

KAJIAN REDESIGN STRUKTUR GEDUNG 5 LANTAI BALAI PENGOBATAN UNIVERSITAS SILIWANGI

Mohammad Syarif Al Huseiny¹⁾, Rosi Nursani²⁾, dan Ratih Rahmah Hidayah³⁾

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi

e-mail: syarifalhuseiny@unsil.ac.id

Abstrak

Balai Pengobatan Universitas Siliwangi merupakan gedung sederhana yang terdiri dari 1 lantai yang diperlukan redesain untuk meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan di Universitas Siliwangi. Gedung bertingkat tinggi diperlukan perhitungan struktur yang tepat dan teliti. Gedung harus mampu menahan gaya aksial dan beban lateral termasuk beban gempa. Hasil dari perhitungan kekuatan struktur dibuat seoptimal mungkin sehingga menjadi bangunan yang kuat dan stabil yang dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi penggunanya. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian kajian pada struktur gedung Balai Pengobatan Universitas Siliwangi. Dimensi komponen struktur ditentukan dengan preliminary design terlebih dahulu kemudian Struktur gedung dianalisis menggunakan program SAP 2000 v.22.0.0. Tahap selanjutnya kontrol desain untuk menentukan apakah desain struktur memenuhi syarat perencanaan dan peraturan angka keamanan atau tidak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur beton bertulang pada gedung Balai Pengobatan Universitas Siliwangi memiliki kontrol kekuatan yang memenuhi syarat maka Gedung Balai Pengobatan Universitas Siliwangi dapat menjadi prasarana yang aman dan nyaman sehingga proses pelayanan kesehatan dapat berjalan dengan lancar.

Kata Kunci : Kolom; Balok; Core Wall; Pelat; Beton Bertulang

Abstract

The Siliwangi University Medical Center is a simple building consisting of 1 floor which requires redesign to improve the quality of health services at Siliwangi University. High-rise buildings require precise and thorough structural calculations. The building must be able to withstand axial forces and lateral loads including earthquake loads. The results of the calculation of structural strength are made as optimal as possible so that it becomes a strong and stable building that can provide security and comfort for its users. Based on these problems, it is necessary to conduct research studies on the structure of the Siliwangi University Medical Center building. The dimensions of the structural components are determined by preliminary design first, then the building structure is analyzed using the SAP 2000 v.22.0.0 program. The next step is design control to determine whether the structural design meets the planning requirements and safety factor regulations or not. The results showed that the reinforced concrete structure in the Siliwangi University Medical Center building had strength control which qualify to the requirements, so the Siliwangi University Medical Center Building could be a safe and comfortable infrastructure that the health service process could run smoothly.

Keywords: Column; Beam; Core Walls; Plate; Reinforced concrete

I. PENDAHULUAN

Balai Pengobatan Universitas Siliwangi merupakan gedung sederhana yang terdiri dari 1 lantai dengan fasilitas UGD, klinik, laboratorium dan fasilitas lainnya. Semakin bertambahnya mahasiswa di Universitas Siliwangi maka dibutuhkan fasilitas kesehatan yang lebih lengkap,

oleh karena itu diperlukan adanya redesain gedung Balai Pengobatan untuk meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan di Universitas Siliwangi. Fasilitas yang perlu ditambahkan yaitu fasilitas rawat inap, laboratorium, apotik, radiologi dan fasilitas yang diperlukan lainnya.

Perancangan sebuah gedung bertingkat tinggi diperlukan perhitungan struktur yang tepat dan

teliti. Gedung harus mampu menahan gaya aksial dan beban lateral termasuk beban gempa. Hasil dari perhitungan kekuatan struktur dibuat seoptimal mungkin sehingga bangunan yang kuat dan stabil dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi penggunanya [1]. Selain itu, bangunan gedung dengan jumlah 2 lantai atau lebih dapat mengajukan sertifikasi kelayakan fungsi bangunan gedung setiap 5 tahun. Kelompok Ahli Bangunan (TABG) melakukan evaluasi bangunan selama bangunan tersebut masih ada sehingga diketahui status kinerja struktur bangunan saat ini [9]. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian kajian pada struktur gedung Balai Pengobatan Universitas Siliwangi. Tujuan dari penelitian ini diantaranya mengkaji dan menganalisis beban yang bekerja pada gedung, mengkaji dimensi kolom dan core wall, balok, serta pelat pada gedung, mengkaji penulangan kolom dan core wall, balok, serta pelat pada gedung.

Gedung yang dianalisis terdapat beberapa elemen yang tidak kuat menahan beban akibat dari perubahan regulasi gempa di Indonesia yaitu SNI Gempa 03-1726-2002 berubah menjadi SNI Gempa 03-1726-2012 [10]. Dengan adanya elemen yang tidak kuat ini perlu dilakukan perkuatan struktur. Untuk elemen struktur yang membutuhkan kekakuan dan tulangan yang lebih dari yang telah terpasang, maka perlu dilakukan perkuatan seperti perkuatan pondasi, perbaikan beton, perkuatan dengan *fiber wrap*, perkuatan dengan lapisan beton baru, perkuatan dengan pelat dan profil baja serta perbaikan dengan metode *Jacking* [7].

Dengan adanya penelitian yang dilakukan diharapkan dapat meneliti keamanan struktur gedung sehingga gedung dapat menjadi prasarana dan fasilitas kesehatan yang aman dan nyaman sehingga proses pelayanan kesehatan dapat berjalan dengan lancar

Struktur Beton Bertulang

Struktur yang digunakan pada gedung balai pengobatan ini adalah berupa struktur beton bertulang. Beton bersifat sangat kuat terhadap tekan tetapi bersifat mudah rusak atau mudah patah terhadap tarik. Baja tulangan bersifat sangat kuat terhadap Tarik maupun tekan. Dari kedua sifat tersebut apabila beton dan baja tulangan dipadukan menjadi satu kesatuan secara komposit

akan menghasilkan struktur yang dinamakan beton bertulang sehingga beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh baja tulangan sedangkan beban tekan dapat ditahan oleh beton [1].

Beton bertulang merupakan salah satu jenis material bangunan yang paling sering digunakan dalam pembuatan berbagai jenis struktur. Proses desain struktur secara garis besar dilakukan melalui dua tahapan: (1) menentukan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut dengan menggunakan metode analisis yang tepat dan (2) menentukan dimensi dari tiap elemen struktur secara ekonomis dengan mempertimbangkan faktor keamanan, stabilitas, kemampuan, serta fungsi dari struktur tersebut [13].

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, sistem yang menahan beban geser, aksial dan momen akibat gempa dapat dipikul oleh satu sistem yaitu sistem rangka pemikul momen. Sistem ini adalah sistem rangka dimana komponen dan sambungannya menahan gaya-gaya yang bekerja pada struktur tersebut. Sistem pemikul momen terdiri dari 3 jenis diantaranya:

- 1) Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB): Sistem ini memiliki tingkat daktilitas terbatas. Sistem ini hanya cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa yang rendah [6].
- 2) Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM): Sistem ini memiliki tingkat daktilitas sedang dan digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa sedang. Pada sistem ini, balok dan kolom dipasang sendi plastis dengan harapan mekanisme goyang dan keruntuhan sesuai dengan rencana [5].
- 3) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK): Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh, sehingga harus digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa tinggi, prinsip dari sistem ini yaitu kolom kuat balok lemah, tahan terhadap geser dan memiliki pendetailan yang khusus [6].

Pada penelitian ini digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) karena di pulau Jawa memiliki resiko gempa yang cukup tinggi.

Pembebanan

Pembebanan yang digunakan diantaranya beban mati, beban hidup dan beban gempa. Beban mati terdiri dari dua jenis, yaitu beban mati anggota struktur dan beban mati akibat gaya luar. Berat sendiri (self weight) bagian struktur yang terdiri dari kolom, balok dan pelat secara otomatis dihitung dalam SAP2000 dengan memasukkan *self weight multiplier* 1, sedangkan berat sendiri yang dihitung secara manual adalah berat sendiri yang disebabkan oleh beban luar atau disebut juga beban mati tambahan (Syahputra, Yanti and Megasari, 2017). Pembebanan digunakan menurut PPPURG (SKBI-1.3.53.1987) untuk beban mati tambahan dan beban hidup sebesar 250 kg/m² untuk fungsi bangunan rumah sakit. Beban gempa digunakan beban gempa dinamik *Response Spectrum* yang diambil dari website resmi www.puskim.pu.go.id

Setiap komponen struktur harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu memikul beban yang lebih besar daripada beban layan atau beban aktual guna menjamin keamanan terhadap kegagalan struktur. (Setiawan, 2016). Kombinasi pembebanan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.2, adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan Ultimit

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

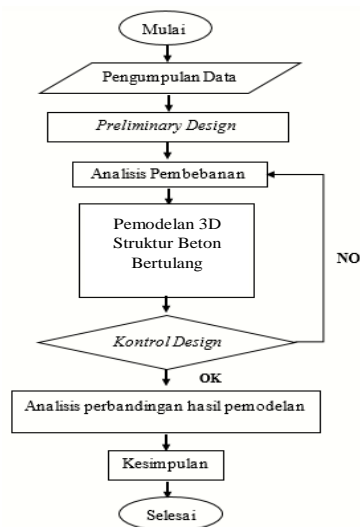
Struktur bangunan yang kokoh adalah struktur bangunan yang dibangun/dibangun agar lebih kuat dari beban yang dipikulnya [2]. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut

$$Ru \leq \phi Rn \tag{1}$$

Struktur bangunan harus mampu menahan beban yang diberikan pada struktur secara efisien dan aman. Elemen struktur seperti balok, kolom, dan rangka harus disusun dalam bentuk struktur yang mampu memikul semua beban. [3].

II. BAHAN DAN METODE/METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan merupakan analisis struktur yang dilakukan dengan menggunakan program SAP 2000 v.22.0.0. Struktur gedung dimodelkan sebagai struktur portal 3D. Pemodelan dilakukan untuk menganalisa perilaku struktur gedung akibat pemberian beban, baik beban vertikal maupun beban gempa dengan variasi penggunaan material kolom yang berbeda tersebut. Berikut merupakan diagram alur penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

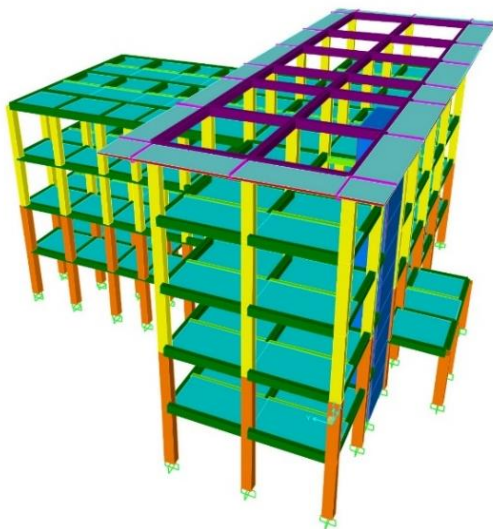
Bangunan yang dimodelkan pada penelitian ini adalah gedung 5 lantai yang diperuntukkan sebagai gedung fasilitas kesehatan atau rumah sakit yang berlokasi di daerah Tasikmalaya, Jawa Barat, dimana tiap lantai adalah 4,2 m serta bentang terpanjang antar kolomnya sejauh 7,525 m.

Dimensi komponen struktur ditentukan dengan *preliminary design* terlebih dahulu yaitu melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur serta merencanakan dimensi yang akan digunakan

Perencanaan pembebanan pada struktur ini berdasarkan pada peraturan yang berlaku. Pembebanan tersebut antara lain beban mati dan beban hidup (SKBI – 1.3.53.1987) serta beban gempa (SNI 1726-2012). Pembebanan gempa yang digunakan dalam pemodelan merupakan beban gempa dinamik yaitu respon spektrum

sesuai dengan SNI 1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung dan disesuaikan dengan lokasi bangunannya. Selain itu, pemodelan pada penelitian ini mengacu pada beberapa Standar Nasional Indonesia yaitu SNI 2847-2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

Pemodelan struktur menggunakan program SAP 2000 dalam model struktur ruang 3 dimensi untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur rangka utama.



Gambar 2. Pemodelan 3D dalam software SAP 2000

Setelah melakukan analisa struktur bangunan, tahap selanjutnya kita kontrol desain meliputi kontrol terhadap pelat, kolom, balok, dan komponen struktur lainnya. Dimana dari kontrol tersebut dapat mengetahui apakah desain yang kita rencanakan telah sesuai dengan syarat-syarat perencanaan dan peraturan angka keamanan. Jika bagian beban tidak memenuhi persyaratan atau kapasitas beban kurang dari yang dibutuhkan, muncul kode *o/s* (*overstress*) diikuti dengan warna balok atau kolom berwarna merah. Oleh karena itu perlu dilakukan redesain dimensi balok dan kolom dengan memperbesar dimensinya [4].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dimensi Elemen Struktur Balok

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

Tabel 2. Tebal Minimum Balok Non-Pratekan

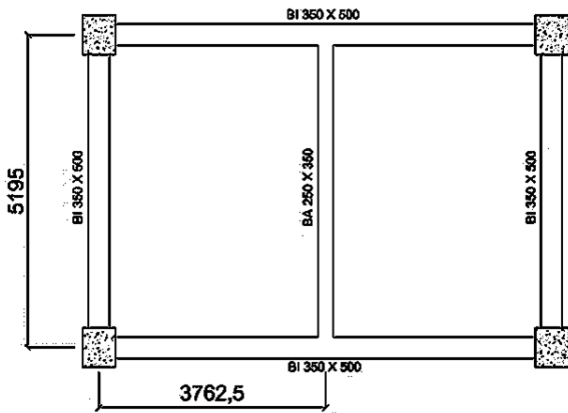
Komponen Struktur	Tebal Minimum, h			
	Dua Tumpuan	Dua Tumpuan	Dua Tumpuan	Dua Tumpuan
Pelat Solid Satu Arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau Pelat Jalur Satu Arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

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. Dimensi Awal Balok

Balok	Bentang (mm)	h_{min} (mm)	b_{min} (mm)	h dipakai (mm)	b dipakai (mm)
RB-x	7525	470,313	250	500	350
RB-x	6000	375	250	500	350
RB-x	3650	228,125	250	500	350
RB-y	5195	324,688	250	500	350
RB-y	5000	312,500	250	500	350
BI-x	7525	470,313	250	500	350
BI-x	6000	375	250	500	350
BI-x	3650	228,125	250	500	350
BI-y	5195	324,688	250	500	350
BI-y	5000	312,500	250	500	350
BI-y	4000	250	250	500	350
BI-y	2875	179,688	250	500	350
BA-x	2250	107,143	175	350	250
BA-y	5195	247,381	175	350	250
BA-y	5000	238,095	175	350	250
BA-y	4000	190,476	175	350	250
BA-y	3100	147,619	175	350	250
BA-y	2875	136,905	175	350	250
SL-x	7525	470,313	250	500	350
SL-x	6000	375	250	500	350
SL-x	3650	228,125	250	500	350
SL-y	5195	324,688	250	500	350
SL-y	5000	312,500	250	500	350
SL-y	4000	250	250	500	350
SL-y	2875	179,688	250	500	350

Dimensi Elemen Struktur Pelat



Gambar 3. Sample Pelat

Syarat tebal pelat menurut SNI-2487-2013 Pasal 9.5.3.3, meliputi syarat tebal pelat minimum dan maksimum.

$$h_{min} = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (2)$$

$$h_{maks} = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36} \quad (3)$$

Dimana:

- Ln = Panjang bentang bersih
- β = Rasio bentang bersih
- Fy = Tegangan leleh baja

Tebal pelat lantai diambil dengan syarat $108,251 \text{ mm} \leq h \leq 146,119 \text{ mm}$. Diasumsikan tebal pelat lantai yaitu 120 mm.

Dimensi Elemen Struktur Kolom

Luas perlu kolom dapat disusun berdasarkan pada kuat kolom (Pu) dan rasio penulangan (ρ_g) sebagai berikut:

$$A_g \text{ perlu } \frac{P_u}{0,80 \times \phi \times (0,85 \times f'_c \times (1 - \rho_g) + f_y \times \rho_g)} \quad (4)$$

Tabel 4. Dimensi Awal Kolom

KOLOM TENGAH						
Lt.	Label Kolom	Pu (Kg)	Min. Dim (mm)		Dim. Pakai (mm)	
			b	h	b	h
5	K2	10058,349	81,918	81,918	550	650
4	K2	57522,383	195,899	195,899	550	650
3	K2	104986,416	264,655	264,655	550	650
2	K1	152450,449	318,917	318,917	600	700
1	K1	200580,482	365,812	365,812	600	700

KOLOM TEPI						
Lt.	Label Kolom	Pu (Kg)	Min. Dim (mm)		Dim. Pakai (mm)	
			b	h	b	h
5	K2	5531,338	60,748	60,748	550	650
4	K2	34623,059	151,983	151,983	550	650
3	K2	63714,780	206,174	206,174	550	650
2	K1	92806,500	248,830	248,830	600	700
1	K1	122564,22	285,954	285,954	600	700

Dimensi Elemen Struktur Corewall

Penggunaan dinding geser pada struktur gedung dapat menambah kekakuan pada gedung sehingga tulangan kolom dan balok lebih kecil daripada penulangan tanpa dinding geser. Struktur rangka dengan dinding geser diperoleh jumlah luas tulangan kolom 39% dan tulangan balok 13% lebih kecil dibandingkan dengan struktur rangka tanpa dinding geser serta diperoleh nilai rasio tulangan kolom lebih kecil dibandingkan dengan struktur rangka tanpa dinding geser [8].

Dimensi awal *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* dengan panjang 3750 mm direncanakan desain awal untuk tebal dinding geser diambil 200 mm.

Analisis Momen pada Pelat

Analisis momen pada pelat diperoleh dari perhitungan secara manual menggunakan tabel Markus. Momen pelat dihitung dengan asumsi perletakan terjepit pada dua sisi, perletakan terjepit pada tiga sisi, dan perletakan terjepit pada

empat sisi, kemudian diambil nilai momen paling maksimum.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Momen untuk Berbagai Tipe Pelat

Jenis	Tipe	Momen Arah X (kgm)		Momen Arah Y (kgm)	
		Mtx	Mlx	Mty	Mly
Pelat Lantai	1	-	-	-	-
		1270,61	582,823	1007,72	383,652
	2	-	-	-	-
		1002,67	469,978	758,441	225,571
	3	-	-	-	-
		421,665	174,195	405,012	160,872

Analisis Struktur Portal

Pada analisis portal, gaya-gaya dalam diperoleh dari hasil analisis dengan menggunakan bantuan program SAP2000 v.22.0.0. Diambil gaya terbesar dari hasil kombinasi pembebanan pada struktur portal. Hasil analisis struktur untuk gaya-gaya dalam maksimum pada struktur portal sebagai berikut.

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

Jenis		P	V	M
		kgf	kgf-m	kgf-m
KI	Max	362644,36	30232,7	63605,52
	Min	-502771,76	-28497,38	-61651,67
K2	Max	117646,81	18620,24	23438,3
	Min	-155627,07	-18697,58	-28981,12

Tabel 7. Gaya Dalam Maksimum pada Elemen Balok Akibat Kombinasi Beban

Jenis		V2	T	M3
		kgf	kgf-m	kgf-m
BI	Max	20451,81	2314,45	21018,01
	Min	-20115,8	-2004,95	-28421,73
RB	Max	6177,97	1727,21	8100,65
	Min	-7280,6	-1692,44	-10803,82
BA	Max	4048,95	199,67	2716,01

	Min	-4083,61	-187,09	-4995,97
SL	Max	5363,32	-	3880,55
	Min	-9611,16	-	7761,11

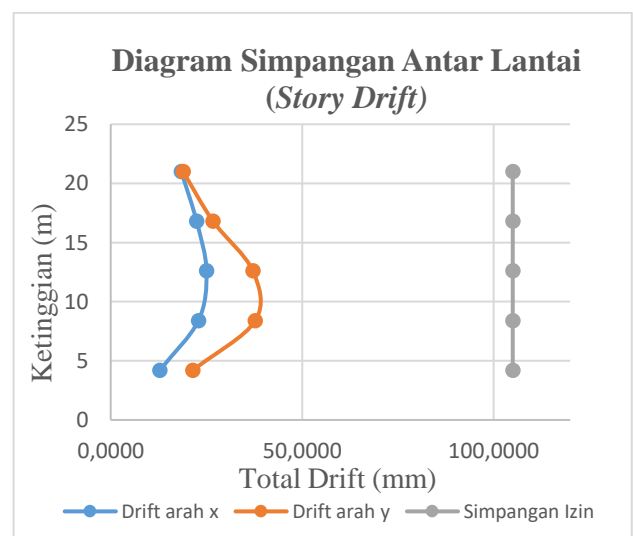
Simpangan antar Lantai

Simpangan antar lantai (drift) adalah hasil dari pengolahan perbedaan selisih nilai lendutan (displacement) pada tiap lantai yang ditinjau dikali dengan faktor amplifikasi respon dan dibagi dengan nilai faktor keutamaan resiko gempa. Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak diperbolehkan lebih dari simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a)/ ρ [12].

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai simpangan arah x dan arah y yang lebih kecil daripada simpangan izin maka desain struktur memenuhi syarat.

Tabel 8. Simpangan antar Lantai

Lantai	Hsx (mm)	δ_x (mm)	δ_y (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_a (ijin) (mm)
Atap	4200	18,4803	25,8164	18,4420	18,8992	105
5	4200	15,1272	22,3801	22,4340	26,7368	105
4	4200	11,0483	17,5189	25,0167	37,1270	105
3	4200	6,4998	10,7685	22,9114	37,7723	105
2	4200	2,3341	3,9009	12,8374	21,4547	105
1	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0



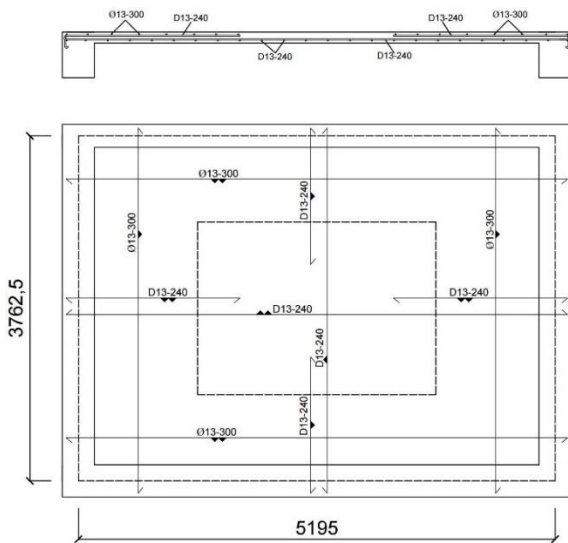
Gambar 4. Simpangan antar Lantai

Penulangan Pelat

Penulangan pada pelat dengan data tebal pelat lantai (h) = 120 mm, tebal selimut beton (d') = 20 mm, diameter tulangan (D) = 13 mm, tegangan leleh baja (fy) = 400 Mpa dan kekuatan tekan beton (f'c) = 25 Mpa

Tabel 9. Penulangan Pelat

Penulangan	Penulangan Arah X		Penulangan Arah Y	
	D	s	D	s
Tul.Lapangan	13	240	13	240
Tul.Tumpuan	13	240	13	240
Tul.Bagi	13	340	13	340



Gambar 5. Penulangan Pelat

Penulangan Lentur Balok Induk

Penulangan pada balok induk dengan dimensi balok 350x500mm, tebal selimut beton (d') = 40 mm, diameter tulangan D 25 mm dan sengkang Ø 10 mm, tegangan leleh baja (fy) = 400 Mpa dan kekuatan tekan beton (f'c) = 25 Mpa

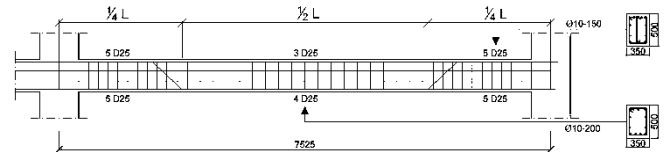
1) Penulangan Lapangan: Digunakan tulangan bawah 4D25 dan 3D25 tulangan atas. Kontrol penampang dengan rasio tulangan (ρ) yaitu $\rho_{min} = 0,0035 \leq \rho_{perlu} = 0,0116 \leq \rho_{maks} = 0,019$ (Memenuhi Syarat). Kontrol regangan

beton $\epsilon_c' = 0,0008 \leq \epsilon_{cu}' = 0,003$ (Keruntuhan Tarik)

- 2) Kontrol Kapasitas Tulangan Lapangan: Momen Rencana Positif (Mr+) Lapangan $M_r = 277768349,7 \text{ Nmm} > M_u = 206116293,2 \text{ Nmm}$ (Aman) dan Momen Rencana Negatif (Mr-) Lapangan $M_r = 211861672,4 \text{ Nmm}$
- 3) Penulangan Tumpuan: Digunakan tulangan bawah 3D25 dan 5D25 tulangan atas. Kontrol penampang dengan rasio tulangan (ρ) $\rho_{min} = 0,0035 \leq \rho_{perlu} = 0,0149 \leq \rho_{maks} = 0,019$ (Memenuhi Syarat). Kontrol regangan beton $\epsilon_c' = 0,0011 \leq \epsilon_{cu}' = 0,003$ (Keruntuhan Tarik)
- 4) Kontrol Kapasitas Tulangan Tumpuan: Momen Rencana Positif (Mr) Tumpuan (+) $M_r = 342515075 \text{ Nmm} > M_u = 278721924 \text{ Nmm}$ (Aman). Momen Rencana Negatif (Mr) Tumpuan (-). $M_r = 211839415,2 \text{ Nmm}$.

Penulangan Geser Balok Induk

- 1) Penulangan Geser Lapangan: $V_u = 98492,6 \text{ N} \geq \phi V_c = 97617,188 \text{ N}$. Karena $V_u \geq \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser. Digunakan sengkang 2 kaki Ø10. Digunakan tulangan sengkang Ø10 – 200 mm.
- 2) Penulangan Geser Tumpuan: $V_u = 204518,1 \text{ N} \geq \phi V_c = 97617,188 \text{ N}$. Karena $V_u \geq \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser. Digunakan sengkang 3 kaki Ø10. Digunakan tulangan sengkang Ø10 – 150 mm.



Gambar 6. Penulangan Balok Induk

Penulangan Lentur Ring Balk

Penulangan pada ring balk dengan dimensi balok 350x500mm, tebal selimut beton (d') = 40 mm, diameter tulangan D 16 mm dan sengkang Ø 10 mm, tegangan leleh baja (fy) = 400 Mpa dan kekuatan tekan beton (f'c) = 25 Mpa.

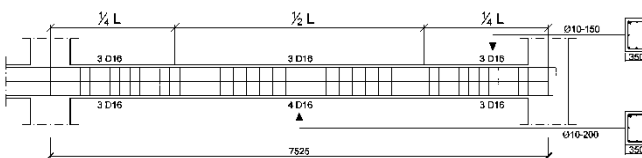
1) Penulangan Lapangan: Digunakan tulangan bawah dan tulangan atas 3D16. Karena $A_s = A_s'$ maka kontrol momen $M_r^{(-)} = M_r^{(+)}$ dan

tulangan tekan belum leleh ($\epsilon_s' = \frac{f_s'}{E_s} < \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$). $M_r = 117115746,7 \text{ Nmm} > M_u = 79440253,46 \text{ Nmm}$ (Aman)

- 2) Penulangan Tumpuan: Digunakan tulangan bawah dan tulangan atas 3D16 Karena $A_s = A_s'$ maka kontrol momen $M_r^{(-)} = M_r^{(+)}$ dan tulangan tekan belum leleh ($\epsilon_s' = \frac{f_s'}{E_s} < \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$). $M_r = 117115746,7 \text{ Nmm} > M_u = 48993702 \text{ Nmm}$ (Aman)

Penulangan Geser Ring Balk

- 1) Penulangan Geser Lapangan: $\phi V_c/2 = 49310,625 \text{ N} \leq V_u = 60391,8 \text{ N} \leq \phi V_c = 98621,25 \text{ N}$. Karena $\phi V_c/2 \leq V_u \leq \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser minimum. Digunakan sengkang 2 kaki Ø10. Digunakan tulangan sengkang Ø10 – 200 mm.
- 2) Penulangan Geser Tumpuan: $\phi V_c/2 = 49310,625 \text{ N} \leq V_u = 72806 \text{ N} \leq \phi V_c = 98621,25 \text{ N}$. Karena $\phi V_c/2 \geq V_u \leq \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser minimum. Digunakan sengkang 2 kaki Ø10. Digunakan tulangan sengkang Ø10 – 150 mm.



Gambar 7. Penulangan Ring Balk

Penulangan Lentur Balok Anak

Penulangan pada balok anak dengan dimensi balok 250x350mm, tebal selimut beton (d') = 40 mm, diameter tulangan D 16 mm dan sengkang Ø 10 mm, tegangan leleh baja (f_y) = 400 Mpa dan kekuatan tekan beton (f'_c) = 25 Mpa

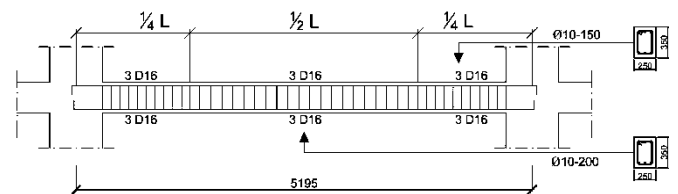
- 1) Penulangan Lapangan: Digunakan tulangan bawah dan tulangan atas 3D16 Karena $A_s = A_s'$ maka kontrol momen $M_r^{(-)} = M_r^{(+)}$ dan tulangan tekan belum leleh ($\epsilon_s' = \frac{f_s'}{E_s} < \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$).

$M_r = 61156477 \text{ Nmm} > M_u = 26634993,44 \text{ Nmm}$ (Aman).

- 2) Penulangan Tumpuan: Digunakan tulangan bawah dan tulangan atas 3D16. Karena $A_s = A_s'$ maka kontrol momen $M_r^{(-)} = M_r^{(+)}$ dan tulangan tekan belum leleh ($\epsilon_s' = \frac{f_s'}{E_s} < \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$). $M_r = 61156477 \text{ Nmm} > M_u = 48993702 \text{ Nmm}$ (Aman).

Penulangan Geser Balok Anak

- 1) Penulangan Geser Lapangan: $\phi V_c/2 = 23268,75 \text{ N} \leq V_u = 3404,83 \text{ N} \leq \phi V_c = 46537,5 \text{ N}$. Karena $\phi V_c/2 \leq V_u \leq \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser minimum. Digunakan sengkang 2 kaki Ø10. Digunakan tulangan sengkang Ø10 – 125 mm.
- 2) Penulangan Geser Tumpuan: $\phi V_c/2 = 23268,75 \text{ N} \leq V_u = 4083,61 \text{ N} \leq \phi V_c = 46537,5 \text{ N}$. Karena $\phi V_c/2 \leq V_u \leq \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser minimum. Digunakan sengkang 2 kaki Ø10. Digunakan tulangan sengkang Ø10 – 125 mm.



Gambar 8. Penulangan Balok Anak

Penulangan Lentur Balok Sloof

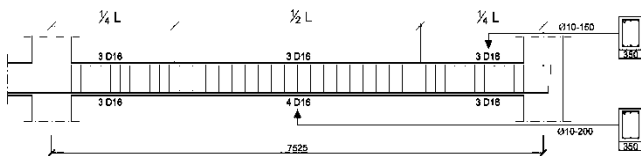
Penulangan pada sloof dengan dimensi balok 350x500mm, tebal selimut beton (d') = 40 mm, diameter tulangan D 16 mm dan sengkang Ø 10 mm, tegangan leleh baja (f_y) = 400 Mpa dan kekuatan tekan beton (f'_c) = 25 Mpa

- 1) Kontrol Momen Penulangan Lapangan: Momen Rencana Positif (M_r^+) Lapangan: $M_r = 117115746,7 \text{ Nmm} > M_u = 38055236,46 \text{ Nmm}$ (Aman).
- 2) Kontrol Momen Penulangan Tumpuan: Momen Rencana Positif (M_r^+) Tumpuan $M_r =$

117115746,7 Nmm > Mu = 76110473 Nmm (Aman).

Penulangan Geser Balok Sloof

- 1) *Penulangan Geser Lapangan:* $\phi Vc/2 = 49310,625 \text{ N} \geq Vu = 30941,3 \text{ N} \leq \phi Vc = 98621,25 \text{ N}$. Karena $\phi Vc/2 \geq Vu \leq \phi Vc$, maka tidak perlu tulangan sengkang tetapi diperlukan tulangan geser minimum. Digunakan sengkang 2 kaki Ø10. Digunakan tulangan sengkang Ø10 – 200 mm.
- 2) *Penulangan Geser Tumpuan:* $\phi Vc/2 = 49310,625 \text{ N} \leq Vu = 77611,1 \text{ N} \leq \phi Vc = 98621,25 \text{ N}$. Karena $\phi Vc/2 \leq Vu \leq \phi Vc/2$, maka diperlukan tulangan geser minimum. Digunakan sengkang 2 kaki Ø10. Digunakan tulangan sengkang Ø12 – 150 mm.



Gambar 9. Penulangan Balok Sloof

Penulangan Kolom (K1)

Kolom adalah elemen struktural yang dirancang untuk menahan gaya aksial, momen, dan gaya geser yang bekerja. Kolom yang dirancang dengan SRPMK harus diperhitungkan lebih kuat dari balok yang ditopangnya [14].

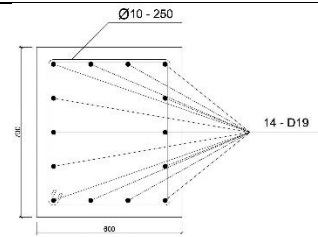
Data:

- Pn = 4930506,78 N
- Mn = 623757042 Nmm
- Pnb = 4127983,509 N
- Mnb = 1057206345 Nmm
- Untuk e = 0 atau Mn0 = 0, Pn0 = 8342728,902 N

$$e = \frac{Mn}{Pn} = 126,51 \text{ mm} < eb = \frac{Mnb}{Pnb} = 258,107$$

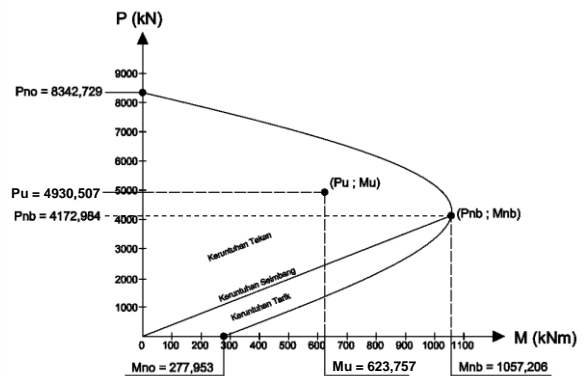
mm (Keruntuhan Tekan)

Kolom K1
(600 x 700)



Tulangan Atas 14D19

Sengkang Ø10 – 250



Gambar 10. Diagram Interaksi (P-M) Kolom (K1) Keruntuhan Tekan

Penulangan Kolom (K2)

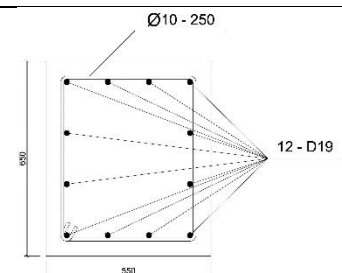
Data:

- Pn = 1526180,27 N
- Mn = 284207707 Nmm
- Pnb = 3469513,791 N
- Mnb = 851150220,9 Nmm
- Untuk e = 0 atau Mn0 = 0, Pn0 = 7108410,488 N

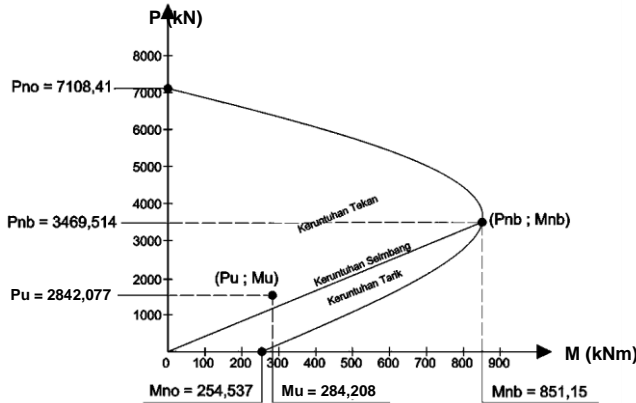
$$e = \frac{Mn}{Pn} = 186,222 \text{ mm} < eb = \frac{Mnb}{Pnb} = 245,323$$

mm (Keruntuhan Tekan)

Kolom K2
(550 x 650)



Tulangan Atas	12D19
Sengkang	φ10 – 250



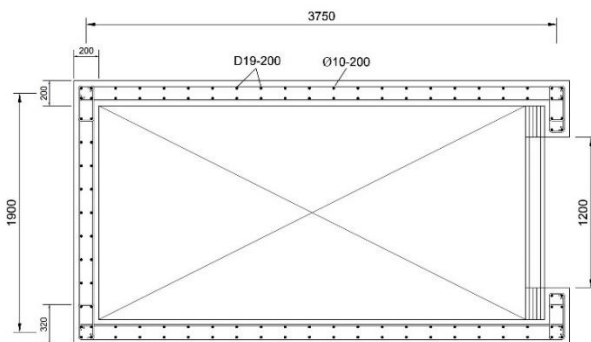
Gambar 11. Diagram Interaksi (P-M) Kolom (K2) Keruntuhan Tekan

Penulangan Corewall

Data perencanaan:

- $M_n = 284207707 \text{ Nmm}$
- $T = 200 \text{ mm}$
- $f'_c = 25 \text{ MPa}$
- $f_y = 400 \text{ Mpa}$
- $h_w = 20400 \text{ mm}$
- $l_w = 1900 \text{ mm}$

Kapasitas core wall dalam menahan kombinasi beban lentur dan aksial yaitu $\phi P_{n \max} = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,95 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_s) + f_y \cdot A_s) = 28686872,26 \text{ N} > P_u = 4930506,78 \text{ N}$ (Aman). Tulangan Pokok yang digunakan D19 – 200 mm. Tulangan sengkang yang digunakan 2D10 – 200 mm



Gambar 12. Detail Penulangan Core Wall

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kolom K1 diperoleh nilai $e = 126,51 \text{ mm} < e_b = 256,107 \text{ mm}$, dan koordinat (M_u, P_u) berada didaerah keruntuhan tekan. Kolom K2 diperoleh nilai $e = 186,222 \text{ mm} < e_b = 245,323 \text{ mm}$, dan koordinat (M_u, P_u) berada didaerah keruntuhan tekan. Kontrol kekuatan Core Wall $\phi P_{n \max} = 28686872,26 \text{ N} > P_u = 4930506,78 \text{ N}$ memenuhi syarat. Momen Rencana (M_r) Balok induk Lapangan $M_r = 277768349,7 \text{ Nmm} > M_u = 206116293,2 \text{ Nmm}$ dan Momen Rencana (M_r) Balok induk Tumpuan $M_r = 342515075 \text{ Nmm} > M_u = 278721924 \text{ Nmm}$ memenuhi syarat. Kontrol momen pada pelat $M_r = 14991079 \text{ Nmm} > M_u = 3436522 \text{ Nmm}$ memenuhi syarat. Jadi dapat disimpulkan struktur beton bertulang pada gedung Balai Pengobatan Universitas Siliwangi aman terhadap pembebanan yang bekerja pada gedung namun pada beberapa bagian struktur diantaranya kolom K2, Core Wall dan pelat kurang ekonomis karena memiliki selisih kontrol kekuatan yang cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asroni, Ali. (2017). Teori dan Desain Balok Pelat Beton Bertulang. Yogyakarta : Muhammadiyah University Press.USA: Abbrev. of Publisher, year, ch. x, sec. x, pp. xxx–xxx.
- [2] Aditama, V. and Al Huda, A. (2021) ‘PERENCANAAN KEKUATAN STRUKTUR GEDUNG’, pp. 741–748. Available at: <http://research-report.umm.ac.id/index.php/SKPSPP/article/view/4364>.
- [3] Deshariyanto, D. (2015) ‘PERBANDINGAN GAYA DALAM METODE MANUAL DAN PROGRAM’, Дoннy, 5(December), pp. 1–6. Available at: <https://www.ejournalwiraraja.com/index.php/FT/article/view/142>.
- [4] Gunawan, I. P., Giatmajaya, I. W. and Wiryadi, I. G. G. (2021) ‘ANALISIS DAN PEMODELAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT PADA WILAYAH GEMPA TINGGI’, 1(1), pp. 7–13. Available at: <https://e-journal.unmas.ac.id/index.php/jitumas/article/view/2148/1880>.
- [5] Hanafi, M. B. (2010) ‘Perencanaan Struktur Apartemen 5 Lantai +1 Basement Dengan

- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (Srpmm) Di Sukoharjo'. Available at: <http://eprints.ums.ac.id/38971/>.
- [6] Karisoh, P. H., Dapas, S. O. and Pandaleke, R. (2018) 'Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus', *Jurnal Sipil Statik*, 6(6), pp. 361–372. Available at: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/19859>.
- [7] Madutujuh, N. et al. (2013) 'Audit Kekuatan Struktur dan Perkuatan Struktur Pasca Gempa Audit Kekuatan Struktur dan Perkuatan Struktur Pasca Gempa', *Seminar HASTAG*, (April 2013). doi: 10.13140/RG.2.1.1007.7525.
- [8] Nugroho, F. (2017) 'Pengaruh Dinding Geser Terhadap Perencanaan Kolom Dan Balok Bangunan Gedung Beton Bertulang', *Jurnal Momentum*, 19(1), pp. 1693–752. doi: 10.21063/JM.2017.V19.1.19-26.
- [9] Pradono, M. H. (2019) 'Kajian Penerapan Standar Tahan Gempa Pada Application Assessment of the Seismic Resistant Standard on the Evaluation of Existing Structures', *Mulyo Harris Pradono: Kajian Penerapan Standar Tahan Gempa pada Pemeriksaan Struktur Gedung Terbangun*, 3(1), pp. 1–9. Available at: <https://ejournal.bppt.go.id/index.php/Alami/article/view/3398>.
- [10] Pratama, G. P. et al. (2016) 'Jurnal Undip 2016_KAJIAN PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG YANG DISESUAIKAN DENGAN SNI GEMPA 03-1726-2012 KOTA SEMARANG STUDI KASUS GEDUNG KULIAH UTAMA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO.pdf', 5, pp. 188–199. Available at: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/12629>.
- [11] Pratiwi, E. G. (2021) 'PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 6 (ENAM) LANTAI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SILIWANGI', 6.
- [12] Saputro, Y. A. et al. (2020) 'Analisa Dinding Geser Ditinjau dari Waktu Getar Alami dan Simpangan Antar Lantai', *Jurnal Teknik Sipil Universitas Teuku Umar*, 6(2), pp. 1–10. Available at: <http://jurnal.utu.ac.id/jtsipil/article/view/2742/1748>
- [13] Setiawan, A. (2016) *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Erlangga.
- [14] Sumadi, D. A. N. (2017) '6 Lantai (+ 1 Basement) Di Sukoharjo'. Available at: <http://eprints.ums.ac.id/58848/>.
- [15] Syahputra, M. R., Yanti, G. and Megasari, S. W. (2017) 'Perencanaan Struktur Bangunan Atas Gedung Rusunawa Universitas Lancang Kuning', *Jurnal Teknik*, 1(2), pp. 48–57. Available at: <http://journal.unilak.ac.id/index.php/teknik/article/view/1735>