de Alencer BH-2 untuk Boring Test = 0,13228 ton.

3.8 Pembahasan

Di Indonesia, standar pengujian penetrasi lapangan adalah SNI 4153-2008, revisi dari SNI 03-4153-1996), yang mengacu pada ASTM D 1586-84 "Standar uji penetrasi dan pengambilan sampel tanah split barrel". Terdiri dari membenturkan tabung pemisah dinding tebal ke tanah dan menghitung jumlah pukulan yang diperlukan untuk memasukkan tabung pemisah sedalam 300 mm secara vertikal. Sebuah palu seberat 63,5 kg akan dijatuhkan berulang kali dengan ketinggian jatuh 0,76 m pada sistem beban jatuh ini. Pengujian dilakukan dalam tiga tahap, dengan setiap tahap lebih tebal 150 mm dari yang sebelumnya. Tahap pertama dicatat sebagian, sedangkan jumlah pukulan yang akan dimasukkan ke tahap kedua dan ketiga dijumlahkan untuk mendapatkan nilai N pukulan atau resistansi (dinyatakan dalam pukulan/0,3 m).

Nilai kerucut pada ujung tiang dapat digunakan untuk menghitung analisis daya dukung berdasarkan sondir. Jika tanah memiliki dan tahanan kerucut yang rendah, maka tahanan

ujungnya juga akan rendah, dan sebaliknya. Beberapa metode, termasuk metode Aoki De Alencer dan Mayerhoff, digunakan untuk menilai daya dukung tiang.

Perbandingan daya dukung berdasarkan data sondir dapat dilihat pada hasil perhitungan. Perbedaan daya dukung dapat disebabkan oleh perbedaan jenis dan kedalaman tanah, bahkan pada jarak terdekat dari lokasi penelitian, yang dapat menyebabkan perbedaan kerapatan tanah, mempengaruhi daya dukung tiang, dan juga karena pelaksanaan pengujian tergantung pada ketelitian operator yang melakukannya. Seperti terlihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Metode Aoki De Alencer (Boring test)

Titik Bore Log	Metode Aoki De Alencer	
	Q Ult	Q Izin
BH – 1	0,9279 ton	0,37116 ton
BH – 2	0,3307 ton	0,13228 ton

(sumber : Daya Dukung Metode Aoki De Alencer Boring test)

Tabel 4. Hasil Metode Aoki De Alencer (Sondiring Test)

Titik Bore Log	Metode Aoki De Alencer	
	Q Ult	Q Izin
S – 1	2,38107 ton	0,952428 ton
S – 2	1,70079 ton	0,6803 ton
S - 3	2,62962 ton	1,0518 ton
S - 4	2,54894 ton	1,0195 ton.

(sumber : Daya Dukung Metode Aoki De Alencer Sondiring Test)

IV. KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil dari perhitungan daya dukung dari metode Mayerhoff lebih besar dari pada metode Aoki De Alencer, maka metode Mayerhoff lebih efisien dari pada metode Aoki De Alencer.
- Dari hasil perhitungan berdasarkan kedua metode telah diperoleh hasil dari masing-masing metode, dengan begitu dapat disimpulkan bahwa berdasarkan metode Aoki de Alencer, Mayerhoff dan metode langsung Sondir lebih efisien metode langsung dan metode Mayerhoff.
 - Metode Mayerhoff (daya dukun izin S-1 = 11,517 ton)
 - Metode Aoki De Alencer (daya dukun izin S-1 = 0,37116 ton)
 - Metode Langsung Sondir (daya dukun izin S-1 = 131.86 ton)

DAFTAR PUSTAKA

- Abdilah. M. B. A. Azizi dan M. A. Salim. 2020. *Analisis Daya Dukung Pondasi Aoki De Alencer*. *Jurnal Nasional*.1:39-42.
- Meyerhof G.G. 1965. *Shallow Foundation. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. ASCE. Vol. 91. No. SM2. pp 21–31.*
- Meyerhof. G.G. 1956. “Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesi on less Soil.” *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. American Society of Civil Engineers. Vol. 82. No. SM-1. pp. 1-19.*
- P.U. 2008. SNI 2827: 2008 .*Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir. Pekerjaan Umum, Jakarta.*
- Terzaghi. K. Peck. R. B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa. Penerbit Erlangga. Jakarta.*
- Hardiyatmo. Hary Christady. 2003. *Analisis dan Perancangan Fondasi bagian I. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.*
- Yudha Lesmana. 2019. *Handbook For Beginner Analisa Dan Sruktur Baja Berdasarkan SNI 1725-2016. Pendidikan Deepublish, Surabaya.*
- Bowles. J. E. 1977. *Foundation Analysis And Desing. Mcgraw-Hi., New York.*
- Das. Braja M. 2011. *Editorial Traducido Del Libro Principles Of Faundationt, Cengaagellearning. Meksiko.*
- Sardjono. H.S. 1988. *Pondasi Tiang Pancang, Jilid I, Penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.*