

Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal Tipe Menerus Pengaruh Kedalaman Tanah Keras

FAUZI, LUTFY AHMAD¹, IKHYA²

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional

²Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional

Email: lutfyahmadfauzi@yahoo.com

ABSTRAK

Pondasi dangkal hanya memerlukan kedalaman kurang dari lebarnya. Kapasitas daya dukung ialah kekuatan pondasi untuk melayani beban di atasnya. Analisis menggunakan program PLAXIS 2D AE menghasilkan bahwa semakin lebar pondasi maka akan menaikkan kapasitas daya dukung. Kenaikan tersebut sebesar 159,4% yang terbesar pada $B=2m$ sebesar 1074,18 kN pada tanah jenis clay. Faktor kedalaman pondasi pun demikian, naiknya kapasitas daya dukung tersebut sebesar 68,24% yang terbesar pada $D_f=2m$ sebesar 3860,29 kN pada tanah jenis clay. Kapasitas daya dukung juga dipengaruhi oleh keberadaan muka air tanah yang bedanya sebesar 39,7%. Kedalaman tanah keras pun menaikkan kapasitas daya dukung, apabila kedalaman tanah kerasnya berjarak dekat dengan dasar pondasi. Naiknya kapasitas daya dukung tersebut ditinjau dari kedalaman $4B$ hingga $0,25B$ sebesar 40,77% yang terbesar pada kedalaman $0,25B$ pada jenis tanah silty sand 19667,59 kN dan 15641,26 kN untuk tanah jenis clay.

Kata kunci: pondasi dangkal, kapasitas daya dukung, muka air tanah, kedalaman tanah keras

ABSTRACT

Shallow foundations only requires a depth of less than the width. Bearing capacity is the strength of foundation to serve service load. Analysis using PLAXIS 2D AE which produce that wider foundation will increase bearing capacity. The increase is 159,4% which the highest on clay with $B=2m$ is 1074,18 kN. The depth of foundation is also increase bearing capacity. The increase is 68,24% which the highest bearing capacity on clay with $D_f=2m$ is 3860,29 kN. Bearing capacity is also affected by the ground water level. The difference is 39,7%. The depth of hard soil also increase bearing capacity, when the depth of the hard soil is closer to the base of foundation. The rise in the bearing capacity only be reviewed at depth $4B$ to $0,25B$ is 40,77% which the highest bearing capacity on $0,25B$ depth of hard soil for silty sand is 19667,59 kN and 15641.26 kN for clay.

Keywords: shallow foundation, bearing capacity, fully saturated soil, the bearing capacity, the depth of hard soil

1. PENDAHULUAN

Pondasi adalah bagian terbawah dari suatu struktur bangunan yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur bangunan di atasnya ke lapisan tanah pendukung. Pada struktur bangunan, beban yang terjadi baik yang disebabkan oleh berat sendiri ataupun akibat beban rencana harus disalurkan ke dalam suatu lapisan pendukung, dalam hal ini adalah tanah yang berada dibawah struktur bangunan tersebut.

Banyak faktor dalam pemilihan jenis pondasi, faktor tersebut antara lain beban yang direncanakan bekerja, karakteristik tanah disekitar struktur bangunan serta faktor non-teknis seperti biaya konstruksi dan waktu konstruksi. Pemilihan jenis pondasi yang digunakan sangat berpengaruh terhadap stabilitas struktur yang berada diatas pondasi tersebut. Jenis pondasi yang dipilih harus mampu menahan dan menjamin kedudukan struktur terhadap semua gaya yang bekerja. Selain itu, tanah pendukungnya harus mempunyai kapasitas daya dukung yang cukup untuk memikul beban yang bekerja sehingga tidak terjadi keruntuhan atau kegagalan struktur.

Terdapat dua klasifikasi pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal adalah pondasi yang tidak membutuhkan galian tanah terlalu dalam karena lapisan tanah pendukung sudah cukup keras dan beban yang diteruskan relatif tidak terlalu besar. Kekuatan pondasi dangkal terdapat pada luas alasnya atau luas bidang kontak terhadap lapisan tanah pendukungnya, karena pondasi ini berfungsi untuk meneruskan sekaligus meratakan beban yang diterima oleh tanah.

Kapasitas daya dukung dan mekanisme keruntuhan yang terjadi dibawah pondasi dangkal dipengaruhi oleh kedalaman tanah keras dan kondisi tanah. Berdasarkan pemaparan diatas, maka penulis menganalisis kapasitas daya dukung pondasi dangkal tipe menerus pengaruh kedalaman tanah keras yang dimodelkan dengan program PLAXIS 2D AE.

Pada penelitian ini dilakukan analisis kapasitas daya dukung pondasi dangkal dengan variasi lebar dan kedalaman pondasi dengan mempertimbangkan keberadaan muka air tanah pada tanah jenis *silty sand* dan *clay* satu lapis tanah dengan variasi kedalaman tanah keras serta beban yang diperhitungkan hanya beban *axial*.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari faktor muka air tanah, dimensi pondasi dangkal dan kedalaman tanah keras yang dapat mempengaruhi kapasitas daya dukung pondasi dangkal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal Terzaghi

Pondasi dangkal digunakan apabila letak tanah kerasnya berada dekat dengan permukaan tanah dan tidak terlalu dalam yakni kedalaman pondasi kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$). Kapasitas daya dukung pondasi dangkal ialah kemampuan tanah dibawah pondasi menahan beban yang diteruskan oleh pondasi dangkal.

Besarnya kapasitas daya dukung direpresentasikan atas tiga bagian yang masing-masing bagian berhubungan dengan bagian dari mekanisme keruntuhan. Bagian pertama berasal dari kekuatan kohesi tanah, bagian kedua berasal dari berat tanah diatas dasar pondasi dangkal dan bagian ketiga berasal dari berat tanah dibawah dasar pondasi dangkal.

Teori daya dukung persamaan Terzaghi telah sangat luas digunakan, karena persamaan yang dikemukakan oleh Terzaghi merupakan usulan yang pertama dan cukup konservatif, sehingga didapatkan sebuah sejarah pemakaian yang berhasil. Analisis kapasitas daya dukung pondasi dangkal menurut Terzaghi adalah sebagai berikut:

$$q_u = c N_c + q N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots (2.1)$$

$$q_u = \gamma D_f \dots\dots\dots (2.2)$$

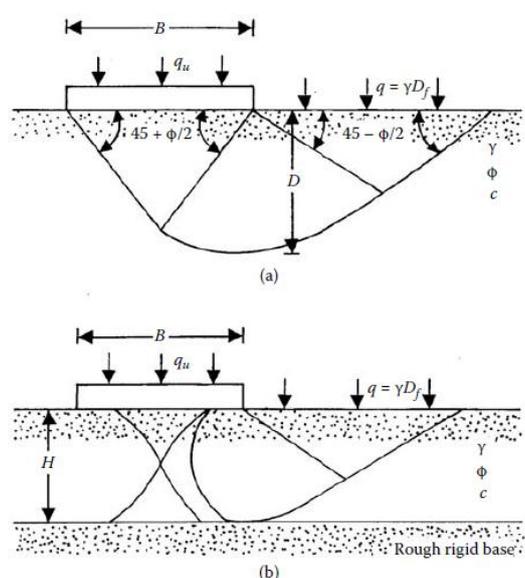
- Keterangan :
- q_u : Daya dukung ultimit pondasi
 - c : Kohesi tanah
 - γ : Berat volume tanah
 - q : Tekanan tanah urugan
 - D_f : Kedalaman pondasi
 - B : Lebar atau diameter pondasi
 - N_c : Faktor daya dukung tanah terhadap kohesi tanah
 - N_q : Faktor daya dukung tanah terhadap tekanan tanah
 - N_γ : Faktor daya dukung tanah terhadap berat jenis tanah

2.2 Pengaruh Kedalaman Tanah Teras pada Pondasi Dangkal

Tanah keras yang berada pada sebuah kedalaman $H < D$ tepat dibawah pondasi dangkal akan membatasi seluruh pergerakan bidang keruntuhan tanah dibawah pondasi dangkal. Dalam kasus ini, bidang keruntuhan tanah tanpa adanya pengaruh tanah keras dan dengan adanya pengaruh tanah keras pada pembebanan yang maksimum dapat dilihat pada gambar **Gambar 2**. Mandel dan Salencon menetapkan daya dukung pada kasus ini dengan pendekatan integrasi numerik menggunakan teori plastisitas. Terkait teori Mandel dan Salencon, pada kasus ini daya dukung pondasi dangkal dapat dihitung dengan persamaan berikut:

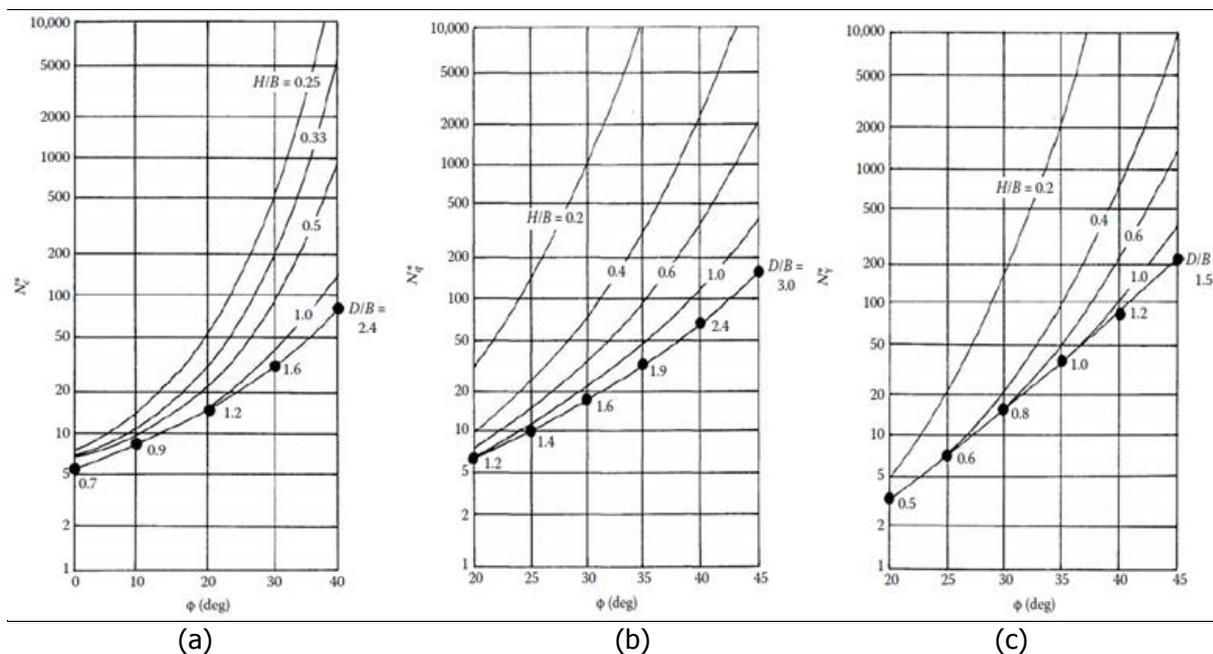
$$q_u = c N_c^* + q N_q^* + 0,5 \gamma B N_\gamma^* \dots\dots\dots (2.3)$$

- Keterangan :
- N_c^* : Faktor daya dukung tanah terhadap kohesi tanah termodifikasi
 - N_q^* : Faktor daya dukung tanah terhadap tekanan tanah termodifikasi
 - N_γ^* : Faktor daya dukung tanah terhadap berat jenis tanah termodifikasi



Gambar 1. Bidang keruntuhan tanah dibawah pondasi dangkal: (a) tanpa ada pengaruh tanah keras; (b) ada pengaruh tanah keras.

Perlu diperhatikan bahwa unttuk $H \geq D$, $N_c^* = N_c$, $N_q^* = N_q$, $N_{\gamma}^* = N_{\gamma}$. Besarnya N_c^* , N_q^* dan N_{γ}^* dengan H/B dan sudut geser tanah ϕ dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Faktor daya dukung tanah Mandel dan Salencon (a) terhadap kohesi tanah termodifikasi (N_c^*), (b) terhadap tekanan tanah termodifikasi (N_q^*) dan (c) terhadap berat jenis tanah termodifikasi (N_{γ}^*).

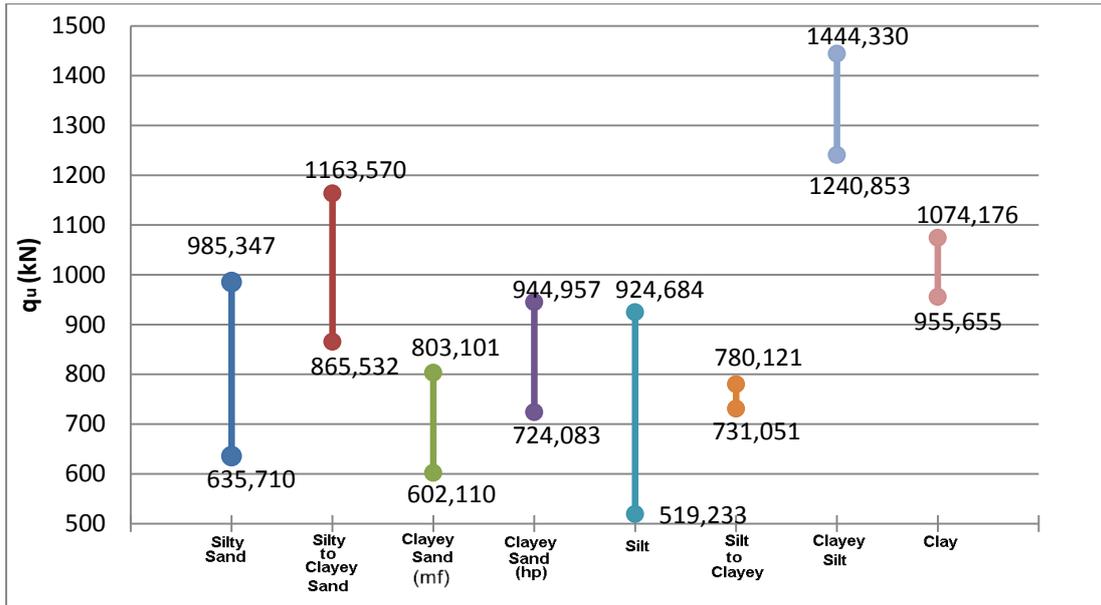
3. PEMBAHASAN HASIL ANALISIS

Jenis tanah yang digunakan digunakan diambil dari parameter nilai rata-rata delapan jenis tanah (kategori USCS) yang diadopsi oleh Krahenbuhl dan Wagner. Jenis-jenis tanah tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1**. Grafik bedanya nilai kapasitas daya dukung dari masing-masing jenis tanah tersebut baik pada saat ada muka air tanah yaitu muka air tanah berada tepat di permukaan tanah juga pada saat tidak ada muka air tanah yang dapat dilihat pada **Gambar 3**, sehingga didapat nilai kapasitas daya dukung ultimit dari semua jenis tanah yang memiliki perbedaan terkait muka air tanah.

Tabel 1. Parameter tanah dari masing-masing nilai rata-rata delapan jenis tanah (kategori USCS) yang diadopsi oleh Krahenbuhl dan Wagner

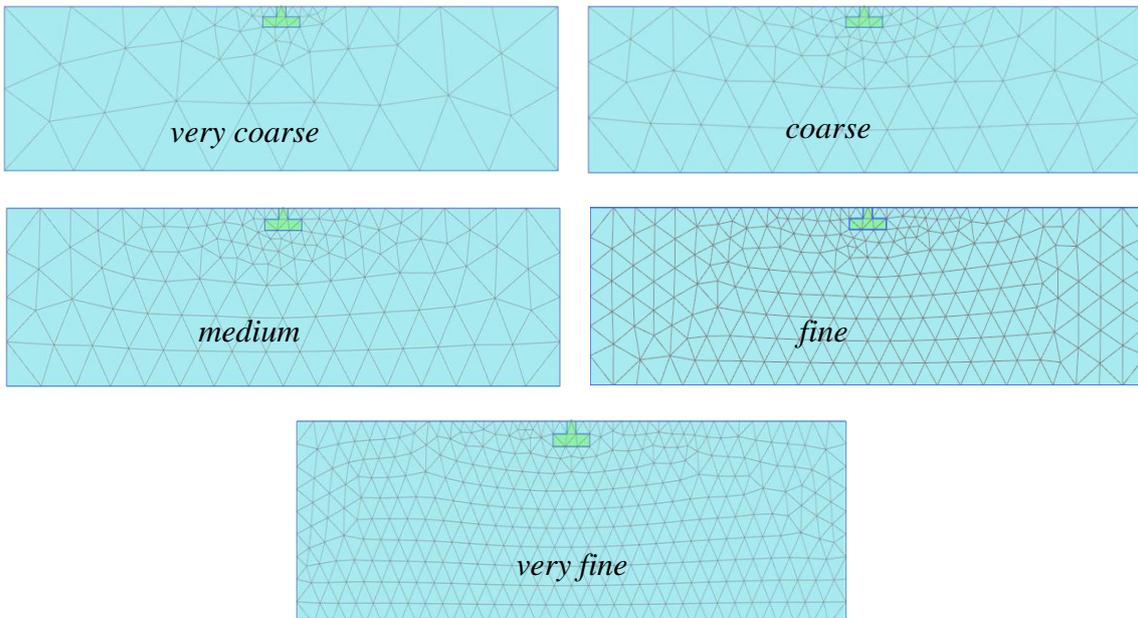
Jenis Tanah	γ kN/m ³	E kPa	c kN/m ²	ϕ °	ν
Silty sand, many fines (SM-ML)	20	11000	0	34	0,3
Silty to clayey sand (SM-SC)	21	11000	5	31	0,3
Clayey sand, many fines (SC-CH)	20,5	11000	5	28	0,3
Clayey sand, with high plastic fines (SC-CH)	18,5	11000	10	27	0,3
Silt (ML)	19	8500	0	33	0,325
Silt to clayey soil (CL-ML)	21	8500	30	15	0,325
Clayey silt (CL)	20	8500	20	27	0,325
Clay (CH)	17,5	8500	25	22	0,325

Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal Tipe Menerus Pengaruh Kedalaman Tanah Keras



Gambar 3. Grafik beda nilai kapasitas daya dukung ultimit delapan jenis tanah kategori UCS berdasarkan keberadaan muka air tanah

Jaring-jaring elemen tanah pada pemodelan pondasi dangkal sangat berpengaruh terhadap hasil analisis. Tingkat ketelitian dan akurasi kalkulasi pada suatu pemodelan tergantung jenis *mesh* yang ditetapkan, semakin rapat *mesh*-nya semakin teliti dan akurat kalkulasi analisis suatu pemodelannya dengan konsekuensi waktu kalkulasi yang relatif lebih lama. Pada PLAXIS 2D AE terdapat lima jenis *mesh* yang biasa digunakan yaitu *very coarse*, *coarse*, *medium*, *fine* dan *very fine* dapat dilihat pada **Gambar 4**.

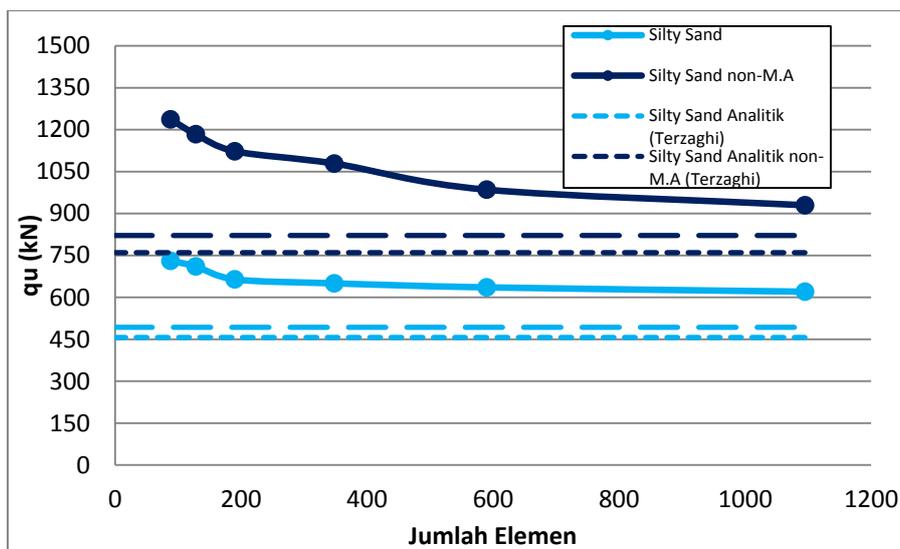


Gambar 4. Tampilan jaring-jaring elemen tanah berdasarkan jenis-jenis *mesh*

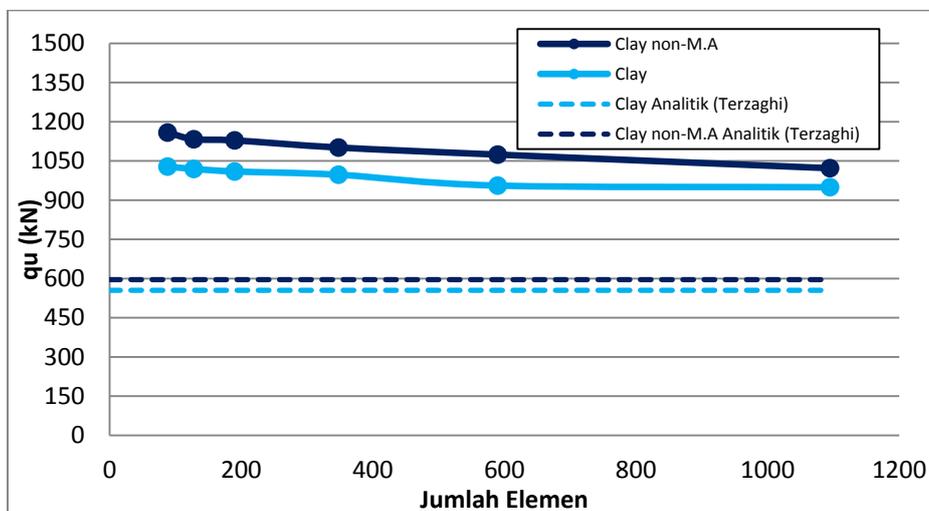
Perbedaan jenis mesh yang dipilih pada suatu pemodelan berpengaruh terhadap jumlah elemen tanah yang terbagi juga pada hasil akhir kalkulasi kapasitas daya dukung. Jumlah elemen tersebut dan perbedaan nilai tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2** dan dalam bentuk grafik pada **Gambar 5** untuk tanah jenis *silty sand* dan **Gambar 6** untuk tanah jenis *clay*.

Tabel 2. Beda nilai kapasitas daya dukung ultimit pada tanah jenis *silty sand* maupun *clay* pengaruh keberadaan muka air tanah pada setiap jenis *mesh*

Jenis Mesh	Jumlah Elemen	<i>Silty Sand</i>		<i>Clay</i>	
		M.A	non-M.A	M.A	non-M.A
very coarse	88	730,9418	1237,014	1028,438	1158,662
coarse	128	710,9088	1184,157	1019,413	1133,189
medium	190	664,3452	1122,935	1009,638	1128,657
fine	348	650,1209	1078,889	997,2341	1101,331
very fine	590	635,7101	985,3474	955,655	1074,176



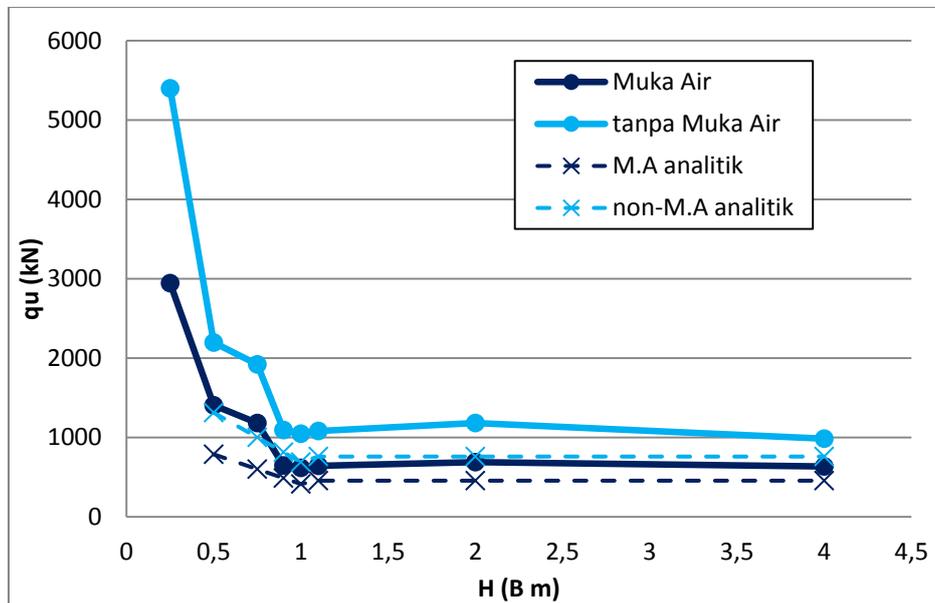
Gambar 5. Grafik beda nilai kapasitas daya dukung dengan pengaruh keberadaan muka air tanah berdasarkan perbedaan jenis *mesh* pada tanah jenis *silty sand*



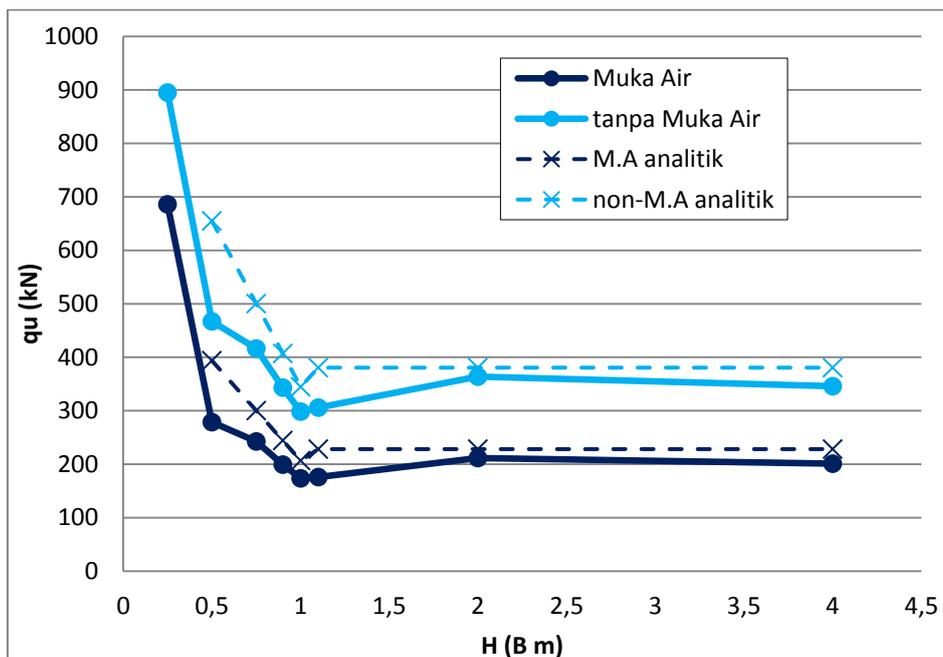
Gambar 6. Grafik beda nilai kapasitas daya dukung dengan pengaruh keberadaan muka air tanah berdasarkan perbedaan jenis *mesh* pada tanah jenis *clay*

Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal Tipe Menerus Pengaruh Kedalaman Tanah Keras

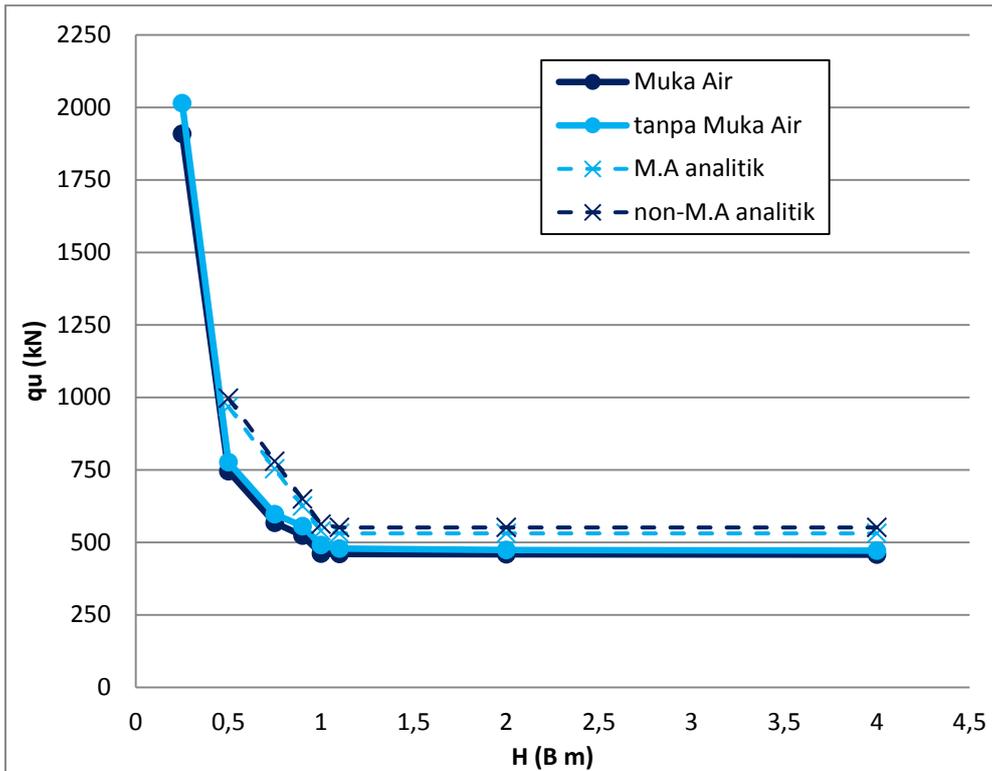
Analisis kapasitas daya dukung pondasi dangkal yang dilakukan terhadap pengaruh kedalaman tanah keras dengan lebar pondasi dangkal divariasikan juga dengan pengaruh keberadaan muka air tanah, memberikan hasil bahwa semakin dekat jarak kedalaman tanah keras dengan dasar pondasi dangkal dan jika semakin lebar pondasi dangkal maka akan semakin tinggi pula nilai kapasitas daya dukungnya. Jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8** untuk tanah jenis *silty sand*, **Gambar 9** dan **Gambar 10** untuk tanah jenis *clay*.



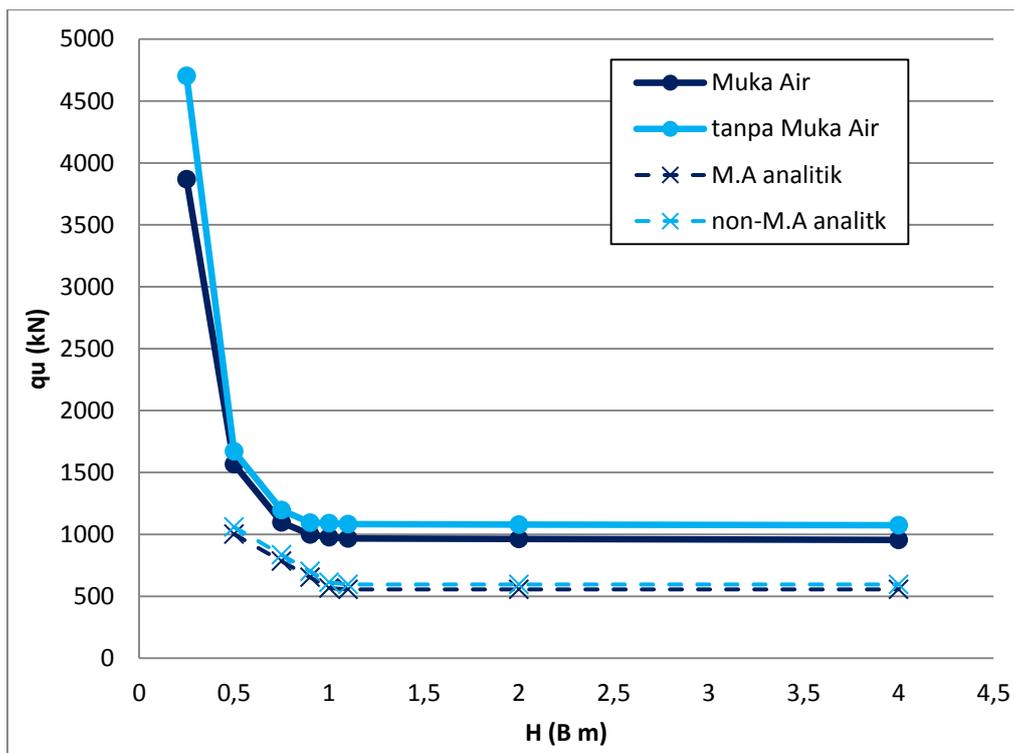
Gambar 7. Beda nilai kapasitas daya dukung ultimit berdasarkan metode analisis dengan variasi kedalaman tanah keras pada $D_f = 0$ m; $B = 2$ m dan adanya pengaruh keberadaan muka air tanah pada jenis tanah *silty sand*



Gambar 8. Beda nilai kapasitas daya dukung ultimit berdasarkan metode analisis dengan variasi kedalaman tanah keras pada $D_f = 0$ m; $B = 1$ m dan adanya pengaruh keberadaan muka air tanah pada jenis tanah *silty sand*



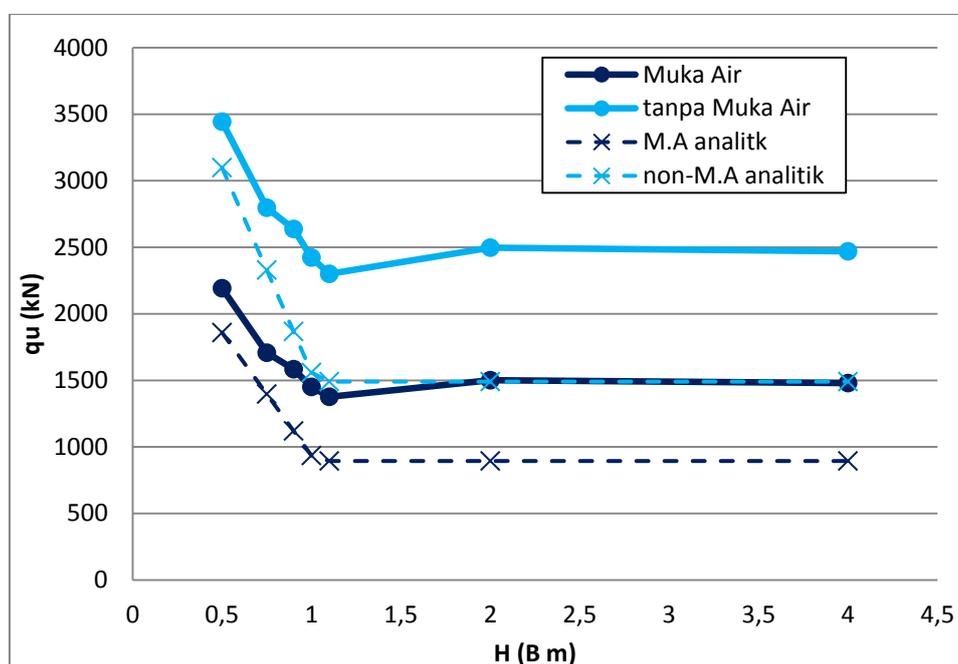
Gambar 9. Beda nilai kapasitas daya dukung ultimit berdasarkan metode analisis dengan variasi kedalaman tanah keras pada $D_f = 0$ m; $B = 2$ m dan adanya pengaruh keberadaan muka air tanah pada jenis tanah *clay*



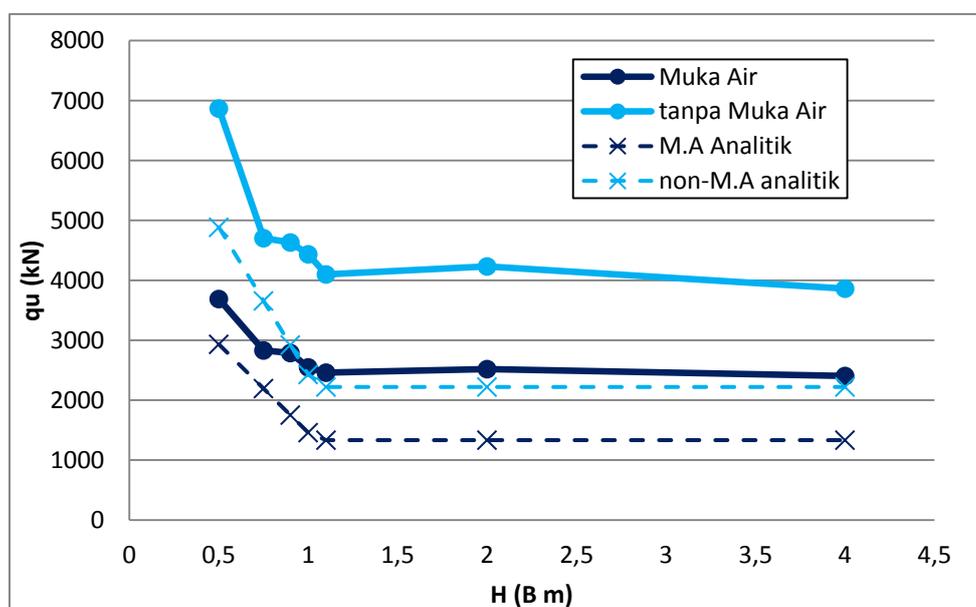
Gambar 10. Beda nilai kapasitas daya dukung ultimit berdasarkan metode analisis dengan variasi kedalaman tanah keras pada $D_f = 0$ m; $B = 1$ m dan adanya pengaruh keberadaan muka air tanah pada jenis tanah *clay*

Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal
Tipe Menerus Pengaruh Kedalaman Tanah Keras

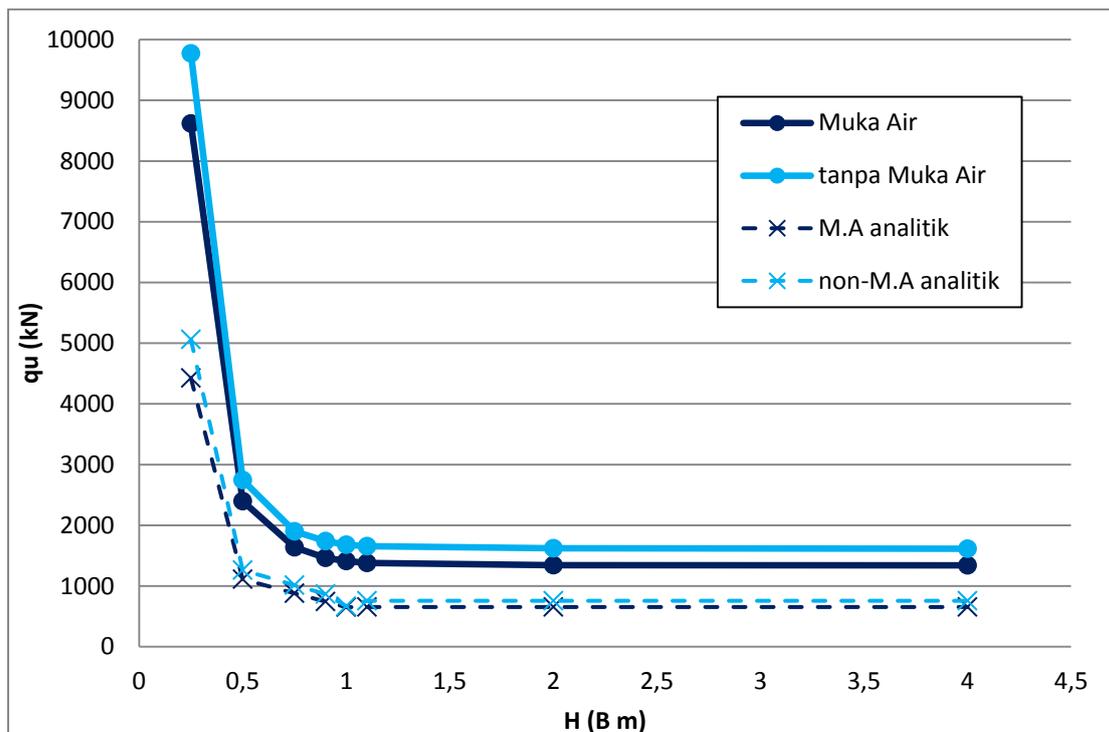
Analisis kapasitas daya dukung pondasi dangkal yang dilakukan terhadap pengaruh kedalaman tanah keras dengan kedalaman pondasi dangkal divariasikan juga dengan pengaruh keberadaan muka air tanah, memberikan hasil bahwa semakin dekat jarak kedalaman tanah keras dengan dasar pondasi dangkal dan jika semakin dalam kedalaman pondasi dangkal maka akan semakin tinggi pula nilai kapasitas daya dukungnya. Jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 11** dan **Gambar 12** untuk tanah jenis *silty sand*, **Gambar 13** dan **Gambar 14** untuk tanah jenis *clay*.



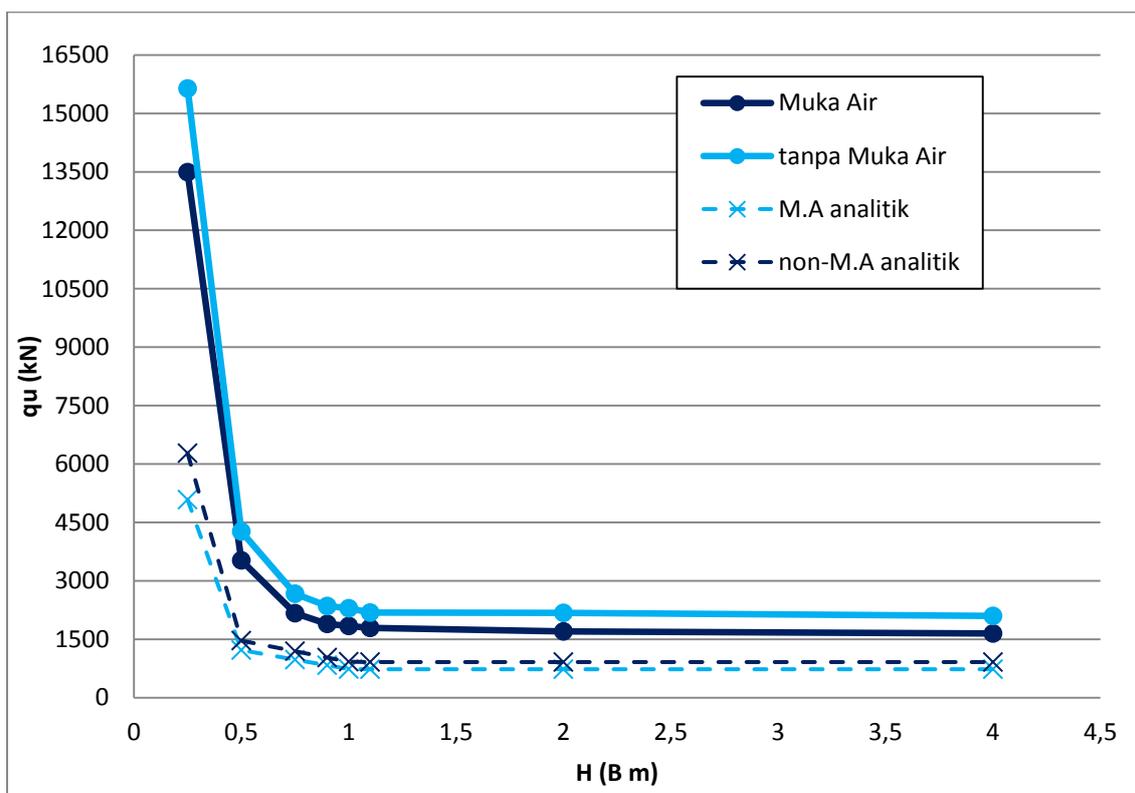
Gambar 11. Beda nilai kapasitas daya dukung ultimit berdasarkan metode analisis dengan variasi kedalaman tanah keras pada $B = 2 \text{ m}$; $D_f = 1 \text{ m}$; dan adanya pengaruh keberadaan muka air tanah pada jenis tanah *silty sand*



Gambar 12. Beda nilai kapasitas daya dukung ultimit berdasarkan metode analisis dengan variasi kedalaman tanah keras pada $B = 2 \text{ m}$; $D_f = 2 \text{ m}$; dan adanya pengaruh keberadaan muka air tanah pada jenis tanah *silty sand*



Gambar 13. Beda nilai kapasitas daya dukung ultimit berdasarkan metode analisis dengan variasi kedalaman tanah keras pada $B = 2 \text{ m}$; $D_f = 1 \text{ m}$; dan adanya pengaruh keberadaan muka air tanah pada jenis tanah *clay*



Gambar 14. Beda nilai kapasitas daya dukung ultimit berdasarkan metode analisis dengan variasi kedalaman tanah keras pada $B = 2 \text{ m}$; $D_f = 2 \text{ m}$; dan adanya pengaruh keberadaan muka air tanah pada jenis tanah *clay*

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis dengan pemodelan menggunakan program PLAXIS 2D AE dapat disimpulkan bahwa kedalaman muka air tanah mempengaruhi nilai kapasitas daya dukung pondasi dangkal. Kedalaman (D_f) dan lebar (B) pondasi dangkal dapat mempengaruhi kapasitas daya dukung, semakin besar nilai kedalaman dan lebarnya sejauh nilai kedalaman pondasi dangkal tidak lebih besar dari lebarnya, maka akan memperbesar nilai kapasitas daya dukung. Adanya muka air tanah memberikan nilai kapasitas daya dukung yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai kapasitas daya dukung saat tidak ada muka air tanah. Kedalaman tanah keras mempengaruhi nilai kapasitas daya dukung pondasi dangkal, semakin dekat jarak antara dasar pondasi dangkal dengan tanah keras atau semakin dangkalnya kedalaman tanah keras maka akan menaikkan nilai kapasitas daya dukungnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Bowles, J. E. (1984). Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah.
- Bowles, J. E. (1984). Foundation Analysis and Design.
- Das, B. M. (1984). Principles of Foundation Engineering.
- Das, B. M. (1990). Shallow Foundations Bearing Capacity and Settlement.
- Hansen, J. B. (1970) A Revised and Expanded Formula for Bearing Capacity. Copenhagen, Denmark.
- Krahenbuhl, J. dan Wagner, A. (1983). Survey, Design and Construction of Trail Suspension Bridges for Remote Areas, SKAT. Swiss Center for Appropriate Technology, St. Gallen.
- Lim, A. (2013). Kajian Daya Dukung Pondasi Menerus Terhadap Jarak Antar Pondasi Dan Kondisi Tanah Yang Berlapis. Bandung
- Nurchayana, A. (2015). Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Jenuh Sebagian. Bandung.
- PLAXIS. (2014). PLAXIS 2D Reference Manual Anniversary Edition. PLAXIS B.V. Netherland.
- PLAXIS. (2014). PLAXIS 2D Tutorial Manual Anniversary Edition. PLAXIS B.V. Netherland.
- Purwana, Y. M. dan Setiawan, W. P. A. (2008). Metode Keseimbangan Batas Vs Metode Elemen Hingga Untuk Analisis Pondasi Dangkal Menerus Pada Tanah Kohesif. Solo.
- Shill, S. K. dan Hoque, M. (2015). Comparison of Bearing Capacity Calculation Methods in Designing Shallow Foundations. Gazipur, Bangladesh
- Tiwari, R. C. (2013). High-Order FEM Formulation for 3-D Slope Instability.
- Utami, G. S. dan Damayanti, D. A. (2013). Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Daya Dukung Tanah Di Bawah Pondasi Dangkal. Surabaya
- Vesic, A. S. (1973). Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations.