

Perhitungan dan Desain Fondasi Telapak Berbasis Data Sondir Pada Rencana Pembangunan Gedung 2 Lantai Rektorat Undaris

Abdullah, Agung Hari Wibowo

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman

E-mail: agungundaris@gmail.com

ABSTRACT

Foundation design is carried out carefully to obtain the appropriate bearing capacity to support the load of the structure above it. Good foundation design will prevent the collapse of the structure above it. The foundation in a structural system functions to transfer the load of the structure to the ground. The separate footing foundation model is highly dependent on the area in the calculation of the contact pressure at the base of the foundation. The wider the footing of the foundation, the smaller the contact pressure generated. The size of the design of this contact pressure is determined by the ability of the soil below it to support the structure as a whole. In the study on the design of foundations for two-story building structures, it is known that the allowable bearing capacity value from the sondir data with a q_c value of 45 kg/cm^2 according to Schmertmann is 676.67 kN/m^2 . This value is smaller when compared to Mayerhoff and Herminier, which each provide q_{allow} of 975 and 1000 kN/m^2 . With a combination of service loads, the foundation footing is designed with dimensions of $1.40 \times 1.40 \text{ m}$ resulting in a q_{max} at the base of the foundation of 439.297 kN/m^2 which is still below q_{allow} . For reinforcement design, a combination of ultimate loads is used. The structural analysis carried out obtains the support reaction force which is then used as design input. From the calculation results, flexural reinforcement in the x and y directions is obtained with D16-200. Shrinkage reinforce in the x and y directions is installed D13-200, while shear reinforcement D13-400/400 is used.

Keywords: Foundation, Footplat, Bearing Capacity, Sondir, Reinforced Concrete

ABSTRAK

Perencanaan Fondasi dilakukan secara cermat untuk mendapatkan daya dukung yang sesuai untuk menopang beban struktur di atasnya. Perencanaan Fondasi yang baik akan menghindarkan keruntuhan struktur di atasnya. Fondasi dalam sebuah sistem struktur bertugas menyalurkan beban struktur ke tanah di bawahnya. Model fondasi telapak terpisah sangat bergantung pada luasannya dalam perhitungan tekanan sentuh di dasar fondasi. Semakin luas telapak fondasi, maka semakin kecil pula tekanan sentuh yang ditimbulkan. Besar kecilnya perancangan tekanan sentuh ini sangat dipengaruhi kemampuan tanah di bawahnya untuk mendukung struktur secara keseluruhan. Dalam penelitian tentang perancangan Fondasi untuk struktur bangunan dua lantai ini diketahui nilai daya dukung ijin dari data sondir dengan nilai q_c 45 kg/cm^2 menurut Schmertmann adalah $676,67 \text{ kN/m}^2$. Nilai ini lebih kecil jika dibandingkan dengan Mayerhoff dan Herminier yang masing-masing memberikan q_{ijin} sebesar 975 dan 1000 kN/m^2 . Dengan kombinasi beban layan, telapak fondasi dirancang dengan dimensi $1,40 \times 1,40 \text{ m}$ sehingga menghasilkan q_{max} di dasar fondasi $439,297 \text{ kN/m}^2$ yang masih di bawah q_{ijin} . Untuk perancangan tulangan, digunakan kombinasi beban ultimit. Analisa struktur yang dilakukan mendapatkan gaya reaksi tumpuan yang selanjutnya digunakan sebagai input perancangan. Dari hasil perhitungan didapatkan tulangan lentur pada arah x maupun y dengan D16-200. Tulangan susut arah x dan y dipasang D13-200, sementara untuk tulangan geser digunakan tulangan geser praktis D13-400/400.

Kata Kunci: Fondasi, Fondasi Telapak Terpisah, Kapasitas Dukung Tanah, Sondir, Struktur Beton.

PENDAHULUAN

Kebutuhan pembaharuan prasarana menjadi begitu penting di tengah tuntutan perbaikan kualitas kampus dalam menggelar layanan kependidikan untuk masyarakat. Posisi Undaris sebagai Kampus Swasta dituntut terus berkembang dan bertumbuh secara mandiri untuk mempertahankan citra dan kepercayaan yang sudah diperoleh di masyarakat, khususnya di Kabupaten Semarang dan sekitarnya.

Hariyanti & Wirapraja mengemukakan salah satu pertimbangan pemilihan kampus dari calon mahasiswa adalah aspek prasarana kampus [1]. Perbaikan infrastruktur kampus terus dilakukan Undaris untuk dapat bersaing dengan kampus-kampus lain di sekitarnya. Beberapa kegiatan perbaikan infrastruktur dalam empat tahun belakangan diantaranya adalah Pembangunan Gedung Aula HM Mansyur, Renovasi Gapura Undaris di Jalan Diponegoro, Rekonstruksi Gedung Utama Undaris, serta Renovasi Gapura Jalan Masuk Kampus.

Tidak berhenti di sana, rencana perbaikan infrastruktur terus dilakukan. Salah satu rencana untuk kegiatan perbaikan prasarana adalah rekonstruksi Gedung Rektorat lama yang direncanakan menjadi 2 lantai. Gedung Rektorat Undaris merupakan bagian dari Sejarah Kampus Undaris yang berada di

Jalan Tentara Pelajar No. 13 Ungaran Timur, Kabupaten Semarang.

Penelitian ini kemudian bertujuan untuk mendapatkan desain Fondasi yang dipandang efisien namun tetap memenuhi kaidah-kaidah teknis perencanaan. Pada bagian Analisa dan Pembahasan akan dibahas mengenai daya dukung dan stabilitas Fondasi serta desain penulangan Fondasi.

LANDASAN TEORI

Sondir / Cone Penetration Test (CPT)

CPT adalah suatu uji penetrasi konus ke dalam tanah yang bertujuan untuk mengetahui nilai perlawanan dari tanah pada setiap kedalaman tertentu berdasarkan tahanan ujung konus dan hambatan akibat lekatan tanah dengan selubung konus. Dua parameter utama dalam CPT adalah perlawanan konus (q_c) dan perlawanan geser (f_s). Pembacaan q_c dan f_s dilakukan tiap interval 20 cm.



Gambar 1 Alat Sondir

Schmertmann (1978) memberikan daya dukung Fondasi dangkal bentuk bujur sangkar

dengan $\frac{D}{B} < 1,50$ yang menumpu di atas tanah pasir dan maupun tanah lempung dapat dihitung berdasarkan tahanan konus (q_c) hasil pengujian CPT sebagai berikut [2]:

- Untuk tanah pasir

$$q_{un} = 48 - 0,009(300 - q_c)^{1,5} \dots\dots (1)$$

- Untuk tanah lempung

$$q_{un} = 5 + 0,34q_c \dots\dots\dots (2)$$

Mayerhoff dan Herminier juga memberikan daya dukung tanah dari data sebagaimana ditampilkan pada persamaan (3) dan (4) [3]:

$$q_{un} = q_c B \left(1 + \frac{D}{B}\right) \frac{1}{400} \dots\dots\dots (3)$$

$$q_{un} = \frac{q_c}{15} \dots\dots\dots (4)$$

Sementara q_{ijin} adalah q_{un}/SF . SF adalah faktor keamanan daya dukung untuk fondasi dangkal dimana dalam SNI 8460:2017 ditentukan sebesar 3,00 [4].

Fondasi Telapak

Fondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban struktur atas ke tanah yang cukup kuat untuk mendukung struktur tersebut. Untuk tujuan tersebut, fondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri maupun beban-beban yang bekerja. Selanjutnya fondasi dibedakan menjadi dua jenis yakni fondasi dangkal dan fondasi dalam.

Penggolongan fondasi tergantung pada perbandingan kedalaman fondasi (D) dengan lebar fondasi (B). Jika $D \leq B$, maka disebut fondasi dangkal [5]. Untuk fondasi bangunan rumah tinggal dan gedung bertingkat biasa dengan beban yang tidak terlalu berat, biasanya cukup digunakan fondasi dangkal. Kapasitas dukung ditentukan oleh lebar fondasi.

Salah satu Fondasi dangkal paling populer digunakan adalah Fondasi telapak terpisah (*individual footing*). Fondasi telapak terpisah biasanya didesain untuk mampu menumpu kolom struktur.

Fondasi telapak terpisah umumnya berbentuk bujur sangkar atau persegi panjang. Terdapat dua jenis gaya yang ditahan oleh Fondasi telapak, yakni beban vertikal dan beban momen. Keduanya dikombinasikan untuk mendapatkan tegangan maksimum (p_{max}) dan tegangan minimum (p_{min}) pada dasar Fondasi [5]. Tegangan pada dasar Fondasi ini seringkali disebut tekanan sentuh atau tegangan kontak.

$$P = \frac{V}{B_x B_y} \pm \frac{M}{1/6 B_x^2 B_y} \dots\dots\dots (5)$$

Pembebanan

Analisa pembebanan dilakukan untuk menentukan besaran tiap komponen dari *upper structure* untuk diteruskan *sub structure* (fondasi) ke tanah dasar. Beban kerja diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Beban mati sendiri elemen struktur (*dead load*), meliputi: balok, kolom, pelat lantai, dan sloof.
2. Beban mati elemen tambahan (*super dead load*), meliputi: dinding, keramik, plesteram, plumbing, mekanikal-elektrikal, dll.
3. Beban hidup (*live load*), meliputi beban luar per m² yang ditinjau berdasarkan fungsi bangunan.
4. Beban gempa (*earthquake load*) meliputi beban gempa statik ekuivalen dan dinamik (*respons spectrum*).

Kombinasi pembebanan didasarkan pada SNI 1727 :2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Bangunan Gedung dan Struktur Lain [6]. Sementara untuk acuan penampang elemen struktur menggunakan SNI 2847 :2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung [7].

Analisa Struktur

SAP2000 merupakan program computer yang terintegrasi untuk analisis dan desain structural. SAP2000 memiliki *interface* grafis intuitif yang dapat menganalisis struktur 2D dan 3D. Fitur utama dari SAP2000 adalah menghitung deformasi, kapasitas penampang, dan penggunaan material konstruksi pada struktur yang didesain.

Dalam penelitian ini, analisa struktur dilakukan untuk mendapatkan reaksi

tumpuan yang akan digunakan sebagai *input* desain Fondasi. Proses analisa struktur dilakukan dengan bantuan *software* SAP2000 versi 22.



Gambar 2 SAP2000 v22

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Gedung Rektorat Lama Undaris yang berada di Jalan Tentara Pelajar No. 13 Ungaran Timur, Kabupaten Semarang. Titik koordinat Lokasi berada pada -7.141319, 110.416397.

Gedung Rektorat eksisting adalah bangunan konvensional satu lantai. Lokasi Gedung Rektorat Undaris adalah tepat di sisi timur Gedung Utama Undaris. Gambaran lokasi Gedung Rektorat Undaris ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Lokasi Gedung Rektorat Undaris

Pada Pembangunan Gedung Utama Undaris yang dilakukan pada Tahun 2022, dilakukan penyelidikan tanah dengan metode sondir dan diperoleh tanah keras dengan kedalaman 10 m. Adanya pertimbangan tersebut maka dilakukan penyelidikan tanah sondir (CPT) untuk melakukan perhitungan perencanaan Fondasi pada kegiatan rekonstruksi Gedung Rektorat Undaris ini.

Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian dibagi dalam lima tahap yaitu:

1. Preliminary Design:
 - Penentuan material yang digunakan
 - Penentuan *section properties*
 - Penentuan konfigurasi struktur
2. Analisa Pembebanan
 - Identifikasi beban kerja
 - Kombinasi pembebanan: layan & ultimit
3. Analisa Struktur
 - Pemeriksaan kapasitas *upper structure*
 - Nilai reaksi pada tumpuan (kombinasi layan) digunakan untuk menghitung stabilitas Fondasi
 - Nilai reaksi pada tumpuan (kombinasi ultimit) digunakan untuk menghitung kebutuhan tulangan *footplat*.
4. Perencanaan dimensi Fondasi dan cek stabilitasnya dengan daya dukung tersedia di Lokasi dari data sondir

5. Perancangan penulangan Fondasi

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Preliminary Desain

Preliminary design digunakan untuk perencanaan sementara terkait dimensi struktur. Hal ini dalam rangka kebutuhan *upper structure* dalam menahan beban untuk kemudian disalurkan menuju *sub-structure*. *Preliminary design* ditentukan melalui gambaran awal rencana bangunan gedung, termasuk denah, *site plan*, dan gambar tampak, serta informasi fungsi gedung. Dalam *preliminary design* ditentukan pula rencana penggunaan material.

Struktur Gedung Rektorat 2 lantai direncanakan menggunakan beton bertulang dengan rincian sebagai berikut:

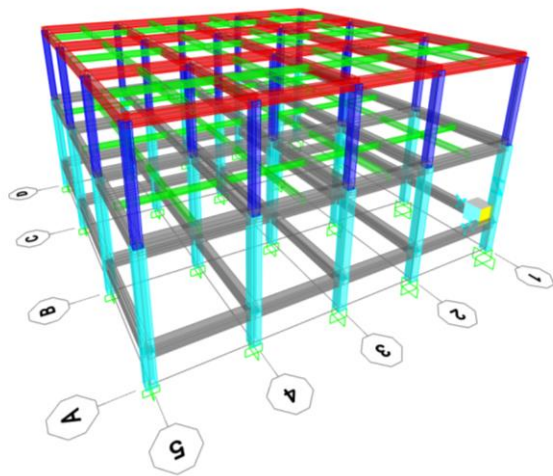
1. Beton

- Mutu Beton
K-300 (f_c 24,9 MPa \approx 25 MPa)
- Elastisitas Modulus
 $4700 \sqrt{f_c} = 23453$ MPa
- Berat Volume = 2400 kg/m³
- Poison Ratio = 0,2

2. Baja Tulangan

- Mutu Baja
BjTS 420 B untuk diameter \geq 13 mm
(f_y 420 MPa & f_u 525 MPa)
- BjTP 280 untuk diameter < 13 MPa (f_y 280 MPa & f_u 350 MPa)
- Elastisitas Modulus = 200000 MPa

- Berat Volume = 7850 kg/m³
- Poisson Ratio = 0,3



Gambar 4 Preliminary Design

Untuk penampang komponen struktur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Balok Induk 500 x 300
2. Sloof 500 x 300
3. Balok Anak 250 x 200
4. Ring Balk 400 x 250
5. Kolom 400 x 400 (digunakan di lantai 1)
6. Kolom 300 x 300 (digunakan di lantai 2)
7. Kolom Praktis 150 x 150

Data Sondir

Hasil data Sondir yang dilakukan CV. Amir Jaya Grup pada titik 1 dan titik 2 Proyek Rekonstruksi Gedung Rektorat Undaris berturut-turut ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Dari tampak visual terlihat tanah berwarna coklat kemerahan. Hal ini mengindikasikan adanya butiran halus (lolos saringan No. 200) dengan komposisi lebih dari 50% sehingga

tergolong sebagai lempung kohesif dengan plastisitas tinggi. Kapasitas tanah berbutir halus dipengaruhi dari nilai kohesinya yang dinyatakan dalam kategori *very soft, soft soil, medium, stiff, very stiff, hardrock*.

Tabel 1 Data Sondir 1

Depth	Sondir 1		Depth	Sondir 1		Depth	Sondir 1	
	qc (kg/cm ²)	JHP (kg/cm')		qc (kg/cm ²)	JHP (kg/cm')		qc (kg/cm ²)	JHP (kg/cm')
0.00	0	0	-4.60	35	330	-9.20	70	690
-0.20	30	10	-4.80	35	340	-9.40	70	710
-0.40	30	20	-5.00	35	350	-9.60	70	730
-0.60	45	30	-5.20	35	360	-9.80	70	750
-0.80	45	40	-5.40	35	370	-10.00	70	770
-1.00	45	50	-5.60	35	380	-10.20	70	790
-1.20	45	60	-5.80	50	400	-10.40	70	810
-1.40	45	70	-6.00	60	420	-10.60	70	830
-1.60	50	90	-6.20	60	440	-10.80	50	850
-1.80	50	110	-6.40	120	460	-11.00	50	870
-2.00	50	130	-6.60	170	480	-11.20	60	890
-2.20	55	150	-6.80	170	500	-11.40	60	910
-2.40	55	170	-7.00	110	520	-11.60	40	930
-2.60	55	190	-7.20	70	540	-11.80	40	950
-2.80	60	210	-7.40	50	560	-12.00	40	970
-3.00	70	230	-7.60	30	570	-12.20	40	990
-3.20	70	250	-7.80	30	580	-12.40	60	1010
-3.40	65	270	-8.00	30	590	-12.60	60	1030
-3.60	40	280	-8.20	30	600	-12.80	90	1050
-3.80	40	290	-8.40	40	610	-13.00	90	1070
-4.00	40	300	-8.60	70	630	-13.20	200	1110
-4.20	45	310	-8.80	70	650	-13.40	240	1130
-4.40	45	320	-9.00	70	670	-13.60	250	1130

Tabel 2 Data Sondir 2

Depth	Sondir 2		Depth	Sondir 2		Depth	Sondir 2	
	qc (kg/cm ²)	JHP (kg/cm')		qc (kg/cm ²)	JHP (kg/cm')		qc (kg/cm ²)	JHP (kg/cm')
0.00	0	0	-4.60	70	330	-9.20	50	700
-0.20	30	10	-4.80	60	350	-9.40	30	710
-0.40	30	20	-5.00	50	370	-9.60	30	720
-0.60	30	30	-5.20	35	380	-9.80	30	730
-0.80	45	40	-5.40	35	390	-10.00	30	740
-1.00	45	50	-5.60	35	400	-10.20	30	750
-1.20	45	60	-5.80	35	410	-10.40	30	760
-1.40	45	70	-6.00	35	420	-10.60	50	780
-1.60	45	80	-6.20	35	430	-10.80	50	800
-1.80	45	90	-6.40	35	440	-11.00	50	820
-2.00	45	100	-6.60	35	450	-11.20	170	840
-2.20	50	120	-6.80	35	460	-11.40	240	860
-2.40	50	140	-7.00	50	480	-11.60	250	860
-2.60	50	160	-7.20	50	500	-11.80		
-2.80	50	180	-7.40	50	520	-12.00		
-3.00	50	200	-7.60	50	540	-12.20		
-3.20	50	220	-7.80	50	560	-12.40		
-3.40	50	240	-8.00	50	580	-12.60		
-3.60	35	250	-8.20	70	600	-12.80		
-3.80	35	260	-8.40	70	620	-13.00		
-4.00	35	270	-8.60	60	640	-13.20		
-4.20	50	290	-8.80	60	660	-13.40		
-4.40	70	310	-9.00	60	680	-13.60		

Pada Lokasi Sondir 1 tanah kaku (*stiff*) sampai dengan sangat kaku (*very stiff*) ditemukan pada kedalaman 0,60 s/d 13,00 diindikasikan dengan nilai qc sebesar 8 s/d 30 kg/cm².

Terdapat sedikit tanah dengan tingkat kekakuan sedang (*medium*) pada kedalaman 7,60 s/d 8,20. Sementara pada lokasi Sondir 2 ditemukan tanah kaku (*stiff*) sampai dengan sangat kaku (*very stiff*) ditemukan pada kedalaman 0,80 s/d 9,00.

Perencanaan fondasi dapat dilakukan dengan melakukan analisa pembebanan struktur di atasnya. Daya dukung dari data sondir digunakan untuk analisa perhitungan Fondasi.

Berkaitan dengan *preliminary design*, direncanakan *footplat* berada pada elevasi - 1,20 m. Dengan demikian diperoleh nilai daya dukung ujung (q_c) dari data sondir adalah 45 kg/cm^2 . Daya dukung ijin (q_{ijin}) yang dari Schmertmann, Mayerhoff, dan Herminier yang diperoleh dari persamaan (2), (3), dan (4) adalah sebagai berikut:

1. Schmertmann

$$q_{un} = 20,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ijin} = 676,67 \text{ kN/m}^2$$

2. Mayerhoff

$$q_{un} = 29,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ijin} = 975 \text{ kN/m}^2$$

3. Herminier

$$q_{un} = 30 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ijin} = 1000 \text{ kN/m}^2$$

Fondasi dikatakan aman apabila tekanan sentuh tidak melebihi dari tegangan ijin. Hal ini diperlukan penyesuaian lebar telapak fondasi.

Analisa Pembebanan

Berikut beban-beban rencana yang bekerja di struktur Gedung 2 lantai Rektorat Undaris:

1. Beban Mati (*Dead Load*)

Tidak ada perhitungan beban mati akibat elemen struktur. Kalkulasi dilakukan oleh analisis software SAP 2000.

2. Beban Mati Tambahan (*Super Dead Load*)

a. SDL Pada Lantai

Berat pasir setebal 1 cm 0.16 kN/m^2

Berat spesi setebal 3 cm 0.66 kN/m^2

Berat keramik setebal 1 cm 0.24 kN/m^2

Berat plafon & penggantung 0.2 kN/m^2

Berat instalasi ME 0.25 kN/m^2

Total = 1.51 kN/m²

b. SDL Pada Atap

Berat waterproofing 0.28 kN/m^2

Berat plafon & penggantung 0.2 kN/m^2

Berat instalasi ME 0.25 kN/m^2

Total = 0.73 kN/m²

c. SDL Pada Balok Lantai dan Sloof

Beban dinding tinggi 4 m = **10 kN/m¹**

d. SDL Pada Ringbalk

Beban parapet 0,2 m = **0.5 kN/m¹**

3. Beban Hidup (*Live Load*)

a. Beban Hidup Pada Lantai

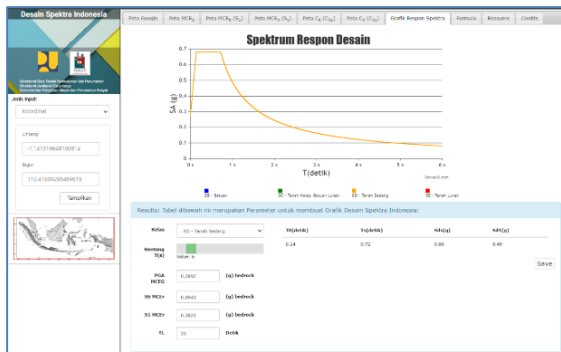
Fungsi Gedung sebagai ruang kuliah, beban didapat $250 \text{ kg/m}^2 = 2,5 \text{ kN/m}^2$ (SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain)

b. Beban Hidup Pada Lantai Atap

Beban orang dan Perlengkapan 1,00 kN/m²

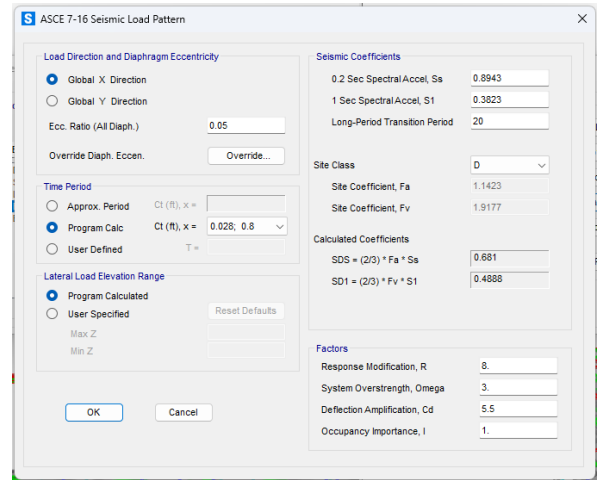
4. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Beban gempa diambil dari website <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> dengan memasukkan koordinat rencana - 7.1413196481; 110.41639295 untuk mendapatkan parameter perhitungan gaya gempa rencana.



Gambar 5 Respon Spektrum di Lokasi

- Faktor Resiko: Kategori II (Gedung Perkantoran dan Ruang Kuliah)
- Faktor keutamaan gempa: 1
- Nilai SDS: 0,681 (Hasil Analisa Spektrum di SAP2000)
- Kategori Desain Sesimic: D (Tabel 8 dan 9 SNI 1726:2019)
- Resiko Kegempaan: Tinggi (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)
- R (faktro reduksi gempa): 8 (Tabel 12 SNI 1726:2019)
- Faktor kuat lebih: 3 (Tabel 12 SNI 1726:2019)
- Faktor pembesian defleksi : 5,5 (Tabel 12 SNI 1726:2019)



Gambar 6 Load Pattern Gempa Statik

5. Kombinasi Layan (SNI 2847:2019)

Nilai kombinasi pembebanan layan dipengaruhi oleh Kombinasi Pembebanan Dasar (SDS), dan Kombinasi Pengaruh Gempa (ρ). Berikut hasil analisis untuk kombinasi pembebanan gempa di Lokasi pekerjaan:

- Komb. 1 = 1,0 DL + 1,0 SDL
- Komb. 2 = 1,0 DL + 1,0 SDL + 1,0 LL
- Komb. 3 = 1,0 DL + 1,0 SDL + 0,75 LL
- Komb. 4 = 0,6 DL + 0,6 SDL
- Komb. 5 = 1,1 DL + 1,1 SDL + 0,27 E_x + 0,91 E_y
- Komb. 6 = 1,1 DL + 1,1 SDL + 0,27 E_x - 0,91 E_y
- Komb. 7 = 1,1 DL + 1,1 SDL - 0,27 E_x + 0,91 E_y
- Komb. 8 = 1,1 DL + 1,1 SDL - 0,27 E_x - 0,91 E_y
- Komb. 9 = 1,1 DL + 1,1 SDL + 0,91 E_x + 0,27 E_y
- Komb. 10 = 1,1 DL + 1,1 SDL + 0,91 E_x - 0,27 E_y
- Komb. 11 = 1,1 DL + 1,1 SDL - 0,91 E_x + 0,27 E_y
- Komb. 12 = 1,1 DL + 1,1 SDL - 0,27 E_x - 0,91 E_y
- Komb. 13 = 1,07 DL + 1,07 SDL + 0,75

$$\begin{aligned} & \text{LL} + 0,2 E_x + 0,68 E_y \\ \text{Komb. 14} & = 1,07 \text{ DL} + 1,07 \text{ SDL} + 0,75 \\ & \text{LL} + 0,2 E_x - 0,68 E_y \\ \text{Komb. 15} & = 1,07 \text{ DL} + 1,07 \text{ SDL} + 0,75 \\ & \text{LL} - 0,2 E_x + 0,68 E_y \\ \text{Komb. 16} & = 1,07 \text{ DL} + 1,07 \text{ SDL} + 0,75 \\ & \text{LL} - 0,2 E_x - 0,68 E_y \\ \text{Komb. 17} & = 1,07 \text{ DL} + 1,07 \text{ SDL} + 0,75 \\ & \text{LL} + 0,68 E_x + 0,2 E_y \\ \text{Komb. 18} & = 1,07 \text{ DL} + 1,07 \text{ SDL} + 0,75 \\ & \text{LL} + 0,68 E_x - 0,2 E_y \\ \text{Komb. 19} & = 1,07 \text{ DL} + 1,07 \text{ SDL} + 0,75 \\ & \text{LL} - 0,68 E_x + 0,2 E_y \\ \text{Komb. 20} & = 1,07 \text{ DL} + 1,07 \text{ SDL} + 0,75 \\ & \text{LL} - 0,68 E_x - 0,2 E_y \\ \text{Komb. 21} & = 0,5 \text{ DL} + 0,5 \text{ SDL} + 0,27 E_x \\ & + 0,91 E_y \\ \text{Komb. 22} & = 0,5 \text{ DL} + 0,5 \text{ SDL} + 0,27 E_x \\ & - 0,91 E_y \\ \text{Komb. 23} & = 0,5 \text{ DL} + 0,5 \text{ SDL} - 0,27 E_x \\ & + 0,91 E_y \\ \text{Komb. 24} & = 0,5 \text{ DL} + 0,5 \text{ SDL} - 0,27 E_x \\ & - 0,91 E_y \\ \text{Komb. 25} & = 0,5 \text{ DL} + 0,5 \text{ SDL} + 0,91 E_x \\ & + 0,27 E_y \\ \text{Komb. 26} & = 0,5 \text{ DL} + 0,5 \text{ SDL} + 0,91 E_x \\ & - 0,27 E_y \\ \text{Komb. 27} & = 0,5 \text{ DL} + 0,5 \text{ SDL} - 0,91 E_x \\ & + 0,27 E_y \\ \text{Komb. 28} & = 0,5 \text{ DL} + 0,5 \text{ SDL} - 0,91 E_x \\ & - 0,27 E_y \end{aligned}$$

6. Kombinasi Ultimit (SNI 2847:2019)

Kombinasi ultimit digunakan untuk perencanaan penulangan.

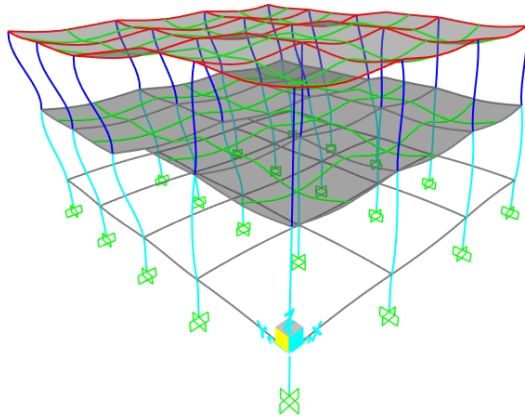
$$\begin{aligned} \text{Komb. 1} & = 1,4 \text{ D} + 1,4 \text{ SDL} \\ \text{Komb. 2} & = 1,2 \text{ D} + 1,2 \text{ SDL} + 1,6 \text{ LL} \\ \text{Komb. 3} & = 1,37 \text{ D} + 1,37 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} \\ & + 1 E_{dx} + 0,3 E_{dy} \\ \text{Komb. 4} & = 1,37 \text{ D} + 1,37 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} \\ & + 1 E_{dx} - 0,3 E_{dy} \\ \text{Komb. 5} & = 1,37 \text{ D} + 1,37 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} - \\ & 1 E_{dx} + 0,3 E_{dy} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Komb. 6} & = 1,37 \text{ D} + 1,37 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} - \\ & 1 E_{dx} - 0,3 E_{dy} \\ \text{Komb. 7} & = 1,37 \text{ D} + 1,37 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} + \\ & 1 E_{dy} + 0,3 E_{dx} \\ \text{Komb. 8} & = 1,37 \text{ D} + 1,37 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} + \\ & 1 E_{dy} - 0,3 E_{dx} \\ \text{Komb. 9} & = 1,37 \text{ D} + 1,37 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} - \\ & 1 E_{dy} + 0,3 E_{dx} \\ \text{Komb. 10} & = 1,37 \text{ D} + 1,37 \text{ SDL} + 1 \text{ LL} - \\ & 1 E_{dy} - 0,3 E_{dx} \\ \text{Komb. 11} & = 0,76 \text{ D} + 0,76 \text{ SDL} + 1 E_{dx} + \\ & 0,3 E_{dy} \\ \text{Komb. 12} & = 0,76 \text{ D} + 0,76 \text{ SDL} + 1 E_{dx} - \\ & 0,3 E_{dy} \\ \text{Komb. 13} & = 0,76 \text{ D} + 0,76 \text{ SDL} - 1 E_{dx} + \\ & 0,3 E_{dy} \\ \text{Komb. 14} & = 0,76 \text{ D} + 0,76 \text{ SDL} - 1 E_{dx} - \\ & 0,3 E_{dy} \\ \text{Komb. 15} & = 0,76 \text{ D} + 0,76 \text{ SDL} + 1 E_{dy} + \\ & 0,3 E_{dx} \\ \text{Komb. 16} & = 0,76 \text{ D} + 0,76 \text{ SDL} + 1 E_{dy} - \\ & 0,3 E_{dx} \\ \text{Komb. 17} & = 0,76 \text{ D} + 0,76 \text{ SDL} - 1 E_{dy} + \\ & 0,3 E_{dx} \\ \text{Komb. 18} & = 0,76 \text{ D} + 0,76 \text{ SDL} - 1 E_{dy} - \\ & 0,3 E_{dx} \end{aligned}$$

Analisa Struktur

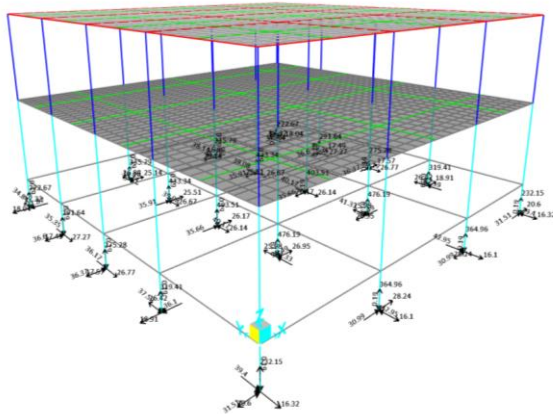
Analisa Struktur dilakukan dengan bantuan *software* SAP2000 versi 22. Proses Analisa struktur dilakukan dalam dua tahap. Tahapan pertama adalah dengan kombinasi beban layan, dan tahap kedua dengan kombinasi beban ultimit.

Reaksi yang timbul akibat kombinasi layan digunakan untuk mendesain stabilitas dan daya dukung fondasi. Adapun dari kombinasi layan tersebut diambil kondisi maksimum (*envelope*). Hasil Analisa struktur kombinasi layan ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Deformasi Akibat Beban Layan

Sementara besaran reaksi yang timbul akibat beban layan diilustrasikan pada Gambar 8.



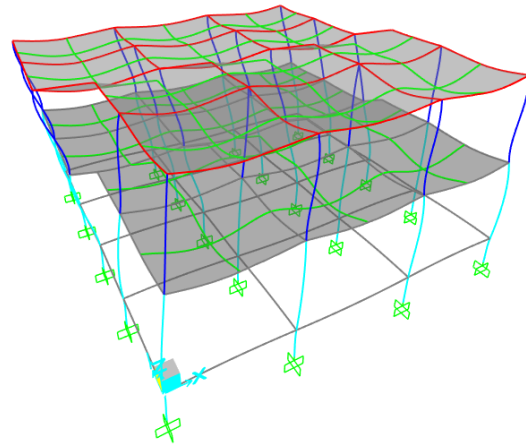
Gambar 8 Reaksi Akibat Beban Layan

Dari setiap reaksi yang muncul pada tumpuan, dipilih nilai terbesar dari masing-masing gaya untuk mendesain stabilitas Fondasi. Adapun gaya-gaya tersebut adalah sebagai berikut:

Aksial	= 476,19 kN
Momen Arah x	= 42,95 kN m
Momen Arah y	= 36,6 kN m

Analisa struktur juga dilakukan untuk kombinasi beban ultimit dalam rangka

desain tulangan. Gambar 9 menampilkan bentuk deformasi akibat beban ultimit.



Gambar 9 Deformasi Akibat Beban Ultimit

Reaksi dari setiap tumpuan dipilih paling besar untuk mendesain penulangan Fondasi. Berikut merupakan reaksi yang didapatkan dari Analisa struktur untuk beban ultimit:

Aksial	= 615,62 kN
Momen Arah x	= 47,32 kN m
Momen Arah y	= 36,24 kN m

Analisis Daya Dukung dan Stabilitas

1. Data Fondasi

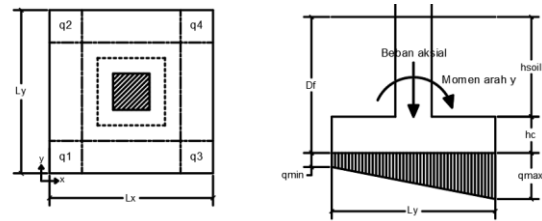
Panjang fondasi (L_x)	= 1,40 m
Lebar fondasi (L_y)	= 1,40 m
Luas fondasi (A)	= 1,96 m ²
Tebal fondasi (h_c)	= 0,40 m
Kedalaman (D_f)	= 1,20 m
Tebal Tanah (h_{soil})	= 0,80 m
Berat Isi Beton (γ_c)	= 24 kN/m ³
Berat Isi Tanah (γ_{soil})	= 16 kN/m ³

2. Daya Dukung Ijin

Schmertmann	= 676,7 kN/m ²
Mayerhoff	= 975 kN/m ²
Herminier	= 1000 kN/m ²

3. Pembebanan Fondasi (Layan)
 - Berat Pelat Fondasi (F_{swt}) = 9,60 kN/m²
 - Berat Tanah (F_{soil}) = 12,80 kN/m²
 - Beban Aksial (F_{dz1}) = 476,19 kN
 - Momen Arah X (M_{dx1}) = 42,95 kN m
 - Momen Arah Y (M_{dy1}) = 36,60 kN m
4. Pembebanan Total Fondasi (Layan)
 - Beban Aksial Total = 520 kN
 - Momen Total Arah X = 407,02 kNm
 - Momen Total Arah Y = 400,67 kNm
5. Kontrol Stabilitas Guling Akibat Momen Arah X
 - Momen Arah X = 42,85 kN m
 - Momen Tahanan Arah X = 364,07 kN m
 - SF = 364,07 / 42,85 = 8,48 (OK!)
6. Kontrol Stabilitas Guling Akibat Momen Arah Y
 - Momen Arah Y = 36,60 kN m
 - Momen Tahanan Arah Y = 364,07 kN m
 - SF = 364,07 / 36,60 = 9,95 (OK!)
7. Eksentrisitas Reaksi Dasar Fondasi Akibat Beban Layan
 - Arah X
 - $M_{dx} / F_{dz} - L_x / 2 = 0,083$ m
 - Arah Y
 - $M_{dy} / F_{dz} - L_y / 2 = 0,070$ m
8. Tegangan Tanah Pada Dasar Pelat Fondasi Akibat Beban Layan
 - $q_1 = F_{dz} (1 - 6 e_{dx} / L_x - 6 e_{dy} / L_y) / L_x L_y$
= 91,411 kN/m²
 - $q_2 = F_{dz} (1 - 6 e_{dx} / L_x + 6 e_{dy} / L_y) / L_x L_y$
= 251,469 kN/m²

- $q_3 = F_{dz} (1 + 6 e_{dx} / L_x - 6 e_{dy} / L_y) / L_x L_y$
= 279,239 kN/m²
- $q_4 = F_{dz} (1 + 6 e_{dx} / L_x + 6 e_{dy} / L_y) / L_x L_y$
= 439,297 kN/m²



Gambar 10 Diagram Kontak

Tegangan tanah minimum dan maksimum pada dasar pelat Fondasi akibat beban service adalah sebagai berikut:

$$q_{min} = 91,411 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{max} = 439,297 \text{ kN/m}^2$$

9. Kontrol Daya Dukung Ijin Tanah

- Schmertmann
439,297 < 676,7 kN/m² (OK!)
- Mayerhoff
439,297 < 975 kN/m² (OK!)
- Herminier
439,297 < 1000 kN/m² (OK!)

Kontrol terhadap daya dukung tanah dari tiga persamaan (Schmertmann, Mayerhoff, dan Herminier) semuanya terpenuhi sehingga dapat dikatakan dengan dimensi 1,40 x 1,40 fondasi mampu menahan beban kerja di atasnya.

Desain Penulangan Fondasi

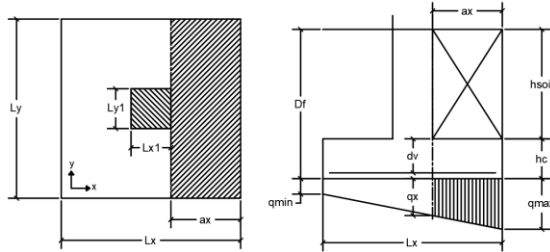
1. Material Fondasi

- Mutu beton (f_c) = 25 MPa
- Mutu baja tulangan (f_y) = 420 MPa
- Selimut bersih = 75 mm

2. Pembebanan Fondasi (Ultimit)
- Berat Pelat (9,60 x 1,4) = 13,44 kN/m²
- Berat Tanah (12,8 x 1,4) = 17,92 kN/m²
- Beban Aksial (ultimit) = 615,62 kN
- Momen Arah X (ultimit) = 47,32 kN m
- Momen Arah Y (ultimit) = 36,24 kN m
3. Pembebanan Total Fondasi (Ultimit)
- Beban aksial total = 677,086 kN
- Momen total arah X = 521,28 kNm
- Momen total arah Y = 510,20 kNm
4. Eksentrisitas Reaksi Tanah Dasar Fondasi Akibat Beban Ultimit
- Arah X
- $$e_{ux} = M_{ux}/F_{uz} - L_x/2 = 0,070 \text{ m}$$
- Arah Y
- $$e_{uy} = M_{uy}/F_{uz} - L_y/2 = 0,054 \text{ m}$$
5. Tegangan Tanah Pada Dasar Pelat Fondasi Akibat Beban Ultimit
- $q_1 = F_{uz} (1 - 6 e_{ux} / L_x - 6 e_{uy} / L_y) / L_x L_y$
= 162,740 kN/m²
 - $q_2 = F_{uz} (1 - 6 e_{ux} / L_x + 6 e_{uy} / L_y) / L_x L_y$
= 321,224 kN/m²
 - $q_3 = F_{uz} (1 + 6 e_{ux} / L_x - 6 e_{uy} / L_y) / L_x L_y$
= 369,679 kN/m²
 - $q_4 = F_{uz} (1 + 6 e_{ux} / L_x + 6 e_{uy} / L_y) / L_x L_y$
= 528,163 kN/m²
- Tegangan tanah minimum dan maksimum pada dasar pelat Fondasi akibat beban service adalah sebagai berikut:
- $$q_{min} = 162,740 \text{ kN/m}^2$$
- $$q_{max} = 528,163 \text{ kN/m}^2$$
6. Kontrol Geser 1 Arah, Arah X
- Tulangan rencana = 16 mm
- Tinggi efektif pelat = 301 mm
- Jarak bidang kritis = 199 mm
- Tegangan geser arah x = 476,22 kN/m²
- Gaya geser ultimit = 131,17 kN
- Faktor reduksi geser = 0,75
- Kuat geser nominal = 358,2 kN
- Desain Kapasitas Geser = 268,6 kN
- Kapasitas Geser > Gaya geser ultimit (OK!)
7. Kontrol Geser 1 Arah, Arah Y
- Tulangan rencana = 16 mm
- Tinggi efektif pelat = 317 mm
- Jarak bidang kritis = 183 mm
- Tegangan geser arah y = 480,40 kN/m²
- Gaya geser ultimit = 121,16 kN
- Faktor reduksi geser = 0,75
- Kuat geser nominal = 377,2 kN
- Desain Kapasitas Geser = 282,92 kN
- Kapasitas Geser > Gaya geser ultimit (OK!)
8. Kontrol Geses 2 Arah, Arah X dan Y
- Diameter tulangan rencana 16 mm
- H efektif pelat 309 mm
- Lebar bidang geser arah x 709 mm
- Panjang bidang geser arah y 709 mm
- Keliling bidang geser 2836 mm
- Luas bidang geser 502681 mm²
- Area beban tambahan 342681 mm²
- Tegangan pada pusat 345,45 kN/m²
- Beban geser ultimit 454,86 kN/m²
- Tegangan geser ultimit 0,519 N/mm²
- Faktor geometri kolom 1,00
- Kuat geser beton 1650 N/mm²
- Faktor reduksi 0,75

Kapasitas tegangan geser 1650 N/mm^2
 Kapasita kuat geser $622,068 \text{ kN}$
 Maka Kapasitas Kuat Geser > Tegangan Geser Ultimit (OK!)

9. Desain Penulangan Lentur Arah X

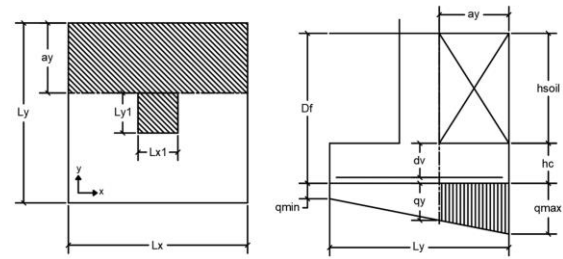


Gambar 11 Bidang Lentur Arah X

Jarak tepi footplat dg tepi kolom $0,5 \text{ m}$
 Tegangan tepi kolom $397,66 \text{ kN/m}^2$
 Momen yang terjadi $79,33 \text{ kN m}$
 Tinggi efektif pelat 301 mm
 Faktor reduksi $0,9$
 $R_n = M_{ux} / \Phi L_y d^2 = 0,6949$
 Rasio tulangan perlu (ρ) $0,0017$
 $A_{s\text{-perlu}} = 0,0017 L_y d = 709 \text{ mm}^2$
 $A_{s\text{-min}} = 0,0018 L_y d = 1008 \text{ mm}^2$
 Maka dipakai $A_{s\text{-min}} = 1008 \text{ mm}^2$
 Digunakan tulangan $10 \text{ D } 16$, maka didapatkan luasan (A_{s-x}) 2011 mm^2
 $A_{s-x} > A_{s\text{-min}}$ (OK!)
 Digunakan jarak tulangan 200 mm
 Tinggi efektif balok $28,38 \text{ mm}$
 Faktor bentuk $\beta_1 = 0,85$
 Kapasitas Momen $242,197 \text{ kN m}$
 Desain Kapasita Momen $217,978 \text{ kN m}$
 Maka Desain Kapasitas Momen > Momen Yang Terjadi (OK!)

10. Desain Penulangan Lentur Arah Y

Jarak tepi footplat dg tepi kolom $0,5 \text{ m}$



Gambar 12 Bidang Lentur Arah Y

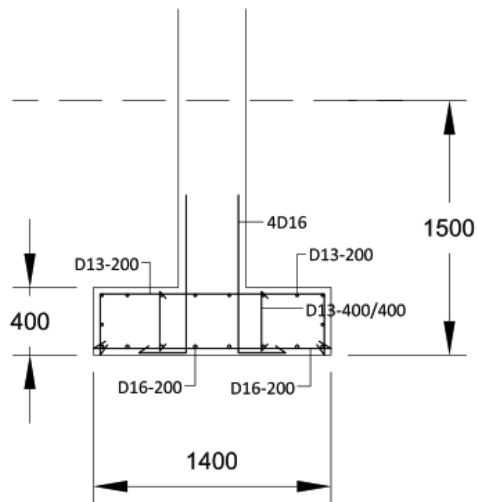
Tegangan tepi kolom $397,66 \text{ kN/m}^2$
 Momen yang terjadi $79,33 \text{ kN m}$
 Tinggi efektif pelat 317 mm
 Faktor reduksi $0,9$
 $R_n = M_{uy} / \Phi L_x d^2 = 0,6265$
 Rasio tulangan perlu (ρ) $0,0015$
 $A_{s\text{-perlu}} = 0,0015 L_x d = 672 \text{ mm}^2$
 $A_{s\text{-min}} = 0,0018 L_x d = 1008 \text{ mm}^2$
 Maka dipakai $A_{s\text{-min}} = 1008 \text{ mm}^2$
 Digunakan tulangan $10 \text{ D } 16$, maka didapatkan luasan (A_{s-x}) 2011 mm^2
 $A_{s-x} > A_{s\text{-min}}$ (OK!)
 Digunakan jarak tulangan 200 mm
 Tinggi efektif balok $28,39 \text{ mm}$
 Faktor bentuk $\beta_1 = 0,85$
 Kapasitas Momen $255,709 \text{ kN m}$
 Desain Kapasita Momen $230,138 \text{ kN m}$
 Maka Desain Kapasitas Momen > Momen Yang Terjadi (OK!)

11. Tulangan Susut

Rasio tulangan minimum $0,0014$
 $A_{s\text{-min}}$ Arah X $589,96 \text{ mm}^2$
 $A_{s\text{-min}}$ Arah Y $621,32 \text{ mm}^2$
 Diameter dipakai 13 mm
 Jarak perlu arah X 315 mm
 Digunakan jarak arah X 200 mm
 Jarak perlu arah Y 299 mm

Digunakan jarak arah Y 200 mm

12. Sketch Gambar



Gambar 13 Desain Fondasi Telapak

PENUTUP

Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini mempunyai dua kesimpulan dan ditampilkan dalam beberapa poin sebagai berikut:

1. Analisa struktur dengan bantuan software SAP2000 versi 22 dilakukan untuk mendapatkan gaya reaksi pada tumpuan. Dimana proses Analisa struktur dilakukan dalam dua kombinasi, yakni kombinasi layan (*service*) untuk menghitung daya dukung dan stabilitas fondasi dan juga kombinasi ultimit (*ultimate*) untuk perencanaan tulangan.
2. Dari kombinasi layan, diperoleh gaya-gaya sebagai berikut:

$$\text{Aksial} = 476,19 \text{ kN}$$

$$\text{Momen Arah x} = 42,95 \text{ kN m}$$

$$\text{Momen Arah y} = 36,6 \text{ kN m}$$

3. Sementara untuk kombinasi ultimit, diperoleh gaya-gaya sebagai berikut:

$$\text{Aksial} = 615,62 \text{ kN}$$

$$\text{Momen Arah x} = 47,32 \text{ kN m}$$

$$\text{Momen Arah y} = 36,24 \text{ kN m}$$

4. Direncanakan telapak fondasi berada pada kedalaman 1,20 m dengan nilai q_c berdasarkan data sondir adalah 45 kg/cm^2 . Kapasitas dukung ijin (q_{ijin}) menurut beberapa ahli adalah sebagai berikut:

$$\text{Schmertmann} = 676,7 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Mayerhoff} = 975 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Herminier} = 1000 \text{ kN/m}^2$$

5. Fondasi didesain dengan menggunakan fondasi telapak terpisah dengan dimensi $1,40 \times 1,40 \text{ m}$. Dengan dimensi tersebut diperoleh tekanan maksimum (q_{max}) di dasar fondasi akibat beban layan adalah $439,297 \text{ kN/m}^2$. Kontrol daya dukung $q_{max} < q_{ijin}$ sehingga dimensi ini dapat dinyatakan aman.
6. Tulangan didesain menggunakan mutu BjtS 420 B dimana memiliki tegangan leleh sebesar 420 MPa. Dari hasil perhitungan digunakan tulangan lentur pada arah X maupun Y adalah D16-200. Sementara tulangan susut arah X dan Y digunakan D13-200. Untuk tulangan geser digunakan tulangan praktis D13-400/400.

Saran

Sedikit saran yang dapat penulis sampaikan adalah pentingnya data propertis tanah dalam sebuah perencanaan Fondasi. Propertis tanah

yang dimaksud adalah untuk melihat karakteristik dari tanah termasuk dalam rangka menghitung penurunan.

Penyelidikan tanah dengan metode sondir / *cone penetration test* cukup baik digunakan untuk perhitungan daya dukung. Namun ini perlu disandingkan dengan pemeriksaan propertis tanah demi mendapatkan perencanaan yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. T. Hariyanti and A. Wirapraja, “Pengaruh Bauran Pemasaran Digital sebagai Pengembangan Strategi Pemasaran Menggunakan Model SOSTAC untuk Mendukung Keputusan Pemilihan Kampus,” *Jurnal Konstelasi: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 4, no. 1, pp. 24–34, 2024, doi: 10.24002/konstelasi.v4i1.8855.
- [2] G. S. Budi, *Fondasi Dangkal*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2011.
- [3] H. Harisan Ahmad, K. Kunci, and D. Dukung Tanah, “Analisis Daya Dukung Tanah Pada Fondasi Dangkal Dengan Metode L Heminier Dan Meyerhof,” *Jurnal Penelitian Ipteks*, vol. 6, no. 1, pp. 1–5, 2021, doi: 10.32528/ipteks.v6i1.4171.
- [4] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta.
- [5] R. Gunawan, *Pengantar Teknik Fondasi*, 5th ed. Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 1990.
- [6] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*.