



Analisis Daya Dukung Fondasi Pada Pembangunan Gedung Kantor DPRD Kota Manado

Rachel V. Umboh^{#a}, Agnes T. Mandagi^{#b}, Roski R. I. Legrans^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^arachelumboh021@student.unsrat.ac.id, ^bagnes.mandagi@unsrat.ac.id, ^clegransroski@unsrat.ac.id

Abstrak

Dalam sebuah konstruksi, fondasi menjadi peran yang penting untuk menanggung semua beban konstruksi bagian atas ke lapisan tanah yang berada di bawahnya. Oleh karena itu, pemilihan jenis fondasi sangat penting dalam proses perencanaan suatu bangunan agar tidak mengalami kegagalan struktur. Data yang digunakan dalam penelitian untuk proses analisis ini berupa data struktur menggunakan software SAP2000 v14 yang menghasilkan data analisis pembebaran, data tanah menggunakan CPT (Cone Penetration Test) atau tes sondir dan data gambar konstruksi. Untuk tahap awal proses analisis yaitu menentukan jenis lapisan tanah dan menghitung korelasi parameter tanah. Selanjutnya dilakukan analisis untuk fondasi sumuran, berupa analisis kapasitas dukung aksial untuk tahanan selimut lapisan lempung menggunakan metode λ , tahanan selimut lapisan pasir menggunakan persamaan dari Coyle dan Castello dan tahanan ujung lapisan lempung dan pasir menggunakan metode Meyerhof; kapasitas dukung lateral menggunakan metode Brooms, penurunan menggunakan metode Vesic dan menggunakan software Settle3D; dan defleksi menggunakan metode Matlock dan Reese. Hasil analisis fondasi sumuran dengan panjang tiang 3,6 m dengan 3 variasi diameter 0,6 m, 0,8 m dan 1 m sama-sama mampu memikul beban terbesar struktur sebesar 1124,35 kN dengan kapasitas dukung aksial izin masing-masing sebesar 1836,39 kN, 3112,0 kN dan 4719,39 kN. Penurunan dari ketiga diameter fondasi totalnya berkisar 2,1 mm – 24,9 mm memenuhi syarat dan masih dalam batas aman. Fondasi sumuran pada ketiga variasi diameter mengalami defleksi berkisar 0,5 mm – 1,3 mm. Berdasarkan hasil analisis, menunjukkan bahwa apabila menggunakan jenis fondasi ini fondasi sumuran mampu dan memenuhi syarat untuk memikul beban dari struktur atas dan efektif serta dapat menjadi alternatif untuk digunakan pada proyek konstruksi ini.

Kata kunci: gedung, fondasi sumuran, daya dukung, penurunan

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Untuk menunjang kenyamanan dan keselamatan pengguna prasarana agar bisa mendukung berjalanannya fungsi dan kegiatan atau aktivitas pemerintah khususnya pada Pembangunan Gedung Kantor DPRD Kota Manado yang terdiri dari 3 lamai ini, tentunya tidak lepas dari peran penting fondasi yang menanggung beban konstruksi dari bagian atas ke lapisan tanah yang berada di bawahnya.

Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis dan perhitungan yang mendalam terhadap kapasitas dukung dan potensi penurunan fondasi untuk mengevaluasi efektivitas jenis fondasi yang direncanakan untuk digunakan pada penelitian ini. Kapasitas dukung dan penurunan yang terjadi pada fondasi terhadap struktur sangat pengaruh karena memiliki potensi pada kerugian dari segi ekonomi, material dan keselamatan bagi pengguna struktur konstruksi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diambil beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan kapasitas dukung aksial dan lateral fondasi sumuran?
2. Bagaimana menentukan penurunan akibat beban konstruksi?
3. Bagaimana mengetahui pembebanan penurunan pada fondasi akibat beban konstruksi?

1.3. Lingkup Penelitian

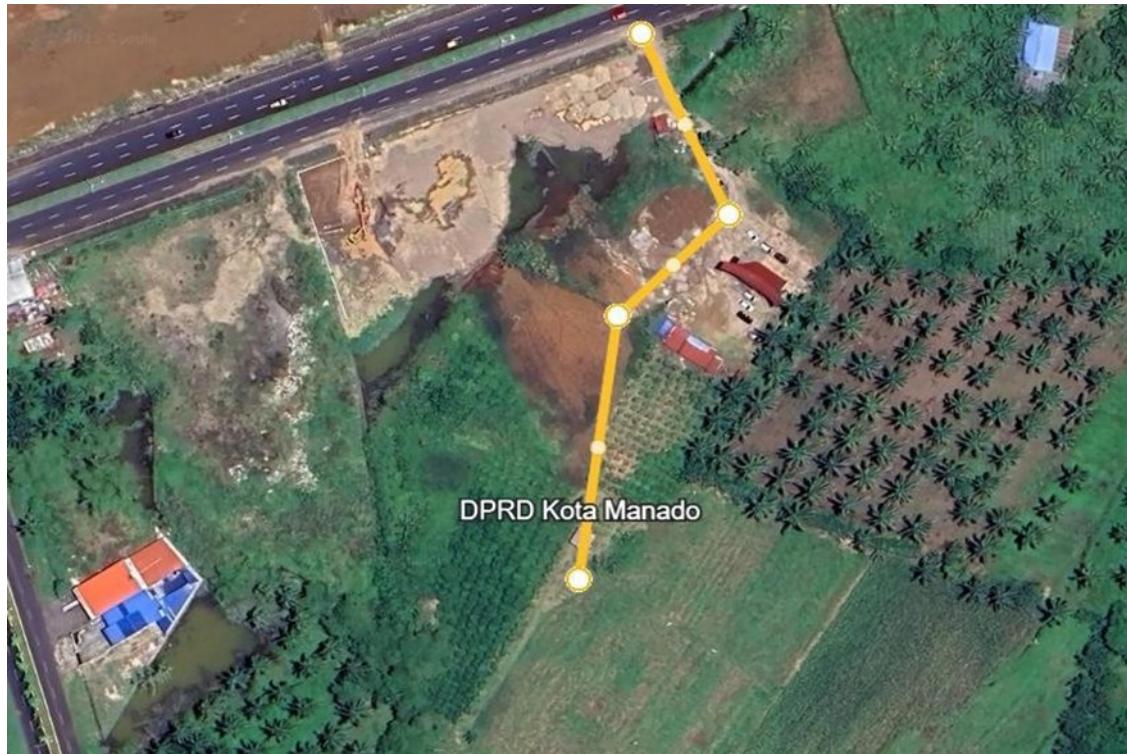
1. Menggunakan data sekunder yaitu data struktur, data gambar konstruksi, dan data sondir (CPT).
2. Fondasi yang akan dianalisis yaitu jenis fondasi sumuran.
3. Analisis fondasi sumuran menggunakan tiga variasi diameter.
4. Analisis kapasitas dukung menggunakan metode analitik.
5. Analisis penurunan menggunakan metode analitik dan numerik.
6. Perhitungan pembebanan struktur menggunakan SAP2000 v14.
7. Perhitungan penurunan menggunakan *Settle3D*.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya dukung dan penurunan fondasi sumuran yang digunakan pada Gedung Kantor DPRD Kota Manado.

1.5. Lokasi Penelitian

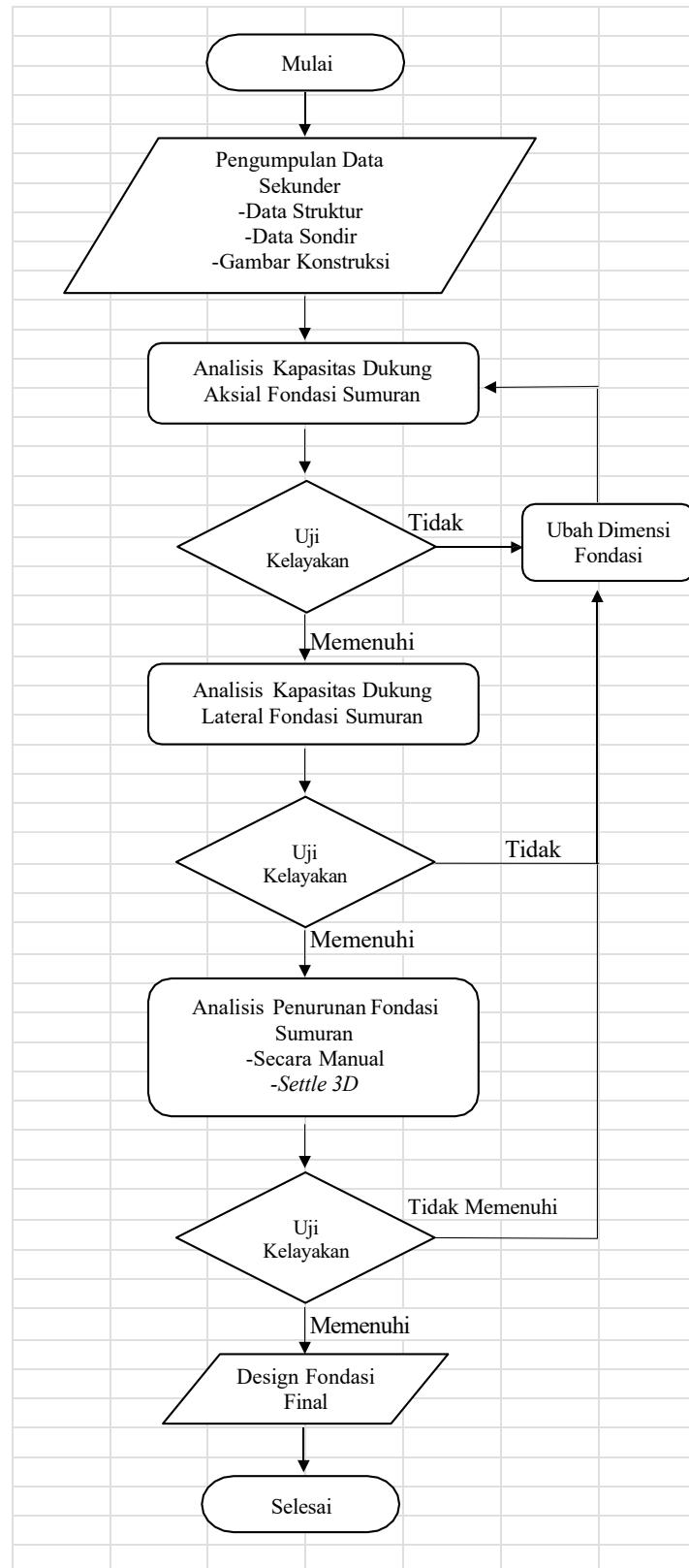
Penelitian berlokasi di Ringroad-GPI Kima atas Kec. Mapanget.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (*Google Earth*)

2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

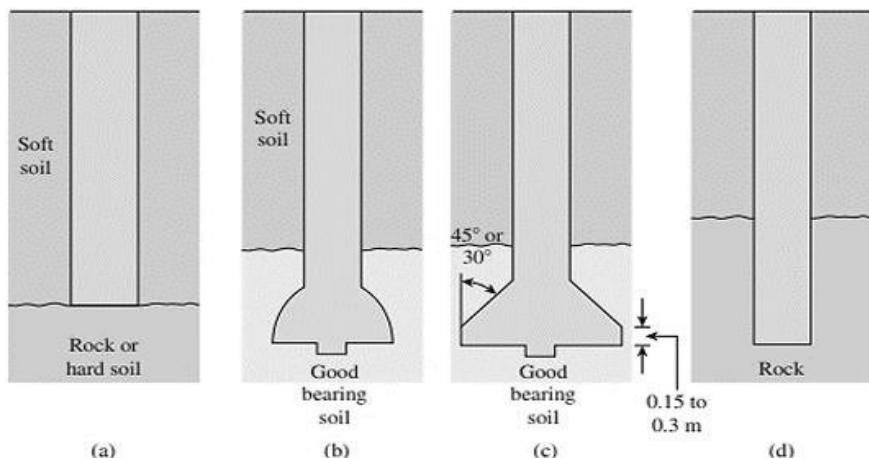
3.1. Fondasi

Beberapa ahli geoteknik telah mengemukakan penjelasan mengenai pengertian fondasi. Menurut Terzaghi (1943), fondasi adalah elemen struktur yang menghubungkannya ke tanah, mentransfer beban dari struktur ke tanah. Menurut Braja M. Das (1983) fondasi adalah bagian terendah dari suatu struktur yang meneruskan beratnya ke tanah atau batuan-batuan dibawahnya.

3.2. Fondasi Sumuran

Fondasi sumuran adalah jenis fondasi yang digunakan untuk meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah yang dalam dan memiliki daya dukung yang lebih baik. Fondasi sumuran sering digunakan apabila lapisan tanah pendukung berada pada kedalaman 2 hingga 8 meter di bawah permukaan tanah (Wesley 1977). Ada beberapa kelebihan dari fondasi sumuran, yaitu sebagai berikut:

- Menjadi alternatif penggunaan fondasi dalam apabila material batu dari alam cukup banyak.
- Tidak memerlukan alat berat.
- Biaya yang lebih murah untuk tempat tertentu.



Gambar 3. Jenis Fondasi Sumuran

3.3. Cone Penetration Test (CPT)

Cone Penetration Test atau Sondir merupakan salah satu uji lapangan untuk mengetahui kondisi lapisan tanah. Alat sondir akan mengukur 2 parameter utama yaitu tahanan ujung yang mengindikasikan kekuatan atau kepadatan tanah dan gesekan selimut yang membantu dalam mengidentifikasi jenis tanah. Hasil pengukuran direkam secara kontinu terhadap kedalaman sehingga menghasilkan profil lapisan tanah dan perkiraan sifat-sifat geotekniknya. Pada hasil penyelidikan tanah dengan uji sondir, diperoleh nilai hambatan konus dan hambatan setempat yang diolah dengan korelasi empiris, sebagai berikut:

1) Friction Ratio, RF

Friction Ratio adalah persentase perbandingan antara hambatan setempat dan hambatan konus.

$$R_f = R_f = \left(\frac{f_s}{q_s} \right) \times 100\% \quad (1)$$

2) Unit Weight of Soil, γ

Persamaan berat isi tanah berikut merupakan hubungan antara nilai *friction ratio* dan hambatan konus (Robertson, 2010)

$$y = \left((0,27 \times \log R_f) + 0,36 \times \log \left(\frac{q_c}{P_a} \right) + 1,236 \right) \times y_w \quad (2)$$

3) *Total and Effective Overburden, σv_0 and $\sigma'v_0$*

$$\sigma v_0 = \sum (z_i \times \gamma_i) \quad (3)$$

$$\sigma'v_0 = \sigma v_0 - u \quad (4)$$

$$u = z_i \times y_w \quad (5)$$

4) *Angle of Friction, ϕ*

Terdapat beberapa korelasi mengenai sudut geser dalam terhadap parameter-parameter CPT.

Salah satunya adalah persamaan yang diusulkan Kulhawy dan Mayne (2006), yaitu:

$$\phi = 17,6 + 11(\log \left(\frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sqrt{\sigma'_{v0} Pa}} \right)) \quad (6)$$

5) *Pre-consolidation, σ_p'*

Persamaan untuk menghitung pre-consolidation stress menggunakan persamaan dari Kulhawy-Mayne (1990); Mayne (2007).

$$\sigma'p = 0,33 (q_t - \sigma_{v0})^m \quad (7)$$

$$m' = 1 - \frac{0,28}{1 + \left(\frac{I_c}{2,65} \right)^{25}} \quad (8)$$

$$I_c \sqrt{(3,47 - \log \frac{q_t}{pa})^2 + (\log Rf + 1,22)^2} \quad (9)$$

6) *Undrained and Drained Strength*

Dihitung menggunakan persamaan dari Trak (1980) dan Terzaghi (1996).

$$c_u = 0,22 \times \sigma'p \quad (10)$$

$$c' = \frac{2}{3} \times c_u \quad (11)$$

7) *Modulusn Elasticity, E*

Persamaan ini menggunakan usulan Schmertmann (1978)

$$E = 2,5 \times q_c \quad (12)$$

3.4. *Kapasitas Dukung Fondasi Sumuran*

Ada syarat teknis yang harus memenuhi untuk mengevaluasi kinerja fondasi, yaitu syarat daya dukung dan syarat penurunan dari struktur fondasi. Berikut merupakan rumus dari kapasitas dari fondasi sumuran.

$$Q_u = Q_s + Q_p \quad (13)$$

Dimana:

Q_u = Kapasitas dukung ultimate tiang

Q_s = Tahanan friksi

Q_p = Tahanan ujung

3.5. *Penurunan Fondasi Sumuran*

Menurut Kusuma dan Mina (2019), penurunan fondasi merupakan proses terjadinya penurunan suatu fondasi akibat beban struktur di atasnya. Penurunan fondasi yang tidak merata dapat menyebabkan tegangan ekstra pada komponen bangunan atas maupun bawah.

3.6. *Kapasitas Dukung Lateral Fondasi Sumuran*

Beban lateral pada fondasi merupakan masalah interaksi tanah di mana pergeseran fondasi tergantung pada perilaku tanah (Reese, 1993).

3.7. *Defleksi Lateral Fondasi Sumuran*

Defleksi merupakan sebuah proses lendutan yang terjadi karena ada gaya vertikal yang

berkerja pada batang material. Tiang yang mengalami defleksi yang besar akan membahayakan stabilitas jangka panjang yang di dukungnya.

3.8. Pembebanan Program SAP2000 V14

Untuk menghitung pembebanan digunakan SAP2000 v14. SAP2000 v14 ini merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk mendesain dan menganalisis struktur bangunan atau objek.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Sondir

Berikut merupakan data sondir pada lokasi konstruksi.

Tabel 1. Hasil Uji Sondir Titik S1

(Sumber: Laboratorium Uji Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado)

Kedalaman (m)	Hambatan Konus (HK) (Kg/cm ²)	Jumlah Hambatan (JH) (Kg/cm ²)	Hambatan Pelekat (HP=JH-HK) (Kg/cm ²)	(HPX20/10) (Kg/cm ²)	Jumlah Hambatan Pelekat (JHP) (Kg/cm ²)	Hambatan Setempat (HS=HP/10) (Kg/cm ²)
0,00	0	0	0	0	0	0,00
0,20	5	10	5	10	10	0,50
0,40	5	10	5	10	20	0,50
0,60	5	10	5	10	30	0,50
0,80	5	10	5	10	40	0,50
1,00	5	10	5	10	50	0,50
1,20	15	25	10	20	70	1,00
1,40	10	20	10	20	90	1,00
1,60	5	10	5	10	100	0,50
1,80	5	10	5	10	110	0,50
2,00	30	40	10	20	130	1,00
2,20	25	35	10	20	150	1,00
2,40	10	20	10	20	170	1,00
2,60	15	25	10	20	190	1,00
2,80	15	25	10	20	210	1,00
3,00	20	25	5	10	220	0,50
3,20	90	100	10	20	240	1,00
3,40	90	100	10	20	260	1,00
3,60	110	120	10	20	280	1,00
3,80	190	200	10	20	300	1,00
4,00	190	200	10	20	320	1,00
4,20	190	200	10	20	340	1,00
4,40	250					

4.2 Analisis Kapasitas Dukung Aksial Fondasi Sumuran

Berikut hasil perhitungan daya dukung aksial dengan diameter 0,6 m dan kedalaman fondasi 3,6 m, dengan menggunakan metode Meyerhof didapat untuk $Q_s = 1030,59$ kN, $Q_p = 4478$ kN, $Q_{ult} = 5509,18$ kN, $Q_{all} = 1836,394$ kN. Berikut merupakan tabel untuk setiap diameter:

Tabel 2. Kapasitas Dukung Aksial Fondasi Sumuran

Diameter (m)	0,6	0,8	1
Qu (kN)	5509,18	9336,06	14158,18
Qall (kN)	1836,394	3112,02	4719,393
Qdes (kN)		1124,352	
SF		3	
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN

4.3 Analisis Tegangan Vertikal dan Batas Pengaruh Penurunan Fondasi Sumuran

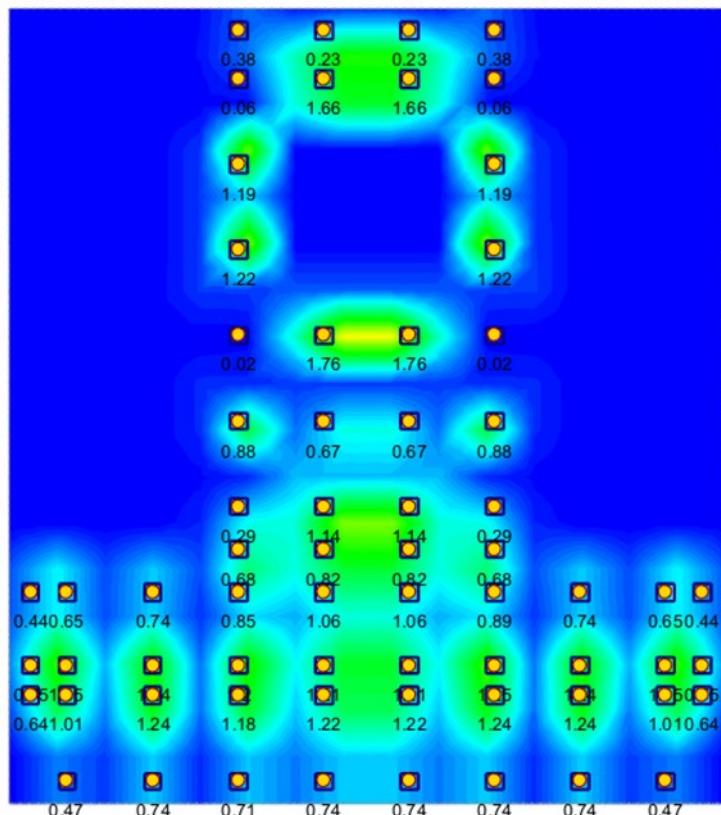
Berikut hasil perhitungan tegangan vertikal dan batas pengaruh penurunan fondasi sumuran pada kedalaman fondasi 5,6 m, didapatkan hasil untuk $\sigma'_{vo} = 108,711 \text{ kN}$, 20% $\sigma'_{vo} = 21,7421 \text{ kN}$, $\Delta\sigma = 20,8127 \text{ kN}$, $Q_{all} = 131,378 \text{ kN}$.

Tabel 3. Perhitungan Influence Zone Fondasi Sumuran

Dept m	γ Kn/m^3	σ'_{vo} kN/m^2	$0,2\sigma'_{vo}$ kN/m^2	$\Delta\sigma$ kN/m^2
0	0	0	0	0
0,6	19,12724	11,47634	2,295268	203,5947
1	19,19616	19,19616	3,839233	148,6746
1,4	19,4126	27,17765	5,435529	113,3134
2	18,69912	37,39824	7,479647	79,95392
2,4	18,27557	43,86137	8,772273	65,2839
2,8	18,43162	51,60852	10,3217	54,30996
3,2	19,12724	61,20715	12,24143	45,88724
3,6	19,19616	69,10619	13,82124	39,2821
4	19,4126	77,65042	15,53008	34,00687
4,2	19,4126	81,53294	16,30659	31,75911
4,5	19,4126	87,3567	17,47134	28,78341
4,8	19,4126	93,18048	18,6361	26,20714
5,2	19,4126	100,9455	20,1891	23,2773
5,6	19,4126	108,7106	21,74211	20,81266

4.4 Analisis Penurunan Fondasi menggunakan Settle 3D

Dengan menggunakan *software Settle3D* untuk diameter 0,6 m, penurunan yang terjadi sebesar 1,8 mm. Berikut merupakan hasil penurunan semua tiang sesuai dengan denah fondasi.



Gambar 4. Hasil Penurunan Menggunakan Settle 3D

Tabel 4. Perbandingan Hasil Analisis Penurunan Fondasi

Diameter	Manual	Settle 3D
m	mm	mm
0,6	24,9328	1,8
0,8	19,5587	3,1
1	16,2527	4,9

4.5 Analisis Kapasitas Dukung Lateral Fondasi Sumuran

Hasil analisis daya dukung lateral fondasi sumuran dengan menggunakan diameter 0,6 m dan panjang tiang 3,6 m yakni $Q_{ult} = 873,73$ kN dan $Q_{all} = 291,243$ kN. Berikut resume hasil perhitungan hasil analisis daya dukung lateral fondasi sumuran dengan variasi diameter 0,8 m, 0,6 m, 1 m.

Tabel 5. Kapasitas Dukung Lateral Fondasi Sumuran

Diameter	0,6	0,8	1
Qu (kN)	873,7301	1164,973	1456,217
Qall (kN)	29,2434	388,3245	485,4056
Mmax (kNm)	2096,952	2795,936	3494,92

4.6 Analisis Defleksi Lateral Fondasi Sumuran

Hasil analisis daya dukung lateral fondasi sumuran dengan menggunakan diameter 0,6 m dan dihitung menggunakan metode Matlock dan Reese. Didapat $Qu = 23,034$ kN dan $yx = 1,3526$ mm.

Tabel 6. Defleksi Fondasi Sumuran

Diameter	0,6	0,8	1
Qu (kN)		23,034	
y (mm)	1,3526068	0,8535276	0,59855179
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Pada hasil analisis fondasi sumuran dengan panjang tiang 3,6 m dan tiga variasi diameter yaitu 0,6 m, 0,8 m dan 1 m mampu memikul beban terbesar struktur sebesar 1124,352 kN dengan kapasitas dukung aksial ultimate masing-masing sebesar 5509,18 kN, 9336,06 kN dan 14158,18 kN; kapasitas dukung aksial izin masing-masing sebesar 3112,02 kN, 1511,98 kN dan 6658,51 kN. Untuk kapasitas lateral fondasi sumuran dianalisis menggunakan metode Brooms, didapatkan kapasitas dukung lateral ultimate masing-masing sebesar 873,73 kN, 1164,97 kN dan 1456,21 kN; kapasitas dukung lateral izin masing-masing sebesar 291,24 kN, 388,32 kN dan 485,40 kN; dan momen lateral maksimum masing-masing sebesar 2096,95 kNm, 2795,93 kNm dan 3494,92 kNm. Fondasi sumuran mengalami defleksi berkisar 0,5 mm – 1,3 mm pada ketiga variasi diameter dihitung menggunakan metode Matlock dan Reese.

Berdasarkan analisis pembebanan struktur menggunakan software SAP2000 v14 dengan kombinasi pembebanan:

- 1,2 SDL + 1,4 SDL
- 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 LL

Didapatkan beban terbesar struktur dengan nilai 1124,35 kN yang digunakan pada penurunan fondasi akibat beban konstruksi dengan analisis secara manual dan software Settle3D untuk variasi diameter 0,6 m, 0,8 m dan 1 m.

Penurunan fondasi sumuran pada variasi diameter 0,6 m, 0,8 m dan 1 m dengan analisis secara manual menggunakan metode Vesic masing-masing diperoleh nilai sebesar 24,93 mm,

19,55 mm dan 16,25 mm; dan dengan menggunakan Software Settle3D diperoleh nilai 1,8 mm, 3,1 mm dan 4,9 mm. Berdasarkan batas penurunan yang diizinkan untuk fondasi sekitar 25 mm dibandingkan dengan nilai yang diperoleh, bahwa fondasi sumuran memenuhi syarat dan mampu untuk memikul beban dari struktur di atas dengan faktor keamanan fondasi untuk variasi diameter masing-masing 3.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa rekomendasi untuk pengembangan penelitian ini, antara lain :

1. Perhitungan kapasitas dukung fondasi sumuran dapat dilakukan dengan analisis menggunakan software sebagai alternatif pembanding dengan perhitungan manual.
2. Perhitungan penurunan fondasi sumuran dapat dilakukan dengan analisis menggunakan software lain untuk alternatif pembanding dengan perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu perhitungan manual dan melalui software Settle3D.

Referensi

- Bowles, Joseph E. (1997). Foundation Analysis and Design (Fifth Edition). Singapore: McGraw-Hill.
- Bima Putra Pamungkas, Miftacul Ulum, Tri Hariyati, Alfandias Seysna Putra. 2023. Analisis Pembangunan Rumah Sakit Berdasarkan Data Sondir di Desa Waingapu, Nusa Tenggara Timur Vol. 2, No. 1, Februari 2023.
- Daud, Agatta F. E., Oktovian B. A Sompie & Agnes T. Mandagi. (2024). Analisis Daya Dukung Fondasi Sumuran Pada Pembangunan Gedung Rumah Sakit Liun Kendage Tahun. TEKNO.
- Das, Braja M. (1995). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M., Dean Emeritus, & Khaled Sobhan. (2014, 2010). Principles of Geotechnical Engineering, Eight Edition, SI. USA: Cengage Learning.
- Ering, Inggrid A., Roski R. I. Legrans & Steeva G. Rondonuwu. (2024). Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Rakit Dan Fondasi Sumuran Pada Konstruksi Gedung Kuliah Jurusan Farmasi FMIPA UNSRAT. TEKNO.
- Irma Ridhayani, Irfan Saputra. 2021. Studi Analisis Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Sondir Di Kampus Padhang-Padhang Universitas Sulawesi Barat Vol. 3, No. 2, Oktober 2021.
- Kalendesang, Natanael C., Jack H. Ticoh, & Roski R. I. Legrans. (2022). Analisis Penurunan Fondasi Dangkal Menggunakan Program Settle3D (Studi Kasus: SMA Eben Haezer Manado). TEKNO.
- Ticoh, J. H., Waani, J. E., Mandagi, A. T., Supit, C. J., & Manaroinsong, L. D. (2022). Studi Daya Dukung Izin Tanah Untuk Pondasi Gedung di Desa Sea,Kec. Pineleng, Kabupaten Minahasa. TEKNO- Volume 20 Nomor 80 April 2022,147-150.