

APLIKASI DAYA DUKUNG TANAH PONDASI DANGKAL BERBASIS MIT APP INVENTOR (STUDI KASUS RUKO JALAN SRIWIJAYA, WISMA MUGASARI, DAN GEDUNG DEMAK)

Arafah Salsabila^{1*}, Patricia Bella Oktadhiansari², Daniel Hartanto³

^{1,2} Teknik Sipil, Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata
Jalan Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur, Kota Semarang, Jawa Tengah
Email: daniel@unika.ac.id³

Abstrak

Perencanaan pondasi membutuhkan perhitungan yang cukup rumit dan cukup lama jika dilakukan secara manual, maka dari itu penulisan ini bertujuan untuk membuat sebuah program aplikasi perhitungan pondasi dangkal berbasis android yang akan memudahkan seorang engineer untuk mengetahui kekuatan pondasi yang akan dibangunnya. Program aplikasi ini menggunakan 3 jenis metode perhitungan pada pondasi dangkal. Untuk perhitungan berdasarkan data hasil Cone Penetration Test (CPT) menggunakan metode Schmertmann. Pada perhitungan berdasarkan data hasil Standard Penetration Test (SPT) menggunakan metode Meyerhof, sedangkan berdasarkan data hasil uji laboratorium menggunakan metode Terzaghi. Aplikasi ini dapat dijalankan dengan memasukkan input data yaitu data penyelidikan tanah pada masing-masing metode dan data rencana pondasi. Melalui pemodelan didapatkan selisih antara nilai hasil perhitungan manual dan program menggunakan data CPT adalah 0,0033, sedangkan menggunakan data SPT adalah 0,0038 serta perhitungan menggunakan data uji laboratorium 0,023. Persentase antara nilai hasil perhitungan manual dan program menggunakan data CPT adalah 0,04903%, sedangkan yang menggunakan data SPT adalah 0,064% serta yang menggunakan data uji laboratorium adalah 0,556%. Perhitungan daya dukung tanah pondasi menggunakan program lebih efektif dan efisien dalam segi waktu dibandingkan dengan perhitungan secara manual.

Kata kunci: pondasi dangkal, daya dukung, aplikasi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pondasi atau struktur bawah merupakan salah satu bagian paling penting untuk mendukung keamanan dan kestabilan bangunan. Perencanaan pondasi memerlukan perhitungan analisis daya dukung tanah terhadap kondisi di lapangan dan di laboratorium. Perhitungan daya dukung tanah pondasi dangkal menggunakan manual akan membutuhkan pengetahuan yang cukup rumit terutama bagi orang yang belum berpengalaman. Seiring dengan perkembangan zaman para insinyur atau *engineer* dituntut untuk melakukan pekerjaan yang lebih cepat dan tepat. Pada era globalisasi sekarang ini gadget merupakan media penting untuk komunikasi dan media pembelajaran. Pembuatan aplikasi ini menggunakan Maka dari itu aplikasi ini dibuat menggunakan MIT APP Inventor agar program ini nantinya dapat diakses dengan mudah melalui gadget android yang dapat diunduh melalui google play store apk.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

- Bagaimana melakukan perhitungan daya dukung tanah pondasi dangkal yang efektif dan efisien?
- Berapa persentase selisih antara perhitungan manual dengan perhitungan menggunakan aplikasi?

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

- Menentukan cara perhitungan daya dukung tanah pondasi dangkal selain manual yang efektif dan efisien.
- Membuat aplikasi perhitungan daya dukung tanah pondasi dangkal yang dapat diakses oleh pengguna *smartphone* android.
- Mengetahui besar persentase selisih antara perhitungan manual dengan perhitungan aplikasi.

- (d). Menghemat waktu dan meminimalisir kesalahan perhitungan dalam menentukan perencanaan daya dukung tanah pondasi dangkal.
- (e). Mempermudah seseorang melalui *smartphone* berbasis android untuk dapat mengetahui daya dukung tanah pondasi dangkal.

Batasan Penelitian

Batasan penelitian untuk membatasi ruang lingkup pembahasan yaitu:

- 1) Hasil aplikasi program hanya sampai menentukan daya dukung ijin (q_a) tanah pondasi dangkal.
- 2) Penyimpanan hasil data yang disimpan tidak dapat dibagikan ke pengguna lain.
- 3) Data hasil perhitungan yang tersimpan tidak dapat disunting atau *edit*.
- 4) Tabel data penyelidikan tanah hasil CPT yang muncul dalam aplikasi hanya dari kedalaman pondasi sampai lebar pondasi di bawah dasar pondasi, sedangkan untuk SPT dari permukaan tanah sampai kedalaman lebar pondasi di bawah dasar pondasi.
- 5) Perhitungan berdasarkan data hasil CPT dan SPT pada program tidak dipengaruhi muka air tanah.
- 6) Perhitungan berdasarkan data hasil uji laboratorium sampel tanah pada program hanya dapat menghitung untuk 1 lapisan tanah.
- 7) *Output* program antara lain:
 - (a). Data hasil CPT menggunakan metode Schmertmann dengan jenis pondasi menerus dan pondasi setempat berbentuk bujur sangkar.
 - (b). Data hasil SPT menggunakan metode Meyerhof dengan jenis pondasi menerus atau pondasi setempat, sedangkan jika menggunakan tabel dari Terzaghi dan Peck dengan jenis pondasi memanjang dan pondasi setempat bujur sangkar.
 - (c). Data hasil uji laboratorium sampel tanah dengan jenis pondasi menerus, pondasi setempat berbentuk empat persegi panjang, bujur sangkar, dan lingkaran.

TINJAUAN PUSTAKA

Uraian Umum

Pada zaman modern ini perhitungan daya dukung dapat dilakukan melalui sebuah aplikasi. Contoh beberapa *software* yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi perhitungan ini adalah *Microsoft Visual Basic 6*, *Android Studio*, *Eclipse*, *Adobe Flash*, dan lain-lain. Pada penelitian ini *software* yang akan kami gunakan yaitu MIT APP *Inventor* yang hasil program nantinya dapat diakses oleh siapa saja melalui *smartphone*.

Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983, standar daya dukung tanah dibagi menjadi:

- (a). Tanah keras, daya dukung lebih dari 5 kg/cm^2 .
- (b). Tanah sedang, daya dukung $2 - 5 \text{ kg/cm}^2$.
- (c). Tanah lunak, daya dukung $0,5 - 2 \text{ kg/cm}^2$.
- (d). Tanah sangat lunak, daya dukung $0 - 0,5 \text{ kg/cm}^2$.

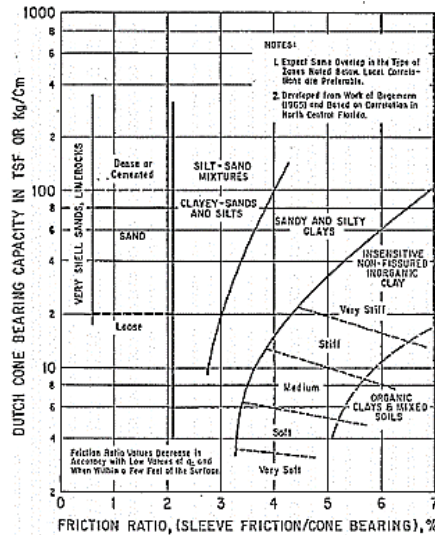
Jenis Pondasi Dangkal

Beberapa jenis pondasi dangkal antara lain:

- (a). Pondasi Menerus (*Continuous Foundation*)
- (b). Pondasi Telapak atau Setempat
- (c). Pondasi Rakit (*Mat Foundation*)
- (d). Pondasi Gabungan
- (e). [Pondasi Struktur Cangkang \(*Shell Foundation*\)](#).

Daya Dukung Berdasarkan Hasil *Cone Penetration Test* (CPT)

Penentuan klasifikasi tanah dengan menggunakan grafik hubungan antara q_c dan F_r dengan metode Schmertmann seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Grafik Klasifikasi Tanah dari Hubungan Nilai q_c dan F_r .

Menurut Schmertmann (1978), untuk tanah non kohesif seperti tanah pasir dan kerikil daya dukung tanah dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Pondasi lajur atau menerus,

$$q_u = 28 - 0,0052 (300 - q_c)^{1,5} \quad (\text{kg/cm}^2)$$
2. Pondasi telapak bujur sangkar,

$$q_u = 48 - 0,009 (300 - q_c)^{1,5} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Untuk tanah kohesif seperti tanah lempung dan lanau, yaitu sebagai berikut :

1. Pondasi lajur atau menerus,

$$q_u = 2 + 0,28 q_c \quad (\text{kg/cm}^2)$$
2. Pondasi telapak bujur sangkar,

$$q_u = 5 + 0,34 q_c \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Daya Dukung Berdasarkan Hasil *Standard Penetration Test* (SPT)

Berikut rumus yang digunakan Meyerhof dalam menghitung daya dukung ijin yang dikaitkan dengan nilai SPT untuk pondasi setempat dan menerus:

1. Dengan lebar $B \leq 1,2$ m,

$$q_a = 1,22 N \quad (\text{t/m}^2)$$
2. Dengan lebar $B > 1,2$ m,

$$q_a = 0,54 N \left(\frac{B+0,3}{B} \right)^2 \quad (\text{t/m}^2)$$

Klasifikasi tanah lempung menggunakan tabel dari Terzaghi dan Peck (1948) yaitu:

Tabel 1. Kapasitas Daya Dukung Tanah Lempung

Konsistensi	N_{SPT}	Kapasitas Dukung Ijin (kN/m^2)	
		Bujur Sangkar	Memanjang
Sangat lunak	0 – 2	0 – 30	0 – 22
Lunak	2 – 4	30 – 60	22 – 45
Sedang	4 – 8	60 – 120	45 – 90
Kaku	8 – 15	120 – 240	90 – 180
Sangat kaku	15 – 30	240 – 480	180 – 360
Keras	>30	>480	>360

Daya Dukung Berdasarkan Hasil Uji Laboratorium Sampel Tanah

Menurut Terzaghi (1943), perhitungan daya dukung ultimit (q_u) dan daya dukung ultimit netto (q_{un}) untuk pondasi dibagi berdasarkan tipe keruntuhan serta bentuk pondasi. Faktor-faktor N_c , N_q dan N_γ digunakan untuk keruntuhan geser umum, sedangkan N_c' , N_q' dan N_γ' dengan nilai ϕ diganti ϕ' . Persamaan perhitungan faktor daya dukung tanah pondasi antara lain:

$$N_q = \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right)}$$

$$N_c = \cot \phi (N_q - 1)$$

$$N_\gamma = \frac{2(N_q + 1) \tan \phi}{1 + 0,4 \sin(4\phi)}$$

Nilai faktor-faktor daya dukung tanah pondasi juga dapat diketahui melalui tabel berikut.

Tabel 2. Faktor Daya Dukung Tanah Pondasi

ϕ	Keruntuhan Geser Umum			Keruntuhan Geser Lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Persamaan perhitungan daya dukung ultimit dan daya dukung ultimit netto antara lain :

1. Tanah mengalami keruntuhan geser umum.
 - a. Pondasi memanjang

$$q_u = c N_c + p_o N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma$$

$$q_{un} = c N_c + p_o (N_q - 1) + 0,5 \gamma B N_\gamma$$
 - b. Pondasi setempat berbentuk empat persegi panjang

$$q_u = c N_c (1 + 0,3(B/L)) + p_o N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma (1 - 0,2(B/L))$$

$$q_{un} = c N_c (1 + 0,3(B/L)) + p_o (N_q - 1) + 0,5 \gamma B N_\gamma (1 - 0,2(B/L))$$
 - c. Pondasi setempat berbentuk bujur sangkar

$$q_u = 1,3 c N_c + p_o N_q + 0,4 \gamma B N_\gamma$$

$$q_{un} = 1,3 c N_c + p_o (N_q - 1) + 0,4 \gamma B N_\gamma$$
 - d. Pondasi setempat berbentuk lingkaran

$$q_u = 1,3 c N_c + p_o N_q + 0,3 \gamma B N_\gamma$$

$$q_{un} = 1,3 c N_c + p_o (N_q - 1) + 0,3 \gamma B N_\gamma$$
2. Tanah mengalami keruntuhan geser lokal.
 Nilai c diganti c' , dimana $c' = \frac{2}{3} c$
 - a. Pondasi memanjang

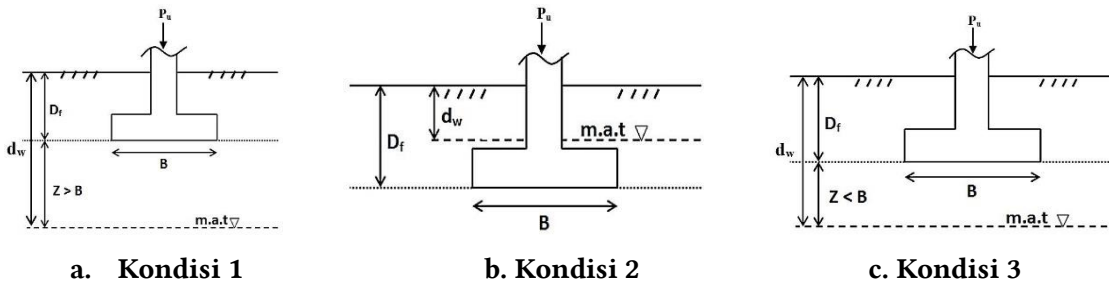
$$q_u = c' N_c' + p_o N_q' + 0,5 \gamma B N_\gamma'$$

$$q_{un} = c' N_c' + p_o (N_q' - 1) + 0,5 \gamma B N_\gamma'$$

- b. Pondasi setempat berbentuk empat persegi panjang
 $q_u = c' N_c' (1+0,3(B/L)) + p_o N_q' + 0,5 \gamma B N_{\gamma}' (1-0,2(B/L))$
 $q_{un} = c' N_c' (1+0,3(B/L)) + p_o (N_q'-1) + 0,5 \gamma B N_{\gamma}' (1-0,2(B/L))$
- c. Pondasi setempat berbentuk bujur sangkar
 $q_u = 1,3 c' N_c' + p_o N_q' + 0,4 \gamma B N_{\gamma}'$
 $q_{un} = 1,3 c' N_c' + p_o (N_q'-1) + 0,4 \gamma B N_{\gamma}'$
- d. Pondasi setempat berbentuk lingkaran
 $q_u = 1,3 c' N_c' + p_o N_q' + 0,3 \gamma B N_{\gamma}'$
 $q_{un} = 1,3 c' N_c' + p_o (N_q'-1) + 0,3 \gamma B N_{\gamma}'$

Nilai p_o merupakan nilai tekanan *overburden*, dimana $p_o = D_f \gamma$. Jika terdapat muka air tanah, maka akan dibagi menjadi 3 kondisi seperti yang ditunjukkan di bawah ini.

- Kondisi 1: $p_o = D_f \gamma_b$.
 Nilai γ pada suku persamaan ketiga menjadi γ_b . Berikut gambar pengaruh muka air tanah kondisi 1.
- Kondisi 2: $p_o = [\gamma' (D_f - d_w) + \gamma_b d_w]$.
 Nilai γ pada suku persamaan ketiga menjadi γ' dimana $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$.
 Berikut gambar pengaruh muka air tanah kondisi 2.
- Kondisi 3: $p_o = D_f \gamma$ dan nilai γ pada suku persamaan ketiga menjadi γ_r dimana, $\gamma_r = \gamma' + (z/B) (\gamma_b - \gamma')$.
 Berikut gambar pengaruh muka air tanah kondisi 3.



Gambar 2. Pengaruh Muka Air Tanah Pada Masing-Masing Kondisi.

MIT App Inventor

Terdapat beberapa kelebihan yang dimiliki MIT App Inventor ini antara lain:

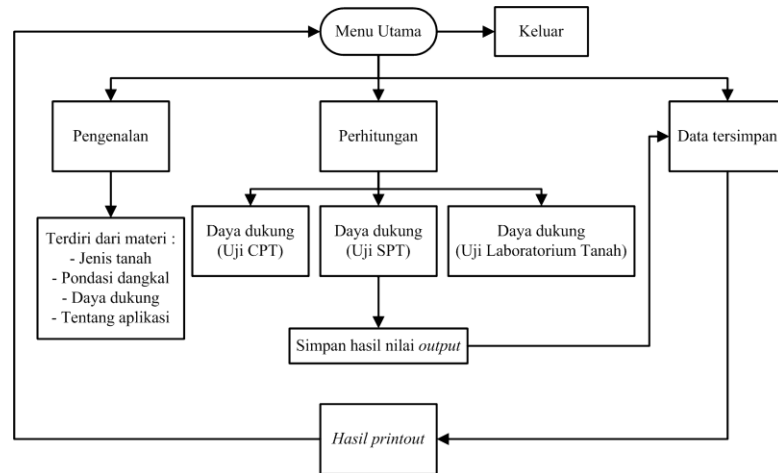
- Bahasa pemrograman berbasis blok visual yang disusun seperti *puzzle*.
- Pembuatan aplikasi hanya dengan cara mengakses website appinventor.mit.edu.
- Hasil aplikasi dapat diunduh dan dijalankan pada telepon pintar Android.

Kekurangan aplikasi antara lain:

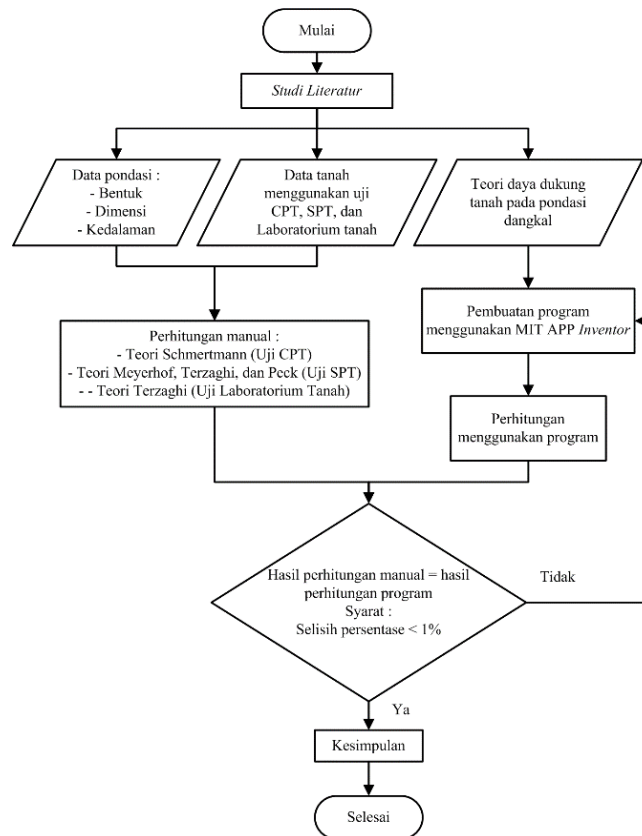
- Database* internal sehingga penyimpanan hanya dalam aplikasi saja.
- Pemodelan *interface* atau tampilan terlalu kaku sehingga sedikit rumit dalam mendesain tampilan.

METODE PEMODELAN

Metode pemodelan terdiri dari bagan Alir Studi dan Tahapan Proses Pembuatan Program. Berikut gambar bagan alir studi penelitian dan proses pembuatan program ini.



Gambar 3. Diagram Alir Program Utama.



Gambar 4. Bagan Alir Studi.

PEMODELAN DAN PEMBAHASAN

Pembuatan program pemodelan daya dukung pondasi dangkal dimulai dari data *input*, proses data dan *output* data. Terdapat 3 studi kasus yang telah dipilih, yaitu proyek Ruko Sriwijaya, Wisma Mugasari, dan Gedung Kantor Demak.

Perhitungan Menggunakan Data Uji CPT

Studi kasus yang diambil untuk pengujian dan perbandingan menggunakan data CPT adalah proyek bangunan ruko 3 lantai di Jalan Sriwijaya Semarang. Data proyek ruko ini antara lain:

1. Data Proyek

Identitas proyek = Ruko Jalan Sriwijaya Semarang
 Kode titik uji = 3
 Beban bangunan = 85125 kg
 = 85,125 ton

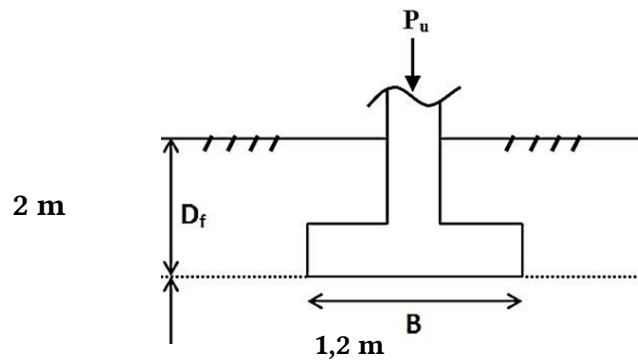
Jenis pondasi = Setempat bujur sangkar

Kedalaman pondasi (D_f) = 2 m

Lebar pondasi (B) = 1,2 m

Nilai keamanan (F_k) = 3

Tampilan posisi pondasi proyek ruko ini dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Tampilan Posisi Pondasi Proyek Ruko Sriwijaya.

Hasil perhitungan program menggunakan studi kasus ruko Jalan Sriwijaya Semarang.

Hasil Perhitungan Data		Nilai Daya Dukung	
Identitas proyek	: Ruko Sriwijaya	1. Pondasi lajur / menerus :	
Kode titik uji	: 3	qu = 20.2	kg/cm ²
Kedalaman pondasi	: 200 cm	qa = 6.73333	kg/cm ²
Lebar pondasi	: 120 cm	2. Pondasi setempat bujur sangkar :	
Nilai keamanan	: 3	qu = 27.1	kg/cm ²
Nilai qc rata-rata	: 65 kg/cm ²	qa = 9.03333	kg/cm ²
Klasifikasi tanah	: Kohesif	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> Kembali Simpan </div>	

Gambar 6. Hasil Output Program Data CPT

Tabel 4. Perbandingan Nilai q_a Pada Pondasi Menerus dan Bujur Sangkar

Notasi	Jenis Pondasi	Satuan	Manual	Program	Persentase (%)
q_a	Menerus	kg/cm ²	6,73	6,7333	0,04903
q_a	Bujur Sangkar	kg/cm ²	9,03	9,0333	0,0365

Dari hasil perbandingan hasil perhitungan tersebut terdapat selisih angka antara perhitungan manual dengan perhitungan menggunakan program sebesar 0,04903 %.

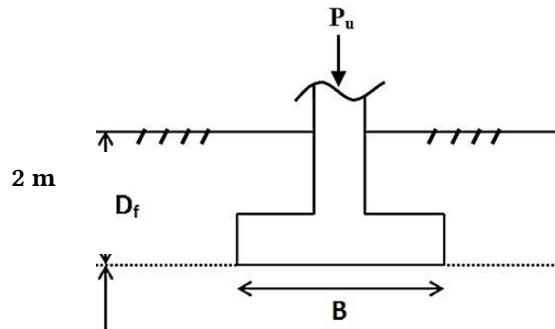
Perhitungan Menggunakan Data Uji SPT

Studi kasus yang diambil untuk pengujian dan perbandingan menggunakan data SPT adalah proyek wisma 3 lantai. Data proyek wisma ini antara lain:

1. Data Proyek

- Identitas proyek = Wisma Mugasari Semarang
- Kode titik uji = BH2
- Beban bangunan = 160102,7 kg
= 160,1027 ton
- Jenis pondasi = Setempat bujur sangkar
- Kedalaman pondasi (D_f) = 2 m
- Lebar pondasi (B) = 2,75 m
- Nilai keamanan (F_k) = 3

Tampilan posisi pondasi proyek wisma ini dapat dilihat pada gambar 7. berikut ini.



Gambar 7, Tampilan Posisi Pondasi Proyek Wisma Mugasari.
2,75 m

Hasil Perhitungan menggunakan Program dengan studi kasus Wisma Mugassari Semarang

Hasil Perhitungan Data		Nilai Daya Dukung	
Identitas proyek	: Wisma Mugasari	Pada Tanah Pasir	
Kode titik uji	: BH 2	Untuk pondasi lajur/menerus dan setempat :	
Kedalaman pondasi	: 2 m	qa = 12.62065	t/m ²
Lebar pondasi	: 2.75 m	Pada Tanah Lempung	
Interval kedalaman	: 2 m	Untuk pondasi lajur/menerus :	
Jenis tanah	: Pasir	qa = -	t/m ²
Nilai keamanan	: 3	Untuk pondasi setempat bujur sangkar :	
Nilai N-SPT rata-rata	: 19 blow	qa = -	t/m ²

Gambar 8. Hasil Output Program Data SPT

Tabel 7. Perbandingan Nilai q_a

Notasi	Satuan	Manual	Program	Persentase (%)
q_a	t/m ²	12,621	12,62065	0,003

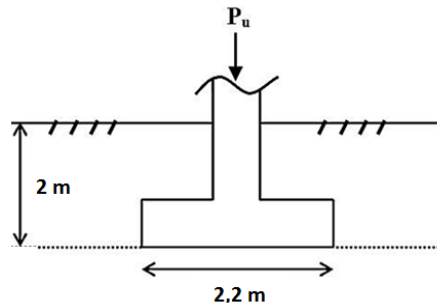
Dari hasil perbandingan perhitungan tersebut terdapat selisih angka antara perhitungan manual dengan perhitungan program sebesar 0,003 %.

Perhitungan Menggunakan Data Uji Laboratorium Sampel Tanah

Studi kasus yang diambil untuk pengujian dan perbandingan menggunakan data laboratorium sampel tanah adalah proyek gedung perkantoran 3 lantai. Data proyek dan data hasil laboratorium sampel tanah proyek ini antara lain:

1. Data Proyek
- Identitas proyek = Gedung Kantor di Kabupaten Demak
 Kode sampel uji = B1-2
 Beban bangunan = 64400 kg
 = 64,4 ton
- Jenis pondasi = Setempat bujur sangkar
 Kedalaman pondasi (D_f) = 2 m
 Lebar pondasi (B) = 2,2 m
 Nilai keamanan (F_k) = 3
- Data Hasil Uji Laboratorium Sampel Tanah
- Berat volume tanah basah, γ_b = 1,869 t/m³
 Sudut geser tanah, ϕ = 30°
 Kohesi, c = 0,08 kg/cm²
 = 0,8 t/m²

Tampilan posisi pondasi proyek ini dapat dilihat pada gambar 9. berikut ini.



Gambar 9. Tampilan Posisi Pondasi Proyek Gedung Kantor Demak.

Hasil perhitungan menggunakan program dengan studi kasus Gedung Kantor Demak.

Tabel 8. Perbandingan Nilai q_a Pada Keruntuhan Geser Umum

Jenis Pondasi	Manua l	Progra m	Persentas e (%)
Memanjang	51,731	51,732	0,0014
Persegi Panjang	51,948	51,948	0,0005
Bujur Sangkar	51,948	51,948	0,0005
Lingkaran	49,188	49,188	0,0005

Tabel 9. Perbandingan Nilai q_a Pada Keruntuhan Geser Lokal

Jenis Pondasi	Manual	Program	Persentase (%)
Memanjang	17,256	17,256	0,0020
Persegi Panjang	17,567	17,567	0,0004
Bujur Sangkar	17,567	17,567	0,0004
Lingkaran	16,864	16,864	0,0011

Dari hasil perbandingan hasil perhitungan tersebut terdapat selisih angka antara perhitungan manual dengan perhitungan menggunakan program sebesar 0,002%.



Gambar 10. Hasil Output Program Data Uji Laboratorium Tanah

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Perhitungan daya dukung tanah pondasi dangkal menggunakan program lebih efektif dan efisien dalam segi waktu dibandingkan dengan perhitungan secara manual.
2. Program daya dukung tanah pondasi dangkal berbasis MIT App Inventor ini diketahui pada masing-masing uji kurang dari 1%, maka program dapat digunakan dan dikembangkan lebih lanjut.

Saran

Saran yang dapat disampaikan yaitu:

1. Diharapkan perhitungan program dapat dilanjutkan hingga penulangan pondasi.
2. Mengembangkan perhitungan program menggunakan metode lain.
3. Output program dapat ditambah jenis pondasi dangkal lain yaitu pondasi rakit, pondasi gabungan, dan pondasi cangkang ([shell foundation](#)).

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph. 1992. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah 1 Jilid I*. Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah 2 Jilid II*. Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja M. 2007. *Principles of Foundation Engineering 7th Edition*. Canada : Cengage Learning.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1994. *Mekanika Tanah II*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1996. *Teknik Pondasi 1*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Haryanto. 2005. *Aplikasi Struktur Shell Pada Sydney Opera House*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Herbowo, Setya dan Razaqy A. Y.. 2015. *Pemodelan Daya Dukung Pondasi Dangkal Dengan Bahasa Visual Basic 6*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
- McCormac, Jack C. 2004. *Desain Beton Bertulang Jilid 2*. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Muntaha, Ahmad. 2007. *Aplikasi Perencanaan Pondasi Dangkal Dengan Program Borland Delphi 6.0*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jember.
- PPIUG 1983. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Bandung : Direktorat Penyediaan Masalah Bangunan.
- SNI 2827:2008. 2008. *Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

SNI 4153:2008. 2008. *Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.