

“ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH FONDASI DANGKAL BERDASARKAN PARAMETER TANAH MENGGUNAKAN PROGRAM PERHITUNGAN MS. OFFICE EXCEL”

Muhamad Fadhlán Akbari¹, Haadi Kusumah², Ruslan Efendi³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Sukabumi, Kota Sukabumi, Jawa Barat 43132

fadhlán860@gmail.com

Abstrak

Fondasi merupakan elemen penting dalam struktur bangunan karena berfungsi mentransfer beban dari atas ke lapisan tanah di bawahnya. Daya dukung tanah yang tidak mencukupi dapat menyebabkan penurunan atau bahkan kegagalan bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung tanah fondasi dangkal berdasarkan parameter tanah dengan menggunakan program perhitungan Microsoft Office Excel. Data yang digunakan diperoleh dari hasil uji *Cone Penetration Test* (CPT/Sondir) dan pengujian laboratorium. Metode analisis yang digunakan dalam pengolahan Data lapangan adalah metode *Meyerhof*, sedangkan untuk Data laboratorium digunakan metode *Terzaghi*. Analisis juga mencakup perhitungan penurunan (*Microsoft Excel*) yang terdiri dari penurunan seketika dan penurunan konsolidasi menggunakan metode *Timoshenko & Goodier* serta *De'Beer & Marten*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas daya dukung ultimit dan daya dukung izin dari kedua metode masih berada dalam batas aman, dan penurunan total yang terjadi juga tidak melebihi batas toleransi 50 mm. Program perhitungan berbasis *Microsoft Excel* yang dikembangkan mampu memberikan hasil yang akurat, cepat, dan efisien dalam merencanakan dimensi dan kedalaman fondasi. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan teknik sipil khususnya fondasi dangkal, serta memberikan manfaat akademik, praktis bagi instansi, dan edukatif bagi masyarakat umum. Dengan pendekatan ini, perencanaan konstruksi dapat dilakukan secara lebih tepat, hemat waktu, dan minim risiko kerusakan struktural.

Kata kunci: fondasi dangkal, daya dukung tanah, sondir, laboratorium, *Microsoft Excel*, *Meyerhof*, *Terzaghi*, penurunan (*Microsoft Excel*).

I. PENDAHULUAN

Daya dukung tanah yaitu merupakan kemampuan untuk menahan tekanan atau beban bangunan pada tanah dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan berlebih. Kapasitas nilai daya dukung dari suatu tanah didasarkan kepada karakteristik tanah dasar dan mempertimbangkan kriteria penurunan dan stabilitas yang disyaratkan, termasuk dari faktor keamanan terhadap keruntuhan.[1].

Analisis terhadap kapasitas daya dukung serta penurunan fondasi nya dibutuhkan untuk meminimalisir kemungkinan terjadi keruntuhan pada bangunan. Daya dukung fondasi tergantung pada sifat-sifat teknis tanah, kedalaman, dimensi fondasi dan karakteristik kuat geser tanah.

Dengan melakukan analisis daya dukung tanah terhadap Data hasil uji sondir di lapangan dan hasil uji laboratorium pada kondisi tanah di suatu pembangunan, penulis mencoba mengkonsentrasikan perhitungan menggunakan program Ms. Office Excel 2021 untuk analisis daya dukung tanah terhadap fondasi dangkal.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan teknik pengumpulan Data seperti Data primer dan sekunder terkait Data tanah, dimensi fondasi dangkal, gaya aksial, dan menjelaskan metode perhitungan kapasitas daya dukung tanah berdasarkan (CPT/Sondir) dan laboratorium, penurunan (*Microsoft Excel*), dan diagram alir penelitian.

1. Kedalaman Fondasi

Menurut *Terzaghi*, suatu fondasi dikatakan dangkal jika kedalamannya (D_f) sama dengan atau kurang dari lebarnya (B). Fondasi Dalam adalah fondasi dengan kedalamannya (D_f) sama dengan atau lebih besar dari lebarnya (B).

a. Fondasi Dangkal

$$D_f / B \leq 1 \quad (1)$$

b. Fondasi Dalam

$$D_f / B \geq 1 \quad (2)$$

2. Berat Volume Tanah

Berat volume tanah (berat satuan=*unit weight*) adalah besarnya satuan berat tanah tiap satuan volume.

$$\gamma = W_{tot} / V_{tot} \quad (3)$$

3. Sudut Geser Dalam

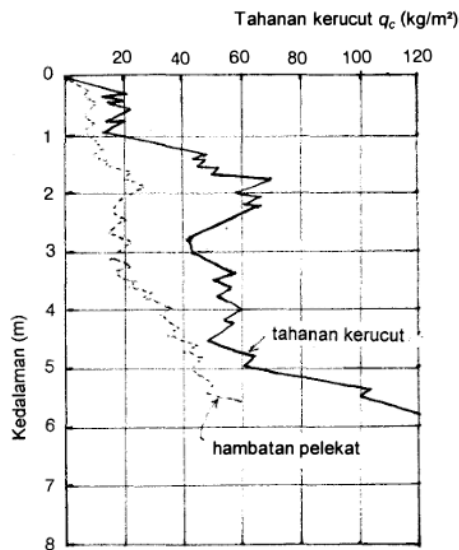
Sudut geser dalam tanah (ϕ) adalah sudut yang dibuat di atas kertas dalam menggambarkan tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah

4. Kohesi

Kohesi (c) yang ada di dalam tanah diakibatkan oleh kekuatan tarikan ion-ion yang membentuk mineral tanah.

5. Tahanan Konus Rata-rata

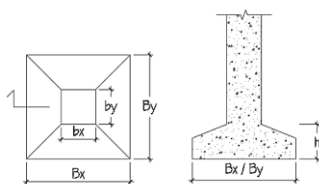
Nilai q_c adalah besar nya tahanan kerucut dibagi dengan luas penampangnya. Pembacaan arloji pengukur, di lakukan pada tiap-tiap penembusan sedalam 20 cm.



Gambar 1. Contoh Hasil Pengujian CPT/Sondir

6. Dimensi Fondasi

- Lebar Fondasi arah (X) = B_x
- Lebar Fondasi arah (Y) = B_y
- Tebal Fondasi = h
- Lebar Kolom arah (X) = b_x
- Lebar Kolom arah (Y) = b_y



Gambar 2. Dimensi Fondasi

7. Gaya Aksial Akibat Beban Terfaktor

Gaya-gaya yang terjadi pada fondasi pada dasarnya merupakan gaya-gaya yang disalurkan oleh kolom dasar suatu bangunan yang diperoleh dari hasil perhitungan mekanika terhadap struktur bangunan tersebut. Pada perencanaan ini gaya-gaya yang bekerja pada fondasi direncanakan sebagai berikut :

- Beban Aksial
- Beban Lateral
- Momen

8. Kapasitas Daya Dukung Tanah Berdasarkan (CPT/Sondir). Metode Meyerhof

- Untuk fondasi dengan lebar $B \leq 1,2$ m

$$q_{ult} = q_c/30 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (4)$$

- Untuk fondasi dengan lebar $B > 1,2$ m

$$q_{ult} = q_c/50 \cdot [1 + (0,3/B)]^2 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (5)$$

9. Kapasitas Daya Dukung Tanah Berdasarkan Laboratorium. Metode Meyerhof

$$q_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 1/2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (6)$$

- Menerus

$$q_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (7)$$

- Persegi

$$q_{ult} = 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (8)$$

- Lingkaran

$$q_{ult} = 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (9)$$

- Persegi Panjang

$$q_{ult} = c \cdot N_c (1 + 0,3 \cdot B/L) + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma (1 - 0,2 \cdot B/L) \quad (10)$$

10. Penurunan (Settlement)

Penurunan fondasi akibat beban yang bekerja pada fondasi dapat diklasifikasikan kedalam dua jenis yaitu Penurunan Seketika (*Immediately Settlement*) dan Penurunan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*).

- Penurunan Seketika (*Immediately Settlement*). Rumus penurunan seketika (*Immediately Settlement*) dikembangkan berdasarkan teori elastis dari *Timoshenko* dan *Goodier* (1951), sebagai berikut :

$$S_i = q \cdot B \cdot (1 - \mu_2) / E_s \cdot I_w \quad (11)$$

- Penurunan Konsolidasi Berdasarkan Data Hasil Uji Lapangan (CPT/Sondir)

De Beer dan *Marten* (1957) mengusulkan persamaan angka kompresi (C) yang dikaitkan dengan persamaan *Buismann*, yaitu :

$$C = (1,5 \cdot q_c \cdot \text{rat}) / P_o' \quad (12)$$

Satuan q_c dan P_o' harus sama. Nilai C ini, kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan *Terzaghi* untuk penurunan pada lapisan tanah yang ditinjau, yaitu :

$$S_i = H/C \cdot \ln \cdot (P_o' + \Delta p) / P_o' \quad (13)$$

- c. Penurunan Konsolidasi Berdasarkan Data Hasil Uji Laboratorium, berdasarkan teori elastis dari *Timoshenko* dan *Goodier* (1951).

$$S_{cp} = C_c \cdot H / (1 + e_o) \cdot (\log [(P_o + \Delta P) / P_o]) \quad (14)$$

Besarnya tambahan tegangan (Δp) pada lapisan tanah lempung tidak konstan tergantung pada kedalaman yang ditinjau. Rata-rata pertambahan tegangan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus, yaitu :

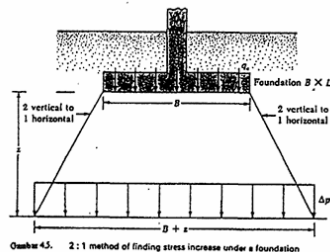
$$\Delta p = 1/6 \cdot (\Delta P_t + 4 \cdot \Delta P_m + \Delta P_b) \quad (15)$$

P_t = Tegangan bagian atas

P_m = Tegangan bagian Tengah

P_b = Tegangan bagian bawah

Metode penentuan besarnya tambahan tegangan, biasanya insinyur teknik fondasi menggunakan metode pendekatan yaitu metode 2 : 1 seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Metode 2 : 1 untuk Menentukan kenaikan tegangan di bawah pondasi

Berdasarkan metode tersebut tambahan tegangan pada kedalaman z dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$P = (q_o \cdot B \cdot L) / (B + z) \cdot (L + z) \quad (16)$$

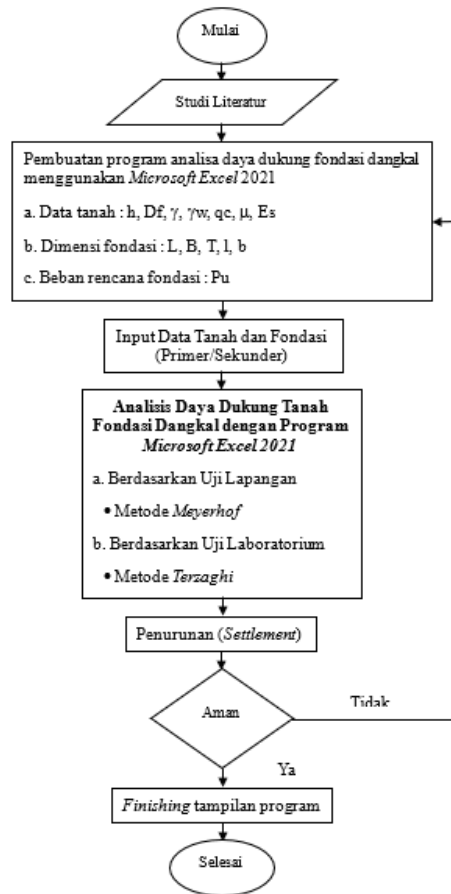
11. Tahapan Penelitian

- Tahap ke-1** : Studi literatur dari berbagai sumber, tahapan mempelajari teori-teori yang akan digunakan, dan mempelajari kelebihan dan kekurangan program serupa yang telah dikembangkan sebelumnya.
- Tahap ke-2** : Pembuatan program perhitungan menggunakan *Microsoft Excel*, langkah-langkah pembuatan program meliputi :

- Pembuatan lembar kerja (Sheet) input yang berisi form untuk input Data sesuai kebutuhan, baik Data tanah, Data pengujian lapangan, Data pengujian laboratorium, Data fondasi, sampai dengan Data tambahan seperti beban vertikal yang bekerja pada struktur diatasnya.
- Pembuatan lembar kerja (Sheet) proses yang berisi pengolahan Data input menggunakan teori-teori dasar perhitungan daya dukung fondasi dangkal.
- Teori-teori dasar perhitungan daya dukung fondasi dangkal dimodelkan menggunakan fungsi-fungsi yang tersedia dalam program *Microsoft Excel*. Fungsi-fungsi ini dimodelkan sedemikian rupa sehingga dapat mengakomodasi berbagai kondisi yang ada.
- Pembuatan lembar kerja (Sheet) output yang berisikan hasil perhitungan daya dukung fondasi dangkal dan rangkuman input Data yang dimasukkan

- Tahap ke-3** : Memperindah tampilan pada program dan melengkapi dengan fasilitas-fasilitas tambahan, jika hasil program sudah sesuai dengan perhitungan secara manual, dilanjutkan dengan finalisasi program yaitu memperindah tampilan program yang dibuat dan melengkapi dengan fasilitas pelengkap sehingga dapat meningkatkan ketertarikan pengguna untuk menggunakan program ini. Tahapan Finishing meliputi penataan ukuran kolom, memperindah tampilan program, menambahkan gambar ilustrasi dan sebagainya.

12. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram alir Penelitian

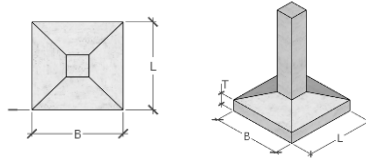
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data (CPT/Sondir) Dengan Metode Meyerhof (1956, 1965), Penurunan Tanah Seketika Dengan Metode Elastis Timoshenko dan Goodier (1951) dan Penurunan Konsolidasi Metode De'Beer & Marten (1957).

Tahap pertama pada sebelumnya penulis sudah melakukan studi literatur mempelajari teori-teori berkaitan dengan penelitian yang akan digunakan. Selanjutnya pada tahap kedua penulis membuat program perhitungan dengan menggunakan Microsoft Excel 2021. Berikut langkah-langkah atau tahapan pembuatan program :

1. Membuat lembar kerja (Sheet) daya dukung tanah hasil uji sondir, untuk input Data yang berisikan :
 - a. Lapisan tanah
 - b. Kedalaman fondasi
 - c. Berat isi tanah tiap lapisan
 - d. Berat isi air
 - e. Tahanan konus rata-rata di kedalaman selebar B di bawah fondasi
 - f. Konversi kg/cm^2 ke kN/m^2

- g. Angka posh
- h. Sifat elastis tanah
- i. Konversi mPa ke kPa
- j. Lebar fondasi (L)
- k. Lebar fondasi (B)
- l. Tebal fondasi
- m. Lebar kolom (l)
- n. Lebar kolom (b)
- o. Beban vertikal akibat beban terfaktor

PERHITUNGAN FONDASI DANGKAL BERDASARKAN HASIL UJI LAPANGAN (CPT/SONDIR)			
			
A. DATA TANAH & FONDASI FOOT PLATE			
DATA TANAH			
Lapis 1	h1	=	2.50 m
Lapis 2	h2	=	1.00 m
Lapis 3	h3	=	1.50 m
Kedalaman fondasi,	Df	=	1.50 m
Berat isi tanah, lapis 1 (diambil tengah-tengah lapisan)	γ_1	=	18.80 kN/m^3
Berat isi tanah, lapis 2 (diambil tengah-tengah lapisan)	γ_2	=	18.92 kN/m^3
Berat isi tanah, lapis 3 (diambil tengah-tengah lapisan)	γ_3	=	19.14 kN/m^3
Berat isi air	γ_w	=	9.81 kN/m^3
Tahanan konus rata-rata, di kedalaman selebar (B) dari bawah fondasi	q_c	=	17.10 kg/cm^2
1 kg/cm^2 = 98,066 kN/m^2		=	1.676.93 kN/m^2
Angka posh, (lihat tabel pada jenis tanah di kedalaman fondasi)	μ	=	0.30
Sifat Elastis Tanah, (lihat tabel pada jenis tanah di kedalaman fondasi)	Es	=	10.00 mPa
1 mPa = 1000 kPa		=	10.000.00 kPa
DIMENSI FONDASI			
Lebar fondasi (L),	L	=	3.00 m
Lebar fondasi (B),	B	=	3.00 m
Tebal fondasi,	T	=	0.30 m
Lebar kolom (l),	l	=	0.60 m
Lebar kolom (b),	b	=	0.60 m
BEBAN RENCANA FONDASI			
Beban vertikal akibat beban terfaktor,	Pu	=	200.00 kN

Gambar 5. Penginputan Data Parameter Tanah & Data Fondasi. Uji (CPT/Sondir)

2. Membuat perhitungan kapasitas daya dukung tanah dengan rumus dan fungsi program Microsoft Excel 2021, dengan menggunakan persamaan dari metode Meyerhof (1956, 1965). Untuk menentukan nilai kapasitas daya dukung ultimit hasil Data uji (CPT/Sondir) ialah sebagai berikut :

- a. Menentukan beban dari luas penampang fondasi, menggunakan rumus sederhana yaitu pembagian terhadap nilai Pu (beban vertikal) dengan (B.L) luas penampang fondasi
$$q_o = P_u / B.L$$

DIMENSI FONDASI			
Lebar fondasi (L),	L	=	3.00 m
Lebar fondasi (B),	B	=	3.00 m
Tebal fondasi,	T	=	0.30 m
Lebar kolom (l),	l	=	0.60 m
Lebar kolom (b),	b	=	0.60 m
BEBAN RENCANA FONDASI			
Beban vertikal akibat beban terfaktor,	Pu	=	200.00 kN
B. KAPASITAS DAYA DUKUNG TANAH HASIL UJI (CPT/SONDIR)			
METODE MEYERHOF (1956, 1965)			
Meyerhof mengusulkan persamaan sederhana untuk penentuan nilai kapasitas daya dukung jln (quit)			
$q_o = P_u / (B.L) = \frac{1.676.93}{3.00 \times 3.00} = 188.11 \text{ kN/m}^2$			
FK 1 = 0.833			

Gambar 6. Nilai qo (beban penampang fondasi). Uji (CPT/Sondir)

- b. Memasukan dan menentukan nilai faktor keamanan FK

- c. Menentukan kapasitas daya dukung tanah ultimit jika $B \leq 1.2$ m, menggunakan rumus sederhana yaitu pembagian terhadap nilai q_c (tahanan konus rata-rata di kedalaman selebar B) dengan nilai faktor 30.

$$q_{ult} = q_c / 30$$

Tahanan konus rata-rata, di kedalaman selebar (B) dari bawah fondasi	$q_c =$	17,10 kg/cm ²
1 kg/cm ² = 98,066 kN/m ²	$=$	1.676,93 kN/m ²
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B \leq 1,2$		
$B \leq 1,2$		
$q_{ult} = q_c / 30$	$=$	0,57 kg/cm ²
	$=$	55,90 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	$=$	503,08 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	$=$	335,39 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	$=$	37,27 kN
$Q_{ijin} > P_u$		OK
$q_{ijin} > q_o$		OK

Gambar 7. Nilai q_{ult} jika $B \leq 1.2$ m. Uji (CPT/Sondir)

- d. Menentukan kapasitas daya dukung tanah ultimit jika $B > 1.2$ m, menggunakan rumus sederhana yaitu pembagian, perkalian, penjumlahan dan pangkat terhadap nilai q_c (tahanan konus rata-rata di kedalaman selebar B), nilai sebesar 50, B (lebar fondasi) dan nilai sebesar 0,3.
- $$q_{ult} = q_c / 50 \cdot [(B+0,3)/B]^2$$

Tahanan konus rata-rata, di kedalaman selebar (B) dari bawah fondasi	$q_c =$	17,10 kg/cm ²
1 kg/cm ² = 98,066 kN/m ²	$=$	1.676,93 kN/m ²
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B > 1,2$		
$B > 1,2$		
$q_{ult} = q_c / 50 \cdot [(B+0,3)/B]^2$	$=$	0,41 kg/cm ²
	$=$	40,58 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	$=$	365,24 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	$=$	243,49 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	$=$	27,05 kN
$Q_{ijin} > P_u$		OK
$q_{ijin} > q_o$		OK

Gambar 8. Nilai q_{ult} jika $B > 1.2$ m. Uji (CPT/Sondir)

- e. Menentukan tekanan vertikal maksimum yang dapat diberikan pada tanah sebelum terjadi kegagalan geser atau keruntuhan, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian terhadap nilai q_{ult} (kapasitas daya dukung ultimit) dengan (B.L) luas penampang fondasi.

Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B \leq 1,2$		
$B \leq 1,2$		
$q_{ult} = q_c / 30$	$=$	0,57 kg/cm ²
	$=$	55,90 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	$=$	503,08 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	$=$	335,39 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	$=$	37,27 kN
$Q_{ijin} > P_u$		OK
$q_{ijin} > q_o$		OK
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B > 1,2$		
$B > 1,2$		
$q_{ult} = q_c / 50 \cdot [(B+0,3)/B]^2$	$=$	0,41 kg/cm ²
	$=$	40,58 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	$=$	365,24 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	$=$	243,49 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	$=$	27,05 kN
$Q_{ijin} > P_u$		OK
$q_{ijin} > q_o$		OK

Gambar 9. Nilai Q_{ult} (Tekanan Vertikal Maksimum). Uji (CPT/Sondir)

- f. Menentukan tekanan vertikal izin yang dapat diberikan pada tanah sebelum terjadi kegagalan geser atau keruntuhan, menggunakan rumus sederhana yaitu pembagian terhadap nilai Q_{ult} (tekanan vertikal maksimum) dengan FK (faktor keamanan).

$$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$$

Meyerhof mengusulkan persamaan sederhana untuk penentuan nilai kapasitas daya dukung ijin (q_{ijin})		
$q_o = P_u / (B \cdot L)$	$=$	22,22 kN/m ²
$FK 1$	$=$	1,50
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B \leq 1,2$		
$B \leq 1,2$		
$q_{ult} = q_c / 30$	$=$	0,57 kg/cm ²
	$=$	55,90 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	$=$	503,08 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	$=$	335,39 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	$=$	37,27 kN
$Q_{ijin} > P_u$		OK
$q_{ijin} > q_o$		OK
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B > 1,2$		
$B > 1,2$		
$q_{ult} = q_c / 50 \cdot [(B+0,3)/B]^2$	$=$	0,41 kg/cm ²
	$=$	40,58 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	$=$	365,24 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	$=$	243,49 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	$=$	27,05 kN
$Q_{ijin} > P_u$		OK
$q_{ijin} > q_o$		OK

Gambar 10. Nilai Q_{ijin} (Tekanan Vertikal Izin). Uji (CPT/Sondir)

- g. Menentukan kapasitas daya dukung tanah ijin, menggunakan rumus pembagian terhadap nilai q_{ult} (kapasitas daya dukung tanah ultimit) dengan FK (faktor keamanan).
- $$q_{ijin} = q_{ult} / FK$$

Meyerhof mengusulkan persamaan sederhana untuk penentuan nilai kapasitas daya dukung ijin (q_{ijin})		
$q_o = P_u / (B \cdot L)$	$=$	22,22 kN/m ²
$FK 1$	$=$	1,50
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B \leq 1,2$		
$B \leq 1,2$		
$q_{ult} = q_c / 30$	$=$	0,57 kg/cm ²
	$=$	55,90 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	$=$	503,08 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	$=$	335,39 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	$=$	37,27 kN
$Q_{ijin} > P_u$		OK
$q_{ijin} > q_o$		OK
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B > 1,2$		
$B > 1,2$		
$q_{ult} = q_c / 50 \cdot [(B+0,3)/B]^2$	$=$	0,41 kg/cm ²
	$=$	40,58 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	$=$	365,24 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	$=$	243,49 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	$=$	27,05 kN
$Q_{ijin} > P_u$		OK
$q_{ijin} > q_o$		OK

Gambar 11. Nilai q_{ijin} (Kapasitas Daya Dukung Tanah Ijin). Uji (CPT/Sondir)

- h. Kontrol nilai $Q_{ijin} > P_u$, menggunakan fungsi IF untuk mendefinisikan jika nilai Q_{ijin} lebih besar dari nilai P_u maka didefinisikan "OK", jika nilai Q_{ijin} lebih kecil dari nilai P_u maka didefinisikan "NO".

BEBAN RENCANA FONDASI		$P_u =$	200,00
Diketahui: Tekanan vertikal akibat beban terfaktor			
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B \leq 1,2$			
$B \leq 1,2$			
$q_{ult} = q_c / 30$	$=$	0,57 kg/cm ²	
	$=$	55,90 kN/m ²	
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	$=$	503,08 kN	
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	$=$	335,39 kN	
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	$=$	37,27 kN	
$Q_{ijin} > P_u$		OK	
$q_{ijin} > q_o$		OK	
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B > 1,2$			
$B > 1,2$			
$q_{ult} = q_c / 50 \cdot [(B+0,3)/B]^2$	$=$	0,41 kg/cm ²	
	$=$	40,58 kN/m ²	
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	$=$	365,24 kN	
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	$=$	243,49 kN	
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	$=$	27,05 kN	
$Q_{ijin} > P_u$		OK	
$q_{ijin} > q_o$		OK	

Gambar 12. Kontrol Nilai Qijin > Pu.
Uji (CPT/Sondir)

- i. Kontrol nilai qijin > qo, menggunakan fungsi IF untuk mendefinisikan jika nilai qijin lebih besar dari nilai qo maka didefinisikan "OK", jika nilai qijin lebih kecil dari nilai qo maka didefinisikan "NO".

Meyerhof menggunakan persamaan sederhana untuk penentuan nilai kapasitas daya dukung ijin (qult)	
$q_o = P_u / (B \cdot L)$	= 22,22 kN/m ²
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B \leq 1,2$	
$B \leq 1,2$	
$q_{ult} = q_c / 30$	= 0,57 kg/cm ²
	= 55,90 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	= 503,08 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 335,39 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	= 37,27 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= OK
$q_{ijin} = IF(B \leq 1,2 >= 1,5, 37,27, "OK", "NO")$	
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B > 1,2$	
$B > 1,2$	
$q_{ult} = q_c / 50 \cdot [(B+0,3)/B]^2$	= 0,41 kg/cm ²
	= 40,58 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	= 365,24 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 243,49 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	= 27,05 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= OK
$q_{ijin} = IF(B > 1,2 >= 1,5, 27,05, "OK", "NO")$	

Gambar 13. Kontrol nilai qijin > qo.
Uji (CPT/Sondir)

B. KAPASITAS DAYA DUKUNG TANAH HASIL UJI (CPT/SONDIR)	
METODE MEYERHOF (1956, 1965)	
Meyerhof menggunakan persamaan sederhana untuk penentuan nilai kapasitas daya dukung ijin (qult)	
$q_o = P_u / (B \cdot L)$	= 22,22 kN/m ²
FK 1	= 1,50
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B \leq 1,2$	
$B \leq 1,2$	
$q_{ult} = q_c / 30$	= 0,57 kg/cm ²
	= 55,90 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	= 503,08 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 335,39 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	= 37,27 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= OK
$q_{ijin} > q_o$	= OK
Kapasitas daya dukung tanah digunakan jika $B > 1,2$	
$B > 1,2$	
$q_{ult} = q_c / 50 \cdot [(B+0,3)/B]^2$	= 0,41 kg/cm ²
	= 40,58 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	= 365,24 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 243,49 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	= 27,05 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= OK
$q_{ijin} > q_o$	= OK

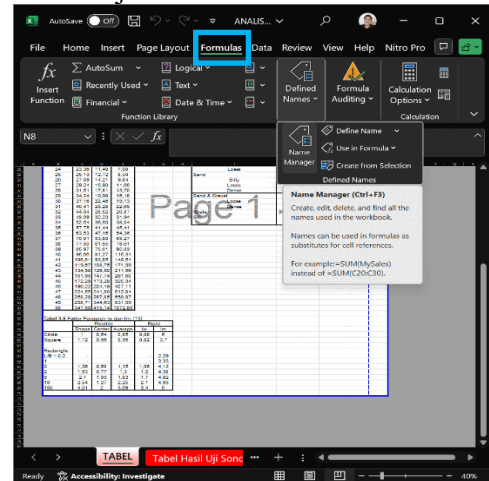
Gambar 14. Perhitungan Kapasitas
Daya Dukung Tanah Hasil Uji
(CPT/Sondir), Dengan Metode
Meyerhof(1956, 1965)

3. Membuat perhitungan penurunan (Settlement) dengan rumus dan fungsi program Microsoft Excel 2021, dengan menggunakan persamaan dari metode Timoshenko & Goodier (1951) untuk penurunan seketika dan metode De'Beer & Marten (1957) untuk penurunan konsolidasi, menentukan nilai penurunan (Settlement) pada fondasi dangkal berdasarkan hasil Data uji (CPT/Sondir) ialah sebagai berikut :

- a. Penurunan Seketika (Si) Uji (CPT/Sondir)

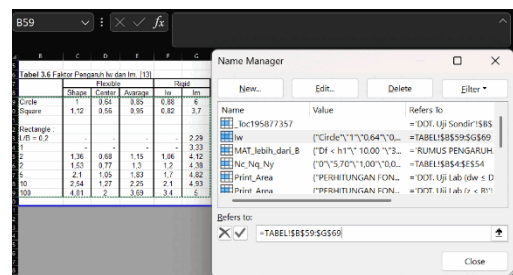
Pada Sheet tabel, menggunakan Tools, Formulas → Defined Names → Name Manager. Untuk mengelola dan

mempermudah penggunaan nama yang telah ditentukan (Defined Names) untuk referensi sel, rentang, atau rumus dalam buku kerja.



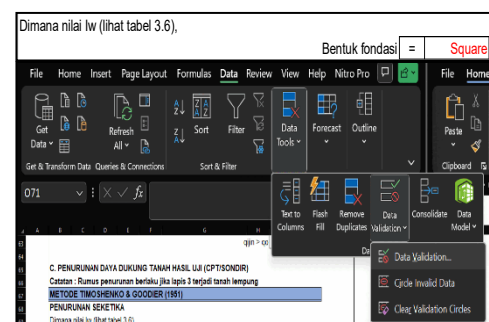
Gambar 15. Formulas, Defined Names & Name Manager. Uji (CPT/Sondir)

Kemudian pada Name Manager beri nama untuk tabel yaitu (Iw) dan memasukan referensi sel, rentang, rumus yang akan ditentukan pada tabel 3.6 faktor pengaruh Iw



Gambar. 16 Name Manager Iw. Uji (CPT/Sondir)

- b. Pada Cell (bentuk fondasi) menggunakan Data Tools → Data Validation. Untuk membatasi input Data pada sel dengan menyediakan daftar pilihan yang dapat dipilih. Lalu pada Allow pilih List dan Source untuk menentukan daftar pada tabel secara vertikal yang akan digunakan.



Shape	Factor	Average	Iw	Factor
Circle	1	0.84	0.85	0.88
Square	1,12	0.56	0.59	0.82
Rectangle				
US = 0.2				2.29
1				3.33
2	1.36	0.88	1.15	1.08
3	1.63	0.77	1.3	4.12
4	2.1	1.05	1.83	1.7
10	2.54	1.27	2.25	2.1
100	5.01	2	3.69	3.4

Gambar 17. Data Validation. Uji (CPT/Sondir)

- c. Menentukan nilai Iw dengan menggunakan rumus *VLOOKUP* terhadap Cell bentuk fondasi, yang dimana rumus *VLOOKUP* berfungsi untuk Menentukan Data yang sudah terlist dalam tabel 3.6 faktor pengaruh Iw.

Dimana nilai Iw (lihat tabel 3.6),
Bentuk fondasi = Square
Iw = VLOOKUP(Bentuk fondasi, Tabel 3.6, 5, FALSE)
Si = qo.B. (1-μ²/Es) . Iw

Gambar 18. Nilai Iw, Uji (CPT/Sondir)

VLOOKUP (Menentukan nilai dalam tabel atau rentang berdasarkan baris), J70 (merupakan nilai yang akan dicari dalam rentang atau array Data), Iw (menyusun Data dalam bentuk matriks baris dan kolom, mirip dengan lembar kerja di spreadsheet), 5 (bilangan bulat yang menunjukkan kolom yang diinginkan dalam tabel referensi), FALSE (menentukan apakah pencarian akan Menentukan nilai yang persis sama atau nilai terdekat jika nilai persis tidak ditemukan).

- d. Menentukan penurunan seketika (Si), menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian, pembagian dan perkurangan terhadap nilai qo (beban dari luas penampang fondasi), B (lebar fondasi), angka 1, μ (angka posh berdasarkan jenis tanah), Es (sifat elastisitas tanah) dan Iw (faktor pengaruh terhadap bentuk fondasi dan jenis mutu fondasi).

$$Si = qo.B. (1-\mu^2/Es) . Iw$$

qo = Pu / (B.L) = 22.22 kN/m²
Lebar fondasi (B) = 3.00 m
Angka posh, (lihat tabel pada jenis tanah di kedalaman fondasi) = 0.30
Sifat Elastis Tanah, (lihat tabel pada jenis tanah di kedalaman fondasi) = 10.00 mPa
Iw = 0.82
METODE TIMOSHENKO & GOODIER (1951)
PENURUNAN SEKETIKA
Dimana nilai Iw (lihat tabel 3.6),
Bentuk fondasi = Square
Iw = 0.82
Si = qo.B. (1-μ²/Es) . Iw = 3.31171 m

Gambar 19. Nilai Penurunan Seketika (Si). Uji (CPT/Sondir)

- e. Penurunan Konsolidasi (Sc) Uji (CPT/Sondir)

Menentukan tekanan overburden efektif ditengah lapisan, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian, pembagian dan penjumlahan terhadap nilai γ (berat isi tanah) dan h (tebal lapisan tanah).

$$Po' = h1.(\gamma1'-\gamma_w) + h2.(\gamma2'-\gamma_w) + (h3/2).(\gamma3'-\gamma_w)$$

A. DATA TANAH & FONDASI FOOT PLATE
DATA TANAH
Lapis 1 h1 = 2.50 m
Lapis 2 h2 = 1.00 m
Lapis 3 h3 = 1.50 m
Kedalaman fondasi Df = 1.50 m
Berat isi tanah, lapis 1 (diambil tengah-tengah lapisan) \gamma1' = 18.80 kN/m³
Berat isi tanah, lapis 2 (diambil tengah-tengah lapisan) \gamma2' = 18.82 kN/m³
Berat isi tanah, lapis 3 (diambil tengah-tengah lapisan) \gamma3' = 19.14 kN/m³
Berat isi air \gamma_w = 9.81 kN/m³
Tekanan overburden efektif ditengah lapisan
Po' = h1.(\gamma1'-\gamma_w) + h2.(\gamma2'-\gamma_w) + (h3/2).(\gamma3'-\gamma_w) = 38.59 kN/m²

Gambar 20. Nilai Po' (Tekanan Overburden Efektif Ditengah Lapisan). Uji (CPT/Sondir)

- f. Menentukan tahanan konus rata-rata pada kedalaman tanah berjenis lempung, menggunakan fungsi *AVERAGE* (menghitung nilai rata-rata dari rentang sel) terhadap nilai qc pada tabel hasil uji sondir.

$$qc \text{ rata-rata dari lapis } (tc=AVERAGE('Tabel Hasil Uji Sondir'!E41:E48))$$

Gambar 21. Nilai qc rata-rata. Uji (CPT/Sondir)

- g. Menentukan angka pemampatan (angka kompresibilitas), menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian dan pembagian terhadap nilai 1.5, qc (tahanan konus rata-rata pada kedalaman tanah berjenis lempung), Po' (tekanan overburden efektif ditengah lapisan).

$$C = 1,5 . qc / Po'$$

Tekanan overburden efektif ditengah lapisan
Po' = 38.59 kN/m²
qc rata-rata dari lapis (tanah lempung) = 27.88 kg/cm²
Angka pemampatan (angka kompresibilitas), persamaan Buisman
C = 1.5 . qc / Po' = 1.5 . 27.88 / 38.59 = 1.077

Gambar 22. Nilai Kompresibilitas. Uji (CPT/Sondir)

- h. Menentukan kenaikan tegangan di bawah fondasi, menggunakan rumus sederhana yaitu penjumlahan, pengurangan dan pembagian terhadap nilai h (tebal lapisan) dan Df (kedalaman fondasi).

$$z1 = (h1 - Df)+h2$$

$$z2 = z1 + (h3/2)$$

$$z_3 = z_2 + (h_3/2)$$

DATA TANAH		
Lapis 1	h1	= 2.50 m
Lapis 2	h2	= 1.00 m
Lapis 3	h3	= 1.50 m
Kedalaman fondasi	Df	= 1.50 m
$z_1 = (h_1 - Df) + h_2 = (2.50 - 1.50) + 1.00 = 1.00$		
$z_2 = z_1 + (h_2/2) = 1.00 + (1.00/2) = 1.50$		
$z_3 = z_2 + (h_3/2) = 1.50 + (1.50/2) = 2.25$		

Gambar 23. Nilai z1, z2 dan z3. Uji (CPT/Sondir)

- i. Menentukan tambahan tegangan pada kedalaman z, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian, pembagian dan penjumlahan terhadap nilai qo (beban dari luas penampang fondasi), B dan L (lebar fondasi), z (kenaikan tegangan di bawah fondasi).

$$P = (q_o \cdot B \cdot L) / ((B+z) \cdot (L \cdot z))$$

DIMENSI FONDASI		
Lebar fondasi (L),	L	= 2.00 m
Lebar fondasi (B),	B	= 2.00 m
$q_o = P_u / (B \cdot L) = 22.22 \text{ kN/m}^2$		
$z_1 = (h_1 - Df) + h_2 = 2.00 \text{ m}$		
Lapis Atas	$\Delta P_t = (q_o \cdot B \cdot L) / ((B+z_1) \cdot (L \cdot z_1))$	= 8.00 kN/m ²
Lapis Tengah	$\Delta P_m = (q_o \cdot B \cdot L) / ((B+z_2) \cdot (L \cdot z_2))$	= 6.06 kN/m ²
Lapis Bawah	$\Delta P_b = (q_o \cdot B \cdot L) / ((B+z_3) \cdot (L \cdot z_3))$	= 4.73 kN/m ²

Gambar 24. Nilai tambahan tegangan pada kedalaman z. Uji (CPT/Sondir)

- j. Menentukan rata-rata pertambahan tegangan, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian, pembagian dan penjumlahan terhadap nilai 1/6, Pt (tambahan tegangan pada lapisan lempung bagian atas), Pm (tambahan tegangan pada lapisan lempung bagian tengah), Pb (tambahan tegangan pada lapisan lempung bagian bawah).

$$\Delta p \text{ rata-rata} = 1/6 \cdot (\Delta P_t + 4 \cdot \Delta P_m + \Delta P_b)$$

Lapis Atas	$\Delta P_t = (q_o \cdot B \cdot L) / ((B+z_1) \cdot (L \cdot z_1))$	= 8.00 kN/m ²
Lapis Tengah	$\Delta P_m = (q_o \cdot B \cdot L) / ((B+z_2) \cdot (L \cdot z_2))$	= 6.06 kN/m ²
Lapis Bawah	$\Delta P_b = (q_o \cdot B \cdot L) / ((B+z_3) \cdot (L \cdot z_3))$	= 4.73 kN/m ²
Tinggi lapisan yang mengalami penurunan / konsolidasi (Tanah Lempung)		
Tambahan tegangan vertikal di tengah-tengah lapisan oleh tegangan akibat beban fondasi neto		
$\Delta p \text{ rata-rata} = 1/6 \cdot (\Delta P_t + 4 \cdot \Delta P_m + \Delta P_b) = 5.11 \text{ kN/m}^2$		

Gambar 25. Nilai Rata-Rata Pertambahan Tegangan. Uji (CPT/Sondir)

- k. Menentukan tinggi lapisan yang mengalami penurunan / konsolidasi (Tanah Lempung), menggunakan fungsi (=) pada rentang sel terhadap Data h3 (tebal lapisan tanah berjenis lempung).

Lapis 3	h3	= 1.50 m
Tinggi lapisan yang mengalami penurunan / konsolidasi (Tanah Lempung)		
H3 = 1.50 m		

Gambar 26. Tinggi lapisan yang mengalami penurunan / konsolidasi (Tanah Lempung). Uji (CPT/Sondir)

- l. Menentukan penurunan akhir (m) dari lapisan setebal H (m) persamaan *Terzaghi*, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian, pembagian dan penjumlahan terhadap nilai H (tinggi lapisan yang mengalami penurunan pada tanah lempung), C (angka kompresibilitas), Ln (menghitung logaritma natural dari suatu bilangan), Po' (Tekanan overburden efektif ditengah lapisan), $\bar{\sigma}_p$ rata-rata (rata-rata pertambahan tegangan).

$$S_c = (H / C) \cdot (Ln ((Po' + \Delta p_{rata}) / Po'))$$

Tinggi lapisan yang mengalami penurunan / konsolidasi (Tanah Lempung)		
H3 = 1.50 m		
Angka pemampatan (angka kompresibilitas), persamaan Buisman		
$C = 1.5 \cdot q_c / Po' = 106.27 \text{ kN/m}^2$		
Tekanan overburden efektif ditengah lapisan		
Po' = 38.59 kN/m ²		
Tambahan tegangan vertikal di tengah-tengah lapisan oleh tegangan akibat beban fondasi neto		
$\Delta p \text{ rata-rata} = 1/6 \cdot (\Delta P_t + 4 \cdot \Delta P_m + \Delta P_b) = 5.11 \text{ kN/m}^2$		
Penurunan akhir (m) dari lapisan setebal H (m), persamaan Terzaghi		
$S_c = (H / C) \cdot (Ln ((Po' + \Delta p_{rata}) / Po')) = 7.1 \text{ mm}$		

Gambar 27. Nilai Penurunan Konsolidasi (Sc). Uji (CPT/Sondir)

- m. Total penurunan penjumlahan dari penurunan seketika (Si) dan penurunan konsolidasi (Sc).

$$S_t = S_i + S_c$$

$S_i = q_o \cdot B \cdot L / ((B+z_1) \cdot (L \cdot z_1)) = 0.0050 \text{ m}$		
$S_c = (H / C) \cdot (Ln ((Po' + \Delta p_{rata}) / Po')) = 0.0021 \text{ m}$		
Total penurunan		
$S_t = S_i + S_c = 0.0071 \text{ m}$		

Gambar 28. Nilai Total Penurunan (St). Uji (CPT/Sondir)

- n. Kontrol nilai $S_t < S_t \text{ ijin}$ (50 mm), menggunakan fungsi IF untuk mendefinisikan jika nilai S_t lebih kecil dari nilai $S_t \text{ ijin}$ (50 mm) maka didefinisikan "OK", jika nilai S_t lebih besar dari nilai $S_t \text{ ijin}$ (50 mm) maka didefinisikan "NO".

Total penurunan		
$S_t = S_i + S_c = 0.0071 \text{ m}$		
$S_t \text{ ijin} = 50 \text{ mm}$		
$S_t < S_t \text{ ijin} = \text{IF}(0.0071 < 0.05, "OK", "NO")$		

Gambar 29. Kontrol Nilai $S_t < S_t \text{ ijin}$ (50 mm). Uji (CPT/Sondir)

METODE DE'BEER & MARTEN (1957).
PENURUNAN KONSOLIDASI
Tekanan overburden efektif ditengah lapisan

Po	=	38,59	kN/m ²
qc rata-rata dari lapis (tanah lempung)	=	27,88	kg/cm ²
	=	2.733,59	kN/m ²

Angka pemampatan (angka kompresibilitas), persamaan Buismann
C = 1,5 . qc / Po = 106,27 kN/m²

METODE 2 : 1 UNTUK Mencari Kenaikan Tegangan di Bawah Fondasi

z1 = (h1 - Df) + h2	=	2,00	m
z2 = z1 + (h3/2)	=	2,75	m
z3 = z2 + (h3/2)	=	3,50	m

Lapis Atas
 $\Delta P_t = (q_o \cdot B \cdot L) / ((B + z_1) \cdot (L + z_1)) = 8,00$ kN/m²

Lapis Tengah
 $\Delta P_m = (q_o \cdot B \cdot L) / ((B + z_2) \cdot (L + z_2)) = 6,05$ kN/m²

Lapis Bawah
 $\Delta P_b = (q_o \cdot B \cdot L) / ((B + z_3) \cdot (L + z_3)) = 4,73$ kN/m²

Tinggi lapisan yang mengalami penurunan / konsolidasi (Tanah Lempung)
H3 = 1,50 m

Tambahan tegangan vertikal di tengah-tengah lapisan oleh tegangan akibat beban fondasi neto
 Δp rata-rata = 1/6 . ($\Delta P_t + 4 \cdot \Delta P_m + \Delta P_b$) = 6 kN/m²

Penurunan akhir (m) dari lapisan setebal H (m), persamaan Terzaghi
 $S_c = (H / C) \cdot (\ln ((P_o' + \Delta p_{rata}) / P_o')) = 0,0021$ m

Total penurunan
St = Si + Sc = 0,007 m = 7,1 mm

St ijin = 50 mm
St < St ijin = OK

Gambar 30. Perhitungan Penurunan Fondasi Dangkal Berdasarkan Data Hasil Uji (CPT/Sondir), Dengan Metode *Timoshenko & Goodier* (1951) dan *De'Beer & Marten* (1957)

B. Perhitungan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Laboratorium Dengan Metode *Terzaghi*, Penurunan Tanah Seketika dan Penurunan Konsolidasi Dengan Metode Elastis *Timoshenko* dan *Goodier* (1951). Pengaruh Muka Air Tanah (MAT) Kondisi Z > B

- Membuat lembar kerja (Sheet) daya dukung tanah hasil uji laboratorium, untuk input Data yang berisikan :
 - Lapisan tanah
 - Kedalaman fondasi
 - Berat isi tanah tiap lapisan
 - Kohesi tiap lapisan
 - Sudut geser dalam tiap lapisan
 - Initial void ratio
 - Angka posh
 - Sifat elastis tanah
 - Compression indeks
 - Konversi mPa ke kPa
 - Lebar fondasi (L)
 - Lebar fondasi (B)
 - Tebal fondasi

- Lebar kolom (l)
- Lebar kolom (b)
- Beban vertikal akibat beban terfaktor

PERHITUNGAN FONDASI DANGKAL
BERDASARKAN HASIL UJI LABORATORIUM

A. DATA TANAH & FONDASI

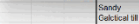
DATA TANAH	
Lapis 1	h1 = 2,50 m
Lapis 2	h2 = 1,00 m
Lapis 3	h3 = 1,50 m
Kedalaman fondasi,	Df = 1,50 m
Berat isi tanah, lapis 1	$\gamma_1 = 16,00$ kN/m ³
Berat isi tanah, lapis 2	$\gamma_2 = 18,00$ kN/m ³
Berat isi tanah, lapis 3	$\gamma_3 = 20,00$ kN/m ³
Kohesi, lapis 1	c1 = 10,00 kN/m ²
Kohesi, lapis 2	c2 = 8,00 kN/m ²
Kohesi, lapis 3	c3 = 18,00 kN/m ²
Sudut gesek dalam, lapis 1	$\phi_1 = 30,00$ °
Sudut gesek dalam, lapis 2	$\phi_2 = 26,00$ °
Sudut gesek dalam, lapis 3	$\phi_3 = 8,00$ °
Initial void ratio	eo = 0,80
Angka posh,	$\mu = 0,60$
Sifat Elastis Tanah,	Es = 10,00 mPa
1 mPa = 1000 kPa	= 10.000,00 kPa
Compression Indeks,	Cc = 0,32
DIMENSI FONDASI	
Lebar fondasi (L),	L = 2,00 m
Lebar fondasi (B),	B = 2,00 m
Tebal fondasi,	T = 0,30 m
Lebar kolom (l),	l = 0,30 m
Lebar kolom (b),	b = 0,30 m
BEBAN RENCANA FONDASI	
Beban vertikal akibat beban terfaktor,	Pu = 300,00 kN

Gambar 31. Penginputan Data Parameter Tanah & Data Fondasi Z > B. Uji Laboratorium

- Membuat perhitungan kapasitas daya dukung tanah dengan rumus dan fungsi program *Microsoft Excel* 2021, dengan menggunakan persamaan dari metode *Terzaghi* (1943). Untuk menentukan nilai kapasitas daya dukung ultimit jika (MAT) Z > B, dari hasil Data uji laboratorium ialah sebagai berikut :
 - Menentukan faktor daya dukung fondasi dangkal untuk nilai Nc, Nq, Ny berdasarkan angka sudut geser dalam (ϕ) pada kedalaman fondasi di lapisan tanah (h). Pada Sheet tabel menggunakan *Tools, Formulas* → *Defined Names* → *Name Manager*, Untuk mengelola dan mempermudah penggunaan nama yang telah ditentukan (*Defined Names*) untuk referensi sel, rentang, atau rumus dalam buku kerja.



Kemudian pada *Name Manager* beri nama untuk tabel yaitu (Nc, Nq, N_γ) dan memasukan referensi sel, rentang, rumus yang akan ditentukan pada tabel 3.3 faktor daya dukung *Terzaghi* (1943).



b. Menentukan nilai N_c , N_q , N_γ berdasarkan angka sudut geser dalam ϕ dengan menggunakan rumus *VLOOKUP* terhadap Cell N_c , N_q , N_γ yang dimana rumus *VLOOKUP* berfungsi untuk Menentukan Data yang telah ditentukan (*Defined Names*) untuk referensi sel, rentang, atau rumus dalam tabel 3.3 faktor daya dukung *Terzaghi* (1943).

Gambar 34. Nilai N_c , N_q , N_γ . Uji
Laboratorium $Z > B$

dalam rentang atau *array* Data), `Nc_Nq_Ny` (menyusun Data dalam bentuk matriks baris dan kolom, mirip dengan lembar kerja di *spreadsheet*), 2, 3 dan 4 (bilangan bulat yang menunjukkan kolom yang diinginkan dalam tabel referensi), `FALSE` (menentukan apakah pencarian akan Menentukan nilai yang persis sama atau nilai terdekat jika nilai persis tidak ditemukan).

- | | | | | |
|--|------------|---|-------|-------------------|
| Kedalaman fondasi, | Df | = | 1,50 | m |
| Berat isi tanah, lapis 1 | γ_1 | = | 16,00 | kN/m ³ |
| $q = \gamma_1 \cdot D_f = 16,00 \cdot 1,50 = 24,00 \text{ kN/m}^2$ | | | | |

e. Menentukan beban dari luas penampang fondasi, menggunakan rumus sederhana yaitu pembagian terhadap nilai P_u (beban vertikal) dengan (B.L) luas penampang fondasi.

$$q_o = P_u / B.L$$

Gambar 36. Nilai qo (Beban Dari Luas Penampang Fondasi). Uji Laboratorium $Z > B$

Gambar 36. Nilai qo (Beban Dari Luas Penampang Fondasi). Uji Laboratorium $Z > B$

- f. Menentukan kapasitas daya dukung tanah ultimit fondasi menerus, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian dan penjumlahan terhadap nilai c_1 (kohesi), N_c , N_q , N_γ (faktor daya dukung Terzaghi 1943), q (Overburden pressure), 0,5 (jenis fondasi), γ_1 (berat isi tanah ke-1) dan B (lebar fondasi).
- $$q_{ult} = c_1 \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$q_{ult} = c_1 + q_c + q_{q_1} = (1,3 \cdot 100 \cdot 1,25) + (1,3 \cdot 62 \cdot 1,25) + (0,5 \cdot 1,3 \cdot 30 \cdot 1,25) = 270,6 \text{ kN/m}^2$$

Gambar 37. Nilai qult (Fondasi Menerus). Uji Laboratorium $Z > B$

- g. Menentukan kapasitas daya dukung tanah ultimit fondasi persegi, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian dan penjumlahan terhadap nilai 1,3, c (kohesi), N_c , N_q , N_γ (faktor daya dukung Terzaghi 1943), q (Overburden pressure), 0,4 (jenis fondasi), γ_1 (berat isi tanah ke-1) dan B (lebar fondasi).

$$q_{ult} = 1,3.c_1.N_c + q.N_q + 0,4.\gamma_1.B.N_\gamma$$

Kohesi, lapis 1	c_1	=	10,00 kN/m ²
	ϕ	=	30,00
	N_c	=	37,16
	N_q	=	22,46
	N_γ	=	19,13
	$q = \gamma_1.D_f$	=	24,00 kN/m ²
Berat isi tanah, lapis 1	γ_1	=	16,00 kN/m ³
Lebar fondasi (B),	B	=	2,00 m
FONDASI PERSEGI			
$q_{ult} = 1,3.c_1.N_c + q.N_q + 0,4.\gamma_1.B.N_\gamma = (1,3 \times 10,00 \times 37,16) + (24,00 \times 22,46) + (0,4 \times 16,00 \times 2,00 \times 19,13)$			
$q_{ult} = 6,4846 \times 10^2$			

Gambar 38. Nilai qult (Fondasi Persegi). Uji Laboratorium $Z > B$

- h. Menentukan kapasitas daya dukung tanah ultimit fondasi lingkaran, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian dan penjumlahan terhadap nilai 1,3, c (kohesi), N_c , N_q , N_γ (faktor daya dukung Terzaghi 1943), q (Overburden pressure), 0,3 (jenis fondasi), γ_1 (berat isi tanah ke-1) dan B (lebar fondasi).

$$q_{ult} = 1,3.c_1.N_c + q.N_q + 0,3.\gamma_1.B.N_\gamma$$

Kohesi, lapis 1	c_1	=	10,00 kN/m ²
	ϕ	=	30,00
	N_c	=	37,16
	N_q	=	22,46
	N_γ	=	19,13
	$q = \gamma_1.D_f$	=	24,00 kN/m ²
Berat isi tanah, lapis 1	γ_1	=	16,00 kN/m ³
Lebar fondasi (B),	B	=	2,00 m
FONDASI LINGKARAN			
$q_{ult} = 1,3.c_1.N_c + q.N_q + 0,3.\gamma_1.B.N_\gamma = (1,3 \times 10,00 \times 37,16) + (24,00 \times 22,46) + (0,3 \times 16,00 \times 2,00 \times 19,13)$			
$q_{ult} = 6,4846 \times 10^2$			

Gambar 39. Nilai qult (Fondasi Lingkaran). Uji Laboratorium $Z > B$

- i. Menentukan kapasitas daya dukung tanah ultimit fondasi persegi panjang, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian, pembagian, penjumlahan dan pengurangan terhadap nilai c_1 (kohesi), N_c , N_q , N_γ (faktor daya dukung Terzaghi 1943), $(1+0,3.(B/L))$, q (Overburden pressure), 0,5 (jenis fondasi), γ_1 (berat isi tanah lapis ke-1), B dan L (lebar fondasi), dan $(1-0,2.(B/L))$.

$$q_{ult} = c_1.N_c (1+0,3.B/L) + q.N_q + 0,5.\gamma_1.B.N_\gamma (1-0,2.B/L)$$

Kohesi, lapis 1	c_1	=	10,00 kN/m ²
	ϕ	=	30,00
	N_c	=	37,16
	N_q	=	22,46
	N_γ	=	19,13
	$q = \gamma_1.D_f$	=	24,00 kN/m ²
Berat isi tanah, lapis 1	γ_1	=	16,00 kN/m ³
Lebar fondasi (L),	L	=	2,00 m
Lebar fondasi (B),	B	=	2,00 m
FONDASI PERSEGI PANJANG			
$q_{ult} = c_1.N_c (1+0,3.B/L) + q.N_q + 0,5.\gamma_1.B.N_\gamma (1-0,2.B/L) = (10,00 \times 37,16 (1+0,3 \times 2,00/2,00)) + (24,00 \times 22,46) + (0,5 \times 16,00 \times 2,00 \times 19,13 (1-0,2 \times 2,00/2,00))$			
$q_{ult} = 6,4846 \times 10^2$			

Gambar 40. Nilai qult (Fondasi Persegi Panjang). Uji Laboratorium $Z > B$

- j. Menentukan tekanan vertikal maksimum yang dapat diberikan pada tanah sebelum terjadi kegagalan geser atau keruntuhan, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian terhadap nilai qult (kapasitas daya dukung ultimit) dengan (B.L) luas penampang fondasi.

$$Q_{ult} = q_{ult} . B . L$$

Lebar fondasi (L),	L	=	2,00 m
Lebar fondasi (B),	B	=	2,00 m
FONDASI MENERUS			
$Q_{ult} = q_{ult} . B . L = 6,4846 \times 10^2 \times 2,00 \times 2,00$			
$Q_{ult} = 2,5938 \times 10^3$			
FONDASI PERSEGI			
$Q_{ult} = q_{ult} . B . L = 6,4846 \times 10^2 \times 2,00 \times 2,00$			
$Q_{ult} = 2,5938 \times 10^3$			
FONDASI LINGKARAN			
$Q_{ult} = q_{ult} . B . L = 6,4846 \times 10^2 \times 2,00 \times 2,00$			
$Q_{ult} = 2,5938 \times 10^3$			
FONDASI PERSEGI PANJANG			
$Q_{ult} = q_{ult} . B . L = 6,4846 \times 10^2 \times 2,00 \times 2,00$			
$Q_{ult} = 2,5938 \times 10^3$			

Gambar 41. Nilai Qult (Tekanan Vertikal Maksimum). Uji Laboratorium $Z > B$

- k. Menentukan tekanan vertikal izin yang dapat diberikan pada tanah sebelum terjadi kegagalan geser atau keruntuhan, menggunakan rumus sederhana yaitu pembagian terhadap nilai Qult (tekanan vertikal maksimum) dengan FK (faktor keamanan).

$$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$$

	FK	=	2,00
FONDASI MENERUS			
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK = 2,5938 \times 10^3 / 2,00$			
$Q_{ijin} = 1,2969 \times 10^3$			
FONDASI PERSEGI			
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK = 2,5938 \times 10^3 / 2,00$			
$Q_{ijin} = 1,2969 \times 10^3$			
FONDASI LINGKARAN			
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK = 2,5938 \times 10^3 / 2,00$			
$Q_{ijin} = 1,2969 \times 10^3$			
FONDASI PERSEGI PANJANG			
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK = 2,5938 \times 10^3 / 2,00$			
$Q_{ijin} = 1,2969 \times 10^3$			

Gambar 42. Nilai Qijin (Tekanan Vertikal Izin). Uji Laboratorium $Z > B$

- l. Menentukan kapasitas daya dukung tanah ijin, menggunakan rumus pembagian terhadap nilai qult (kapasitas daya dukung tanah ultimit) dengan FK (faktor keamanan).
 $q_{ijin} = q_{ult} / FK$

FK	=	2,00
FONDASI MENERUS		
$q_{ult} = c1 \cdot Nc + q \cdot Nq + 0,5 \cdot \gamma1 \cdot B \cdot N\gamma$	=	1.216,72 kN/m ²
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	=	608,36 kN
FONDASI PERSEGI		
$q_{ult} = 1,3 \cdot c1 \cdot Nc + q \cdot Nq + 0,4 \cdot \gamma1 \cdot B \cdot N\gamma$	=	1.266,98 kN/m ²
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	=	633,49 kN
FONDASI LINGKARAN		
$q_{ult} = 1,3 \cdot c1 \cdot Nc + q \cdot Nq + 0,3 \cdot \gamma1 \cdot B \cdot N\gamma$	=	1.205,77 kN/m ²
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	=	602,88 kN
FONDASI PERSEGI PANJANG		
$q_{ult} = c1 \cdot Nc \cdot (1+0,3 \cdot B/L) + q \cdot Nq + 0,5 \cdot \gamma1 \cdot B \cdot N\gamma \cdot (1-0,2 \cdot B/L)$	=	1.266,98 kN/m ²
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	=	633,49 kN

Gambar 43. Nilai q_{ijin} (Kapasitas Daya Dukung Tanah Ijin). Uji Laboratorium $Z > B$

- m. Kontrol nilai $Q_{ijin} > P_u$, menggunakan fungsi IF untuk mendefinisikan jika nilai Q_{ijin} lebih besar dari nilai P_u maka didefinisikan "OK", jika nilai Q_{ijin} lebih kecil dari nilai P_u maka didefinisikan "NO".

BEBAN RENCANA FONDASI	
Beban vertikal akibat beban terfaktor, P_u	= 300,00 kN
FONDASI MENERUS	
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 2.433,44 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= IF(2.433,44>300,00;"OK";"NO")
FONDASI PERSEGI	
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 2.533,97 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= IF(2.533,97>300,00;"OK";"NO")
FONDASI LINGKARAN	
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 2.411,54 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= IF(2.411,54>300,00;"OK";"NO")
FONDASI PERSEGI PANJANG	
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 2.533,97 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= IF(2.533,97>300,00;"OK";"NO")

Gambar 44. Kontrol Nilai $Q_{ijin} > P_u$. Uji Laboratorium $Z > B$

- n. Kontrol nilai $q_{ijin} > q_o$, menggunakan fungsi IF untuk mendefinisikan jika nilai q_{ijin} lebih besar dari nilai q_o maka didefinisikan "OK", jika nilai q_{ijin} lebih kecil dari nilai q_o maka didefinisikan "NO".

$q_o = P_u / (B \cdot L)$	=	75,00 kN/m ²
FONDASI MENERUS		
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	=	608,36 kN
$q_{ijin} > q_o$	=	IF(608,36>75,00;"OK";"NO")
FONDASI PERSEGI		
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	=	633,49 kN
$q_{ijin} > q_o$	=	IF(633,49>75,00;"OK";"NO")
FONDASI LINGKARAN		
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	=	602,88 kN
$q_{ijin} > q_o$	=	IF(602,88>75,00;"OK";"NO")
FONDASI PERSEGI PANJANG		
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	=	633,49 kN
$q_{ijin} > q_o$	=	IF(633,49>75,00;"OK";"NO")

Gambar 45. Kontrol nilai $q_{ijin} > q_o$. Uji Laboratorium $Z > B$

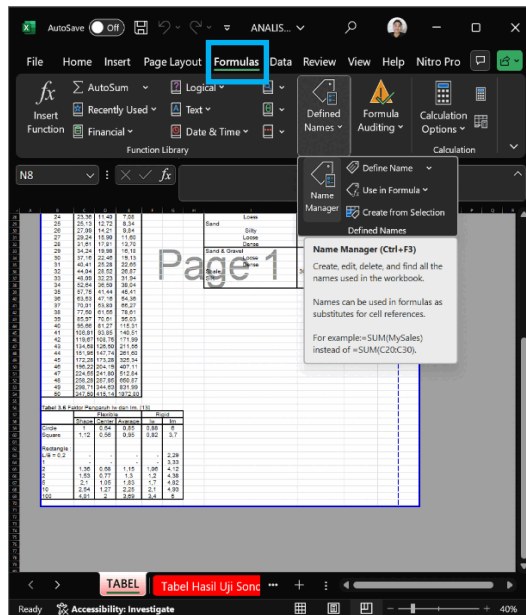
B. KAPASITAS DAYA DUKUNG TANAH HASIL UJI LABORATORIUM	
METODE TERZAGHI (1943),	
Faktor daya dukung fondasi dangkal nilai (N_c , N_q , N_γ), Terzaghi 1943	
ϕ	= 30,00
N_c	= 37,16
N_q	= 22,46
N_γ	= 19,13
FK	= 2,00
$q = \gamma1 \cdot D_f$	= 24,00 kN/m ²
$q_o = P_u / (B \cdot L)$	= 75,00 kN/m ²
Catatan : Perhitungan kapasitas daya dukung tanah bisa digunakan jika, $h1 > Df$	
FONDASI MENERUS	
$q_{ult} = c1 \cdot Nc + q \cdot Nq + 0,5 \cdot \gamma1 \cdot B \cdot N\gamma$	= 1.216,72 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	= 4.866,88 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 2.433,44 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	= 608,36 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= OK
$q_{ijin} > q_o$	= OK
FONDASI PERSEGI	
$q_{ult} = 1,3 \cdot c1 \cdot Nc + q \cdot Nq + 0,4 \cdot \gamma1 \cdot B \cdot N\gamma$	= 1.266,98 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	= 5.067,94 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 2.533,97 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	= 633,49 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= OK
$q_{ijin} > q_o$	= OK
FONDASI LINGKARAN	
$q_{ult} = 1,3 \cdot c1 \cdot Nc + q \cdot Nq + 0,3 \cdot \gamma1 \cdot B \cdot N\gamma$	= 1.205,77 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	= 4.823,07 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 2.411,54 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	= 602,88 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= OK
$q_{ijin} > q_o$	= OK
FONDASI PERSEGI PANJANG	
$q_{ult} = c1 \cdot Nc \cdot (1+0,3 \cdot B/L) + q \cdot Nq + 0,5 \cdot \gamma1 \cdot B \cdot N\gamma \cdot (1-0,2 \cdot B/L)$	= 1.266,98 kN/m ²
$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L$	= 5.067,94 kN
$Q_{ijin} = Q_{ult} / FK$	= 2.533,97 kN
$q_{ijin} = q_{ult} / FK$	= 633,49 kN
$Q_{ijin} > P_u$	= OK
$q_{ijin} > q_o$	= OK

Gambar 46. Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tanah Hasil Uji Laboratorium, Dengan Metode Terzaghi (1943) $Z > B$

3. Membuat perhitungan penurunan (*Settlement*) dengan rumus dan fungsi program *Microsoft Excel* 2021, dengan menggunakan persamaan dari metode *Timoshenko & Goodier* (1951), menentukan nilai penurunan (*Settlement*) pada fondasi dangkal berdasarkan hasil Data uji laboratorium ialah sebagai berikut.

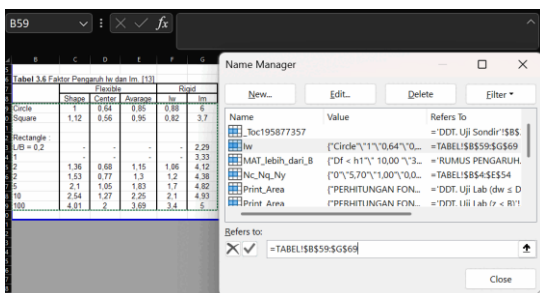
- a. Penurunan seketika (S_i) Uji Laboratorium

Pada Sheet tabel, menggunakan *Tools*, *Formulas* → *Defined Names* → *Name Manager*. Untuk mengelola dan mempermudah penggunaan nama yang telah ditentukan (*Defined Names*) untuk referensi sel, rentang, atau rumus dalam buku kerja.



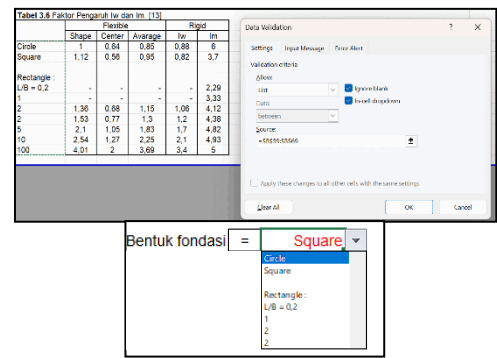
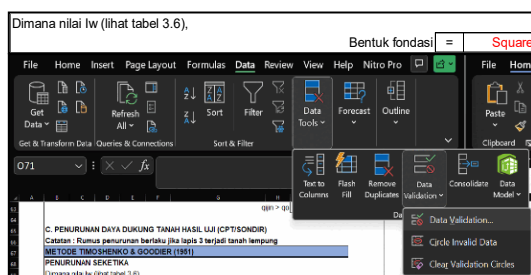
Gambar 47. Formulas, Defined Name s & Name Manager Uji Laboratorium Z > B

Kemudian pada Name Manager beri nama untuk tabel yaitu (Iw) dan memasukan referensi sel, rentang, rumus yang akan ditentukan pada tabel 3.6 faktor pengaruh Iw.



Gambar 48. Name Manager Iw. Uji Laboratorium Z > B

- b. Pada Cell (bentuk fondasi) menggunakan Data Tools → Data Validation. Untuk membatasi input Data pada sel dengan menyediakan daftar pilihan yang dapat dipilih. Lalu pada Allow pilih List dan Source untuk menentukan daftar pada tabel secara vertikal yang akan digunakan.



Gambar 49. Data Validation. Uji Laboratorium Z > B

- c. Menentukan nilai Iw dengan menggunakan rumus *VLOOKUP* terhadap Cell bentuk fondasi, yang dimana rumus *VLOOKUP* berfungsi untuk Menentukan Data yang sudah terlist dalam tabel 3.6 faktor pengaruh Iw.

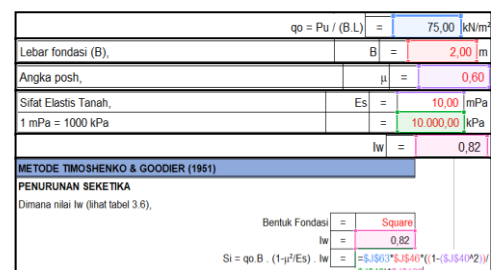


Gambar 50. Nilai Iw. Uji Laboratorium Z > B

VLOOKUP (Menentukan nilai dalam tabel atau rentang berdasarkan baris), J102 (merupakan nilai yang akan dicari dalam rentang atau array Data), Iw (menyusun Data dalam bentuk matriks baris dan kolom, mirip dengan lembar kerja di spreadsheet), 5 (bilangan bulat yang menunjukkan kolom yang diinginkan dalam tabel referensi), *FALSE* (menentukan apakah pencarian akan Menentukan nilai yang persis sama atau nilai terdekat jika nilai persis tidak ditemukan).

- d. Menentukan penurunan seketika (Si), menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian, pembagian dan pengurangan terhadap nilai qo (beban dari luas penampang fondasi), B (lebar fondasi), angka 1, μ (angka posh berdasarkan jenis tanah), Es (sifat elastisitas tanah) dan Iw (faktor pengaruh terhadap bentuk fondasi dan jenis mutu fondasi).

$$Si = qo.B . (1-\mu^2/Es) . Iw$$



Gambar 51. Nilai Penurunan Seketika (Si). Uji Laboratorium Z > B

- e. Penurunan Konsolidasi (Sc) Uji Laboratorium

Menentukan tekanan overburden efektif ditengah lapisan, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian, pembagian dan penjumlahan terhadap nilai γ (berat isi tanah) dan h (tebal lapisan tanah).
 $Po' = h1.\gamma1 + h2.\gamma2 + (h3/2).\gamma3$

DATA TANAH		
Lapis 1	h1	= 2,50 m
Lapis 2	h2	= 1,00 m
Lapis 3	h3	= 1,50 m
Kedalaman fondasi,	Df	= 1,50 m
Berat isi tanah, lapis 1	$\gamma1$	= 16,00 kN/m ³
Berat isi tanah, lapis 2	$\gamma2$	= 18,00 kN/m ³
Berat isi tanah, lapis 3	$\gamma3$	= 20,00 kN/m ³
Tekanan overburden efektif		
$Po' = \frac{[(5,526 \times 16,00) + (5,527 \times 18,00) + (5,528 \times 20,00)]}{2} = 18,75 \text{ kN/m}^2$		

Gambar 52. Nilai Po' (Tekanan Overburden Efektif Ditengah Lapisan). Uji Laboratorium Z > B

- f. Memasukan dan menentukan angka pemapatan (angka kompresibilitas) Cc hasil dari laboratorium.

Cc	=	0,32
----	---	------

Gambar 53. Nilai Kompresibilitas. Uji Laboratorium Z > B

- g. Menentukan kenaikan tegangan di bawah fondasi, menggunakan rumus sederhana yaitu penjumlahan, pengurangan dan pembagian terhadap nilai h (tebal lapisan) dan Df (kedalaman fondasi).

$$z1 = (h1 - Df) + h2$$

$$z2 = z1 + (h3/2)$$

$$z3 = z2 + (h3/2)$$

DATA TANAH		
Lapis 1	h1	= 2,50 m
Lapis 2	h2	= 1,00 m
Lapis 3	h3	= 1,50 m
Kedalaman fondasi,	Df	= 1,50 m
$z1 = (h1 - Df) + h2 = (2,50 - 1,50) + 1,00 = 2,00 \text{ m}$		
$z2 = z1 + (h3/2) = 2,00 + (1,50/2) = 2,75 \text{ m}$		
$z3 = z2 + (h3/2) = 2,75 + (1,50/2) = 3,50 \text{ m}$		

Gambar 54. Nilai z1, z2 dan z3. Uji Laboratorium Z > B

- h. Menentukan tambahan tegangan pada kedalaman z, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian, pembagian dan penjumlahan terhadap nilai qo (beban dari luas penampang fondasi), B

dan L (lebar fondasi), z (kenaikan tegangan di bawah fondasi).

$$P = (qo . B . L) / ((B+z) . (L . z))$$

DIMENSI FONDASI		
Lebar fondasi (L),	L	= 2,00 m
Lebar fondasi (B),	B	= 2,00 m
$qo = Pu / (B . L) = 75,00 \text{ kN/m}^2$		
$z1 = (h1 - Df) + h2 = 2,00 \text{ m}$		
Lapis Atas		
$\Delta Pt = qo . B . L / (B + z1) . (L + z1) = \frac{75,00 \times 2,00 \times 2,00}{(2,00 + 2,00) \times (2,00 + 2,00)} = 5,526 \text{ kN/m}^2$		
$z2 = z1 + (h3/2) = 2,75 \text{ m}$		
Lapis Tengah		
$\Delta Pm = qo . B . L / (B + z2) . (L + z2) = \frac{75,00 \times 2,00 \times 2,00}{(2,00 + 2,75) \times (2,00 + 2,75)} = 5,5132 \text{ kN/m}^2$		
$z3 = z2 + (h3/2) = 3,50 \text{ m}$		
Lapis Bawah		
$\Delta Pb = qo . B . L / (B + z3) . (L + z3) = \frac{75,00 \times 2,00 \times 2,00}{(2,00 + 3,50) \times (2,00 + 3,50)} = 5,5134 \text{ kN/m}^2$		

Gambar 55. Nilai tambahan tegangan pada kedalaman z. Uji Laboratorium Z > B

- i. Menentukan rata-rata pertambahan tegangan, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian, pembagian dan penjumlahan terhadap nilai 1/6, Pt (tambahan tegangan pada lapisan lempung bagian atas), Pm (tambahan tegangan pada lapisan lempung bagian tengah), Pb (tambahan tegangan pada lapisan lempung bagian bawah).

$$\Delta p \text{ rata-rata} = 1/6 . (\Delta Pt + 4 . \Delta Pm + \Delta Pb)$$

Lapis Atas	$\Delta Pt = qo . B . L / (B + z1) . (L + z1) = 5,526 \text{ kN/m}^2$
Lapis Tengah	$\Delta Pm = qo . B . L / (B + z2) . (L + z2) = 5,5132 \text{ kN/m}^2$
Lapis Bawah	$\Delta Pb = qo . B . L / (B + z3) . (L + z3) = 5,5134 \text{ kN/m}^2$
Tambahan tegangan vertikal di tengah-tengah lapisan oleh tegangan akibat beban pondasi neto	
$\Delta p \text{ rata-rata} = 1/6 . (\Delta Pt + 4 . \Delta Pm + \Delta Pb) = \frac{1}{6} (5,526 + 4 \times 5,5132 + 5,5134) = 5,5137 \text{ kN/m}^2$	

Gambar 56. Nilai Rata-Rata Pertambahan Tegangan. Uji Laboratorium Z > B

- j. Menentukan tinggi lapisan yang mengalami penurunan / konsolidasi (Tanah Lempung), menggunakan fungsi (=) pada rentang sel terhadap Data h3 (tebal lapisan tanah berjenis lempung).

Lapis 3	h3	= 1,50 m
Tinggi lapisan yang mengalami penurunan / konsolidasi		
$H3 = 5,528 \text{ m}$		

Gambar 57. Tinggi lapisan yang mengalami penurunan / konsolidasi Tanah Lempung). Uji Laboratorium Z > B

- k. Menentukan penurunan akhir (m) dari lapisan setebal H (m) persamaan Terzaghi, menggunakan rumus sederhana yaitu perkalian, pembagian dan penjumlahan terhadap nilai Cc (angka kompresibilitas), H (tinggi

lapisan yang mengalami penurunan pada tanah lempung), $1 + e_o$ (Initial void ratio), $\log$ (digunakan untuk menghitung logaritma suatu angka dengan basis tertentu), P_o' (Tekanan overburden efektif ditengah lapisan), Δp rata-rata (rata-rata pertambahan tegangan).

$$S_{cp} = ((C_c \cdot H) / (1 + e_o)) \cdot (\log((P_o' + \Delta p_{rat}) / P_o'))$$

Angka pemampatan (angka kompresibilitas), persamaan Buisman	$C_c =$	0,32	kN/m ²
Tinggi lapisan yang mengalami penurunan / konsolidasi	$H_3 =$	1,50	m
Initial void ratio	$e_o =$	0,80	
Tekanan overburden efektif	$P_o' =$	73,00	kN/m ²
Tambahan tegangan vertikal di tengah-tengah lapisan oleh tegangan akibat beban pondasi neto Δp rata-rata = $1/6 \cdot (\Delta P_t + 4 \cdot \Delta P_m + \Delta P_b)$	$=$	14	kN/m ²
Penurunan akhir (m) dari lapisan setebal H (m) $S_{cp} = ((C_c \cdot H) / (1 + e_o)) \cdot (\log((P_o' + \Delta P) / P_o'))$	$=$	0,020	m

Gambar 58. Nilai Penurunan Konsolidasi (S_c). Uji Laboratorium Z > B

1. Total penurunan penjumlahan dari penurunan seketika (S_i) dan penurunan konsolidasi (S_c).

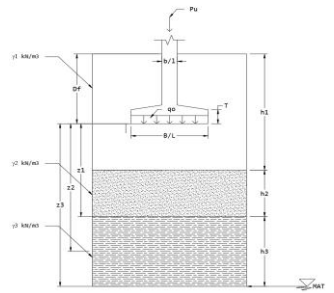
$S_i = q_o \cdot B \cdot (1 - \mu^2 / E_s) \cdot I_w$	$=$	0,0079	m
$S_{cp} = ((C_c \cdot H) / (1 + e_o)) \cdot (\log((P_o' + \Delta P) / P_o'))$	$=$	0,020	m
Total penurunan $S_t = S_i + S_{cp}$	$=$	0,028	m

Gambar 59. Nilai Total Penurunan (S_t). Uji Laboratorium Z > B

- m. Kontrol nilai $S_t < S_t$ ijin (50 mm), menggunakan fungsi IF untuk mendefinisikan jika nilai S_t lebih kecil dari nilai S_t ijin (50 mm) maka didefinisikan "OK", jika nilai S_t lebih besar dari nilai S_t ijin (50 mm) maka didefinisikan "NO".

Total penurunan $S_t = S_i + S_{cp}$	$=$	0,028	m
S_t ijin	$=$	50	mm
$S_t < S_t$ ijin	$=$	IF(0,028<0,05;"OK";"NO")	

Gambar 60. Kontrol Nilai $S_t < S_t$ ijin (50 mm). Uji Laboratorium Z > B

METODE TIMOSHENKO & GOODIER (1951)			
PENURUNAN SEKETIKA			
Dimana nilai I_w (lihat tabel 3.6),			
Bentuk Fondasi	$=$	Square	
$I_w =$	$=$	0,82	
$S_i = q_o \cdot B \cdot (1 - \mu^2 / E_s) \cdot I_w$	$=$	0,0079	m
PENURUNAN KONSOLIDASI			
Tekanan overburden efektif			
$P_o' =$	$=$	73,00	kN/m ²
Angka pemampatan (angka kompresibilitas), persamaan Buisman			
$C_c =$	$=$	0,32	kN/m ²
METODE 2 : 1 UNTUK MENCARI KENAIKAN TEGANGAN DI BAWAH PONDASI			
			
$z_1 = (h_1 - D_f) + h_2$	$=$	2,00	m
$z_2 = z_1 + (h_3/2)$	$=$	2,75	m
$z_3 = z_2 + (h_3/2)$	$=$	3,50	m
Lapis Atas			
$\Delta P_t = q_o \cdot B \cdot L / (B + z_1) \cdot (L + z_1)$	$=$	18,75	kN/m ²
Lapis Tengah			
$\Delta P_m = q_o \cdot B \cdot L / (B + z_2) \cdot (L + z_2)$	$=$	13,30	kN/m ²
Lapis Bawah			
$\Delta P_b = q_o \cdot B \cdot L / (B + z_3) \cdot (L + z_3)$	$=$	9,92	kN/m ²
Tambahan tegangan vertikal di tengah-tengah lapisan oleh tegangan akibat beban pondasi neto Δp rata-rata = $1/6 \cdot (\Delta P_t + 4 \cdot \Delta P_m + \Delta P_b)$			
$=$	$=$	14	kN/m ²
Tinggi lapisan yang mengalami penurunan / konsolidasi			
$H_3 =$	$=$	1,50	m
Penurunan akhir (m) dari lapisan setebal H (m) $S_{cp} = ((C_c \cdot H) / (1 + e_o)) \cdot (\log((P_o' + \Delta P) / P_o'))$			
$=$	$=$	0,020	m
Total penurunan $S_t = S_i + S_{cp}$			
$=$	$=$	0,028	m
S_t ijin	$=$	50	mm
$S_t < S_t$ ijin	$=$	OK	

Gambar 61. Perhitungan Penurunan Fondasi Dangkal Berdasarkan data Hasil Uji Laboratorium, dengan Metode *Timoshenko & Goodier* (1951). Z > B.

IV. KESIMPULAN

Parameter yang dibutuhkan untuk daya dukung fondasi dangkal yaitu mulai dari γ (berat isi tanah), c (kohesi), ϕ (sudut geser dalam), q_c (tahanan ujung konus) dan f_s (perlawanan geser), parameter tersebut berdasarkan data hasil uji sondir dan uji laboratorium. Analisis daya dukung tanah untuk fondasi dangkal dapat dilakukan secara efektif menggunakan dua pendekatan utama, yaitu berdasarkan data hasil uji *Cone Penetration Test* (CPT/Sondir) menggunakan metode *Meyerhof*, berdasarkan data hasil uji laboratorium menggunakan metode *Terzaghi*. Penurunan (*Settlement*) yang dianalisis mencakup penurunan seketika (*Immediate Settlement*) dan penurunan konsolidasi (*Consolidation Settlement*). Berdasarkan metode *Timoshenko & Goodier* serta metode *De'Beer & Marten*.

Peneliti membuat rumus menggunakan program *Microsoft Excel* 2021 dengan nama file "DDFD & SETT.xlsx". Program ini memberikan

input berupa parameter tanah, dimensi dan kedalaman fondasi, untuk output memberikan hasil daya dukung tanah dan penurunan.

Dalam penelitian ini terbatas untuk perhitungan daya dukung tanah dan penurunan fondasi dangkal difokuskan hanya pada kondisi jika kedalaman lapisan tanah ke-1 lebih dalam dari kedalaman fondasi dan lapisan tanah ke-3 berjenis lempung. Peneliti berharap program perhitungan daya dukung tanah dan penurunan fondasi dangkal ini perlu adanya pengembangan untuk peneliti selanjutnya

UCAPAN TERIMA KASIH

Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Haki Yusdinar, ST., M.Si, selaku Ketua Program studi Teknik Sipil Politeknik Sukabumi
2. Bapak Haadi Kusumah, ST., MT, selaku dosen pembimbing pertama yang telah membimbing penulis dalam pembahasan dan penulisan Jurnal ini.
3. Bapak Ruslan Efendi, M.Ds, selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing penulis dalam penulisan Jurnal ini.

REFERENSI

- [1] Rini Trisno Lestari, Ayu Herzanita Y, Muhammad Husnul Karim, "ANALISIS KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL TERHADAP KEDALAMAN (STUDI KASUS: KALIMANTAN)", *Construction and Material Journal*, Volume 5 No. 3 November 2023.
- [2] Hery Kristiyanto, Fajar Purwoko, Lili Wijayanti, "PERBANDINGAN DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TANAH PADA PONDASI DANGKAL BERDASARKAN DATA SPT DAN CPT", *Civil Engineering and Technology Journal*, Vol. Iv No2, Agustus 2022.
- [3] Anwar Muda, "ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH FONDASI DANGKAL BERDASARKAN DATA LABORATORIUM", *Jurnal INTEKNA*, Volume 16, No. 1, Mei 2016: 1-100.
- [4] Standar Nasional Indonesia, "CARA UJI PENETRASI LAPANGAN DENGAN ALAT SONDIR", ICS 93.020 Badan Standardisasi Nasional, SNI 2827:2008.
- [5] Dr. Ir. Abdul Hakam, MT., "Rekayasa Pondasi Untuk Mahasiswa dan Praktisi", Padang (Sumbar) : CV. Bintang Grafika, 2008.
- [6] Darwis Panguriseng, Syahrul Sariman, "REKAYASA PONDASI DANGKAL", Makassar : CV. Tohar Media, 2022.
- [7] Prof. Ir. Sidharta S.K, "REKAYASA FUNDASI II, FUNDASI DANGKAL DAN FUNDASI DALAM", Jakarta : Universitas Gunadarma, s.t
- [8] Nusa Setiani Triastuti, "BERBAGAI MACAM PONDASI", Makassar : Mitra Ilmu, 2022
- [9] Hary Christady Hardiyatmo, "TEKNIK FONDASI 1", Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama, 1996
- [10] Junita Winni Palondongan,dkk, "RUMUS DAN FUNGSI MICROSOFT EXCEL", Jurnal Praba : Jurnal Rumpun Kesehatan Umum, Volume 2 Nomor 4 Desember 2024