

Analisis Daya Dukung Ultimit Fondasi Dangkal Dengan Kondisi Tanah Berbutir Halus Pada Proyek Pembangunan Gedung Di Bekasi

* Asyraf Ibrahim¹, Isnaniati¹, Himatul Farichah²

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya

² Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
^{*)}isnaniati@ft.um-surabaya.ac.id

Abstract

The foundation of a building construction is something that is often used as a problem in the construction of a building. If the foundation cannot support a building construction, then the foundation will collapse, causing a decline in the building construction. In this study the research location is located in Cibitung, Bekasi, West Java, where the soil conditions are fine grained soils. Ultimate bearing capacity is the maximum limit of soil strength that must not be exceeded by external loads acting on the soil so that shear failure does not occur. There are several soil parameters that affect the ultimate bearing capacity of shallow foundations (q_{ult}) including the width or diameter of the foundation (B), the depth of the foundation from the ground surface (D_f), and the soil load on the foundation base (q) where "q" is influenced by location of the ground water table (MAT). This study aims to calculate the value of ultimate bearing capacity (Q_{ult}) from variations in cross-sectional shape, variations in width or diameter of the foundation (B), variations in foundation depth (D_f), and variations in the groundwater table using SPT data. Before using the SPT data, fine-grained soils under MAT with SPT values > 15 must be corrected for MAT and overburden stresses. From the calculation results, the results of the ultimate bearing capacity (Q_{ult}) are analyzed between various parameters for square and circular foundations. The results showed that the Q_{ult} cross-sections for square and circular foundations, on MAT right at the base of the foundation, were 1074.046 kN/m² for square foundations and 1068.266 kN/m² for circular foundations; on the MAT under the base foundation of 1040.57 kN/m² for square foundations, and 1034.8 kN/m² for circular foundations. From the calculation results it appears that the ultimate bearing capacity (Q_{ult}) with MAT below the foundation base is the smallest qult, this is because to obtain the weight value of the soil above the foundation base (q) the average unit weight (γ_{avg}) is used.

Keywords: Shallow foundation, ultimate bearing capacity, fine grained soil, ground water table (MAT)

Abstrak

Fondasi pada sebuah konstruksi bangunan merupakan hal yang sering dijadikan permasalahan pada pengerjaan sebuah konstruksi suatu bangunan. Jika fondasi tidak dapat menahan suatu konstruksi bangunan, maka fondasi akan runtuh, dan menyebabkan penurunan pada konstruksi bangunan. Pada penelitian ini lokasi penelitian terletak di Cibitung, Bekasi, Jawa Barat yang dimana kondisi tanah adalah tanah berbutir halus. Daya dukung ultimit merupakan batas maksimum kekuatan tanah yang tidak boleh dilampaui beban luar yang bekerja di atas tanah tersebut agar tidak terjadi keruntuhan geser tanahnya. Adanya beberapa parameter tanah yang mempengaruhi besarnya daya dukung ultimit fondasi dangkal (q_{ult}) diantaranya yaitu lebar atau diameter fondasi (B), kedalaman fondasi dari permukaan tanah (D_f), dan beban tanah di atas dasar fondasi (q) dimana "q" dipengaruhi oleh letak muka air tanah (MAT). Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besarnya nilai daya dukung ultimit (qult) dari variasi bentuk penampang, variasi lebar atau diameter fondasi (B), variasi kedalaman fondasi (D_f), dan variasi muka air tanah dengan perhitungan menggunakan data SPT. Sebelum data SPT digunakan terlebih dahulu tanah berbutir halus di bawah MAT dengan nilai SPT > 15 harus dikoreksi terhadap MAT dan tegangan overburden. Dari hasil perhitungan kemudian dianalisa hasil daya dukung ultimit (q_{ult}) antar variasi parameter untuk fondasi bentuk persegi dan lingkaran. Hasil penelitian diperoleh q_{ult} bentuk penampang fondasi persegi dan lingkaran, pada MAT tepat di dasar fondasi sebesar 1074,046 kN/m² untuk fondasi persegi, dan 1068,266 kN/m² untuk fondasi lingkaran; pada MAT di bawah dasar fondasi sebesar 1040,57 kN/m² untuk fondasi persegi, dan 1034,8 kN/m² untuk fondasi lingkaran. Dari hasil perhitungan tampak daya dukung ultimit (q_{ult}) dengan MAT di bawah dasar fondasi diperoleh qult paling kecil, hal ini dikarenakan untuk mendapatkan nilai berat tanah di atas dasar fondasi (q) digunakan berat volume rata-rata (γ_{avg}).

Kata Kunci: Fondasi dangkal, daya dukung ultimit, tanah berbutir halus, muka air tanah (MAT)

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin modern dari masa ke masa terus terjadi kemajuan dalam segala bidang, khususnya bidang bangunan. Daerah Jawa Barat, Bekasi khususnya mulai banyak pembangunan yang berlangsung di beberapa tempat. Salah satu proyek yang sedang dalam proses pengerjaan di kota Bekasi yaitu proyek bangunan gudang. Proyek pembangunan gudang di Bekasi merupakan salah satu proyek yang berada di Cibitung, Bekasi, Jawa Barat. Dalam membangun suatu konstruksi yang aman, pertimbangan yang harus dilakukan bukan hanya dari segi struktur bangunan bagian atas saja, namun struktur bangunan bawah atau fondasi juga menjadi

bagian penting yang mendukung keamanan atau kestabilan bangunan (Yulianti, 2014).

Pada penelitian ini terdapat 8 data penyelidikan tanah SPT, dan data hasil uji laboratorium, dimana berdasarkan data uji laboratorium dihasilkan data distribusi ukuran butiran yang menunjukkan bahwa tanah lanau (*silt*), dan pasir (*sand*) sangat dominan, dan berdasarkan hasil penyelidikan SPT didapatkan hasil bahwa tanah lanau sangat dominan pada semua titik. Dimana tanah lanau dominan pada semua kedalaman dari setiap titik, sedangkan tanah pasir juga dominan di beberapa titik. Proyek pembangunan gudang di Bekasi didirikan di atas tanah dengan kondisi dominan tanah lanau, dan pasir. Seperti diketahui bahwa tanah tersebut merupakan tanah berbutir

halus yang merupakan jenis tanah cukup baik untuk mendirikan sebuah bangunan. Jadi pada studi ini, tanah disimpulkan merupakan tanah berbutir halus karena sangat dominan dengan tanah lanau, yang dimana tanah lanau merupakan tanah berbutir halus.

Proyek pembangunan gudang di Bekasi ini tidak perlu dilakukan perbaikan tanah karena kondisi tanah sudah cukup baik yaitu dominan lanau, dan pasir. Sehingga langsung didirikan bangunan struktur bawah yaitu fondasi, yang dalam hal ini fondasi dangkal. Fondasi dangkal adalah fondasi yang mempunyai perbandingan antara kedalaman dengan lebar sekitar kurang dari 4, dan apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar fondasi lebih besar dari 4, fondasi tersebut diklasifikasikan sebagai fondasi dalam (Das, 1993).

Fondasi dari suatu gedung/struktur harus direncanakan, dan dibangun agar aman dalam memikul beban-beban yang bekerja padanya tanpa mengurangi kestabilan ataupun menyebabkan deformasi yang besar pada bangunan tersebut, atau bangunan lain di sekitarnya, jalan, ataupun lereng yang ada (SNI 8460:2017). Tujuan penelitian pada studi ini adalah untuk mengetahui nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) fondasi dangkal dari macam variasi bentuk, variasi muka air tanah, variasi lebar atau diameter fondasi (B), dan variasi kedalaman fondasi (D_f).

Dari latar belakang di atas perlu adanya penelitian tentang parameter fondasi dangkal. Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan fondasi dangkal bentuk persegi, dan lingkaran dengan variasi lebar atau diameter fondasi (B), dan variasi kedalaman fondasi (D_f). Dimana perhitungan fondasi yang dilakukan berupa perhitungan daya dukung ultimit fondasi dangkal (q_{ult}), dan daya dukung ijin fondasi dangkal (q_{all}). Pada penelitian ini perhitungan fondasi dangkal bentuk persegi, dan lingkaran dilakukan dalam 3 kondisi, yaitu perhitungan fondasi dangkal dalam kondisi muka air tanah di atas dasar fondasi (kondisi 1), kondisi muka air tanah tepat pada dasar fondasi (kondisi 2), dan kondisi muka air tanah di bawah dasar fondasi (kondisi 3).

Pada studi ini data yang digunakan adalah data *boring log*, dan nilai korelasi. Pada studi ini yang membahas tentang perhitungan fondasi dangkal bentuk persegi, dan lingkaran dalam kondisi muka air tanah di atas dasar fondasi, kondisi muka air tanah tepat pada dasar fondasi, dan kondisi muka air tanah di bawah dasar fondasi hanya digunakan 2 lapisan tanah. Lapisan tanah yang digunakan untuk perhitungan fondasi dangkal pada studi ini dipilih berdasarkan tingkat konsistensi tanah. Jumlah lapisan tanah pada studi ini adalah 34 lapisan, dan disederhanakan menjadi 2 lapisan.

METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan pada studi ini adalah studi literatur, diperoleh data sekunder, dan analisis data. Setelah analisis data selesai, maka dilanjutkan dengan perhitungan fondasi dangkal yang terdiri dari bentuk fondasi persegi, dan lingkaran dengan variasi muka air tanah, variasi lebar atau diameter fondasi (B), dan variasi kedalaman fondasi (D_f). Perhitungan fondasi dangkal yang dilakukan adalah perhitungan nilai daya dukung ultimit fondasi (q_{ult}), dimana juga dilakukan perhitungan daya dukung ijin (q_{all}) setelah

perhitungan daya dukung ultimit. Setelah diperoleh hasil-hasil nilai daya dukung ultimit dari semua variasi, maka selanjutnya akan dilakukan analisis hasil perhitungan, dan dihasilkan kesimpulan.

Data Penelitian

Penelitian pada studi ini berlokasi di Cibitung, Bekasi, Jawa Barat. Data yang digunakan berupa data sekunder hasil *Standard Penetration Test (SPT)* yang telah dikoreksi, nilai korelasi yang terdiri dari nilai korelasi N-SPT beserta konsistensi tanah, nilai tipikal kohesi, dan sudut geser tanah, nilai tipikal berat volume kering, dan berat volume jenuh.

Variabel Penelitian

Pada studi ini terdapat macam variasi lebar atau diameter fondasi (B), dan kedalaman fondasi (D_f) yang akan digunakan untuk menghitung nilai daya dukung ultimit (q_{ult}). Nilai variasi lebar atau diameter fondasi, dan kedalaman fondasi ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 1. Variasi lebar atau diameter fondasi (B) dan kedalaman fondasi (D_f)

Fondasi Telapak	B		D_f	
	(m)	(m)	(m)	(m)
Persegi	1	0,25	1	1,75
	1,5	0,25	1	1,75
	2	0,25	1	1,75
Lingkaran	1	0,25	1	1,75
	1,5	0,25	1	1,75
	2	0,25	1	1,75

Sumber: Analisis penelitian (2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data SPT (Standard Penetration Test)

Hasil nilai N-SPT pada masing-masing kedalaman ditampilkan pada Tabel 2. Nilai N-SPT minimum diperoleh dengan cara mengambil nilai N-SPT paling minimum dari setiap kedalaman.

Tabel 2. Nilai N-SPT dari masing-masing kedalaman

Depth (m)	Nilai N-SPT									Nilai N-SPT minimum
	DB 01	DB 02	DB 03	DB 04	DB 05	DB 06	DB 08	DB 09	DB 10	
1	-	-	-	-	4	-	-	-	-	4
1,5	1	1	10	3	-	1	4	14	1	1
2,5	-	-	-	-	4	-	-	-	-	4
3	1	1	7	8	-	1	9	4	1	1
4	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3
4,5	1	2	6	6	-	1	7	5	1	1
5,5	-	-	-	-	5	-	-	-	-	5
6	5	9	11	15	-	4	9	11	4	4
7	-	-	-	-	60	-	-	-	-	60
7,5	6	5	11	60	-	5	6	8	5	5
8,5	-	-	-	-	16	-	-	-	-	16
9	6	15	23	27	-	60	7	12	6	6
10	-	-	-	-	28	-	-	-	-	28
10,5	14	11	60	60	-	60	19	19	11	11
11,5	-	-	-	-	60	-	-	-	-	60
12	25	29	47	60	-	60	38	60	25	25
13	-	-	-	-	60	-	-	-	-	60

13,5	46	41	45	42	-	23	50	48	23
14,5	-	-	-	-	60	-	-	-	60
15	32	47	60	45	-	58	52	48	32
16	-	-	-	-	58	-	-	-	58
16,5	60	34	60	27	-	33	47	33	27
17,5	-	-	-	-	20	-	-	-	20
18	60	25	60	20	-	19	60	60	19
19	-	-	-	-	23	-	-	-	23
19,5	60	26	60	26	-	28	60	60	26
20,5	-	-	-	-	57	-	-	-	57
21	32	-	60	-	-	-	54	56	32
22,5	24	-	35	-	-	-	30	51	24
24	32	-	38	-	-	-	21	60	21
25,5	33	-	39	-	-	-	30	25	25
27	34	-	18	-	-	-	29	29	18
28,5	60	-	17	-	-	-	34	29	17
30	21	-	19	-	-	-	31	30	19

Sumber: Analisis data SPT (2021)

SPT Koreksi

1. Nilai SPT koreksi terhadap muka air tanah (N1) menurut Terzaghi, dan Peck (1960) pada kedalaman 7 meter dengan nilai N-SPT minimum sebesar 60.

$$N1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15)$$

$$= 15 + \frac{1}{2} (60 - 15)$$

$$= 37,5$$

2. Nilai SPT koreksi terhadap muka air tanah (N1) menurut Bazaraa (1967) pada kedalaman 7 meter dengan nilai N-SPT minimum sebesar 60.

$$N1 = 0,6N$$

$$= 0,6 \times 60$$

$$= 36$$

3. Nilai koreksi terhadap overburden *pressure* (N2) pada kedalaman 7 meter dengan N-SPT minimum sebesar 60.

$$P_0'9 = P_0'8 + [\gamma'(H8 - z8)] + [\gamma'(z9 - H8)]$$

$$= 43,88 + [0,756 (0,5 - 5,75)] + [0,756 (6,5 - 0,5)]$$

$$= 4,955 \text{ gr/cm}^2$$

$$= 49,55 \text{ t/m}^2$$

$$N2 = \frac{4N1}{3,25+0,1P_0'}$$

$$= \frac{4 \times 36}{3,25+0,1 \times 49,55}$$

$$= 17,55$$

Tabel 3. Nilai N-SPT Koreksi dan N Pakai

Depth (m)	N-SPT mini mum	N-SPT koreksi terhadap MAT (N1)			Nilai koreksi terhadap overbur den pressure (N2)	N pakai
		Terza ghi & Peck, 1960	Bazar aa, 1967	N- SPT min = N1 (dari ke-2 teori)		
1	4	-	-	-	-	4
1,5	1	-	-	-	-	1
2,5	4	-	-	-	-	4
3	1	-	-	-	-	1
4	3	-	-	-	-	3
4,5	1	-	-	-	-	1
5,5	5	-	-	-	-	5
6	4	-	-	-	-	4
7	60	37,5	36	36	17,55	17,55
7,5	5	-	-	-	-	5
8,5	16	15,5	9,6	9,6	4,293	4,293
9	6	-	-	-	-	6
10	28	21,5	16,8	16,8	6,917	6,917
10,5	11	-	-	-	-	11
11,5	60	37,5	36	36	13,463	13,463
12	25	20	15	15	5,399	5,399
13	60	37,5	36	36	12,328	12,328
13,5	23	19	13,8	13,8	4,474	4,474
14,5	60	37,5	36	36	11,158	11,158
15	32	23,5	19,2	19,2	5,764	5,764
16	58	36,5	34,8	34,8	10,022	10,022
16,5	27	21	16,2	16,2	4,468	4,468
17,5	20	17,5	12	12	3,185	3,185
18	19	17	11,4	11,4	2,900	2,9
19	23	19	13,8	13,8	3,388	3,388
19,5	26	20,5	15,6	15,6	3,691	3,691
20,5	57	36	34,2	34,2	7,830	7,83
21	32	23,5	19,2	19,2	4,293	4,293
22,5	24	19,5	14,4	14,4	3,122	3,122
24	21	18	12,6	12,6	2,563	2,563
25,5	25	20	15	15	2,864	2,864
27	18	16,5	10,8	10,8	1,955	1,955
28,5	17	16	10,2	10,2	1,756	1,756
30	19	17	11,4	11,4	1,870	1,87

Sumber: Analisis data SPT (2021)

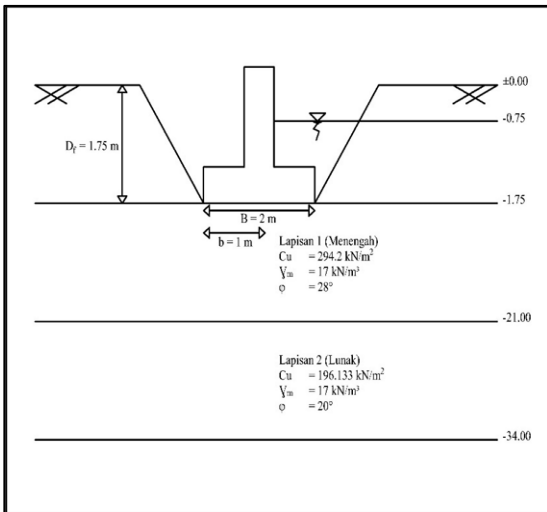
Nilai Korelasi SPT Terhadap Parameter

Untuk tabel terdiri dari kolom kedalaman, nilai N rata-rata, nilai kohesi *undrained* (C_u), konsistensi tanah, nilai berat volume tanah jenuh (γ_m), dan sudut geser tanah (ϕ) yang dimulai dari kedalaman 1 meter sampai dengan 30 meter.

Daya Dukung Ultimit Fondasi Dangkal Bentuk Persegi Dengan Contoh Perhitungan Pada Kedalaman Dasar Fondasi ($D_f = 1,75$ meter)

Dilakukan contoh perhitungan daya dukung ultimit fondasi dangkal persegi dengan kondisi muka air tanah di atas dasar pondasi, kondisi muka air tanah tepat pada dasar fondasi, dan kondisi muka air tanah di bawah dasar fondasi dengan kedalaman fondasi 1,75 meter, dan lebar fondasi 2 meter.

Daya Dukung Ultimit Fondasi Persegi Dengan Muka Air Tanah Atas Dasar Fondasi



Gambar 1. Penampang fondasi dangkal persegi pada kedalaman 1,75 meter dari permukaan tanah dengan muka air tanah (MAT) di atas dasar fondasi
Sumber: Analisis penelitian (2022)

Keruntuhan geser lokal (*local shear failure*)

$$q_{ult} = 1,3c'N_c' + qN_q' + 0,4\gamma BN_{\gamma}'$$

Untuk $\phi = 20^\circ$ diperoleh $N_q' = 3,9$, $N_{\gamma}' = 1,7$

$$\frac{Cu(2)}{Cu(1)} = \frac{196,133}{294,2} = 0,67$$

$$\frac{d}{b} = \frac{19,25}{1} = 19,25$$

$$N_c = 5,5$$

$$c' = \frac{2}{3} \times 196,133 = 130,755 \text{ kN/m}^2$$

$$D = 1 \text{ m}$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma'D = 17 \times (1,75 - 1) + (17 - 9,81) \times 1 = 19,94 \text{ kN/m}^2$$

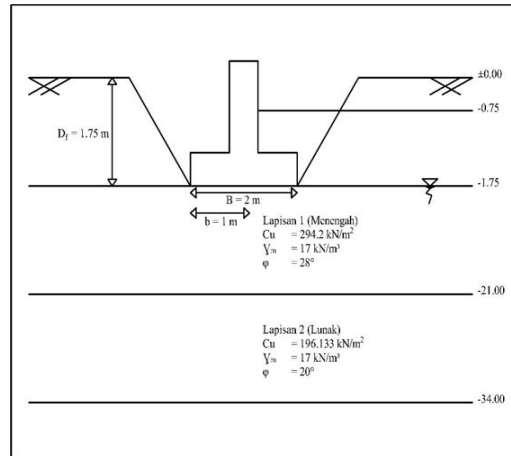
Jadi,

$$q_{ult} = 1,3 \times 130,755 \times 5,5 + 19,94 \times 3,9 + 0,4 \times (17 - 9,81) \times 2 \times 1,7$$

$$= 1022,445 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{all} = 340,815 \text{ kN/m}^2$$

Daya Dukung Ultimit Fondasi Persegi Dengan Muka Air Tanah Tepat Dasar Fondasi



Gambar 2. Penampang fondasi dangkal persegi pada kedalaman 1,75 meter dari permukaan tanah dengan muka air tanah (MAT) tepat dasar fondasi
Sumber: Analisis penelitian (2022)

$$D = 0 \text{ m}$$

$$q = \gamma \times D_f = 17 \times 1,75 = 29,75 \text{ kN/m}^2$$

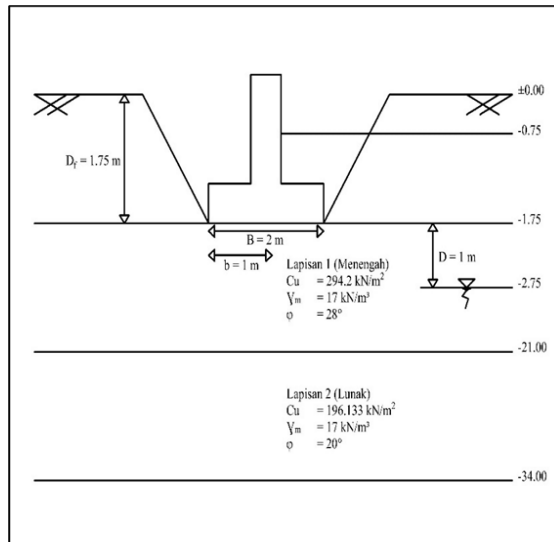
Jadi,

$$q_{ult} = 1,3 \times 130,755 \times 5,5 + 29,75 \times 3,9 + 0,4 \times 17 \times 2 \times 1,7$$

$$= 1074,046 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{all} = 358,015 \text{ kN/m}^2$$

Daya Dukung Ultimit Fondasi Persegi Dengan Muka Air Tanah Bawah Dasar Fondasi



Gambar 3. Penampang fondasi dangkal persegi pada kedalaman 1,75 meter dari permukaan tanah dengan muka air tanah (MAT) di bawah dasar fondasi
Sumber: Analisis penelitian (2022)

$$D = 1 \text{ m}$$

$$\bar{\gamma} = \frac{1}{B} [\gamma D + \gamma' (B - D)]$$

$$= \frac{1}{2} [17 \times 1 + (17 - 9,81)(2 - 1)]$$

$$= 12,095 \text{ kN/m}^3$$

$$q = \bar{\gamma} \times D_f$$

$$= 12,095 \times 1,75$$

$$= 21,166 \text{ kN/m}^2$$

Jadi,

$$q_{ult} = 1,3 \times 130,755 \times 5,5 + 21,166 \times 3,9 + 0,4 \times 17 \times 2 \times 1,7$$

$$= 1040,57 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{all} = 346,856 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 4. Perhitungan q_{ult} fondasi bentuk persegi pada kedalaman fondasi dibawah permukaan tanah (D_f) 0,25 meter

B	MAT dari muka tanah	q_{ult}	q_{all} dengan SF = 3
(m)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	0,15	952,54	317,513
	0,25	963,036	321,012
	0,75	958,253	319,418
1,5	0,15	954,984	318,328
	0,25	968,816	322,94
	0,75	962,44	320,813
2	0,15	957,428	319,143
	0,25	974,60	324,865
	0,75	967,422	322,474

Sumber: Hasil perhitungan (2022)

Tabel 5. Perhitungan q_{ult} fondasi bentuk persegi pada kedalaman fondasi dibawah permukaan tanah (D_f) 1 meter

B	MAT dari muka tanah	q_{ult}	q_{all} dengan SF = 3
(m)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	0,25	977,396	325,8
	1	1012,761	337,587
	1,75	1003,196	334,4
1,5	0,25	979,84	326,613
	1	1018,541	339,514
	1,75	999,411	333,137
2	0,25	982,285	327,428
	1	1024,321	341,44
	1,75	1000,409	333,47

Sumber: Hasil perhitungan (2022)

Tabel 6. Perhitungan q_{ult} fondasi bentuk persegi pada kedalaman fondasi dibawah permukaan tanah (D_f) 1,75 meter

B	MAT dari muka tanah	q_{ult}	q_{all} dengan SF = 3
(m)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	0,75	1017,56	339,185
	1,75	1062,486	354,162
	2,75	1062,486	354,162

1,5	0,75	1020	340
	1,75	1068,266	356,09
	2,75	1045,948	348,65
2	0,75	1022,445	340,815
	1,75	1074,046	358,015
	2,75	1040,57	346,856

Sumber: Hasil perhitungan (2022)

Daya Dukung Ultimit Fondasi Dangkal Bentuk Lingkaran Dengan Contoh Perhitungan Pada Kedalaman Dasar Fondasi ($D_f = 1,75$ meter)

Dilakukan contoh perhitungan daya dukung ultimit fondasi dangkal lingkaran dengan kondisi muka air tanah di atas dasar fondasi, kondisi muka air tanah tepat pada dasar fondasi, dan kondisi muka air tanah di bawah dasar fondasi dengan kedalaman fondasi 1,75 meter, dan lebar fondasi 2 meter.

Daya Dukung Ultimit Fondasi Lingkaran Dengan Muka Air Tanah Atas Dasar Fondasi

Keruntuhan geser lokal (*local shear failure*)

$$q_{ult} = 1,3c'N_c' + qN_q' + 0,3\gamma BN_{\gamma}'$$

Untuk $\phi = 20^\circ$ diperoleh $N_q' = 3,9$, $N_{\gamma}' = 1,7$

$$\frac{C_u(2)}{C_u(1)} = \frac{196,133}{294,2} = 0,67$$

$$\frac{d}{b} = \frac{19,25}{1} = 19,25$$

$$N_c = 5,5$$

$$c' = \frac{2}{3} \times 196,133$$

$$= 130,755 \text{ kN/m}^2$$

$$D = 1 \text{ m}$$

$$q = \bar{\gamma} (D_f - D) + \bar{\gamma}' D$$

$$= 17 \times (1,75 - 1) + (17 - 9,81) \times 1$$

$$= 19,94 \text{ kN/m}^2$$

Jadi,

$$q_{ult} = 1,3 \times 130,755 \times 5,5 + 19,94 \times 3,9 + 0,3 \times (17 - 9,81) \times 2 \times 1,7$$

$$= 1020 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{all} = 340 \text{ kN/m}^2$$

Daya Dukung Ultimit Fondasi Lingkaran Dengan Muka Air Tanah Tepat Dasar Fondasi

$$D = 0 \text{ m}$$

$$q = \bar{\gamma} \times D_f$$

$$= 17 \times 1,75$$

$$= 29,75 \text{ kN/m}^2$$

Jadi,

$$q_{ult} = 1,3 \times 130,755 \times 5,5 + 29,75 \times 3,9 + 0,3 \times 17 \times 2 \times 1,7$$

$$= 1068,266 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{all} = 356,09 \text{ kN/m}^2$$

Daya Dukung Ultimit Fondasi Lingkaran Dengan Muka Air Tanah Bawah Dasar Fondasi

$$D = 1 \text{ m}$$

$$\bar{\gamma}_{rata-rata} = \frac{1}{B} [\gamma D + \gamma' (B - D)]$$

$$= \frac{1}{2} [17 \times 1 + (17 - 9,81)(2 - 1)]$$

$$= 12,095 \text{ kN/m}^3$$

$$q = \bar{\gamma} \times D_f$$

$$= 12,095 \times 1,75$$

$$= 21,166 \text{ kN/m}^2$$

Jadi,

$$q_{ult} = 1,3 \times 130,755 \times 5,5 + 21,166 \times 3,9 + 0,3 \times 17 \times 2 \times 1,7$$

$$= 1034,8 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{all} = 344,93 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 7. Perhitungan q_{ult} fondasi bentuk lingkaran pada kedalaman fondasi dibawah permukaan tanah (D_f) 0,25 meter

B	MAT dari muka tanah	q_{ult}	q_{all} dengan SF = 3
(m)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	0,15	951,317	317,106
	0,25	960,146	320,05
	0,75	955,363	318,454
1,5	0,15	953,15	317,717
	0,25	964,481	321,494
	0,75	958,104	319,368
2	0,15	954,984	318,328
	0,25	968,816	322,94
	0,75	961,642	320,547

Sumber: Hasil perhitungan (2022)

Tabel 8. Perhitungan q_{ult} fondasi bentuk lingkaran pada kedalaman fondasi dibawah permukaan tanah (D_f) 1 meter

B	MAT dari muka tanah	q_{ult}	q_{all} dengan SF = 3
(m)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	0,25	976,173	325,391
	1	1009,871	336,624
	1,75	1000,306	333,435
1,5	0,25	978,007	326,002
	1	1014,206	338,07
	1,75	995,076	331,692
2	0,25	979,84	326,613
	1	1018,541	339,514
	1,75	994,63	331,543

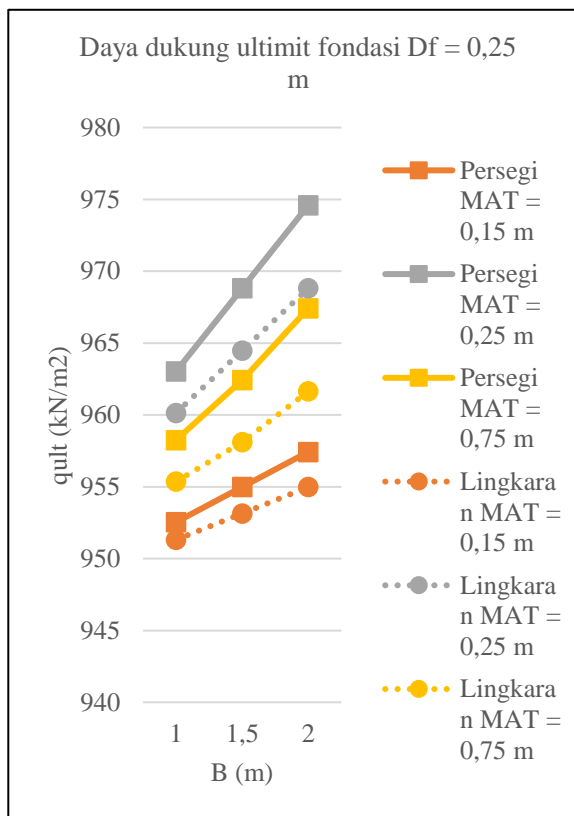
Sumber: Hasil perhitungan (2022)

Tabel 9. Perhitungan q_{ult} fondasi bentuk lingkaran pada kedalaman fondasi dibawah permukaan tanah (D_f) 1,75 meter

B	MAT dari muka tanah	q_{ult}	q_{all} dengan SF = 3
(m)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	0,75	1016,334	338,778
	1,75	1059,596	353,2
	2,75	1059,596	353,2
1,5	0,75	1018,167	339,389
	1,75	1063,931	354,644
	2,75	1041,613	347,204
2	0,75	1020	340
	1,75	1068,266	356,09
	2,75	1034,8	344,93

Sumber: Hasil perhitungan (2022)

Hasil Dan Pembahasan Fondasi Dangkal

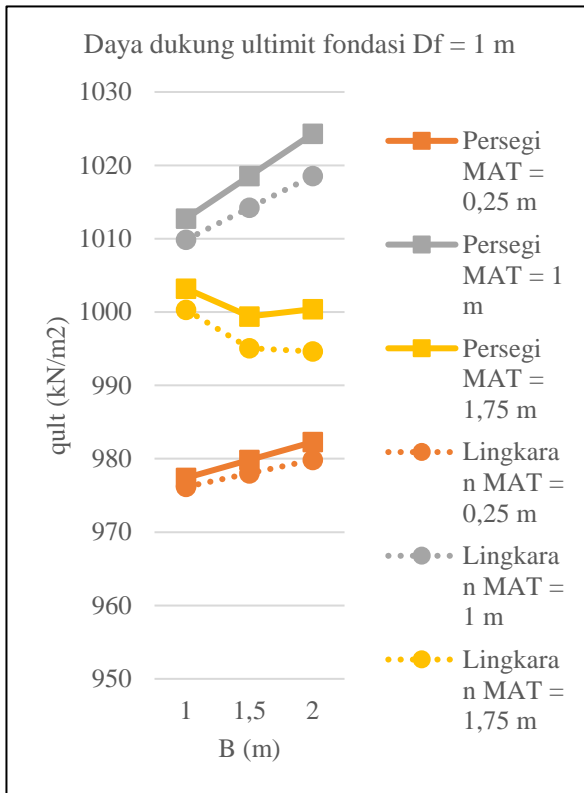


Gambar 4. Grafik hubungan antara lebar fondasi (B) terhadap daya dukung ultimit (q_{ult}) pada kedalaman fondasi dari muka tanah (D_f) = 0,25 meter dengan variasi muka air tanah (MAT)

Sumber: Analisis penelitian (2022)

Pada Gambar 4 ditunjukkan hubungan antara lebar fondasi (B) terhadap daya dukung ultimit (q_{ult}) dengan variasi muka air tanah pada kedalaman (D_f) = 0,25 meter. Bila lebar fondasi (B) sama, dan elevasi muka air tanah berbeda. Pada masing-masing lebar fondasi (B = 1 meter, 1,5 meter, dan 2 meter) dan elevasi muka air tanah (MAT) semakin rendah, maka q_{ult} semakin besar, tetapi saat elevasi MAT berada dibawah dasar fondasi maka q_{ult} semakin kecil. Hal ini disebabkan pada elevasi MAT yang semakin rendah, berakibat besarnya berat volume tanah (γ), dan berat tanah di atas dasar fondasi (q) yang semakin besar sehingga nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) semakin besar. Sedangkan pada kondisi MAT di bawah dasar fondasi (D_f), berat volume tanah rata-rata ($\gamma_{rata-rata}$) yang nilainya lebih kecil dari nilai γ , sehingga berakibat nilai q semakin kecil, dan menghasilkan nilai q_{ult} yang semakin kecil.

Bila elevasi muka air tanah sama, dan lebar fondasi (B) berbeda. Pada masing-masing elevasi muka air tanah (0,15 meter, 0,25 meter, dan 0,75 meter), dan lebar fondasi (B) yang semakin besar. Daya dukung ultimit (q_{ult}) yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan perubahan lebar fondasi (B) berbanding linier dengan besarnya q_{ult} sehingga bila B semakin besar berakibat q_{ult} juga semakin besar.



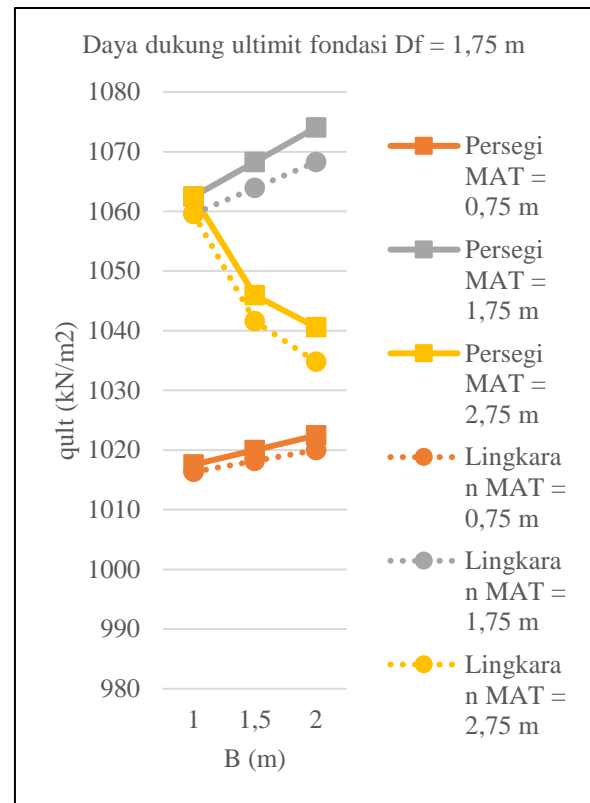
Gambar 5. Grafik hubungan antara lebar fondasi (B) terhadap daya dukung ultimit (q_{ult}) pada kedalaman fondasi dari muka tanah (D_f) = 1 meter dengan variasi muka air tanah

Sumber: Analisis penelitian (2022)

Pada Gambar 5 ditunjukkan hubungan antara lebar fondasi (B) terhadap daya dukung ultimit (q_{ult}) dengan variasi muka air tanah pada kedalaman (D_f) = 1 meter. Bila lebar fondasi (B) sama, dan elevasi muka air tanah berbeda. Pada masing-masing lebar fondasi (B = 1 meter, 1,5 meter, dan 2 meter) dan elevasi muka air tanah (MAT) semakin rendah, maka q_{ult} semakin besar, tetapi saat elevasi MAT berada dibawah dasar fondasi maka q_{ult} semakin kecil. Hal ini disebabkan pada elevasi MAT yang semakin rendah, berakibat besarnya berat volume tanah (γ), dan berat tanah di atas dasar fondasi (q) yang semakin besar sehingga nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) semakin besar. Sedangkan pada kondisi MAT di bawah dasar fondasi (D_f), berat volume tanah rata-rata ($\gamma_{rata-rata}$) yang nilainya lebih kecil dari nilai γ , sehingga berakibat nilai q semakin kecil, dan menghasilkan nilai q_{ult} yang semakin kecil.

Bila elevasi muka air tanah sama, dan lebar fondasi (B) berbeda. Pada masing-masing elevasi muka air tanah (0,25 meter, 1 meter, dan 1,75 meter), dan lebar fondasi (B) yang semakin besar. Daya dukung ultimit (q_{ult}) yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan perubahan lebar fondasi (B) berbanding linier dengan besarnya q_{ult} sehingga bila B semakin besar berakibat q_{ult} juga semakin besar. Pada kedalaman fondasi yang sama (D_f = 1 meter), MAT yang sama (MAT = -1,75 meter), dan lebar fondasi (B) yang semakin besar. Maka berat volume tanah rata-rata ($\gamma_{rata-rata}$) yang dihasilkan semakin kecil, dan nilai berat tanah di atas dasar fondasi (q) juga semakin kecil, sehingga

menghasilkan nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) yang semakin kecil.



Gambar 6. Grafik hubungan antara lebar fondasi (B) terhadap daya dukung ultimit (q_{ult}) pada kedalaman fondasi dari muka tanah (D_f) = 1,75 meter dengan variasi muka air tanah

Sumber: Analisis penelitian (2022)

Pada Gambar 6 ditunjukkan hubungan antara lebar fondasi (B) terhadap daya dukung ultimit (q_{ult}) dengan variasi muka air tanah pada kedalaman (D_f) = 1,75 meter. Bila lebar fondasi (B) sama, dan elevasi muka air tanah berbeda. Pada masing-masing lebar fondasi (B = 1 meter, 1,5 meter, dan 2 meter) dan elevasi muka air tanah (MAT) semakin rendah, maka q_{ult} semakin besar, tetapi saat elevasi MAT berada dibawah dasar fondasi maka q_{ult} semakin kecil. Hal ini disebabkan pada elevasi MAT yang semakin rendah, berakibat besarnya berat volume tanah (γ), dan berat tanah di atas dasar fondasi (q) yang semakin besar sehingga nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) semakin besar. Sedangkan pada kondisi MAT di bawah dasar fondasi (D_f), berat volume tanah rata-rata ($\gamma_{rata-rata}$) yang nilainya lebih kecil dari nilai γ , sehingga berakibat nilai q semakin kecil, dan menghasilkan nilai q_{ult} yang semakin kecil.

Bila elevasi muka air tanah sama, dan lebar fondasi (B) berbeda. Pada masing-masing elevasi muka air tanah (0,75 meter, 1,75 meter, dan 2,75 meter), dan lebar fondasi (B) yang semakin besar. Daya dukung ultimit (q_{ult}) yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan perubahan lebar fondasi (B) berbanding linier dengan besarnya q_{ult} sehingga bila B semakin besar berakibat q_{ult} juga semakin besar. Pada kedalaman fondasi yang sama (D_f = 1,75 meter), MAT yang sama (MAT = -2,75 meter), dan lebar fondasi (B) yang semakin besar. Maka berat volume tanah rata-rata

($\gamma_{rata-rata}$) yang dihasilkan semakin kecil, dan nilai berat tanah di atas dasar fondasi (q) juga semakin kecil, sehingga menghasilkan nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) yang semakin kecil.

KESIMPULAN

Dalam pengerjaan studi ini diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hasil nilai daya dukung ultimit fondasi dangkal bentuk persegi menghasilkan nilai yang semakin besar jika lebar atau diameter fondasi adalah sama, dan semakin rendah elevasi muka air tanahnya, yaitu dihasilkan nilai terbesar dari contoh perhitungan sebesar $1074,046 \text{ kN/m}^2$. Tetapi jika elevasi muka air tanah berada dibawah dasar fondasi dihasilkan nilai daya dukung ultimit yang semakin kecil, dan lebih kecil dari hasil daya dukung ultimit kondisi muka air tanah tepat dasar fondasi, yaitu dihasilkan nilai $1040,57 \text{ kN/m}^2$. Jika elevasi muka air tanah sama, dan lebar fondasi (B) semakin besar, maka dihasilkan nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) yang semakin besar. Pada contoh perhitungan tugas akhir ini, yaitu pada kedalaman fondasi (D_f) sebesar 1,75 meter, dan kondisi muka air tanah di bawah dasar fondasi (-2,75 meter), dan lebar fondasi (B) yang semakin besar. Dihasilkan nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) yang semakin kecil dikarenakan berat volume tanah rata-rata yang dihasilkan semakin kecil, dan nilai berat tanah di atas dasar fondasi (q) juga semakin kecil sehingga menghasilkan nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) yang semakin kecil.
2. Hasil nilai daya dukung ultimit fondasi dangkal bentuk lingkaran menghasilkan nilai yang semakin besar jika lebar atau diameter fondasi adalah sama, dan semakin rendah elevasi muka air tanahnya, yaitu dihasilkan nilai terbesar dari contoh perhitungan sebesar $1068,266 \text{ kN/m}^2$. Tetapi jika elevasi muka air tanah berada dibawah dasar fondasi dihasilkan nilai daya dukung ultimit yang semakin kecil, dan lebih kecil dari hasil daya dukung ultimit kondisi muka air tanah tepat dasar fondasi, yaitu dihasilkan nilai $1034,8 \text{ kN/m}^2$. Jika elevasi muka air tanah sama, dan lebar fondasi (B) semakin besar, maka dihasilkan nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) yang semakin besar. Pada contoh perhitungan tugas akhir ini, yaitu pada kedalaman fondasi (D_f) sebesar 1,75 meter, dan kondisi muka air tanah di bawah dasar fondasi (-2,75 meter), dan lebar fondasi (B) yang semakin besar. Dihasilkan nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) yang semakin kecil dikarenakan berat volume tanah rata-rata yang dihasilkan semakin kecil, dan nilai berat tanah di atas dasar fondasi (q) juga semakin kecil sehingga menghasilkan nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) yang semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. "Persyaratan Perancangan Geoteknik". SNI 8460:2017.
- Das, Braja. M. (1993). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Yulianti, Pitri. (2014). "Studi Pemodelan Perkuatan Pondasi Dangkal Pada Tanah Lempung Lunak Menggunakan Kombinasi Geotekstil Woven Dan Grid Bambu Dengan Bantuan Program Plaxis". *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, Vol.2, No.3, September 2014, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Sumatera Selatan