

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG LABORATORIUM VAKSIN
PT BIO FARMA (PERSERO) DI KOTA BANDUNG**

Empung¹⁾, Agus Widodo²⁾, Yuni Qurrata A'yun³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi
e-mail: empung@unsil.ac.id

Abstrak

Gedung laboratorium vaksin dibangun sebagai prasarana penunjang kesehatan untuk memenuhi kebutuhan manusia yang ada di Dunia termasuk di Indonesia. Perencanaan struktur atas gedung pada terdiri dari rangka atap baja, pelat lantai, balok, kolom dan dinding geser serta struktur bawah yaitu *basement* dan fondasi. Analisis struktur gedung menggunakan *SAP v.15.1.0* dan *ETABS v.17.1.0*.

Perencanaan gedung mengacu pada literatur diantaranya Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013), dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI-1726-2012). Beban yang dianalisis yaitu beban mati, beban hidup, beban angin serta beban gempa. Direncanakan mutu beton $f'c$ 29,05 MPa dan 33,2 MPa, mutu baja tulangan longitudinal $f_y = 400$ MPa, dan tulangan sengkang $f_{yt} = 240$ MPa.

Hasil desain struktur rangka atap dimensi kuda-kuda menggunakan balok IWF 300.175.7.11. Pelat lantai setebal 120 mm dengan tulangan D13. Balok induk 400 x 550 mm dengan tulangan utama D19 dan sengkang Ø10. Balok anak 300 x 450 mm dengan tulangan utama D16 sengkang Ø10. *Sloof* 400 x 550 mm dengan tulangan utama D19 sengkang Ø10. Kolom 700 x 800 mm dengan tulangan 20D19 dan sengkang Ø10-200. Kolom 650 x 750 mm dengan tulangan 16D19 dan sengkang Ø10-200. Kolom 600 x 700 mm dengan tulangan 16D32 dan sengkang Ø10-200. Dinding geser dengan tulangan D16-200 dan sengkang 2D16-200. Basement tebal 250 mm dengan tulangan D19-250 dan Ø13-200 dan 250. Pada fondasi *bored pile* dengan diameter 500 mm dengan tulangan utama D19 dan sengkang spiral Ø10-1500, *pile cap* bawah kolom 2500 x 2500 dengan tulangan D19-100 dan *pile cap* bawah *core wall* 3520 mm x 3600 mm dengan tulangan D19-100.

Kata Kunci : Atap Baja, Balok, Basement, Dinding Geser, Kolom, Pelat Lantai, Pondasi.

Abstract

Building the laboratory of the vaccine was built as a support for infrastructure of health to needs of the people in the world including in Indonesian. The planning of building structure consists of roof steel, slabs, beams, columns and core walls, and then the lower structure is foundation. The analysis structure of building used by SAP v.15.1.0 and ETABS v.17.1.0.

The computation of building refers to some literature including Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013), dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI-1726-2012). The loads analyzed consist of dead loads, live loads, wind loads and earthquake loads. The building planning used the quality of concrete $f'c$ 29.05 MPa and 33.2 MPa, the quality of the longitudinal steel $f_y = 400$ MPa, and stirrup $f_{yt} = 240$ MPa.

The results of the design of roof steel dimensions using beam IWF 300.175.7.11. The thickness of slabs is 120 mm, with the main reinforcement D13. Beam 400 x 550 mm with the main reinforcement D19 and stirrup for Ø10. Beam 300 x 450 mm with the main reinforcement D16 and stirrup for Ø10. And then sloof 400 x 550 mm with the main reinforcement D19 and stirrup for Ø10. Column 700 x 800 mm with the main reinforcement 20D19 and stirrup for Ø10-200. Column for 650 x 750 mm with the main reinforcement 16D19 and stirrup for Ø10-200. And column for 600 x 700 mm with the main reinforcement 16D32 and stirrup for Ø10-200. Core wall with the reinforcement D16-200 and stirrup 2D16-200. Basement with the reinforcement vertical D19-250 and horizontal Ø 13-200 and 250. Borepile foundation with a pole diameter of 500mm with main reinforcement D19 with spiral stirrups Ø10-150, Pilecap underneath the column

2500mm x 2500mm with D19-100 reinforcement. Pilecap underneath the Corewall and 3520mm x 3600mm with reinforcement D19-100.

Keywords: *Beam, Basement, Column, Core Wall, Foundation, Roof Steels, Slab*

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara di Asia Tenggara yang dilintasi garis Khatulistiwa dan berada diantara daratan benua Asia dan Australia, serta antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Indonesia memiliki luas wilayah sebesar 1.904.569, dengan jumlah pulau sebanyak 17.504 pulau, dan merupakan negara berpenduduk terbesar keempat di dunia dengan jumlah penduduk 265 jiwa pada tahun 2018 (menurut Badan Pusat Statistik). Dilihat dari profil kependudukan, Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional (BKKBN) menyatakan tren angka kelahiran total di Indonesia terus mengalami penurunan, penurunan angka fertilitas total yang signifikan tersebut dari 2,6 % pada 2012 menjadi 2,4 % pada 2017[1]. Meskipun Indonesia mengalami penurunan angka fertilitas total yang signifikan dari 2,6 % di tahun 2012 menjadi 2,4 % di tahun 2017 tetapi jika dilihat dari profil kesehatan, data dari Direktorat dan Pengendalian Penyakit, Kementerian Kesehatan (Kemenkes) RI menunjukkan sejak 2014-2016, terhitung sekitar 1,7 juta anak belum mendapatkan vaksinasi atau belum lengkap status imunisasinya.

Kementerian Kesehatan (Kemenkes) mengubah konsep imunisasi dasar lengkap menjadi imunisasi rutin lengkap. Imunisasi rutin lengkap itu terdiri dari imunisasi dasar dan lanjutan. Imunisasi dasar saja tidak cukup, diperlukan imunisasi lanjutan untuk mempertahankan tingkat kekebalan yang optimal. Pemberian imunisasi disesuaikan dengan usia anak. Terkait capaian imunisasi, cakupan imunisasi dasar lengkap pada 2017 mencapai 92,04%, melebihi target yang telah ditetapkan yakni 92% dan imunisasi DPT-HB-Hib Baduta mencapai 63,7%, juga melebihi target 45%. Sementara tahun 2018 terhitung Januari hingga Maret imunisasi dasar lengkap mencapai 13,9%, dan imunisasi DPT-HB-

Hib Baduta mencapai 10,8%. Target cakupan imunisasi dasar lengkap 2018 sebesar 92,5% dan imunisasi DPT-HB-Hib Baduta 70%.

Pembangunan kesehatan merupakan bagian yang sangat penting dari pembangunan nasional yang sangat menyeluruh, untuk melengkapi fasilitas produksi vaksin maka direncanakanlah Pembangunan Gedung Laboratorium ini. Adapun tujuan pembangunan laboratorium adalah untuk meningkatkan kualitas hidup sehat bagi bangsa, baik yang ada di Indonesia maupun mancanegara untuk mewujudkan derajat pelayanan kesehatan yang bermutu dan merata

Dalam Perencanaan gedung bertingkat, struktur merupakan salah satu faktor penting dalam suatu perencanaan bangunan bertingkat tinggi, yang membutuhkan perhitungan teliti dan tepat. Hasil dari perhitungan kekuatan struktur dibuat seoptimal mungkin sehingga bangunan yang kuat dan stabil dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi penggunaannya. Penulis menggunakan program *SAP 2000* untuk membantu dalam menganalisis dan menghitung gaya-gaya yang terjadi di dalam struktur gedung Laboratorium.

II. BAHAN DAN METODOLOGI

Konsep Perencanaan Gedung

Perencanaan struktur gedung laboratorium vaksin ini menggunakan struktur beton bertulang. Beton bertulang merupakan beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja. Sifat utama dari beton yaitu kuat terhadap beban tekan tetapi lemah terhadap tarik. Sementara sifat utama dari baja tulangan yaitu kuat terhadap beban tarik. Oleh karena itu kedua bahan ini dipadukan menjadi kesatuan secara komposit, maka akan diperoleh

bahan baru yang disebut beton bertulang. Sesuai dengan bahan penyusunnya, beton bertulang kuat terhadap beban tekan dan beban tarik. Sistem struktur bangunan yang dibuat dengan beton bertulang dirancang dari prinsip dasar desain dan penelitian elemen beton bertulang yang menerima gaya-gaya dalam seperti gaya geser, gaya aksial, momen lentur, dan momen puntir.

Jenis Pembebanan

Dalam merencanakan struktur bangunan bertingkat, digunakan struktur yang mampu mendukung berat sendiri, gaya angin, beban hidup maupun beban khusus yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Adapun pembebanan berdasarkan SNI-1727-1989 yang dihitung adalah sebagai berikut: [4]

- Beban Mati (DL)

Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin - mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

- Beban Hidup (LL)

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

- Beban Angin (W)

Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m² dengan koefisien angin untuk dinding yang berdiri bebas 1,3.

Dipihak angin : + 0,9

Dibelakang angin : - 0,4

- Beban Gempa (E)

Beban Gempa merupakan bebab dalam arah horizontal dari struktur yang ditimbulkan oleh adanya gerakan tanah akibat gempa bumi, baik arah vertikan maupun horizontal.

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah kombinasi beban untuk metoda ultimit dan

kombinasi beban untuk metode tegangan ijin pada SNI-1726-2012.[3]

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan Ultimit

Nama Kombinasi	Kombinasi Pembebanan
COMB 1	1,4D
COMB 2	1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
COMB 3	1,2D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5 W)
COMB 4	1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr atau R)
COMB 5	1,2D + 1,0E + L
COMB 6	0,9D + 1,0W
COMB 7	0,9D + 1,0E

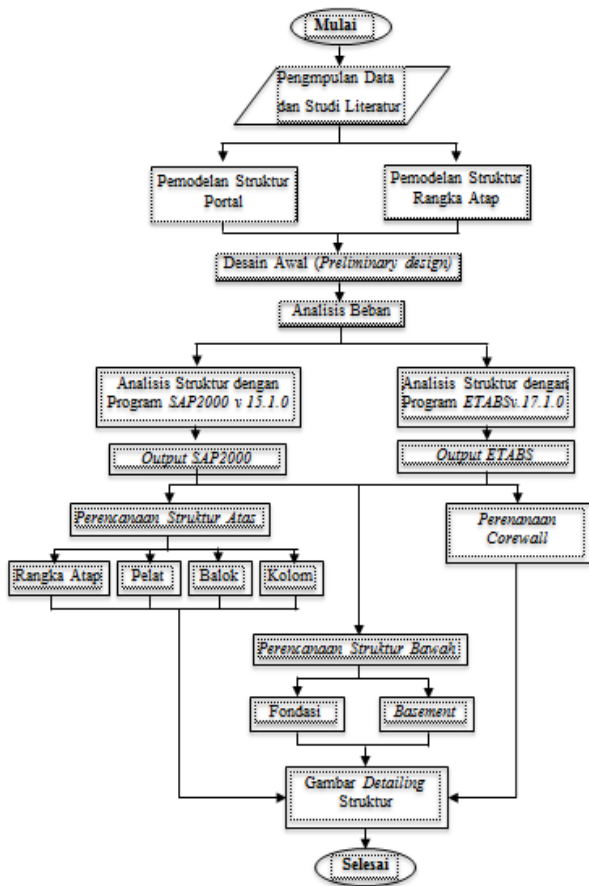
Data Teknis Gedung

Perencanaan gedung laboratorium vaksin ini akan direncanakan sebanyak 5 lantai, dengan data sebagai berikut:

1. Fungsi bangunan :Laboratorium.
2. Lokasi bangunan : Jl. Pasteur No. 28 Bandung
3. Wilayah gempa : Zona 4 (SNI-1726 : 2012)
4. Luas dan tinggi bangunan

Lantai	Luas	Tinggi
Basement	1088,64 m ²	3,5
Dasar	1088,64 m ²	8
1	1088,64 m ²	12,5
2	1088,64 m ²	17
3	846,72	21,5

5. Struktur bangunan : Struktur beton bertulang.
6. Dinding : Pasangan dinding HB 10.
7. Mutu beton (*f'c*)
Balok, pelat lantai, dan kolom :K-350=29,05 Mpa.
Core wall :K-400 = 33,2 Mpa.
8. Mutu baja tulangan pokok (*fy*) :400 Mpa
9. Mutu baja tulangan geser (*fyt*):240 Mpa
- 10.Jenis atap : Rangka atap baja konvensional.
- Jenis sambungan : Baut A-325
- 11.Dimensi :
Kolom (K₁) : 700 x 800 mm
Kolom (K₂) : 650 x 750 mm
Kolom (K₃) : 600 x 700 mm
Balok Induk (BI) : 400 x 550 mm
Balok Anak (BA) : 300 x 450 mm
Sloof (SL) : 400 x 550 mm

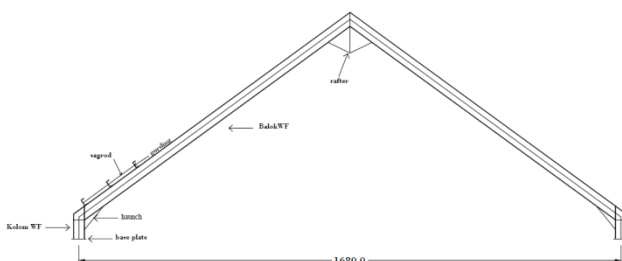


Gambar 1. Diagram Alur Penyusunan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Rangka Atap

- a. Panjang bangunan = 16,8 m
- b. Jarak Antar Gording = 1,28 m
- c. Jarak antar kuda-kuda (L) = 3,6 m
- d. Mutu Baja = BJ-37
- e. Kemiringan atap (α) = 35^0
- f. Beban Mati (D) = Gording tipe Canal C₁₅₀ dan Penutup Atap = 50 kg/m²
- g. Beban Hidup (L) = 100 kg
- h. Beban Angin = 25 kg/m²



Gambar 2 Rangka Atap

$$\text{Angin tekan } W_t = C_{tk} \cdot q \cdot I$$

$$= 0,3 \times 25 \times 3,6 = 27 \text{ kg/m}$$

$$\text{Angin hisap } W_{hs} = C_{hs} \cdot q \cdot I$$

$$= -0,4 \times 25 \times 3,6 = -36 \text{ kg/m}$$

Jadi Profil yang digunakan batang adalah

Balok IWF 300.175.7.11

Kolom IWF 300.300.9.14

Rencana Dimensi Elemen Struktur

Dimensi Balok

Berdasarkan SNI-2847-2013 Pasal 9.5.2.2 pada Tabel 9.5 (a), maka untuk perencanaan dimensi awal balok sebagai berikut.[3]

Tabel 2 Tebal Minimum Balok Non-Pratekan

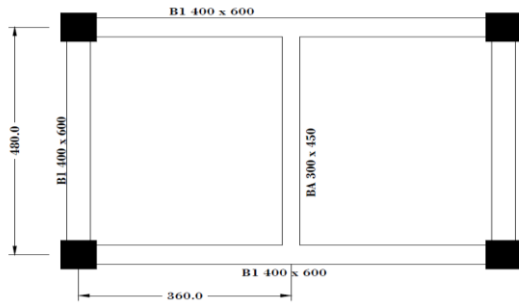
Komponen Struktur	Tebal Minimum, h			
	Dua Tumpuan	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
Komponen tidak Mendukung atau Menyatu dengan Partisi atau Konstruksi lain yang akan Rusak karena Lendutan yang Besar				
Pelat Solid Satu Arah	l/20	l/24	l/28	l/10
Balok atau Pelat Jalur Satu Arah	l/16	l/18,5	l/21	l/8

Pelat Satu Arah bila Lendutan tidak Dihitung Sedangkan pemilihan lebar balok (b) diambil tidak boleh kurang sama dengan h/2. Untuk f_y selain 400 MPa harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

Tabel 3 Rencana Dimensi Balok

Tipe Balok	Bentang (mm)	h min (mm)	b min (mm)	h dipakai (mm)	b dipakai (mm)
elevasi + 21.5					
BI-x	7200	450	275	550	400
BI-y	7200	450	275	550	400
BI-y	4800	300	275	550	400
BA-y	7200	450	225	450	300
elevasi + 17					
BI-x	7200	450	275	550	400
BI-y	7200	450	275	550	400
BI-y	4800	300	275	550	400
BA-y	7200	450	225	450	300
elevasi + 12.5					
BI-x	7200	450	275	550	400
BI-y	7200	450	275	550	400
BI-y	4800	300	275	550	400
BA-y	7200	450	225	450	300
elevasi + 8					
BI-x	7200	450	275	550	400
BI-y	7200	450	275	550	400
BI-y	4800	300	275	550	400
BA-y	7200	450	225	450	300
elevasi + 3.5					
BI-x	7200	450	275	550	400
BI-y	7200	450	275	550	400
BI-y	4800	300	275	550	400
BA-y	7200	450	225	450	300
elevasi + 0.0					
SL-x	7200	450	275	550	400
SL-y	7200	450	275	550	400
SL-y	4800	300	275	550	400
SLA-y	7200	450	275	450	300

Dimensi Pelat



Gambar 3 Sample Plat

$L_y = 4800 \text{ mm.}$

$L_x = 3600 \text{ mm.}$

$L_{ny} =$

$L_y - \left(\frac{b}{2} + \frac{b}{2}\right) = 4800 - \left(\frac{400}{2} + \frac{300}{2}\right) = 4450 \text{ mm}$

$L_{nx} =$

$L_x - \left(\frac{b}{2} + \frac{b}{2}\right) = 3600 - \left(\frac{400}{2} + \frac{300}{2}\right) = 3250 \text{ mm}$

$\beta = \frac{L_{ny}}{L_{nx}} = \frac{4450}{3250} = 1,37 < 2$

Syarat tebal pelat menurut SNI-2487-2013 Pasal 9.5.3.3, meliputi:

1. Tebal pelat tidak boleh kurang dari sebagai berikut ini:

$$h_{\min} = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{4450 \left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + 9 \cdot 1,37}$$

= 99,967 mm.

2. Tebal pelat tidak perlu lebih dari sebagai berikut:

$$h_{\max} = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36} = \frac{4450 \left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36}$$

= 134,206 mm.

Tebal pelat lantai diambil dengan syarat: $99,967 \text{ mm} \leq h \leq 134,206 \text{ mm.}$

Diasumsikan tebal pelat lantai yaitu 120 mm.

Dimensi Kolom

Tabel 4. Dimensi Awal Kolom

KOLOM TENGAH							
Lantai	Label Kolom	Pu	Ag	Dimensi minimum (mm)		Dimensi pakai (mm)	
		(Kg)	(mm ²)	b	h	b	h
Lt. Atap	K5	42,450.74	25,389.201	159.33989	159.33989	600	700
Lt. 2	K4	101,908	60,949.622	246.87977	246.87977	650	750
Lt. 1	K3	162,133	96,969.299	311.39894	311.39894	700	800
Lt. Dasar	K2	223,182	133,482.258	365.35224	365.35224	700	800
Lt. Basement	K1	284,232	169,995.215	412.30476	412.30476	700	800
KOLOM TEPI							
Lantai	Label Kolom	Pu	Ag	Dimensi minimum (mm)		Dimensi pakai (mm)	
		(Kg)	(mm ²)	b	h	b	h
Lt. Atap	K5	27,138.280	16,231.03	127.40105	127.40105	600	700
Lt. 2	K4	58,147.240	34,777.06	186.48608	186.48608	650	750
Lt. 1	K3	89,924.080	53,782.34	231.91021	231.91021	700	800
Lt. Dasar	K2	122,525.680	73,280.91	270.70447	270.70447	700	800
Lt. Basement	K1	155,127.28	92,779.47	304.59723	304.59723	700	800

Dimensi Corewall

Perencanaan awal dimensi core wall, mengacu pada SNI-2847-2013 pasal 9.5.2.2 tabel 9.5 (a) yaitu tebal dinding tidak boleh kurang dari $l/24$ dari tinggi (hw)/panjang bebas (lw). Dan tidak boleh kurang dari 140 mm. Perencanaan dimensi awal core wall :

$t > \frac{lw}{24}$

BA	P	V2	V3	T	M2	M3
	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
Max	2208.28	6144.23	176.38	1677.45	265.41	5428.32
Min	-	-	-185.4	-870.83	-	-
	2245.64	6193.63		273.91		8057.84

$$t > \frac{2600}{24}$$

t < 108 mm

Direncanakan desain awal untuk tebal dinding geser diambil 200 mm.

Analisis Struktur

Analisis Momen pada pelat

Tabel 5. Hasil Perhitungan Momen untuk Berbagai Tipe Pelat

Lantai	Jenis Pelat	Momen arah x (kgm)		Momen arah y (kgm)	
		Mlx	Mtx	Mly	Mty
Lantai Atap	Perletakan terjepit 2 sisi	509,681	-1114,208	316,194	-908,515
	Perletakan terjepit 3 sisi	442,458	-999,563	328,050	-861,443
	Perletakan terjepit 4 sisi	421,237	-889,067	209,492	-679,693
Lantai 2 - dasar	Perletakan terjepit 2 sisi	519,709	-1136,132	322,416	-922,760
	Perletakan terjepit 3 sisi	451,164	-1019,231	334,505	-878,393
	Perletakan terjepit 4 sisi	429,525	-906,560	213,614	-693,067

Analisis Struktur Portal

Untuk analisis portal, gaya-gaya dalam dihitung dengan menggunakan program SAP2000 v.15.1.2.

Output Gaya Dalam

Hasil analisis struktur untuk gaya-gaya dalam maksimum pada struktur portal sebagai berikut :

Tabel 6. Gaya Dalam Maksimum pada Elemen Kolom Akibat Kombinasi Beban

Tipe	P	V2	V3	T	M2	M3
K1	Max	-7367.58	16792.62	7183.62	1481.51	19055.74
	Min	-334687.3	-19830.8	-8523.64	-1488.69	-21378.9
K2	Max	-922.97	11106.71	5978.98	936.02	20386.92
	Min	-124824.8	-14272.8	-7794.67	-917.69	-15222.2
K3	Max	-1398.27	7472.65	6897.67	461.7	19129.82
	Min	-59977.2	-11227.3	-7245.23	-519.29	-21285.7

Tabel 7 Gaya Dalam Maksimum pada Elemen Balok Akibat Kombinasi Beban

B1	P	V2	V3	T	M2	M3
	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
Max	9522.92	22676.14	606.67	5468.33	879.21	28778.82
Min	-13457.5	-22553.7	-493.75	-4580.5	-711.6	-44958.3

Penulangan

Penulangan Lentur Balok Induk

Penulangan Lapangan

Kontrol penampang dengan rasio tulangan (ρ)

$$\rho_{min} = 0,0035 \leq \rho_{perlu} = 0,0087 \leq \rho_{maks} = 0,019$$

(Memenuhi Syarat)

Kontrol regangan beton

$$\epsilon_c' = 0,00046 \leq \epsilon_{cu}' = 0,003$$

(Keruntuhan Tarik)

Momen Rencana Positif (M_r^+) Lapangan:

$$M_r = 324018155,8 \text{ Nmm} > M_u = 282320224,2 \text{ Nmm}$$

(Aman)

Momen Rencana Negatif (M_r^-) Lapangan :

$$M_r = 283892279,9 \text{ Nmm} > M_u = 282320224,2 \text{ Nmm}$$

(Aman)

Penulangan Tumpuan

Kontrol penampang dengan rasio tulangan (ρ)

$$\rho_{min} = 0,0035 \leq \rho_{perlu} = 0,014 \leq \rho_{maks} = 0,019$$

(Memenuhi Syarat)

Kontrol regangan beton

$$\epsilon_c' = 0,00074 \leq \epsilon_{cu}' = 0,003$$

(Keruntuhan Tarik)

Momen Rencana Negatif (M_r) Tumpuan (-)

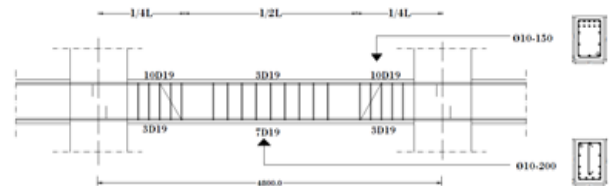
$$M_r = 453461664,1 \text{ Nmm} > M_u = 440890312,695 \text{ Nmm}$$

(Aman)

Momen Rencana Positif (M_r) Tumpuan (+)

$$M_r = 482879230,5 \text{ Nmm} > M_u = 440890312,695 \text{ Nmm}$$

(Aman)



Gambar 4 Penulangan Balok Induk

Kolom (K1)

$$P_n = 328328,413 \text{ N}$$

$$M_n = 209727009 \text{ Nmm}$$

$$P_{nb} = 6481189,218 \text{ N}$$

$$M_{nb} = 1684233414,552 \text{ Nmm}$$

Untuk e = 0 atau $M_{n0} = 0$

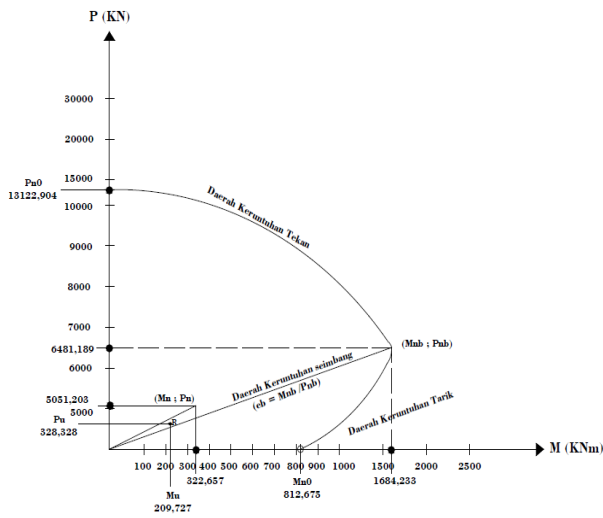
$$P_{n0} = 13122904,19 \text{ N}$$

untuk e = ∞ atau $P_{n0} = 0$

$$M_{n0} = 812675485,552 \text{ Nmm}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = 63,877 \text{ mm} < e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = 259,865 \text{ mm}$$

(Keruntuhan Tekan)



Gambar 5. Diagram Interaksi (P-M) Kolom (K1) Keruntuhan Tekan

Penulangan Corewall

Data perencanaan:

T = 200 mm

$f'c = 33,2$ MPa

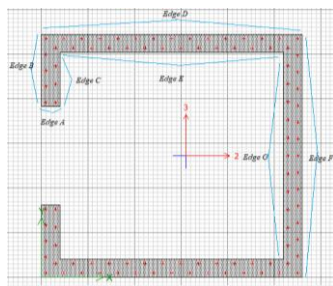
$fy = 400$ MPa

1. Pada diagram interaksi mempunyai batasan maksimum (P_{maks}) :

$$\phi Pn_{maks} = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot (Ag - As) + fy \cdot As)$$

$Ag = 1828000$ mm²

$$As = \frac{1}{4} \pi 16^2 = 201,062$$
 mm²



Gambar 6. Perhitungan Luas Tulangan Logitudinal Core Wall

As total core wall canal = 19301,951 mm²

$\phi Pn_{maks} = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot (Ag - As) + fy \cdot As)$

$As)$

$\phi Pn_{maks} = 0,8 \cdot 0,65 \cdot$

$(0,85 \cdot 33,2 \cdot (1828000 - 19301,951) + 400 \cdot 19301,951) =$

$30556364,46$ N > $Pu = 4514177$ N (OK)

Perencanaan Basement

1. Dinding Basement

Data Material Perencanaan :

Mutu beton, $f'c = 30$ MPa

Mutu baja, $fy = 400$ Mpa

Tebal dinding, $t = 200$ mm

Penulangan vertikal

Kontrol rasio penulangan

$\rho_{min} = 0,0035 < \rho_{perlu} = 0,02 > \rho_{maks} = 0,019$

Luas tulangan

$As = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 190,5 = 666,75$ mm²

$n = \frac{As}{At} = \frac{666,75}{\frac{\pi}{4} \cdot 19^2} = 2,35 \approx 4$ tulangan

$As, tul = n \cdot \frac{\pi}{4} 19^2 = 1134,115$ mm²

- Jarak antar tulangan

$s = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 19^2 \cdot 1000}{1134,115} = 249,999$ mm

$s \leq 2 \cdot h = 500$ mm

$s \leq 450$ mm

dipilih nilai terkecil, $s = 249,999$ mm ≈ 250 mm.

Digunakan tulangan pokok D19-250 mm.

Penulangan horizontal

Kontrol rasio penulangan

$\rho_{min} = 0,0035 < \rho_{perlu} = 0,07 > \rho_{maks} = 0,019$

Luas tulangan

$As = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 177,5 = 621,25$ mm²

- Jumlah tulangan

$N = \frac{As}{At} = \frac{621,25}{\frac{\pi}{4} \cdot 13^2} = 4,6 \approx 5$ tulangan

$As, tul = 5 \cdot \frac{\pi}{4} 13^2 = 663,661$ mm²

- Jarak antar tulangan

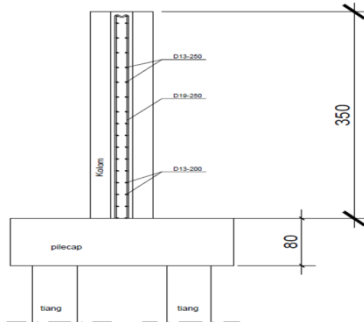
$s = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot 13^2 \cdot 1000}{663,661} = 200$ mm

$s \leq 2 \cdot h = 500$ mm

$s \leq 450$ mm

dipilih nilai terkecil, $s = 200$ mm.

Digunakan tulangan pokok D13-200 dan 250 mm



Gambar 7. Penulangan Dinding Basement

Analisis Struktur Pondasi

- Data Rencana *Bore Pile* :
- Tabel lapisan tanah 1, $H_1 = 3,5$ m
- Tebal lapisan tanah 2, $H_2 = 9$ m
- Berat jenis $G_{s1} = 25,8$ kN/m³
- Berat jenis $G_{s2} = 26,8$ kN/m³
- Berat volume tanah kering, $\gamma_{d1} = 10,6$ kN/
- Berat volume tanah kering, $\gamma_{d2} = 13,1$ kN/m
- Angka pori, $e_1 = 1,53\%$
- Angka pori, $e_2 = 1,03\%$
- Kedalaman muka air tanah = 5 m
- Kohesi tanah 1, $c_1 = 18,8$ kN/m²
- Kohesi tanah 2, $c_2 = 20,6$ kN/m²
- Sudut gesek tanah 1, $\phi_1 = 25^\circ$
- Sudut gesek tanah 1, $\phi_2 = 32^\circ$

Kapsitas Dukung Tiang
Metode Mayerhoft
Kapasitas daya dukung tiang

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s = 506,4 + 101,443 = 607,843 \text{ ton}$$

$$Q_{alt} = \frac{1}{SF} \times Q_{ult} = \frac{1}{2} \times 607,843 = 303,9215 \text{ ton} = 3039,215 \text{ kN}$$

Berdasarkan cara statis Terzaghi

Kapasitas daya dukung tiang

$$\sigma_a = P_1 + P_2 + P_3 - W_{tiang}$$

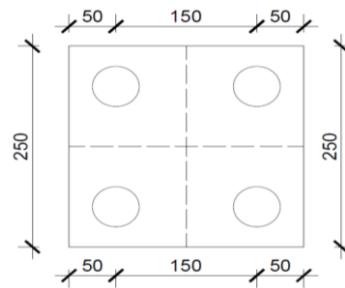
$$\sigma_a = 197,285 + 1004,329 + 670,916 - 58,8 = 1813,73 \text{ kN}$$

Dipilih daya dukung terkecil, yaitu

$$Q_{all} = 1813,73 \text{ kN}$$

Jumlah tiang yang digunakan

$$n = \frac{P_u}{\sigma_a} = \frac{2590,16}{1813,73} = 1,43 = 4 \text{ buah.}$$



Gambar 8. Jumlah Tiang dan Tata Letak Tiang

Pembebanan pada kelompok tiang

Beban vertikal dan momen

$$P_{terjadi} = \frac{P_{total}}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y}{\sum y^2}$$

$$P_{terjadi} = \frac{2761,987}{4} \pm \frac{351,252 \cdot 0,75}{2,25} \pm \frac{123,614 \cdot 0,75}{2,25}$$

$$P_{maks} = 690,497 + 117,084 + 41,205 = 848,786 \text{ kN} \leq P_{netto} = 1813,73 \text{ kN}$$

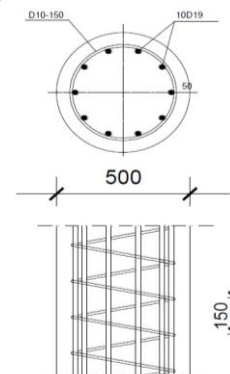
.....(Aman)

$$P_{min} = 690,497 - 117,084 - 41,205 = 532,208 \geq 0 \text{(Aman)}$$

Penulangan Bore Pile

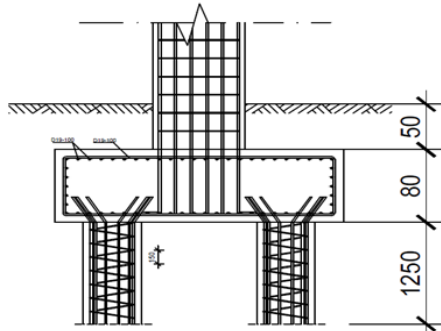
Tulangan Pokok : 10D19

Tulangan sengkang : ϕ 10-150



Gambar 9 Detail Penulangan Tiang Bore Pile

Penulangan Pile Cap
 Didapat tulangan pokok D19-100



Gambar 10. Penulangan Pile Cap

IV KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur gedung bertingkat memerlukan suatu perencanaan yang teliti dan matang sesuai dengan syarat fungsi bangunan, estetika bangunan, keamanan struktural dan pertimbangan ekonomi.
2. Perencanaan struktur gedung bertingkat didesain menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu beton K-350 dengan kuat tekan beton f'_c sebesar 29,05 MPa, kuat tarik leleh f_y 400 MPa untuk tulangan pokok dan f_{yt} 240 MPa untuk tulangan sengkang.
3. Perencanaan atap dalam Tugas Akhir ini menggunakan struktur Baja dengan profil
 - Mutu Baja -37
 - Gording : Light Lip Channel C 150.75.20.4,5
 - Batang kuda-kuda : I WF 350.175.7.11
 - Kolom : I WF 350.300.9.14
 - Baut : HTB A-325 diameter 19
4. Perencanaan portal dianalisis dengan bantuan *software SAP Versi 15.1.0*.

Data penulangan dari hasil analisis :

- Balok Induk 400 x 550 mm :
 - Mutu Beton : F'_c 30
 - Mutu Baja : F_y 400 & F_y 240

Tulangan Lapangan : Atas 3 D 19, Bawah 10 D 19, Tengah 4 D 19, dan Sengkang \emptyset 10 – 200.

Tulangan Tumpuan : Atas 7 D 19, Bawah 3 D 19, Tengah 4 D 19, dan Sengkang \emptyset 10– 150.

Berdasarkan jenis keruntuhan yang dialami yaitu jenis keruntuhan tarik.

- Balok Anak 300 x 450 mm :

Mutu Beton : F'_c 30

Mutu Baja : F_y 400 & F_y 240

Tulangan Lapangan : Atas 3 D 16, Bawah 3 D 16, Tengah 2 D 16, dan Sengkang \emptyset 10– 200.

Tulangan Tumpuan : Atas 3 D 16, Bawah 3 D 16, Tengah 2 D 16, dan Sengkang \emptyset 10– 150.

Berdasarkan jenis keruntuhan yang dialami yaitu jenis keruntuhan tarik.

- Sloof 400 x 550 mm :

Mutu Beton : F'_c 30

Mutu Baja : F_y 400 & F_y 240

Tulangan Lapangan : Atas 3 D 19, Bawah 3 D 19 dan Sengkang \emptyset 1 – 250.

Tulangan Tumpuan : Atas 3 D 19, Bawah 3 D 19 dan Sengkang \emptyset 10– 200.

Berdasarkan jenis keruntuhan yang dialami yaitu jenis keruntuhan tarik.

- Kolom K1 700 x 800 mm :

Mutu Beton : F'_c 30

Mutu Baja : F_y 400 & F_y 240

Tulangan : Tulangan Pokok 20 D 19 dan Sengkang \emptyset 10-200.

Berdasarkan jenis keruntuhan yang dialami yaitu jenis keruntuhan tekan.

- Kolom K2 650 x 750 mm :

Mutu Beton : F'_c 30

Mutu Baja : F_y 400 & F_y 240

Tulangan : Tulangan Pokok 16 D 19 dan Sengkang \emptyset 10-200.

Berdasarkan jenis keruntuhan yang dialami yaitu jenis keruntuhan tekan.

- Kolom K3 600 x 700 mm :

Mutu Beton : F'c 30
 Mutu Baja : Fy 400 & Fy 240
 Tulangan : Tulangan Pokok 16 D 32 dan Sengkang Ø10-200.

Berdasarkan jenis keruntuhan yang dialami yaitu jenis keruntuhan tekan.

- *CoreWall 2520 x 2600 mm :*

Mutu Beton : F'c 33,2
 Mutu Baja : Fy 400 & Fy 240
 Tulangan : Tulangan Pokok D 16 - 200 dan Sengkang 2Ø16-200.

- Pelat Lantai Tebal 120 mm

Mutu Beton : F'c 30
 Mutu Baja : Fy 400 & Fy 240
 Penulangan Arah x :
 Tulangan Lapangan : D13 – 250.

Tulangan Tumpuan : D13– 200

Penulangan Arah y :

Tulangan Lapangan : D13 – 250.

Tulangan Tumpuan : D13 – 200

- Pelat Lantai *Basement* Tebal 150 mm

Mutu Beton : F'c 30
 Mutu Baja : Fy 400 & Fy 240
 Penulangan Arah x :
 Tulangan Lapangan : D13 – 250.

Tulangan Tumpuan : D13– 200

Penulangan Arah y :

Tulangan Lapangan : D13 – 250.

Tulangan Tumpuan : D13 – 200

- Dinding *Basemen* Tebal 250 mm

Mutu Beton : F'c 30
 Mutu Baja : Fy 400 & Fy 240
 Penulangan Vertikal : D19 – 250.
 Penulangan Horizontal : D13 – 200 dan D13 – 250

- Fondasi Bawah Kolom

Dimensi : Diameter Tiang bore 500 mm & Pilecap 2500 x 2500 mm

Mutu Beton : F'c 30
 Mutu Baja : Fy 400 & Fy 240
 Tulangan : Untuk Bore pile, Tulangan Pokok 10 D19 dan Sengkang spiral Ø10-150.

Untuk Pilecap, Tulangan Pokok D19 – 100 mm.

- Fondasi Bawah *Corewall*

Dimensi : Diameter Tiang bore 500 mm & Pilecap 3520 x 3600 mm

Mutu Beton : F'c 30

Mutu Baja : Fy 400 & Fy 240

Tulangan : Untuk Bore pile, Tulangan Pokok 10 D19 dan Sengkang spiral Ø10-150.

Untuk Pilecap, Tulangan Pokok D19 – 100 mm.

Saran

1. Perencanaan struktur gedung bertingkat harus dilakukan secara teliti, serta diperlukan pemahaman menyeluruh mengenai struktur gedung dan sesuai dengan syarat-syarat yang berlaku, seperti SNI 2847-2013 tentang persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan SNI 1726-2012 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung.
2. Perencanaan profil kuda-kuda dapat digunakan profil dimensi yang lebih kecil, agar lebih ekonomis, namun tetap aman serta kuat memikul beban pada atap.
3. Perencanaan dapat mempertimbangkan penggunaan nilai tekan (f'c) dan tegangan leleh baja (fy), dimensi elemen struktur ataupun jumlah penulangan yang lebih kecil sehingga lebih ekonomis, namun tetap memperhatikan faktor keamanan serta kekuatan struktur gedung.
4. Saat menganalisis struktur dengan menggunakan *SAP2000 v.15.1.0* maupun *Etabs v.17.1.0* dilakukan dengan teliti sesuai dengan perhitungan sebelumnya, sehingga didapat hasil analisis struktur yang akurat. Serta diperlukan pemahaman menyeluruh mengenai cara kerja program tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asroni, Ali. 2010. *Balok Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [2] Awaluddin, Zulfi Rachmadi. 2019. *Perencanaan Struktur Gedung IGD*,

Poliklinik, Administrasi dan Kantor RSUD dr. Soekardjo Kota Tasikmalaya. Tugas Akhir. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik.

- [3] Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SKBI. 1.3.53.1987)*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- [4] Departemen Pekerjaan Umum. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI-1726-2012)*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum. Mei, 1984. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI) 1984*. Jakarta : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- [6] Hardiyatmo, Hary Christady. 2015. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- [7] Hartoyo, Dewi Suryaningsih. 2019. *Perencanaan Struktur Gedung Pusat Pendidikan dan Pelatihan Kabupaten Ciamis*. Tugas Akhir. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Siliwangi: Tasikmalaya.
- [8] Tavio, dan Benny Kusuma. 2009. *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya : ITS Press.