

STUDI KAPASITAS FONDASI TIANG PANCANG PADA JALUR KERETA SOLO BALAPAN-ADI SOEMARMO

Rahman Setiawan¹, Lilis Zulaicha², Ismanto Hadisaputro³

^{1,2,3}Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Jl. Babarsari No 1. Depok, Sleman, Yogyakarta, Telp: (0274) 485390, 486986 Fax: (0274) 487249

e-mail: ¹rahman17121998@gmail.com, ²lilis.zulaicha@itny.ac.id, ³ismanto@sttnas.ac.id

Abstrak

Pondasi tiang atau disebut juga pondasi dalam dipergunakan untuk konstruksi beban berat (high rise building). Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama-tama dilaksanakan dan dikerjakan dilapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah). Tujuan dari Penelitian ini untuk menghitung daya dukung tiang pancang dari hasil uji laboratorium, hasil sondir dan Standar Penetrasi Test (SPT), membandingkan hasil daya dukung tiang pancang.

Metodologi pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan observasi, pengambilan data dari pihak proyek serta melakukan Penelitian keperpustakaan. Pada perhitungan daya dukung tiang pancang dilakukan dengan menggunakan beberapa metode untuk data SPT dengan metode Meyerhof, Brom, dan berdasarkan data sondir dengan metode Meyerhof, Wesley.

Hasil perhitungan daya dukung tiang tipe I dan tipe III. Tipe I berdasarkan data sondir (Meyerhof: 1073,85kN, Wesley: 1598,75kN) dan SPT (Meyerhof: 1887,41kN, Brom: 1893,87kN). Tipe III berdasarkan data sondir (Meyerhof: 1642,79kN, Wesley: 1613,79kN) dan SPT (Meyerhof: 1869,38kN, Brom: 1257,94kN). Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang tipe I dan tipe III memberikan hasil \geq dari beban struktur yang diperhitungkan, oleh karena itu pondasi tiang pancang dianggap aman pada kedalaman masing-masing tiang.

Kata kunci: pondasi tiang, daya dukung tiang, data laboratorium, SPT, sondir.

Abstract

Pile foundation or also called deep foundation is used for heavy load construction (high rise building). Before carrying out a construction construction is first carried out and carried out in the field is the foundation work (bottom structure). The purpose of this study is to calculate the carrying capacity of the piles from the results of laboratory tests, sondir results and Penetration Test Standards (SPT), comparing the results of the carrying capacity of the piles.

The methodology of data collection is done by observing, taking data from the project and conducting library research. In the calculation of bearing capacity of the pile is done by using several methods, for SPT data using the Meyerhof, L. Decourt, Brom, and based on sondir data using the Meyerhof, Wesley and Guy methods Sangrelat.

The results of the calculation of the bearing capacity of type I and type III piles. Type I based on sondir data (Meyerhof: 1073,85kN, Wesley: 1598,75kN) and SPT (Meyerhof: 1887,41kN, Brom: 1893,87kN). Type III based on sondir data (Meyerhof: 1642,79kN, Wesley: 1613,79kN) and SPT (Meyerhof: 1869,38kN, Brom: 1257,94kN). The calculation result of the bearing capacity of type I and II piles gives results \geq of the calculated structural load, therefore the pile foundation at the depth of each pile.

Key words: Pile foundation, pile bearing capacity, laboratory data, SPT, sondir.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu proyek yang terdapat di wilayah Jawa Tengah adalah proyek pembangunan prasarana dan sarana kereta api akses Bandara Adi Sumarmo. Pada pembangunan jalur kereta api tersebut, hampir sebagian besar dibuat menggunakan jalur layang. Secara umum pembuatan struktur jalur layang dilakukan dengan membangun *viaduct* yang tersambung dengan tiang kolom. *Viaduct* yaitu terdiri dari struktur fondasi, *pile cap*, *pier column*, *pierhead*, dan *girder*. Pada penelitian ini akan menganalisis daya dukung fondasi tiang pancang pada bangunan jalur kereta api Solo Balapan – Adi Sumarmo yang terletak di daerah Ngemplak-Boyolali, Jawa Tengah.

1.2. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui daya dukung fondasi tiang pancang dari hasil pembebanan, sondir dan data tanah yang ada berdasarkan kualitas dan ukuran fondasi yang digunakan.

Manfaat dari Analisis ini adalah:

- a. Memberikan pemahaman mengenai kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang dan penurunan fondasi tiang pancang.
- b. Mengetahui kekuatan jembatan tersebut dalam menentukan tindakan-tindakan perbaikan selanjutnya
- c. Sebagai bahan referensi pihak yang berkepentingan dengan tugas akhir
- d. Dapat membandingkan daya dukung tiang berdasarkan hasil uji SPT dan uji sondir.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Peninjauan pada ketinggian jembatan tipe I (2m) dan jembatan tipe III (6m)
2. Peninjauan difokuskan pada stabilitas daya dukung pondasi tiang pancang.
3. Kedalaman tiang pancang diasumsikan pada kedalaman tanah keras.
4. Data tanah dan metode yang digunakan berdasarkan data uji SPT (Meyerhof, Brom), data Sondir (Meyerhof, Wesley 1977,).
5. Beban pada saat pelaksanaan metode konstruksi tidak diperhitungkan.
6. Mutu beton yang digunakan adalah beton K-500

2. LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

Fondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur/bangunan (*substructure*) yang berfungsi meneruskan beban dari bagian atas struktur/bangunan (*upper structure*) ke lapisan tanah dibawahnya tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah dan penurunan (*settlement*) tanah/podasi yang berlebihan. (Pradoto, S 1997).

2.2. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah didefinisikan sebagai kekuatan maksimum tanah menahan tekanan dengan baik tanpa menyebabkan terjadinya *failure*. Sedangkan *failure* pada tanah adalah penurunan (*sattlement*) yang berlebihan atau ketidakmampuan tanah melawan gaya geser dan untuk meneruskan beban pada tanah. (Bowles J.E, 1997)

2.3. Kapasitas Tiang Pancang Berdasarkan Data Uji Lapangan

1) Standar Penetrasi Test (SPT)

Standard Penetration Test (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan *split spoon* kedalam tanah. Percobaan ini akan

diperoleh kepadatan relatif (*relative density*), sudut geser tanah (Φ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N). Untuk data SPT (*Soil Penetration Test*), daya dukung tiang pancang ini, metode yang akan digunakan antara lain dengan metode metode Meyerhof (1956) dan metode Brom.

2) Dutch Cone Penetrometer Test (DCPT atau sondir)

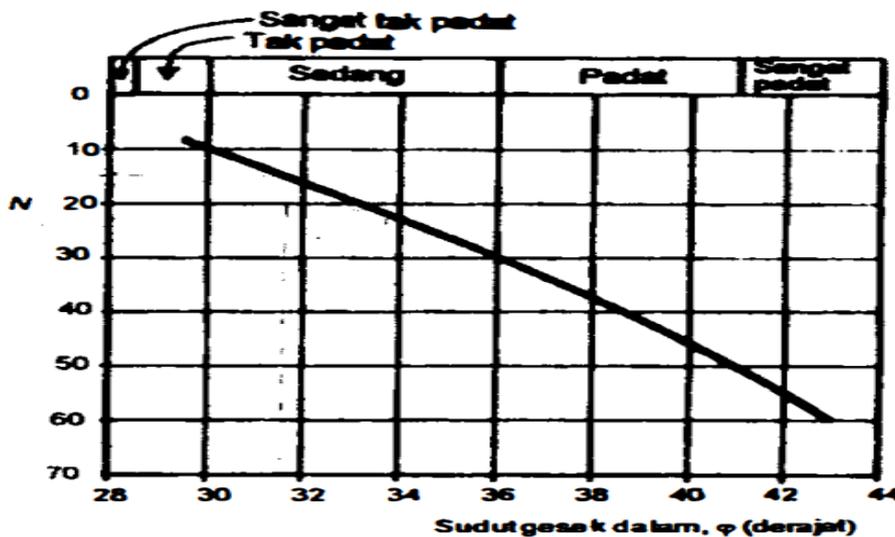
Penyondiran adalah suatu proses memasukan alat sondir secara tegak lurus ke dalam tanah untuk mengetahui besarnya perlawanan penetrasi tanah pada kedalaman lapisan tanah yang ditembus alat sondir tersebut. Nilai-nilai tahanan krucut statis atau tahanan konus (q_c) yang diperoleh dari pengujian, dapat dikorelasikan secara langsung dengan kapasitas dukung tanah dan penurunan pondasi dangkal dan pondasi tiang.

2.4. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang Tunggal

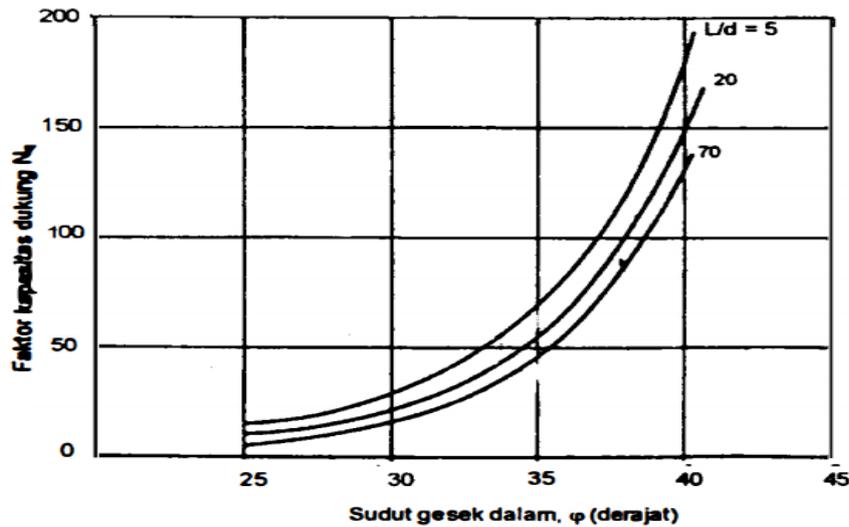
Kapasitas dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban (Hardiyatmo, 2011). Jika dalam kapasitas dukung pondasi dangkal satuannya adalah satuan tekanan (kPa) maka dalam kapasitas dukung tiang pancang satuannya adalah satuan gaya (kN). Kapasitas ultimit tiang yang dipancang dalam tanah kohesif, adalah jumlah tahanan gesek sisi tiang dan tahanan ujungnya. Besar tahanan gesek tiang tergantung dari bahan dan bentuk tiang. Umumnya, bila tanah homogen, tahanan gesek dinding yang berupa adhesi antara sisi tiang dan tanah akan berpengaruh besar pada kapasitas ultimitnya.

Faktor kapasitas dukung N_q bergantung pada rasio kedalaman penetrasi tiang terhadap diameter dan pacta sudut gesek dalam tanah (ϕ) umumnya diambil dari nilai N hasil uji SPT. Hubungan antara dan N yang disarankan oleh Peck, dkk. (1974) ditunjukkan dalam Gambar 2.1.

Terdapat beberapa usulan untuk menentukan hubungan antara dan N_q . Pacta perancangan tiang menyarankan nilai N_q yang diusulkan (Pella dkk, 1969). Nilai-nilainya merupakan fungsi dari L/d (L = kedalaman, d = lebar atau diameter tiang) dan sudut gesek dalam efektif tanah (Gambar 2.2). Gambar ini digunakan untuk ujung tiang yang dipancang ke dalam tanah granuler dengan kedalaman paling sedikit 5 kali lebar atau diameter tiangnya. Untuk penembusan tiang yang dangkal, N_q dapat diambil dari nilai yang diberikan oleh Terzaghi (1996) untuk fondasi dangkal.



Gambar 1. Hubungan ϕ dan N-SPT (Peck. Dkk., 1974)



Gambar 2. Hubungan N_q dan ϕ

a) Metode Meyerhof

Korelasi daya dukung tiang dengan hasil uji SPT, Meyerhof (1956) mengusulkan persamaan untuk menghitung tahanan ujung dan ketahanan gesek tiang berdasarkan penyelidikan yang dilakukan pada pondasi tiang pancang yang tertanam pada tanah lempung berpasir halus.

$$Q_b = A_b (38 \bar{N}) (L/D) \leq 380 \bar{N} (A_b)$$

$$Q_s = f_s \times A_{st}$$

$$f_s \leq 107 \text{ kN/m}^2$$

dimana :

Q_b = Kapasitas ujung ultimit tiang pancang

\bar{N} = nilai N rata-rata dihitung dari 8D di atas dasar tiang sampai 4D di bawah dasar tiang.

L = Panjang tiang pancang, (m)

D = Diameter tiang pancang, (m)

N_b = harga N-SPT pada elevasi dasar tiang

A_b = luas penampang dasar tiang (m^2)

A_{st} = luas selimut tiang (m^2)

Q_s = Kapasitas gesek ultimit tiang pancang, kN

f_s = tahanan gesek satuan rata-rata, kN/m^2

f_s = $2N_r$ (untuk tanah pasir)

f_s = $5N_r$ (untuk tanah lempung)

b) Metode Brom

Hitungan cara Brom, didasarkan pada nilai-nilai pendekatan dari δ dan K_d yang diperoleh dari Tabel 1. dan 2.

Tabel 1. Nilai K_d untuk tiang pada tanah granuler

Bahan tiang	K_d	
	Pasir tak padat	Pasir padat
Baja	0,50	1,00
Beton	1,00	2,00
Kayu	1,50	4,00

Nilai-nilai δ yang dapat digunakan dalam menghitung tahanan gesek, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4. Nilai δ ditentukan dari hubungan sudut gesek dalam efektif tanah ϕ .

Bila digunakan data hasil pengujian penetrasi kerucut statis (sondir), maka hubungan q_c , Φ' , dan K_d yang dikaitkan dengan data pada Tabel 3, adalah seperti yang diberikan dalam Tabel 2. (Hardiyatmo, HC, 2018)

Tabel 2. Nilai K_d untuk tiang pada tanah granuler

Bahan tiang	K_d
Tiang baja H	1,4 - 1,9
Tiang pipa baja	1,0 - 1,3
Tiang beton pracetak	1,45 - 1,6
Uji tarik tiang (8 tiang) untuk seluruh tipe tiang	0,4 - 0,9

Sumber: (Hardiyatmo, HC, 2018)

Tabel 3. Sudut gesek antara dinding tiang dan tanah gramuler δ

Bahan tiang	$\delta = \phi_d'$
Baja	20°
Beton	0,75 ϕ'
Kayu	0,66 ϕ'

Sumber: (Hardiyatmo, HC, 2018)

Tabel 4. Hubungan tahanan kerucut statis q_c dan K_d

q_c (kg/cm ²)	ϕ'	K_d disesuaikan dengan kerapatan relatif (D_r)
0 - 50	28° - 30°	rendah
50 - 100	30° - 36°	sedang
> 100	> 36°	tinggi

Sumber: (Hardiyatmo, HC, 2018)

Dalam menghitung tahanan gesek ultimate cara Brom : $Q_1 = \sum A \cdot P_o \cdot K_d \cdot Tg \delta$, nilai-nilai K_d dan δ , diambilkan dari tabel 1 sampai 4

c) Metode Wesley

Bedasarkan pengalaman desain, biasanya pemancangan tiang pada tanah lempung dan tanah pasir jika ujung tiang telah mencapai tanah keras dapat digunakan rumus:

$Q_a = (q_{c,b} \times A_b)/3 + (O \times T_f)/5$ (tanah pasir)

$Q_a = (q_{c,b} \times A_b)/5 + (O \times T_f)/10$ (tanah lempung)

$Q_a = (q_{c,b} \times A_b)/3 + (O \times T_f)/10$ (tanah lempung, dasar pasir)

Dimana :

$q_{c,b}$ = nilai konus pada ujung tiang, kN/m²

T_f = Total friction (jumlah hambatan pelekatan), kN/m

A_b = luas ujung tiang, m²
= keliling tiang, m

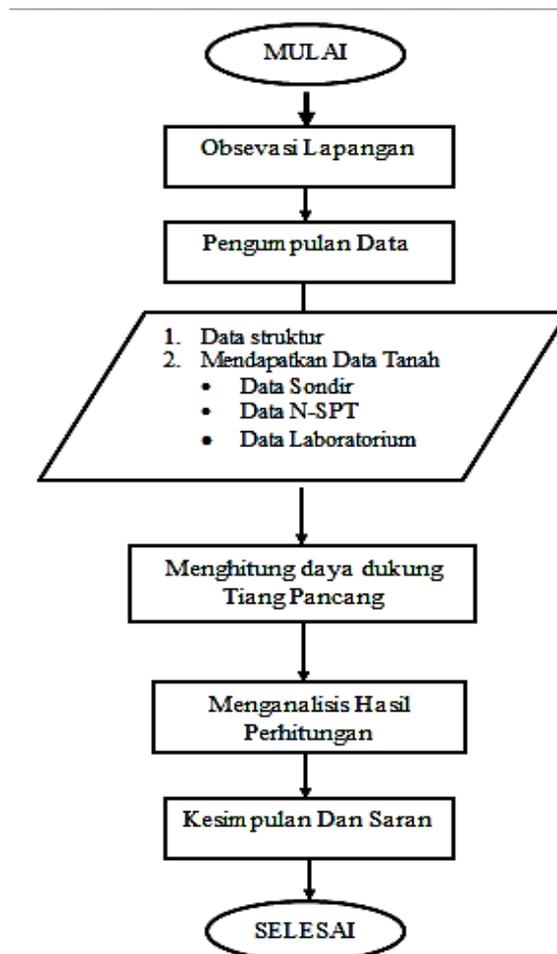
2.5. Peraturan Pembebanan Jembatan Jalan Rel

Setiap negara mempunyai peraturan tentang pembebanan untuk jembatan, yang tentunya negara satu dengan lainnya berbeda walaupun negara tersebut mengadopsi peraturan dari negara lain, hal ini karena telah disesuaikan dengan kondisi dan kesesuaian dengan wilayah setempat, Indonesia mempunyai SBG-1988.

Tabel 5.
Kombinasi pembebanan jembatan jalan rel

Kombinasi	Kombinasi Beban
I	$1,2, BM + 1,6 BH_k + B_{kejut}$
II A	$0,9 BM + 1,2 BH + B_{kejut} + \text{Traksi} + \text{Tumbukan} + BA$
II B	$0,9 BM + 1,2 BH + B_{kejut} + \text{Rem} + \text{Tumbukan} + BA$
III	$1,2 BM + 1,2 (\text{Pengaruh rangkai/susut})$

2.6. Metodologi Penelitian



Gambar 3. Bagan alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pembebanan Pada Jembatan Tipe I dan Tipe III

Tabel 6. Gaya Dalam Yang didapat Akibat Beban Pada Jembatan Tipe I

jenis Beban	Gaya (kN)		Momen kN.m	
	V	H	V	H
Mati	295,25		370	
Hidup	210		293,72	
Kejut	73,5		102,802	
Tumbuk	9,14	14	22,85	48,3
Angin	13,88	10,63	36,67	36,67
Traksi	72,45		362,25	
Gempa		55,3		123,75

Kombinasi beban IIA:

$P_u = 0,9 \times \text{Beban Mati} + 1,2 \text{ Beban Hidup} + \text{Kejut} + \text{Traksi} + \text{Tumbukan} + \text{Angin}$

$P_u = 0,9 \times 295,25 + 1,2 \times 210 + 73,5 + 72,45 + 9,14 + 13,88$

$P_u = 686,69 \text{ kN}$

$H = 14 + 10,63 + 55,3$

$H = 79,9 \text{ Kn}$

Hasil Analisis Daya Dukung Aksial Fondasi Pada Jembatan Tipe I dan Tipe III

Tabel 7. Hasil Hasil Analisis Daya Dukung Fondasi Pada Jembatan Tipe I dan Tipe III

Tipe Fondasi	Data Tanah	Metode	Q ijin	Qg (kN)	Beban yang dipikul	Kesimpulan
Tipe I	SPT	Meyerhof	1869,38	3283,22	686,69	AMAN
		Brom	1257,94			
	Sondir	Meyerhof	1613,79	4315,17	686,69	AMAN
		Wesley	1613,79			
Tipe II	SPT	Meyerhof	1887,41	6473,91	814,26	AMAN
		Brom	1893,87			
	Sondir	Meyerhof	1073,85	5145,5	814,26	AMAN
		Wesley	1598,75			

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data penelitian dari penelitian yang sudah dilakukan maka di dapat:

- Hasil perhitungan daya dukung ijin aksial tiang pada jembatan tipe I berdasarkan data sondir dan SPT adalah sebagai berikut:
 - Dari data SPT (kedalaman 8m dari permukaan tanah) metode Meyerhof, $Q_{ijin} = 1869,38 \text{ kN}$, metode Brom, $Q_{ijin} = 1257,94 \text{ kN}$.
 - Dari data sondir (kedalaman 8m dari permukaan tanah): metode Meyerhoff, $Q_{ijin} = 1642,07 \text{ kN}$, metode Wesley(1977) $Q_{ijin} = 1613,79 \text{ kN}$.
- Hasil perhitungan daya dukung ijin aksial tiang pada jembatan tipe III berdasarkan data sondir dan SPT adalah sebagai berikut:

- a. Dari data SPT (kedalaman 14m dari permukaan tanah) metode Meyerhof, $Q_{ijin} = 1887,41$ kN, metode Brom, $Q_{ijin} = 1893,87$ kN.
- b. Dari data sondir (kedalaman 8m dari permukaan tanah): metode Meyerhoff, $Q_{ijin} = 1073,85$ kN, metode Wesley(1977) $Q_{ijin} = 1598,75$ kN.
3. Hasil perhitungan daya dukung aksial tiang kelompok pada Tipe I berdasarkan data hasil uji lapangan (sondir dan SPT) dan uji laboratorium memberikan hasil $\geq 763,49$ kN dari beban struktur yang diperhitungkan. Sedangkan pada data oleh karena itu pondasi tiang pancang dianggap mampu untuk memikul suatu beban aksial sebesar 763,49 kN pada kedalaman masing-masing tiang dari permukaan tanah.
4. Hasil perhitungan daya dukung aksial tiang kelompok pada Tipe III berdasarkan data hasil uji lapangan (sondir dan SPT) dan uji laboratorium memberikan hasil $\geq 967,86$ kN dari beban struktur yang diperhitungkan, oleh karena itu pondasi tiang pancang dianggap mampu untuk memikul suatu beban aksial sebesar 967,86 kN pada kedalaman masing-masing tiang dari permukaan tanah.

5. SARAN

1. Penyelidikan di lapangan dengan sondir dan SPT untuk perencanaan daya dukung fondasi tiang masih kurang akurat, sehingga perlu digunakan alat uji yang lain.
2. Teknologi yang berkembang cukup pesat terutama dalam bidang teknik sipil, dalam mencari parameter tanah sudah tersedia alat digital. Hal ini dapat membuat cara kerja dalam penyelidikan tanah lebih praktis.
3. Perlu adanya perbandingan lagi antara hasil analisis secara manual dengan menggunakan program PLAXIS atau dengan program yang lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada Bapak Dr. Ir. H Ircham, M.T., selaku Rektor ITNY, Ibu Lilis Zulaicha, S.T.,M.T., selaku Dekan FTSP ITNY. Sekaligus dosen pembimbing I, Ibu Sely Novita Sari, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, ITNY, Ir.Ismanto selaku Dosen Pembimbing II, Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Sipil ITNY yang telah memberikan banyak ilmu dan wawasan yang sangat berharga bagi penulis, kedua orang tua penyusun yang selalu memberikan doa, dukungan dan semangat tiada henti sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, serta rekan-rekan Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Sipil ITNY yang turut membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. 1997. Analisa dan Desain Pondasi, Erlangga, Jakarta
- Hardiyatmo, H. C. (2011). Method to Analyze the Deflection of the Nailed-slab System. International Journal of Civil and Environmental Engineering IJCEE-IJENS, 11(4), 22-28.
- Hardiyatmo, H.C.2018. Teknik Fondasi II, Beta Offset, Yogyakarta.
- Meyerhof, G. G. (1956). Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 82(1), 1-19.
- Peck, R., Hanson, W., dan Thornburn, T. 1974. Foundation Engineering second edition. England: John Wiley & Sons, Inc
- Pella, J. J., & Tomlinson, P. K. (1969). A generalized stock production model. Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin, 13(3), 416-497.
- Pradoto, S. 1997. Teknik Fundasi. Institut Teknologi Bandung (ITB). Bandung
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). Soil mechanics. New York: John Wiley & Sons.