

ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN FONDASI DAN SUDUT GESER TERHADAP DAYA DUKUNG FONDASI DANGKAL PADA TANAH HOMOGEN

Albert Kurniawan¹ dan Andryan Suhendra²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Albert.325150193@stu.untar.ac.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
andryansuhendra@yahoo.com

Masuk: 05-07-2020, revisi: 10-07-2020, diterima untuk diterbitkan: 05-08-2020

ABSTRACT

Well-constructed foundation must be able to resist forces from the structure. Foundation bearing capacity was affected by some parameters and can be measured by various methods. Some methods that used in this study are Terzaghi, Meyerhof and finite element. The purpose of this study was to compare the bearing capacity value generated by these methods and the effect of parameters value variety against foundation bearing capacity. The parameters is foundation footing, friction angle and foundation depths. The highest value of foundation bearing capacity is generated by the finite element method. Bearing capacity that generated by finite element method experiences the biggest difference up to 41% compared to Terzaghi method and up to 26% biggest difference compared to Meyerhof method. Bearing capacity with friction angle 25° is 70% greater compared to 20°. Meanwhile with 30° increased to 220% compared to 20°. The value of bearing capacity differs according to the depths used. Within 1,5m depth the value of the bearing capacity is increased 35% compared to 1m depths with square footing, Meanwhile with rectangle footing only increased by 32%. The bearing capacity value also varies depends on the footing type. Rectangle footing was increased 9 – 14% compared to square footing.

Keywords: shallow foundation; bearing capacity; finite element; Meyerhof; Terzaghi

ABSTRAK

Sebuah fondasi yang baik harus bisa menahan gaya yang diberikan oleh strukturnya. Daya dukung fondasi dipengaruhi oleh beberapa parameter tanah dan dapat diukur dengan berbagai metode. Metode yang digunakan penulis adalah Terzaghi, Meyerhof dan elemen hingga. Dalam penulisan ini penulis ingin membandingkan daya dukung yang dihasilkan oleh metode-metode tersebut dan pengaruh dari variasi nilai parameter terhadap daya dukung fondasi. Parameter tersebut adalah jenis tapak, sudut geser dan kedalaman fondasi. Daya dukung terbesar dihasilkan oleh metode elemen hingga. Daya dukung yang dihasilkan oleh metode elemen hingga mengalami perbedaan terbesar hingga 41% jika dibandingkan dengan metode Terzaghi dan 26% perbedaan terbesar jika dibandingkan metode Meyerhof. Daya dukung dengan sudut geser 25° lebih besar 70% jika dibandingkan dengan sudut geser 20°. Sedangkan pada sudut geser 30° daya dukung lebih besar 220% jika dibandingkan dengan sudut geser 20°. Daya dukung juga berbeda tiap kedalaman fondasi. Pada kedalaman fondasi 1,5m daya dukung lebih besar 35% jika dibandingkan pada kedalaman fondasi 1m pada fondasi bujur sangkar dan pada fondasi persegi panjang lebih besar 32%. Daya dukung juga berbeda tergantung jenis tapaknya. Pada jenis tapak fondasi persegi panjang, kapasitas daya dukung lebih besar 9 - 14% jika dibandingkan dengan jenis tapak fondasi bujur sangkar.

Kata kunci: fondasi dangkal; daya dukung; elemen hingga; Meyerhof; Terzaghi

1. PENDAHULUAN

Fondasi dangkal merupakan elemen struktur yang berfungsi untuk menyalurkan beban ke tanah. Fondasi dangkal memiliki beberapa jenis seperti fondasi tapak dan menerus. Jenis tapak fondasi dangkal yang digunakan bujur sangkar dan persegi panjang. Fondasi dangkal memiliki kapasitas daya dukung. Kapasitas daya dukung dapat diperoleh dengan berbagai metode. Metode yang digunakan dalam pembahasan ini adalah metode elemen hingga Meyerhof dan Terzaghi. Batasan masalah yang dibahas yaitu jenis tapak fondasi bujur sangkar dan persegi panjang. Tanah di bawah fondasi adalah tanah lempung. Jumlah lapisan tanah satu. Faktor muka air tanah diperhitungkan. Kedalaman fondasi divariasikan. Sudut geser tanah divariasikan. Metode yang digunakan adalah metode Terzaghi dan Meyerhof. Program yang digunakan berbasis metode elemen hingga dan pemodelan didesain

secara 3 dimensi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan daya dukung fondasi dangkal pada tanah lempung dengan metode Terzaghi, Meyerhof dan elemen hingga dengan bantuan program berbasis metode elemen hingga.

Fondasi dangkal

Bagian terendah dari suatu struktur biasanya disebut sebagai fondasi. Fungsi fondasi adalah untuk memindahkan beban dari struktur ke tanah yang menjadi tumpuannya. Sebuah fondasi yang baik adalah fondasi yang memindahkan beban ke tanah tanpa menimbulkan tekanan yang berlebihan pada tanah. Menurut Terzaghi (1943) dalam Das (2007) sebuah fondasi dikategorikan fondasi dangkal bila kedalaman fondasi kurang dari atau sama dengan lebar dari fondasi tersebut. Namun, para peneliti kemudian menyarankan bahwa fondasi dengan kedalaman 3 sampai 4 kali lebar fondasi dikategorikan sebagai fondasi dangkal.

Daya dukung fondasi dangkal Terzaghi

Persamaan daya dukung untuk fondasi menerus menurut Terzaghi (1943) dalam Das (2007) dinyatakan sebagai berikut:

- Fondasi menerus:

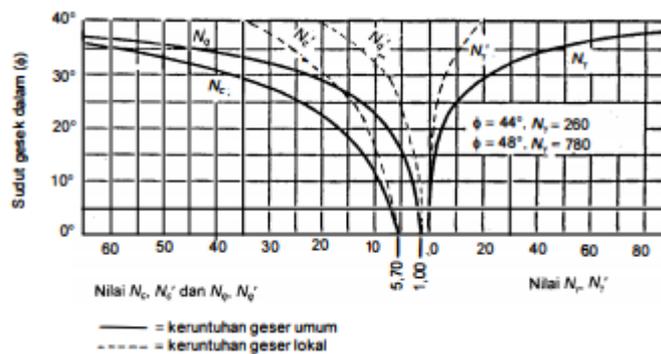
$$qu = cNc + Df \cdot \gamma \cdot Nq + 0,5\gamma \cdot B \cdot N\gamma \tag{1}$$

- Fondasi bujur sangkar:

$$qu = 1,3cNc + Df \cdot \gamma \cdot Nq + 0,4\gamma \cdot B \cdot N\gamma \tag{2}$$

dengan qu = daya dukung batas, c = kohesi tanah, $Nc, Nq, N\gamma$ = faktor daya dukung Terzaghi, Df = kedalaman fondasi, γ = berat volume tanah dan B = lebar fondasi.

Nilai dari faktor daya dukung Terzaghi adalah fungsi dari besarnya sudut geser dalam yang diberikan Terzaghi dalam bentuk grafik pada gambar berikut:



Gambar 1. Hubungan sudut geser dalam dengan faktor daya dukung Terzaghi (Sumber: Hardiyatmo,1996)

Daya dukung fondasi dangkal Meyerhof

Meyerhof (1963) dalam Bowles (1992) memberikan persamaan daya dukung yang mirip dengan persamaan Terzaghi tetapi dengan menambahkan suatu faktor yaitu faktor bentuk, faktor kedalaman dan faktor kemiringan yang dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

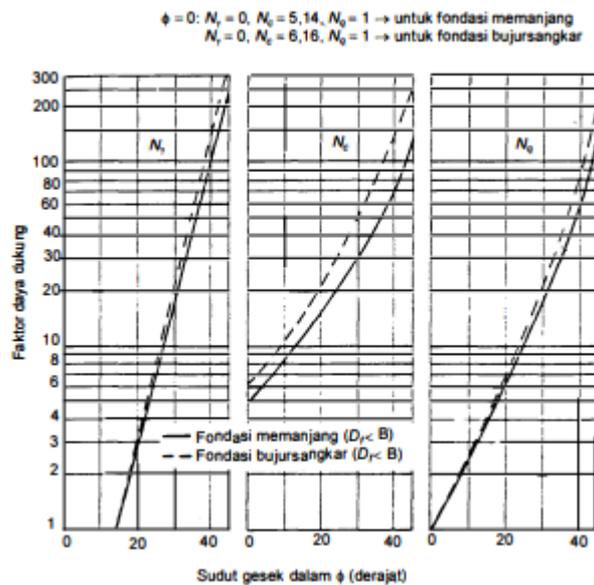
- Beban vertikal:

$$qu = cNcScDc + Df \cdot \gamma \cdot NqSqDq + 0,5\gamma \cdot B \cdot N\gamma S\gamma D\gamma \tag{3}$$

- Beban miring:

$$qu = cNcDcIc + Df \cdot \gamma \cdot NqDqIq + 0,5\gamma \cdot B \cdot N\gamma D\gamma I\gamma \tag{4}$$

dengan qu = daya dukung batas, c = kohesi tanah, $Nc, Nq, N\gamma$ = faktor daya dukung Meyerhof, $Dc, Dq, D\gamma$ = faktor kedalaman, $Ic, Iq, I\gamma$ = faktor kemiringan, Df = kedalaman fondasi, γ = berat volume tanah dan B = lebar fondasi.



Gambar 2. Hubungan sudut geser dalam dengan faktor daya dukung Meyerhof (Sumber: Hardiyatmo,1996)

Metode elemen hingga

Desai dan Christian (1977) telah melakukan studi dengan membandingkan besarnya tegangan terhadap perpindahan model laboratorium dengan model matematik menggunakan metode elemen hingga. Hasil dari studi tersebut menunjukkan bahwa metode elemen hingga dapat memberikan hasil yang memuaskan untuk memprediksi tegangan dan deformasi yang terjadi. Analisis menggunakan metode elemen hingga dilakukan dengan bantuan program berbasis metode elemen hingga 3 dimensi. Langkah-langkah yang dilakukan adalah menentukan model geometri, menentukan model material, menentukan parameter material yang digunakan dan melakukan kalkulasi. Program secara otomatis akan membagi tanah menjadi elemen-elemen segitiga. *Output* yang dihasilkan diantaranya model *mesh* geometri, kurva $\sum Mstage$, kurva $\sum Msf$ dan daya dukung batas.

Pengaruh muka air tanah terhadap daya dukung

Meyerhof (1965) dalam Budhu (2010) menyatakan bahwa tidak ada koreksi yang harus diterapkan pada nilai faktor daya dukung untuk efek air tanah. Namun, berat volume tanah dipengaruhi oleh kadar air dan kedudukan air tanah. Oleh karena itu, Letak muka air tanah dapat mempengaruhi daya dukung tanah tergantung pada letaknya. Pengaruh muka air tanah terhadap daya dukung tanah :

- Muka air tanah berada sangat dalam

Apabila muka air tanah sangat dalam dibandingkan dengan lebar fondasinya atau $z > B$, dimana z adalah jarak muka air tanah di bawah dasar fondasi. Maka nilai berat volume tanah yang digunakan adalah berat volume tanah dengan kondisi basah. Pada kondisi ini, Parameter kuat geser yang digunakan dalam perhitungan adalah parameter kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif.

- Muka air tanah berada di atas dasar fondasi

Apabila muka air tanah berada di atas atau sama dengan dasar fondasi, maka nilai dari berat volume yang dipakai adalah berat volume efektif. Karena zona geser yang terletak di bawah fondasi sepenuhnya terendam air.

- Muka air tanah berada di bawah dasar fondasi

Apabila muka air tanah terletak pada kedalaman z di bawah dasar fondasi atau $z < B$, maka berat volume tanah yang digunakan adalah kondisi basah ataupun kering tergantung pada kondisi tanah tersebut. Akibat massa tanah dalam zona geser sebagian terendam air, berat volume tanah yang digunakan adalah berat volume tanah rata-rata.

Penurunan

Penurunan adalah pengurangan volume tanah sebagai konsekuensi dari peningkatan tegangan efektif. Penurunan terdiri dari beberapa atau jumlah dari penurunan langsung, penurunan konsolidasi dan penurunan sekunder. Penurunan digunakan ketika tegangan total konstan dan zona tanah yang terlibat atau terpengaruh tetap berada

sama sementara tegangan efektif meningkat (Felenius,2014). Hough (1959) dalam Conduto (2001) menekankan bahwa daya dukung dan penurunan tidak berjalan seiring,

2. METODE PENELITIAN

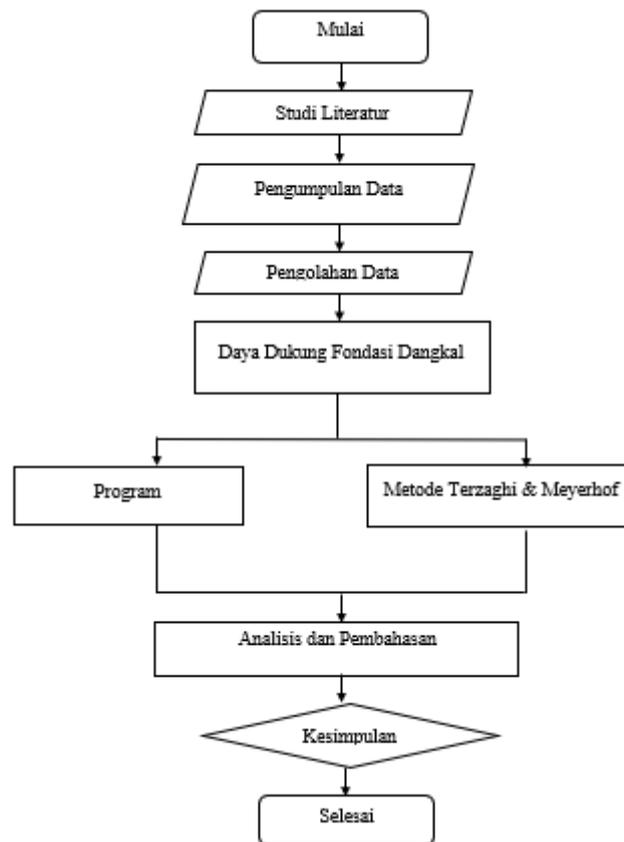
Pengumpulan data

Kajian teknis kali ini berada di salah satu proyek di Jakarta. Data yang dikumpulkan adalah berdasarkan hasil peninjauan di lokasi proyek dengan mengumpulkan hasil uji tanah yang telah dilakukan. Data yang dikumpulkan adalah data hasil tes SPT (*Standart Penetration Test*) dan hasil uji laboratorium.

Pengelolaan data

Metode pengelolaan data yang dilakukan untuk menganalisa data menggunakan rumus Terzaghi, Meyerhof dan dengan program berbasis metode elemen hingga. Analisis akan dilakukan pada jenis tapak fondasi yang berbeda, sudut geser yang berbeda dan kedalaman fondasi yang berbeda. Hasil analisis berupa daya dukung batas dan hubungan antara pembebanan dengan penurunan elastis. Kemudian hasil analisis tersebut dibandingkan berdasarkan jenis tapak fondasi, variasi sudut geser dan variasi kedalaman fondasi.

Diagram alir



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data fondasi

Fondasi dangkal yang digunakan adalah beton tidak bertulang dengan berat jenis 22 KN/m^3 dan mutu beton $f_c' 28 \text{ MPa}$. Jenis tapak fondasi yang digunakan adalah bujur sangkar dan persegi panjang dengan luas 10.000 cm^2 . Panjang dan lebar fondasi yaitu pada bujur sangkar $100 \times 100 \text{ cm}$ dan pada persegi panjang $125 \times 80 \text{ cm}$ dengan kedalaman fondasi yang divariasikan. Kedalaman fondasi yang digunakan adalah 1 m dan $1,5 \text{ m}$. Digunakan rumus $4700\sqrt{f_c'}$ yang terdapat pada SNI 8460:2017 untuk memperoleh nilai modulus elastisitas dari fondasi tersebut.

- $E = 4700\sqrt{f'c}$
 $= 4700\sqrt{28}$
 $= 24870,06232 \text{ Mpa}$
- $A_{\text{bujur sangkar}} = B \times L$
 $= 100\text{cm} \times 100\text{cm}$
 $= 10.000 \text{ cm}^2$
- $A_{\text{bujur sangkar}} = B \times L$
 $= 100\text{cm} \times 100\text{cm}$
 $= 10.000 \text{ cm}^2$

Parameter tanah

Parameter tanah didapatkan berdasarkan hasil korelasi dari data tanah yang tersedia. Adapun ringkasan parameter tanah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Ringkasan parameter tanah

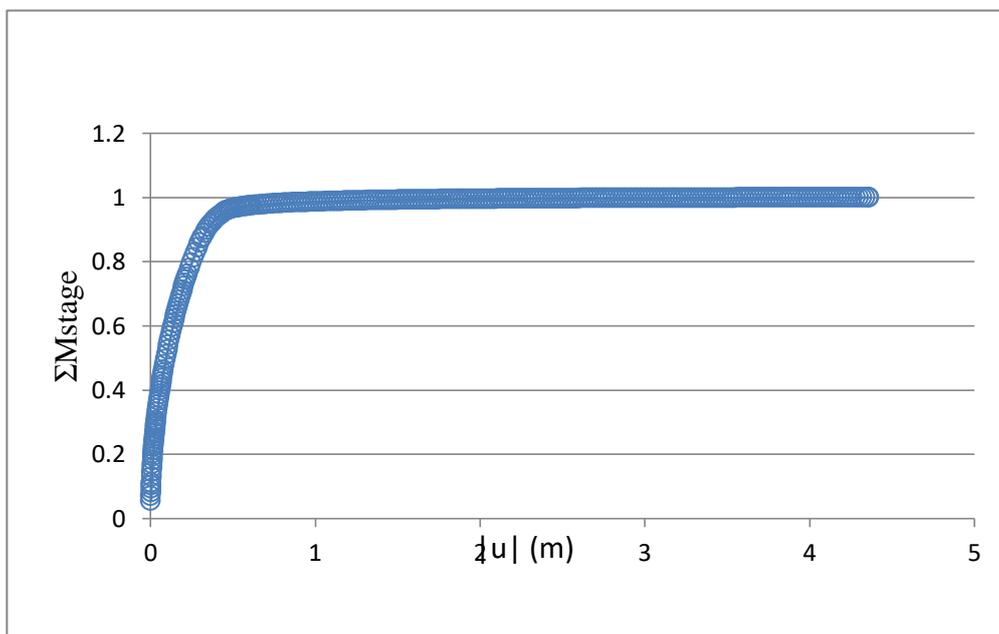
Kedalaman (m)	N_{SPT}	Tipe Tanah	Konsistensi Tanah	γ_{sat} (kN/m ³)	c' (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	e
0-6	3	Lempung	Lunak	16	4	3200	0,9

Metode elemen hingga

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan program terdapat beberapa *output* yang diperoleh sebagai berikut:

- Kurva $\Sigma Mstage$

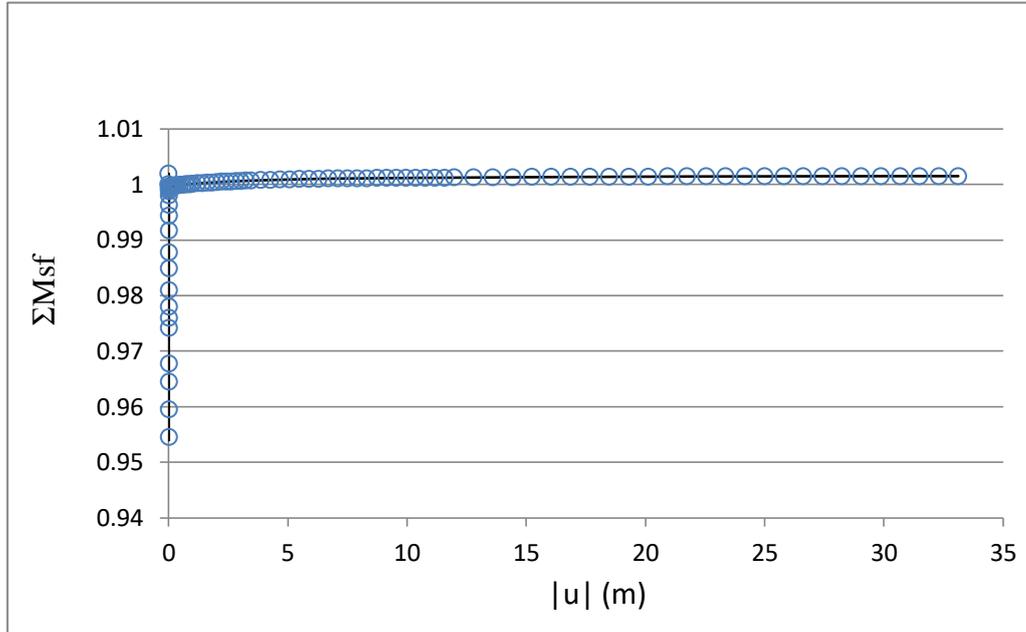
Untuk memperoleh nilai daya dukung *ultimate*, kurva harus menyentuh angka 1. Jika kurva tidak menyentuh angka 1, Artinya beban yang dimasukkan terlalu besar sehingga menyebabkan runtuhnya tanah. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik $\Sigma Mstage$

- Kurva ΣM_{sf}

Dalam perhitungan ini, kurva harus sedekat mungkin dengan angka 1 dan kurva harus konstan pada bagian ujungnya. Semakin dekat kurva dengan angka 1 semakin tepat hasil dari daya dukung pada program. Hal ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik ΣM_{sf}

- Daya dukung *ultimate*

Berdasarkan hasil analisis metode elemen hingga dengan bantuan program, maka ringkasan nilai dari daya dukung batas dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Daya dukung batas metode elemen hingga

Jenis tapak	Sudut geser (°)	Df (m)	qu (kN/m ²)	Msf
Fondasi bujur sangkar (100x100)	20	1	372	1,042
	25	1	622	1,030
	30	1	1022	1,046
	20	1,5	512	1,009
	25	1,5	842	1,008
	30	1,5	1422	1,009
Fondasi persegi panjang (125x80)	20	1	392	1,002
	25	1	632	1,008
	30	1	1052	1,015
	20	1,5	522	1,004
	25	1,5	852	1,008
	30	1,5	1442	1,007

Metode Terzaghi dan Meyerhof

Perhitungan manual dilakukan dengan menggunakan rumus Terzaghi dan Meyerhof pada fondasi bujur sangkar, Sedangkan pada fondasi persegi panjang menggunakan rumus Meyerhof. Rumus Terzaghi dan Meyerhof yang digunakan untuk perhitungan dapat dilihat pada persamaan 1 sampai dengan persamaan 4. Ringkasan hasil analisis daya dukung dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Ringkasan daya dukung Terzaghi dan Meyerhof

Jenis tapak	Sudut geser (°)	Df (m)	Meyerhof (kN/m ²)	Terzaghi (kN/m ²)
Bujur sangkar (100x100)	20	1	279,86	242,44
	25	1	486,62	395,8
	30	1	899,92	679,52
	20	1,5	377,41	301,64
	25	1,5	659,34	497,4
	30	1,5	1221,67	859,52
Persegi panjang (125x80)	20	1	311,96	
	25	1	554,96	
	30	1	1052,68	
	20	1,5	412,02	
	25	1,5	734,46	
	30	1,5	1392,08	

Perbandingan perhitungan daya dukung batas Terzaghi dan Meyerhof dengan metode elemen hingga

Berdasarkan hasil analisis dari perbandingan hasil perhitungan daya dukung *ultimate* metode Terzaghi dan Meyerhof dengan metode elemen hingga dengan bantuan program, maka dapat disimpulkan bahwa nilai dari daya dukung *ultimate* yang dihasilkan oleh metode elemen hingga dengan bantuan program selalu lebih besar dibandingkan nilai daya dukung *ultimate* dengan metode Terzaghi dan Meyerhof. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Perbandingan daya dukung batas Terzaghi dan Meyerhof dengan elemen hingga pada fondasi bujur sangkar

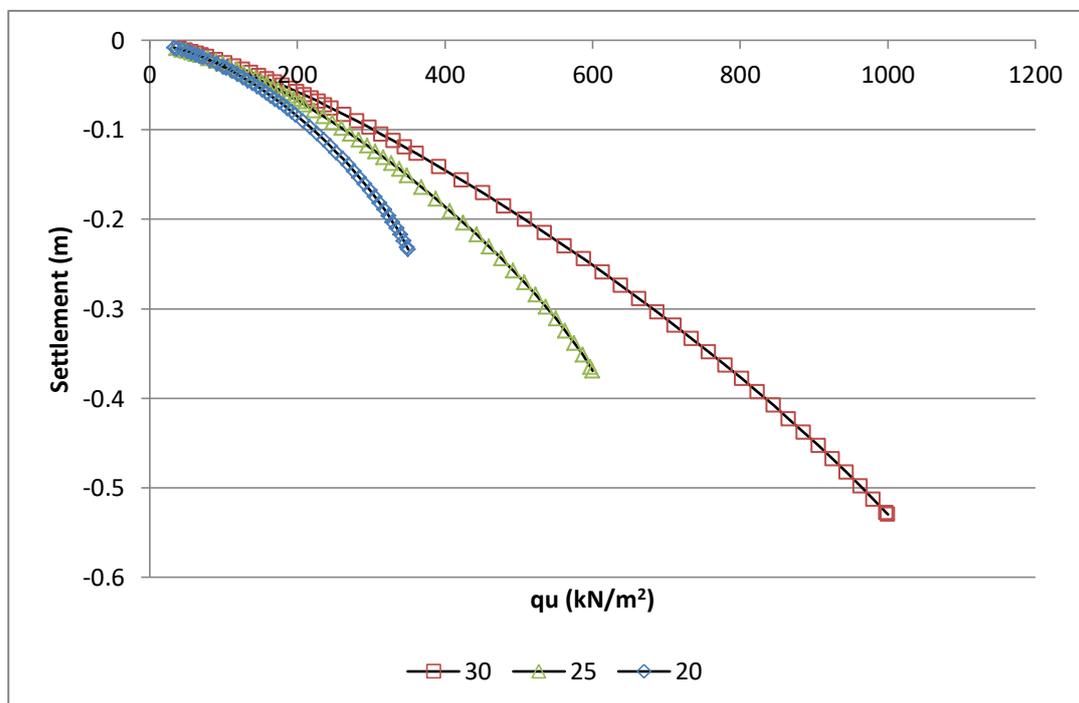
Sudut geser (°)	Df (m)	Daya Dukung (kN/m ²)			Perbedaan Program dengan (%)	
		Meyerhof	Terzaghi	Program	Meyerhof	Terzaghi
20	1	279,86	242,44	372	24,77	34,83
25	1	486,62	395,8	622	21,76	36,37
30	1	899,92	679,52	1022	11,94	33,51
20	1,5	377,41	301,64	512	26,29	41,09
25	1,5	659,34	497,4	842	21,69	40,93
30	1,5	1221,67	859,52	1422	14,09	39,56

Tabel 5. Perbandingan daya dukung batas Terzaghi dan Meyerhof dengan elemen hingga pada fondasi persegi panjang

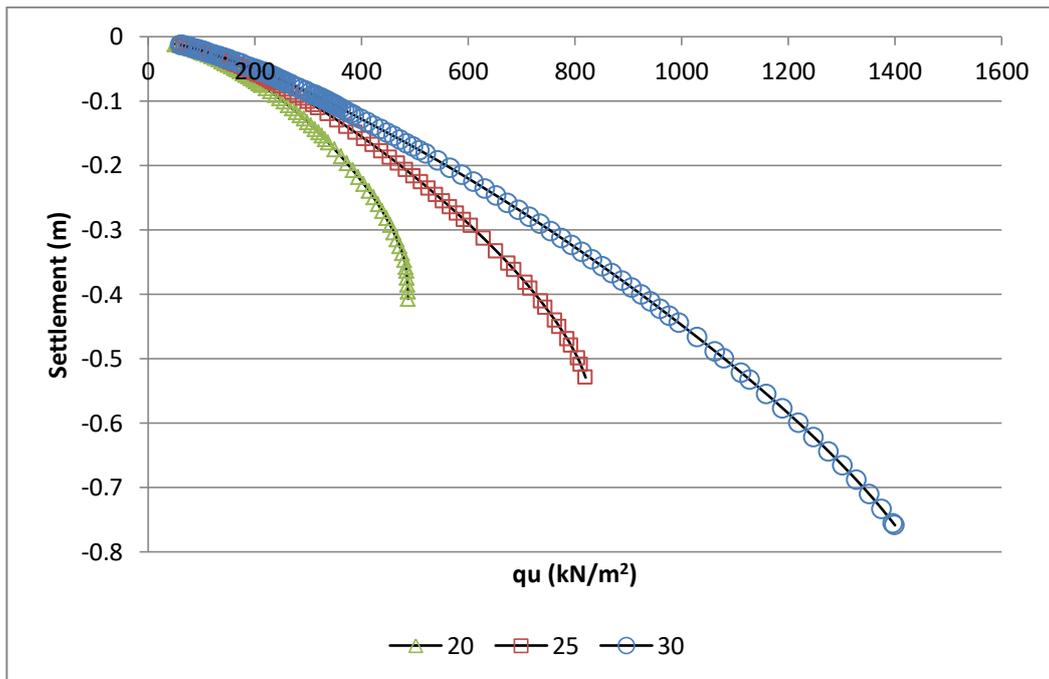
Sudut geser ($^{\circ}$)	Df (m)	Daya Dukung Meyerhof (kN/m^2)	Daya Dukung Program (kN/m^2)	Perbedaan Program dengan Meyerhof (%)
20	1	311,96	392	20,42
25	1	554,96	632	12,19
30	1	1052,68	1052	0,06
20	1,5	412,02	522	21,07
25	1,5	734,46	852	13,80
30	1,5	1392,08	1442	3,46

Perbandingan daya dukung batas terhadap sudut geser

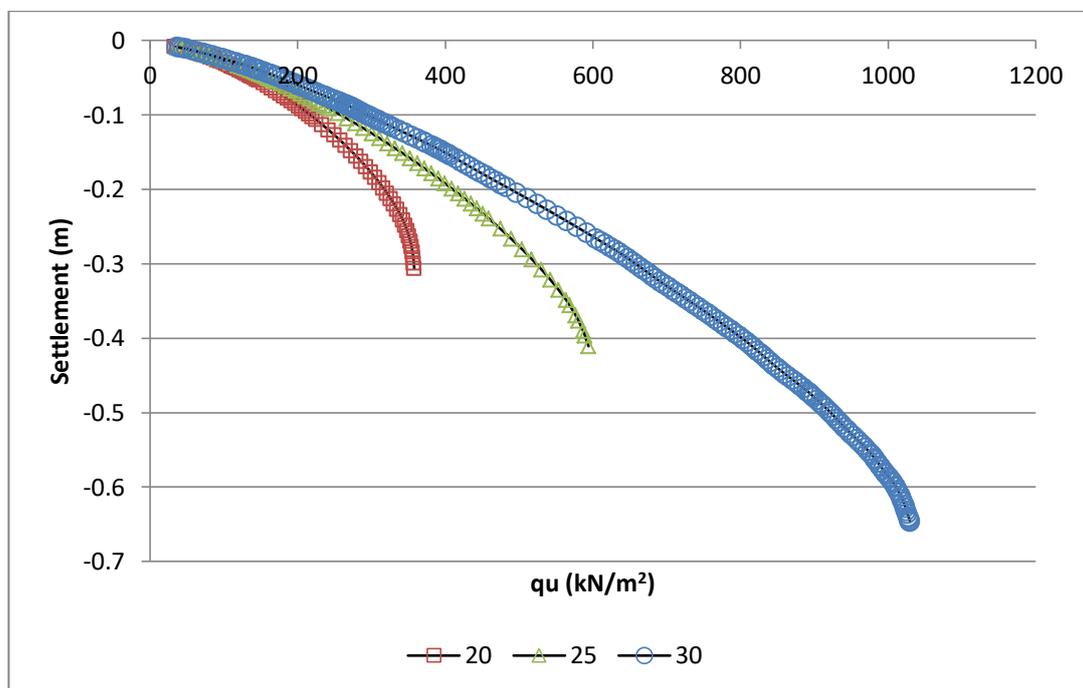
Berdasarkan hasil analisis perbandingan daya dukung *ultimate* terhadap variasi nilai sudut geser, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai sudut geser, Maka semakin besar pula nilai dari daya dukung *ultimate* dan penurunan elastisnya. Selain itu dapat disimpulkan juga bahwa semakin besar nilai sudut geser, Maka semakin kecil nilai dari persentase perbedaan antara perhitungan metode Terzaghi dan Meyerhof dengan metode elemen hingga dengan bantuan program. Hal ini dapat dilihat pada gambar di bawah.



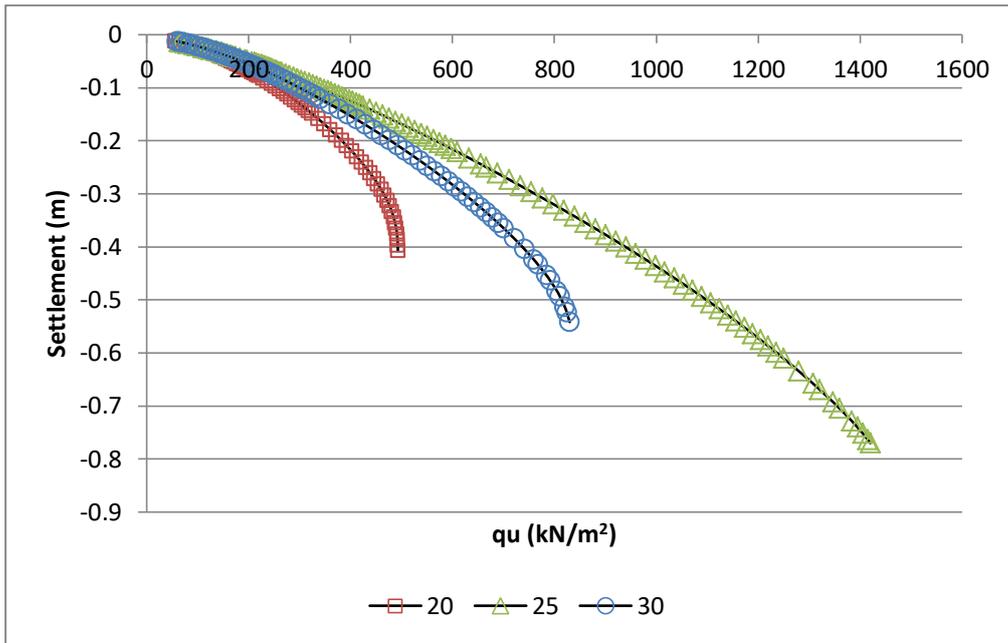
Gambar 6. Grafik perbandingan pengaruh variasi nilai sudut geser pada fondasi bujur sangkar dengan kedalaman 1 m



Gambar 7. Grafik perbandingan pengaruh variasi nilai sudut geser pada fondasi bujur sangkar dengan kedalaman 1,5 m



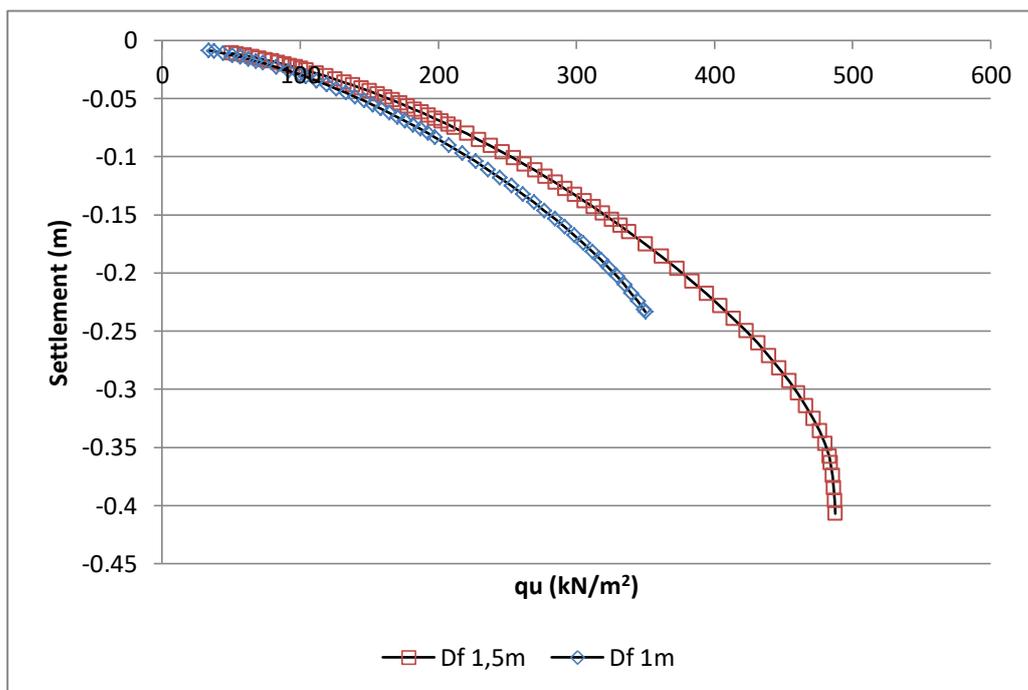
Gambar 8. Grafik perbandingan pengaruh variasi nilai sudut geser pada fondasi persegi panjang dengan kedalaman 1 m



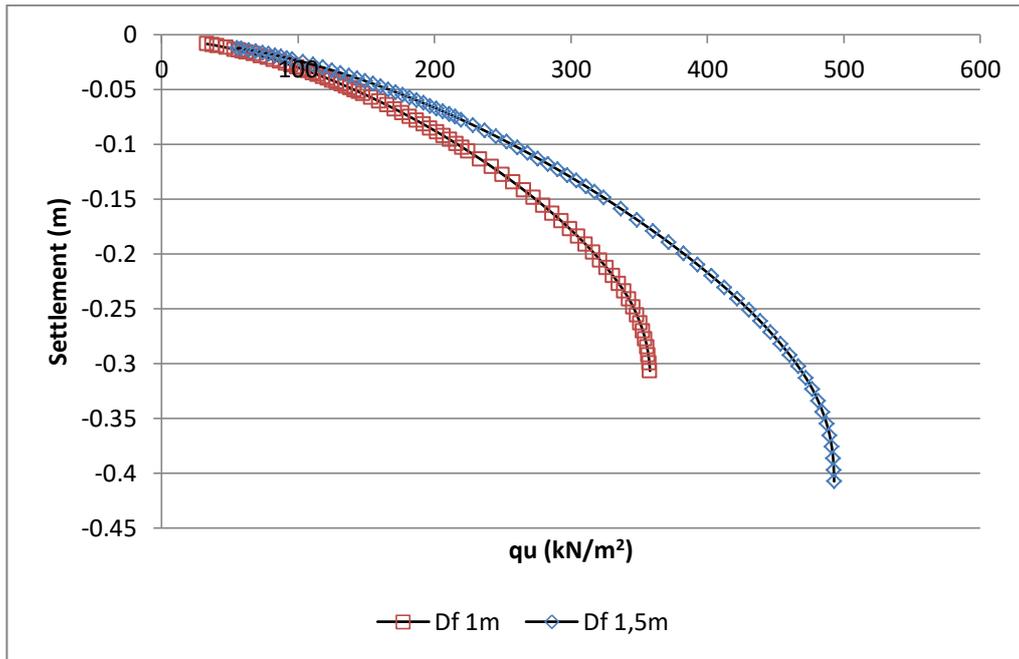
Gambar 9. Grafik perbandingan pengaruh variasi nilai sudut geser pada fondasi persegi panjang dengan kedalaman 1,5 m

Perbandingan daya dukung batas terhadap kedalaman fondasi

Berdasarkan hasil analisis perbandingan nilai daya dukung *ultimate* dengan variasi nilai kedalaman fondasi, maka dapat disimpulkan bahwa semakin dalam sebuah fondasi, Semakin besar pula nilai daya dukung *ultimate* dan penurunan elastisnya. Hal ini dapat dilihat pada gambar 10 dan 11.



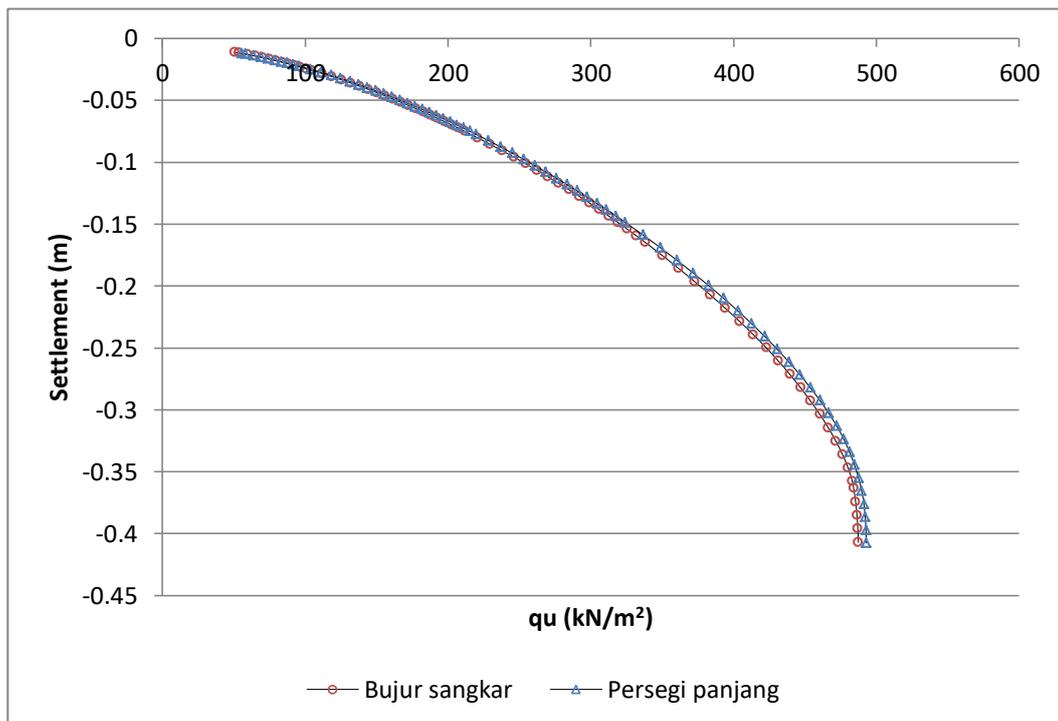
Gambar 10. Grafik perbandingan pengaruh variasi kedalaman pada fondasi bujur sangkar



Gambar 11. Grafik perbandingan pengaruh variasi kedalaman pada fondasi persegi panjang

Perbandingan daya dukung batas terhadap bentuk tapak fondasi

Berdasarkan hasil analisis perbandingan nilai daya dukung *ultimate* terhadap bentuk tapak fondasi dengan luas yang sama, dapat disimpulkan bahwa nilai daya dukung *ultimate* dan besar penurunan elastis yang dihasilkan tidak berbeda jauh atau hampir sama. Bentuk tapak fondasi dengan luas yang sama tidak menyebabkan perbedaan yang besar. Hal ini dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik perbandingan pengaruh bentuk tapak fondasi

Perbandingan penurunan elastis ditinjau pada tepi dan tengah fondasi

Berdasarkan hasil analisis perbandingan penurunan elastis pada tepi dan tengah fondasi, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat kecil dengan persentase perbedaan kurang dari 1%. Hal ini dapat dilihat pada tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Perbandingan penurunan elastis ditinjau pada tepi dan tengah fondasi pada fondasi bujur sangkar

Jenis tapak	Sudut geser (°)	Df (m)	Penurunan elastis (m)		Perbedaan (%)
			Tepi	Tengah	
Fondasi bujur sangkar (100x100)	20	1	-0,23334	-0,23465	0,55869
	25	1	-0,36904	-0,37091	0,50435
	30	1	-0,52963	-0,53151	0,35344
	20	1,5	-0,40703	-0,40822	0,29201
	25	1,5	-0,52924	-0,53066	0,26655
	30	1,5	-0,75872	-0,76094	0,29129

Tabel 7. Perbandingan penurunan elastis ditinjau pada tepi dan tengah fondasi pada fondasi persegi panjang

Jenis tapak	Sudut geser (°)	Df (m)	Penurunan elastis (m)		Perbedaan (%)
			Tepi	Tengah	
Fondasi persegi panjang (125x80)	20	1	-0,30663	-0,30792	0,41875
	25	1	-0,41080	-0,41253	0,41841
	30	1	-0,64666	-0,65070	0,62209
	20	1,5	-0,40751	-0,40762	0,02701
	25	1,5	-0,54187	-0,54210	0,04293
	30	1,5	-0,77020	-0,77014	0,00873

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan kajian teknis, analisis, dan pembahasan variasi nilai sudut geser dan kedalaman fondasi dapat disimpulkan bahwa:

1. Perbandingan hasil perhitungan daya dukung *ultimate* secara manual dengan program memperoleh persentase perbedaan yang berkisar antara 0,06 – 41,09 % dengan persentase perbedaan terbesar oleh metode Terzaghi dengan kedalaman fondasi 1,5 meter dengan nilai sudut geser 20° dan beban sebesar 301,64 kN/m². Nilai dari daya dukung *ultimate* yang dihasilkan oleh program selalu lebih besar dibandingkan nilai daya dukung *ultimate* dengan perhitungan manual yang mungkin disebabkan oleh metode pendekatan analisis yang berbeda.
2. Berdasarkan hasil analisis perbandingan daya dukung *ultimate* terhadap variasi nilai sudut geser pada fondasi bujur sangkar dan persegi panjang pada kedalaman 1m dan 1,5m, Semakin besar nilai sudut geser maka semakin besar pula nilai dari daya dukung *ultimate* dan penurunan elastisnya. Selain itu dapat disimpulkan juga bahwa semakin besar nilai sudut geser, maka semakin kecil nilai dari persentase perbedaan antara perhitungan manual dengan program.
3. Berdasarkan hasil analisis perbandingan nilai daya dukung *ultimate* dengan variasi nilai kedalaman fondasi bujur sangkar dan persegi panjang pada sudut geser 20°, 25° dan 30°, Maka dapat disimpulkan bahwa semakin dalam sebuah fondasi, Semakin besar pula nilai daya dukung *ultimate* dan penurunan elastisnya.

4. Perbandingan nilai daya dukung *ultimate* terhadap bentuk tapak fondasi pada program dan manual memperoleh daya dukung fondasi berbentuk persegi panjang lebih besar dibandingkan bujur sangkar dengan persentase perbedaan pada metode Meyerhof yang berkisar 9 – 14% dan 1 – 5% pada program. Maka dapat disimpulkan bahwa bentuk tapak fondasi dengan luas yang sama tidak menyebabkan perbedaan yang besar.
5. Berdasarkan hasil analisis perbandingan penurunan elastis pada tepi dan tengah fondasi pada program, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat kecil dengan persentase perbedaan kurang dari 1% dikarenakan fondasi bersifat kaku.

Saran

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran untuk melengkapi kekurangan-kekurangan yang ada, antara lain:

1. Melakukan analisis dengan program lain untuk membandingkan dan melengkapi kekurangan-kekurangan yang ada pada program berbasis metode elemen hingga.
2. Melakukan survey di lapangan dan membandingkannya supaya data yang didapat menjadi lebih akurat.
3. Perlu dilakukannya uji laboratorium agar didapat parameter dan karakteristik tanah yang lebih akurat.
4. Perlu dipelajari lebih dalam mengenai program berbasis metode elemen hingga yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. *Analisis dan Desain Fondasi jilid 1 edisi keempat*. Jakarta: Erlangga, 1992.
- Budhu, Muni. *Soil Mechanics and Foundation (Third Edition)*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- Conduto, Donald P. *Foundation Design Principles and Practices second edition*. New Jersey: Prentice-Hall. inc., 2001.
- Das, Braja M. *Fundamentals of Geotechnical Engineering third edition*. Spain: Chris Carson, 2007.
- Desai, Chandrakant S. dan John T. Christian. *Numerical Methods in Geotechnical Engineering*. New York: McGraw-Hill, 1977.
- Felenius, Bengt H. *Basic of foundation design*. Canada: Rothesay Avenue Sidney, 2014.
- Hardiyatmo, Hary C. *Teknik fondasi 1*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 1996.
- Badan Standardisasi Nasional. *Standar Nasional Indonesia 8460:2017 tentang perancangan geoteknik*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2017.

