

Analisis Daya Dukung Pondasi Pada Bangunan Tepi Pantai (Study Kasus Pembangunan Gudang Ikan Kota Surabaya)

Gilang Ramadhan¹⁾, Ir. Herry Widhiarto.M.Sc²⁾, Laily Endah Fatmawati ST.MT³⁾

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945

Jalan Semolowaru 45, Surabaya 60118, Jawa Timur, Indonesia-Telp (+62) 325931800

E-mail : glgrmdhn1224@gmail.com

Abstrak

Tanah lunak dalam konstruksi sering terjadi permasalahan, hal ini disebabkan karena daya dukung tanah yang rendah sehingga dapat menimbulkan kerugian secara materi yang disebabkan mahalnya biaya konstruksi hingga keamanan konstruksi guna menahan beban agar berdiri secara stabil dan kokoh. Sehingga diperlukan analisis daya dukung untuk mencegah masalah yang akan muncul, diperlukan stabilitas pondasi jika mengalami pembebanan dari beban bangunan di atasnya sehingga tekanan air pori akan naik dan air pori keluar yang akan menyebabkan berkurangnya volume tanah, dikarenakan itu penyebab akan terjadinya penerununan pada tanah. Dalam penelitian ini menggunakan 2 tipe pondasi yaitu dangkal dan dalam dengan masing-masing memiliki 2 variasi, dengan perhitungan daya dukung secara manual dengan rumus mayerhof dan terzhagi untuk pondasi dangkal, broms dan brinch hansen untuk pondasi dalam. Data yang diperoleh ada pada rekapitulasi kapasitas dukung pada (24,35kN ; 24,38 kN, 20,00kN/ ; 30,00kN) dengan penurunan paling kecil 6,17 mm dan paling besar 18,65 mm dan untuk perbandingan perhitungan penurunan manual dengan nilai terendah adalah 6,2 mm dan nilai terbesar adalah 18,8 mm. Untuk nilai (SF) safety factor yang diperoleh dari analisis dengan menggunakan plaxis sebesar 3,663 untuk nilai terendah dan 10,96 nilai terbesar.

Kata Kunci : Tanah Lunak, Variasi Pondasi, Plaxis, Penurunan Pondasi, Faktor keamanan.

Abstract

Soft soil in construction often has problems, this is due to the low bearing capacity of the soil so that it can cause material losses due to the high cost of construction to construction security in order to withstand the load so that it stands stably and firmly. So it is necessary to analyze the carrying capacity to prevent problems that will arise, it is necessary to stabilize the foundation if it is subjected to loading from the load of the building on it so that the pore water pressure will rise and the pore water will come out which will cause a decrease in the volume of the soil, because of that the cause of subsidence will occur in the soil. In this study using 2 types of foundations, namely shallow and deep with each having 2 variations, by calculating the carrying capacity manually with the Mayerhof and Terzhagi formula for shallow foundations, broms and brinch Hansen for deep foundations. The data obtained are in the recapitulation of the bearing capacity at (24,35 kN; 24.38 kN. 20.00 Kn; 30.00 kN) with the smallest decrease of 6,17 mm and the largest of 18,65 mm and for comparison of manual lowering calculations. with the lowest value is 6,2 mm and the largest value is 18,8 mm. For the value (SF) of safety factor obtained from analysis using plaxis of 3,663 for the lowest value and 10,96 for the largest value.

Keywords : Soft Soil, Foundation Variation, Plaxis, Foundation Drop, safety factor.

1. PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Tanah di daerah pantai merupakan tanah dengan tingkat kepadatan rendah . hampir semua bangunan dibuat diatas atau dibawah permukaan tanah, maka untk tanah berkondisi seperti ini memiliki daya dukung yang rendah dan dapat mengakibatkan penurunan yang besar pada pondasi suatu bangunan juga harus dibuatkan pondasi yang dapat memikul beban bangunan. Sehingga di perlukan analisis mendalam terhadap daya dukung pondasi dan penurunan pondasi untuk pembangunan suatu bangunan mutlak diperlukan untuk menghindari keruntuhan atau kerusakan fatal yang di bangun di daerah sekitar pantai.

RUMUSAN MASALAH

Analisis kali memiliki rumusan masalah yang akan dibahas yaitu :

1. Seberapa besar kapasitas dukung pondasi dalam (tiang pancang) dan pondasi dangkal (setapak) pada daerah yang di tinjau ?
2. Berapa besar nilai penurunan pondasi dalam dan dangkal pada tanah yang terjadi akibat beban yang direncanakan ?

TUJUAN

1. Mengetahui kapasitas dukung pondasi dalam dan pondasi dangkal pada daerah yang ditinjau.
2. Mengetahui besar nilai penurunan pondasi dalam dan dangkal pada tanah yang terjadi akibat beban yang direncanakan.

BATASAN MASALAH

1. Data tanah didapat dari pemerintah kota Surabaya yang bekerja sama dengan Institut Teknologi Surabaya (ITS)

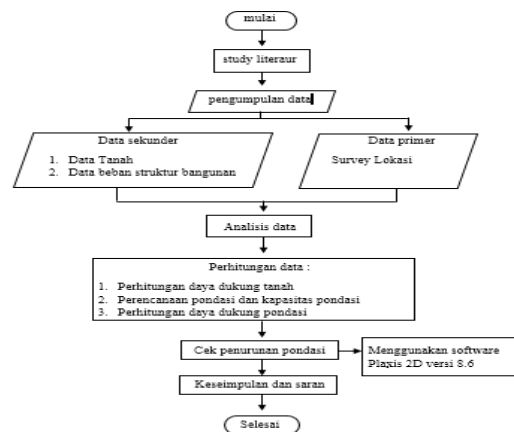
2. Perhitungan beban bangunan didapat dari konsultan perencana perorangan.
3. Lokasi analisis yang dilakukan pada perencanaan pembangunan gudang ikan terletak di Jl. Pantai Kenjeran Surabaya.
4. Analisa tentang daya dukung tanah terhadap perencanaan pembangunan gudang ikan dengan data yang sudah ada atau ditentukan.

MANFAAT PENELITIAN

1. Bagi penulis, dengan adanya penelitian ini penulis memperoleh ilmu pengetahuan tambahan mengenai mekanika tanah yang berkaitan dengan analisa kekuatan tanah terhadap pondasi serta syarat untuk menyelesaikan perkuliahan untuk tingkat strata 1 (satu)
2. Bagi pembaca, dapat menjadi bahan untuk menambah ilmu pengetahuan mengenai kekuatan tanah terhadap pondasi suatu proyek
3. Bagi pihak instansi, dapat memberikan masukan untuk dijadikan bahan pertimbangan dalam pembuatan Gudang dengan tipe tanah lunak.

2. METODE PENELITIAN

Flowchart



Gambar 1 Flowchat Penelitian
(Sumber : Analisa Pribadi 2021)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyelidikan Lapangan

Tabel 1 Hasil Rekapitulasi Laboratorium

Kedalaman Df (m)	Volumetri dan Gravimetri					
	γ_t (t/m ³)	Wc (%)	Gs	n (%)	e	Sr (%)
-1,00	1,68	45,37	2,63	55,28	1,25	93,74
-4,00	1,72	46,44	2,74	54,29	1,22	95,17
-8,00	1,78	46,54	2,76	51,16	1,19	96,03
Traxial Test			Atterberg limit			
ϕ (...°)	C (kg/m ²)	LL	PL	IP		
4	0,0859	29,08	18,00	9,79		
6	0,0841	28,01	19,43	9,26		
8	0,0794	26,17	19,50	9,50		

(Sumber : Laboratorium ITS, 2016)

Keterangan :

- γ_t : berat volume basah
- Wc : Kadar air
- Gs : Berat volume butir
- C : Kohesi
- n : Kadar air
- e : Angka pori
- ϕ : sudut geser dalam
- LL : Liquid limit
- PL : Plastic limit
- IP : Index plasticity

Tabel 2 hasil statistik 2 data tanah

KEDALAMAN (m)	Harga Konus minimum (kg)	Qp = Qcung (kg)	Qs1 = Qs(0,8D) (kg)	Qs2 = Qs(SD.L) (kg)	SQs = Qs1 - Qs2 (kg)	P satu tiang (ton) ijin
a	b	c	d	e	f	Pijin = (b-e)/3
4	3,5	8.703,75	5.005,92	2.171,77	7.177,7	5,29
5	4	6.097,34	5.005,92	4.886,48	9.892,4	5,33
6	2	4.653,56	5.005,92	7.601,19	12.607,12	5,755
7	4	4.583,78	5.005,92	10.315,9	15.321,83	6,635
8	4,5	4.931,64	5.005,92	13.214,44	18.220,37	7,72
9	7	6.852,59	5.005,92	14.320,72	19.326,65	8,725
10	7,5	7.997,76	5.005,92	15.326,44	20.332,37	9,445
11	6,5	8.016,23	5.005,92	16.633,87	21.639,79	9,885
12	10	10.971,53	5.005,92	17.639,58	22.645,51	11,205
13	9	10.749,88	5.005,92	18.645,3	23.651,22	11,47
14	10	12.024,35	5.005,92	20.003,01	25.008,94	12,345
15	10	12.633,88	5.005,92	21.612,15	26.618,08	13,085
16	17,5	18.045,77	5.005,92	23.321,86	28.327,8	15,46
17	36	32.434,35	5.005,92	25.886,44	30.892,37	21,11
18	44	42.907,18	5.005,92	28.300,15	33.306,08	25,405
19	38	43.239,65	5.005,92	30.764,15	35.770,08	26,335
20	28	39.839,53	5.005,92	32.775,58	37.781,51	25,885
21	26,5	37.310,59	5.005,92	34.937,87	39.943,79	25,755
22	25,5	34.613,89	5.005,92	36.949,3	41.955,22	25,525
23	38	42.057,53	5.005,92	39.413,3	44.419,22	28,825
24	108,335	97.610,9	5.005,92	46.252,15	51.258,08	49,625
24,9	166,67	147.623,1	5.005,92	53.141,3	58.147,22	68,59

(Sumber : Perhitungan Pribadi)

Tabel 3 hasil statistik 2 data kalsifikasi tanah

Lapis	Kedalaman (m)	N-SPT (Ni)	Tebal (di)	di/Ni	$\sum di/Ni$
4	4	3,5	4	1,14	3,49
5	5	4	1	0,25	
6	6	2	1	0,50	
7	7	4	1	0,25	
8	8	4,5	1	0,22	
9	9	7	1	0,14	
10	10	7,5	1	0,13	
11	11	6,5	1	0,15	
12	12	10	1	0,10	
13	13	9	1	0,11	
14	14	10	1	0,10	
15	15	10	1	0,10	
16	16	17,5	1	0,06	
17	17	36	1	0,03	
18	18	44	1	0,02	
19	19	38	1	0,03	
20	20	28	1	0,04	
21	21	26,5	1	0,04	
22	22	25,5	1	0,04	
23	23	38	1	0,03	
24	24	108,335	1	0,01	
25	24,9	166,67	0,9	0,01	

(Sumber : Perhitungan Pribadi)

Keterangan :

- Tebal (di) awal : kedalaman awal
- Tebal (di) 2 : kelaman 5m – 4m = 1m
- Tebal (di) akhir : kedalaman 24,9m – 24m = 0,9m
- di/Ni : Tebal/N-SPT = 4/3,5 = 1,14
- $\sum di/Ni$: total di/Ni = 3,49

Dimana :

- N-SPT (Ni) : Harga konus minimum pada hasil statistik 2 data tanah
- Tebal (di) : Selisih kedalaman
- $\sum di/Ni$: Total hasil di/Ni

Untuk menentukan klasifikasi tanah dapat menggunakan cara sebagai berikut :

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{24,9}{3,49} = 7,135$$

Sehingga didapat nilai sebesar 7,135 dan berdasarkan SNI 1727:2019, jika nilai N<15 maka termasuk kedalam jenis tanah lunak.

Data Beban Struktur Bangunan

Dalam hal ini output data dari perhitungan struktur menggunakan data yang didapat dari hasil data existing yang diasumsikan dengan data gudang produksi. berikut data bangunan :

- Data Bangunan
Spesifikasi Teknis :
 - a. Struktur Rangka Baja

WF 250	125	6	9
WF 400	200	8	14
CNP 125	50	200	2,3
Bentang kuda-kuda	20 m		
Jarak kuda-kuda	6,00 m		
Sudut kemiringan atap	15,00°		
Jarak plat badan	0,8 m		
Jaak kemiringan	20,71 m		
Jumlah gording	20 bh		
Jarak gording	1,2 m		
 - b. atap bangunan
Zincalum q = 5 kg/m²
- Mutu Benton
Beton $f_c' = 19,125 \text{ MPa} = 225 \text{ kg/cm}^2$
Baja $f_y = 240 \text{ MPa}$
- Beban Total
Beban axial = 7,07 ton
= 7.070,05 kg
Momen = 14,33 ton/m
= 13.444,80 kg/m
= 1.344.480 kg/cm

Perencanaan Pondasi

Guna menentukan kedalaman pondasi diharuskan menyesuaikan beban bangunan dengan data tanah. Dan didapat data sebagai berikut :
dikarenakan beban bangunan adalah 7,07 ton.

Tabel 4 rekapitulasi data statistik

KEDALAMAN	P satu tiang (ton) Pijin
(m)	F
4	5,29
5	5,33
6	5,755
7	6,635
8	7,72
9	8,725

(sumber : perhitungan Statistik Pribadi)

Sehingga harus di sesuaikan dengan nilai paling mendekati dari nilai P_{ijin} dan didapat nilai paling optimal yaitu 7,72 ton di kedalaman 8m.

- Sehingga untuk kedalaman pondasi dangkal (setapak) didapat kedalaman maksimum yaitu 3m, dan untuk dimensi pondasi nya sendiri menggunakan metode trial and error dimulai dari dimensi 2,0m x 2,0m dan 2,5m x 2,0m.
- Dan untuk kedalaman pondasi dalam (tiang pancang) yaitu 8m, dengan dimensi menggunakan metode trial and eror dimulai dari ukuran diameter sondir yaitu 40cm dan 50cm.
- Untuk material beton menggunakan mutu beton 40 MPa dengan berat jenis beton 24 kN/m³, baik pondasi dalam maupun pondasi dangkal.
- Mutu baja menggunakan 400 MPa.

Pondasi Dangkal

Perhitungan daya dukung pondasi dikerjakan secara manual :

1. TERZAGHI DAN PECK (1943)

Kapasitas dukung ultimit tanah menurut tezaghi dan peck :

$$q_u = cN_c (1 + 0,3 \frac{B}{L} + D_f \gamma N_q + 0,5 \gamma BN \gamma (1 - 0,2 \frac{B}{L}))$$

c = Kohesi tanah (kN/m²)

D_f = Kedalaman fondasi (m)

g = Berat volume tanah (kN/m³)

B = Lebar fondasi (m)

L = Panjang fondasi (m)

2. MAYERHOF (1956)

Kapasitas dukung tanah menurut mayerhof (1956)

$$q_a = \frac{q_c}{33} \times \left[\frac{(B+0,3)}{B} \right]^2 \times K_d$$

q_c = Tahanan konus rata-rata hasil sondir pada dasar fondasi (kg/cm²)

B = Lebar fondasi (m)

D_f = Kedalaman fondasi

3. Kapasitas Dukung Tanah Yang Dipakai

Tabel 5 Rekapitulasi Kapasitas Pondasi dangkal

Setapak					
Kedalaman	B (m)	L (m)	Terzaghi dan Peck	Mayerhoff	Dipakai
3	2	2	31,35 kN/m ²	24,35 kN/m ²	24,35 kN/m ²
	2	2,5	31,35 kN/m ²	24,38 kN/m ²	24,38 kN/m ²

(Sumber : Perhitungan Pribadi)

Pondasi Dalam

Tahanan lateral tiang (H) kategori tiang panjang, dapat dihitung dengan persamaan.

- Berdasarkan Momen Maksimum (Broms)

Dengan

$$H = \gamma_o * K_n * D / [2 * \beta * (e * \beta + 1)]$$

$$\beta = [K_n * D / (4 * E_c * I_c)]^{0,25}$$

Dimana

D = Diameter tiang pancang (m)

L = Panjang tiang pancang (m)

K_n = Modulus subgrade horizontal (kN/m³)

E_c = Modulus elastis tiang (kN/m²)

I_c = Momen inersia penampang (m⁴)

e = Jarak beban lateral (m)

γ_o = Defleksi tiang maksimum (m)

β = Koefisien defleksi tiang

- Kapasitas Dukung Tanah Yang Dipakai

Tabel 6 Rekapitulasi Kapasitas Pondasi dalam

Tiang Pancang					
		broms	brinch hansen	dipakai	
8	0,4	0,4	22,96 kN/m ²	24,39 kN/m ²	20,00 kN/m ²
	0,5	0,5	35,86 kN/m ²	43,04 kN/m ²	30,00 kN/m ²

(Sumber : Perhitungan Pribadi)

Perhitungan Penurunan pondasi Dangkal dan Dalam Dengan Program PLAXIS

Dalam menghitung penurunan pondasi, memiliki 2 cara yaitu dengan menggunakan aplikasi Plaxis dan juga cara perhitungan manual, penggunaan aplikasi Plaxis sendiri dapat mempermudah hasil yang didapatkan.

Tabel 7 Penurunan Pondasi Dangkal

Penurunan Pondasi					
Df	B (m)	L (m)	Konst. I	Konst. II	Konst. III
			5 Hari (mm)	100 Hari (mm)	max Hari (mm)
3	2	2	12,35	13,57	17,95
	2	2,5	12,71	13,31	18,65
manual	2	2	Konsolidasi primer	=	4,9
	2	2,5	Konsolidasi primer	=	4,3

(Sumber : Perhitungan Pribadi)

Tabel 8 Nilai SF Pondasi Dangkal

Nilai SF					
Df	B (m)	L (m)	Konst. I	Konst. II	Konst. III
			5 Hari (mm)	100 Hari (mm)	max Hari (mm)
3	2	2	3,663	3,658	3,683
	2	2,5	3,664	3,657	3,69

(Sumber : Perhitungan Pribadi)

Dengan cara perhitungan manual sebagai berikut.

Pondasi dangkal

$$C_c = 0,009 (LL - 10)$$

$$= 0,009 (29,08 - 10) = 0,163$$

$$S_c = C_c \frac{H_c}{1+e_o} \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$= 0,163 \frac{1}{1+1,251} \log \frac{24,35 + 70,7}{24,35}$$

$$= 0,0724 \log 4,725 = 0,0049 \text{ m}$$

$$= 0,49 \text{ cm}$$

$$= 4,9 \text{ mm}$$

Pondasi Dalam

Tabel 9 Penurunan Pondasi Dalam

Penurunan Pondasi					
Df	B (m)	L (m)	Konst. I	Konsl. I	Konsl. II
			2 Hari (mm)	100 Hari(mm)	200 Hari(mm)
8	0,4	0,4	5,90	6,56	6,17
	0,5	0,5	6,98	7,14	7,31
manual	0,4	0,4	Konsolidasi primer	=	1,74
	0,5	0,5	Konsolidasi primer	=	1,43

(Sumber :Perhitungan Pribadi)

Tabel 10 Nilai SF Pondasi Dalam

Nilai SF					
Df	B (m)	L (m)	Konst. I	Konsl. I	Konsl. II
			2 Hari (mm)	100 Hari(mm)	200 Hari(mm)
8	0,4	0,4	10,96	10,92	10,82
	0,5	0,5	9,104	9,094	9,080

(Sumber : Perhitungan Pribadi)

- pondasi dalam

$$C_c = 0,009 (LL - 10)$$

$$= 0,009 (26,17 - 10) = 0,146$$

$$S_c = C_c \frac{H_c}{1+e_o} \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$= 0,146 \frac{4}{1+1,197} \log \frac{20 + 70,7}{20}$$

$$= 0,0266 \log 4,535$$

$$= 0,00174 \text{ m}$$

$$= 0,174 \text{ cm}$$

$$= 1,74 \text{ mm}$$

Dimana

- Cc = Indek kesempatan
- Hc = Tebal tanah
- e_o = angka pori
- P_o = Tekanan efektif awal

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa perhitungan pondasi setapak dengan kedalaman 3m memiliki kapasitas dukung pondasi sebesar 24,35 kN/m² untuk dimensi pondasi 200cm x 200cm, dan 24,38 kN/m² untuk dimensi pondasi 200cm x 250cm. Sedangkan untuk pondasi dalam dengan kedalaman 8m memiliki kapasitas dukung pondasi sebesar 20,00 kN/m² untuk dimensi 40cm, dan 30,00 kN/m² untuk dimensi 50cm.
2. Dapat disimpulkan bahwa nilai penurunan kedua pondasi dalam maupun dangkal relatif rendah dengan besaran untuk pondasi dangkal adalah 17,95mm dan nilai *safety factor (SF)* 3,683 untuk pondasi dengan kedalaman 3m dan dimensi 200cm x 200cm. 18,65mm (max hari), *safety factor (SF)* 3,69 untuk dimensi pondasi 200cm x 250cm. Sedangkan untuk pondasi dalam sendiri didapat nilai penurunan sebesar 6,17mm dan nilai *safety factor (SF)* 10,82 untuk pondasi dengan kedalaman 8m dan dimensi 40cm. 7,31mm, *safety factor (SF)* 9,080 untuk dimensi pondasi 50cm

Saran

1. Untuk bisa dilakukan pemasangan pondasi dangkal diperlukan adanya perbaikan tanah agar memenuhi syarat dalam pelaksanaan dan lebih aman untuk pembangunan pemukiman yang menggunakan pondasi dangkal.

2. Untuk peneliti selanjutnya dianjurkan untuk mendapatkan data tanah dan laboratorium selengkap – lengkapnya, agar tidak terjadi seperti perhitungan Cc dengan perhitungan persamaan yang tidak bisa dipertanggung jawabkan.

5. REFERENSI

- Anonim. 2008. Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT SNI 4153:2008. Indonesia : Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, 2008. Metode Pengujian Sondir, SNI-28-27-2008. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- ASTM D5778-12. 2012. *Standard Test Method for Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils*. ASTM International, West Conshohocken, PA. DOI:10.1520/D5778-12.
- ASTM 1990. Standard test method for deep, quasistatic cone and friction-cone penetration tests of soil. AS1M, vol. 04.08. Designation D 3441-86. Philadelphia, P A
- Bowles, D. E., & Tompkins, S. S. (1989). "Prediction of coefficients of thermal expansion for unidirectional" composites. *Journal of Composite Materials*, 23(4), 370-388.
- Bowles, J. E. "Physical and geotechnical properties of soils", McGraw-Hill, Inc., 2nd ed., International student ed., 578 p., 1984.
- Bowles, J. E. (1991). "Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah." Erlangga, Jakarta.
- Bowles. J.E. 1993."Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis". Edisi kedua. Erlangga Jakarta
- Braja, M. D., Endah, N., & B Mochtar, I. (1985). "Mekanika Tanah" (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2.
- Craig, R. F., 1989, Mekanika Tanah, Erlangga, Jakarta.
- Suroso, P., & Tjitradi, D. (2020). Analisis Daya Dukung Pondasi Menggunakan Hasil Uji CPT Dan Uji Laboratorium Pada Bangunan Guest House. *Buletin Profesi Insinyur*, 3(2), 118-121.
- Tambunan, Jhonson, 2012, Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang, *Jurnal Rancang Sipil*, Vol. 1, No. 1 : 21 – 30.
- Terzaghi, Karl, & Peck, R. B. (1987). "Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa" Jilid 1.
- Utomo, H. S., Samsul, B., & Besperi, B. Analisis Kapasitas Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi Dangkal Pada Kawasan Pesisir Pantai Kota Bengkulu. (Doctoral dissertation, Universitas Bengkulu).
- Utomo, P. (2004). Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal Di Atas Tanah Pasir Yang Diperkuat Geogrid. *Civil engineering dimension*, 6(1), 15-20.
- Wesley. L. D. 1997. "Mekanika Tanah". Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta