STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN GEDUNG FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS BRAWIJAYA MENGGUNAKAN SISTEM GANDA (DUAL SYSTEM)

Yanuarius Seke[1], Ester Priskasari [2], Vega Aditama[3]
[1)]*Jurusan Teknik Teknik Sipil, ITN Malang, Jalan Sigura-gura nomor 02 Malang*
Email: yanuariuseke@gmail.com
[2)]*Jurusan Teknik Teknik Sipil, ITN Malang, Jalan Sigura-gura nomor 02 Malang*
Email: ester_priskasari@ymail.com
[3)]*Jurusan Teknik Teknik Sipil, ITN Malang, Jalan Sigura-gura nomor 02 Malang*
Email: vegaaditama@gmail.com

ABSTRACT

In this planning, the Brawijaya Computer Science Building is designed using a dual system, namely a combination of the SRPMK structural system and shear walls. The standards used as guidelines include SNI 1727-2020, SNI 1726-2019, SNI 2847-2019, and SNI 2025-2017. The data used in the calculations consists of planning drawings and soil data, which then serve as the basis for preliminary calculations of structural elements. 3D Structural Analysis was performed using ETABS 18 software, from which the column dimensions were 950 x 950 mm2, the main beams consisted of B1 400X600 B2 250 X 300 and B3 250 x 300 while the child beams consisted of BA1 350 X 600, BA2 250 X 300 and BA3 200 X 300. The floor slab thickness was 100 mm and the shear walls had dimensions of 4550 x 950 mm.
Keywords: dual system

ABSTRAK

Dalam perencanaan ini, Gedung Fakultas Ilmu Komputer Brawijaya dirancang menggunakan sistem ganda (dual system) yaitu kombinasi antara sistem struktur SRPMK dan Dinding geser. Standar yang dijadikan pedoman mencakup SNI 1727-2020, SNI 1726-2019, SNI 2847-2019, dan SNI 2025-2017. Data yang digunakan dalam perhitungan terdiri dari gambar perencanaan dan data tanah, yang kemudian dijadikan dasar untuk perhitungan pendahuluan elemen struktur. Analisis struktur 3D dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS 18, dari mana diperoleh dimensi kolom 950 x950 mm2, balok induk terdiri dari B1 400X600 B2 250 X300 dan B3 250 x300 sedangkan balok anak terdiri dari BA1 350 X 600, BA2 250 X 300 dan BA3 200 X 300. ketebalan plat lantai 100 mm dan shearwall dengan dimensi 4550 x 950 mm
Kata kunci : *sistem ganda*

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia saat ini mengalami perkembangan Pembangunan yang sangat pesat, diantaranya perkembangan di bidang konstruksi seperti Gedung perkuliahan, hotel, apartemen dan masih banyak lagi. Meningkatnya kebutuhan gedung tinggi harus diimbangi pemahaman tentang system struktur gedung tinggi, terutama ketahanan terhadap gempa.

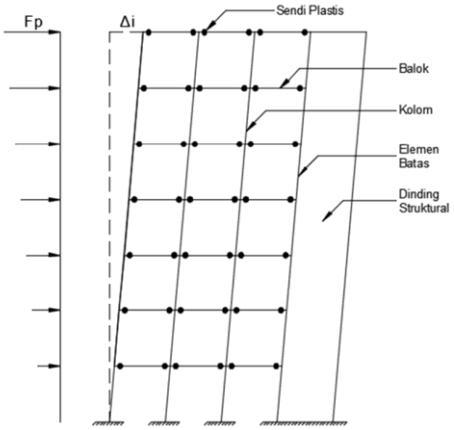
Struktur yang baik dalam dalam rekasaya teknik mencakup berbagai konsep untuk memastikan keaamanan, efisiensi dan kenyamanan dari bangunan atau infrastruktur. salah satu filosofi dari bangunan tahan gempa ialah adanya komponen struktur yang diperbolehkan untuk mengalami kelelehan. Daktilitas merupakan aspek penting dalam mendesain bangunan tahan gempa. Pada bangunan bertingkat tinggi diperlukan perkuatan tambahan untuk menahan beban lateral,misalnya dengan penambahan dinding geser. Ada beberpa system struktur yang dipakai dalam mendesain gedung bertingkat tinggi dengan risiko kegempaan yaitu, Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistim Dinding Struktural (SDS). Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen ini dibagi menjadi tiga yaitu, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sama halnya dengan Sitem Rangka Pemikul Momen, Sistem Dinding Struktural juga memiliki Sistem Dinding Struktural Khusus (SDSK). Aspek dasar dalam menentukan sitem struktur ialah Kategori Desain Seismik (KDS) yang ditetapkan dalam SNI-1726-2019.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Suatu struktur didesain agar tidak rusak akibat menerima beban gempa yang kecil dan sedang, tetapi jika terjadi beban gempa yang besar struktur tersebut dapat bekerja secara daktil, Dimana struktur mampu berdeformasi secara plastis tanpa mengalami keruntuhan secara tiba-tiba. Pada struktur beton bertulang, tempat terjadinya deformasi plastis yaitu dimana penulangan terjadi batas leleh. Sendi plastis pada sistem ganda terjadi pada joint balok kolom, join elemen batas dengan balok, kaki kolom, dan kaki

dinding structural. Batas dinding diitreprestasikan sebagai kolom (SNI 2847:2019) pasal 18.10.7.3 hal.413 yang mana didefinisikan seperti gambar berikut :



Gambar 1. Perilaku struktur akibat gempa (*Sumber: Nasuation Amrinsyah,2009*)

Pembebanan Struktur

1. Beban mati
   Berdasarkan (SNI 1727:2020) pasal 3.1 hal.21 dijelaskan bahwa beban mati adalah berat seluruh konstruksi bangunan yang terpasang, termaksusd dinding ,lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya. Pada perencanaan beban mati gedung menggunakan peraturan (SNI 1727:2020) tentang *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain*, pasal 3 hal 21-24 dan lampiran C3 hal. 280-284.
2. Beban hidup
   Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung termaksud beban-brban pada lanytai yang dapat berpindah-pindah, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian gedung dan dapat diganti selama masa hidup gedung tersebut. Beban hidup yang terjadi pada beban atap diakibatkan oleh:
   - Selama perawatan yang dilakukan oleh pekerja, peralatan, dan material.
   - Beban hidup terkait hunian pada atap seperti area berkumpul di atap, atap dek, atap vegelatif, atau atap lansekap pada araea yang bisa diapakai, diperhitungkan sebagai beban hidup pada atap dari pada beban hidup atap.
   - Bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai penutup hunian atau digunakan untuk menutup kolam renang serta area terbuka, seperti teras belakang, dek, dan fasilitas untuk produksi hortikultura serta pertanian. Pada perencanaan beban hidup gedung menggunakan peraturan (SNI 1727: 2020) tentang *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain*, pasal 4 hal 25-38 dan lampiran C4 hal. 284-292.
3. Beban Gempa.
   Peninjauan beban gempa dalam perencanaan struktur bangunan dilakukan dengan mengacu pada SNI 1726:2019. Fungsi respons spektrum ditetapkan berdasarkan zona gempa sesuai ketentuan dalam SNI tersebut, serta mempertimbangkan kondisi tanah di lokasi struktur bangunan direncanakan. Pendekatan ini memastikan perencanaan struktur yang tahan gempa sesuai karakteristik gempa dan tanah setempat

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk komponen struktur harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainya sama atau melebihi dari beban terfaktor yang diatur menurut SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019

Simpangan

Bagi struktur yang didesain untuk kategori desain seismik C, D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horizontal Tipe 1a atau 1b, simpangan antar tingkat desain, Δ, harus dihitung sebagai selisih terbesar dari simpangan titik-titik yang segaris secara vertikal di sepanjang salah satu bagian tepi strukur, di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau.

Sistem Ganda

Berdasarkan (SNI 1726:2019) pasal 7.2.5.1 hal. 53 sistem ganda adalah kombinasi sistem rangka pemikul momen dengan dinding striktural yang memiliki syarat kapasitas beban rangka pemikul momen harus sekurang-kurangnya menahan 25 % gaya seismik desain. Sedangkan menurut (SNI 1726:2019) pasal 7.2.5.8 hal 56 kuat geser dinding structural dari sistem dinding interaktif dinding geser-rangka harus sekurang-kurangnya 75% dari geser tingkat desain pada tiap tingkat.

Dinding Struktural

Dinding geser (diafragma vertical) adalah suatu dinding (penumpu atau nonpenumpu) yang didesain untuk memikul gaya lateral yang bekerja sejajar bidang dinding tersebut. (SNI 1726, 2019).

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 11.3 dijelaskan mengenai ketebalan dinding minimum

berdasarkan tabel dibawah ini, sementara untuk dinding yang lebih tipis dari syarat tersebut diizinkan apabila hasil analisis struktur menunjukkan kekuatan dan stabilitas yang mencukupi.

Tabel 1. Tebal minimum Dinding

Tipe dinding	Ketebalan minimum *h*		
Tumpu[1]	Terbesar dari	100 mm	(a)
		1/25 nilai terkecil dari panjang dan tinggi tidak tertumpu	(b)
Bukan tumpu	Terbesar dari	100 mm	(c)
		1/30 nilai terkecil dari panjang dan tinggi tidak tertumpu	(d)
Basemen dan fondasi eksterior [1]	190 mm		(e)

Sumber : SNI 2847-2019 tabel 11.3.1.1 halaman 226

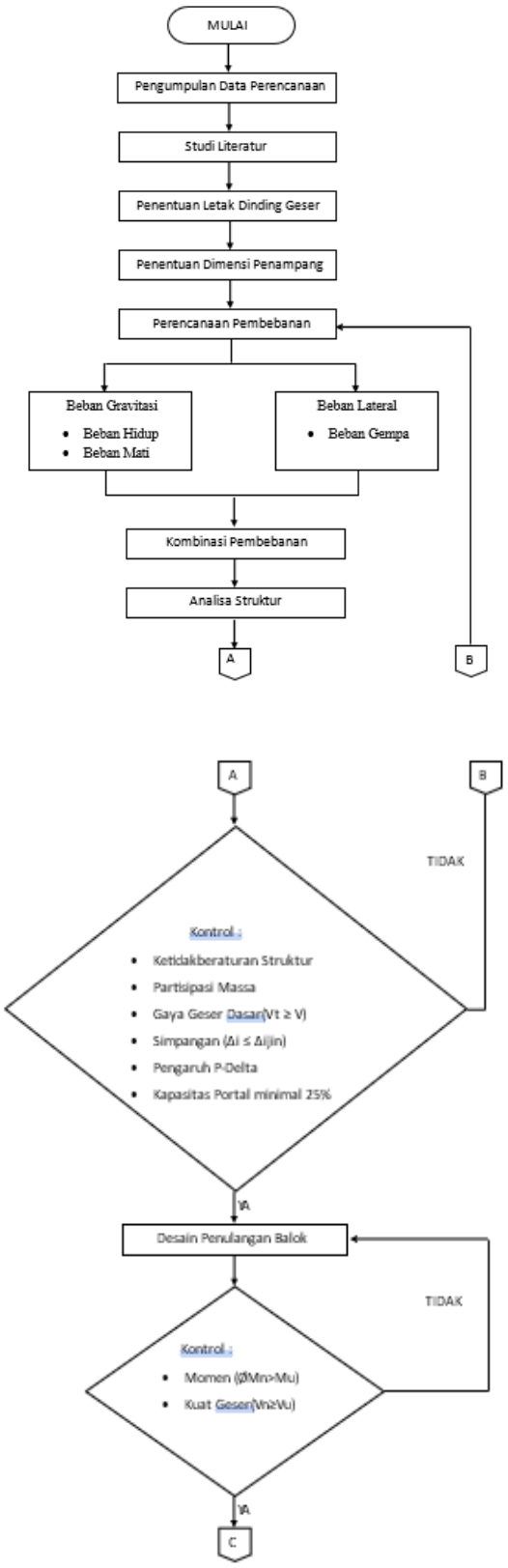
3. METODOLOGI

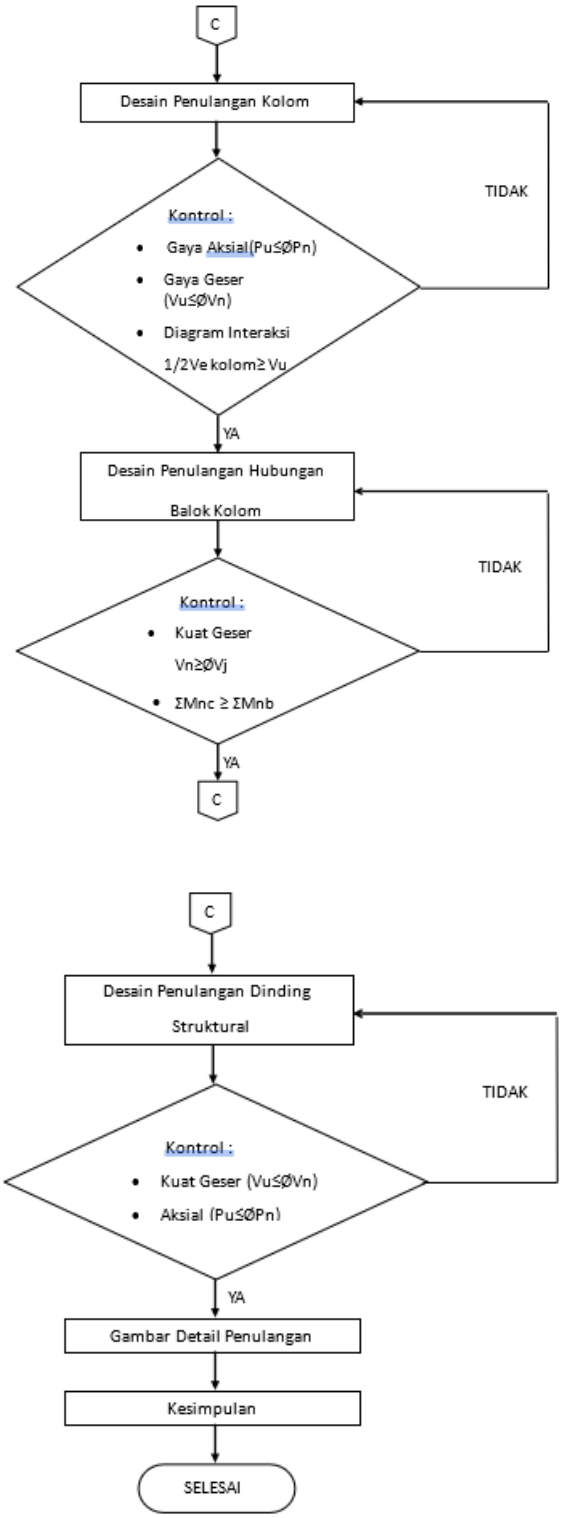


Data Perencanaan

1.	Nama Gedung	:	Gedung Fakultas Ilmu Komputer Brawijaya
2.	Lokasi	:	Jl. Veteran Malang
3.	Fungsi Gedung	:	Gedung Kuliah
4.	Struktur Utama	:	Baja
5.	Sistem Struktur	:	Sistem Ganda (Dual System)
6.	Jumla Lantai	:	7 Lantai + Atap
7.	Panjang Bangunan	:	44,82 m
8.	Lebar Bangunan	:	28.8 m
9.	Tinggi Bangunan	:	31,5 m
10.	Atap	:	Dag Beton

Bagan Alir





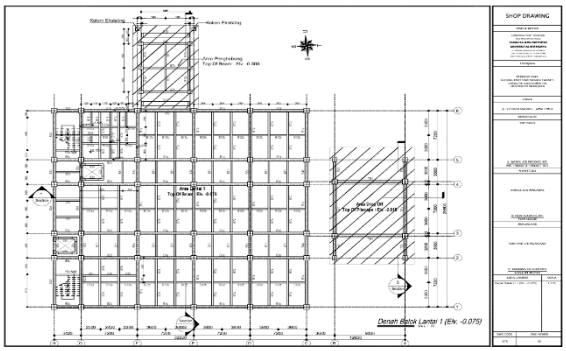
Gambar 5. Bagan Alir

4. PEMBAHASAN

Data Perencanaan

Nama Gedung :Gedung Fakultas Ilmu Komputer Brawijaya (Filkom)

Lokasi : Jl.Veteran
Fungsi Gedung : Gedung Kuliah
Jumlah Lantai : 7 Lantai + atap
Panjang Bangunan : 44,82 m
Lebar Bangunan : 28.8 m
Tinggi Bangunan : 31.5 m



Gambar 6. Denah Balok dan Kolom Lt.1

Adapun tinggi perlantai Gedung Fakultas Ilmu Komputer Brawijaya Malang ini adalah :

- Basement = 0 m
- Lt 1 = 3,5 m
- Lt 2 = 4 m
- Lt 3 = 4.m
- Lt 4 = 4 m
- Lt 5 = 4 m
- Lt 6 = 4 m
- Lt 7 = 4 m
- Atap = 4 m

Data Material

1. Struktur gedung : Beton Bertulang
2. Mutu Beton (fc’ : 30 Mpa
3. Mutu Baja Tul.longitudinal BJTS 420 A
   Tegangan Leleh (fy) : 420 Mpa
   Tegangan Tarik (fu) : 525 Mpa
4. Mutu Baja Tul. Sengkang BJTP 280
   Tegangan Leleh (fy) : 280 Mpa
   Tegangan Tarik (fu) : 350 Mpa
5. Modulus Elastisitas baja : 200.000 Mpa
6. Modulus Elastisitas beton : $4700\sqrt{(fc')}$
   : 25743 Mpa

Perencanaan Dimensi Penampang

SNI 2847-2019 pasal 18.6.2.1 mengatur bahwa lebar penampang (bw), harus sekurangnya nilai terkecil dari 0,3h dan 250 mm.

Dimensi Balok

Tabel 2 Rekapitulasi Dimensi Balok

BALOK INDUK			
TIPE BALOK		b(mm)	h(mm)
B1		400	600
B2		250	300
B3		250	350
BALOK ANAK			
TIPE BALOK		b(mm)	h(mm)
B1		350	600
B2		250	300
B3		200	300

Dimensi Kolom

SNI 2847:2019 pasal 18.7.2.1 ukuran penampang terkecil tidak boleh kurang dari 300 dan rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang daro 0,4. Menetukan dimensi kolom :

Diperoleh :

Tabel 3 Dimensi kolom

Lantai	Kolom	Tinggi (m)	Dimensi penampang	
			b (mm)	h(mm)
1	K1	3,5	950	950
2	K1	4	950	950
3	K1	4	950	950
4	K1	4	950	950
5	K1	4	950	950
6	K1	4	950	950
7	K1	4	950	950
8	K1	4	950	950

Lantai	Kolom	Tinggi (m)	Dimensi penampang	
			b (mm)	h(mm)
1	K2	3,5	800	800
2	K2	4	800	800

Dimensi Plat

SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.2 halaman 134 untuk plat non prategang dengan balok membentang diantara tumpuan di semua sisi, ketebalan plat lantai harus memenuhi table 8.3.1.1 hal 134 dan table 8.3.1.2 hal 135. Diperoleh tebal plat lantai 100 mm

Dimensi Dinding Geser

Ketentuan desain segmen vertikal dinding tergantung pada aspek rasio segmen dinding pada bidang dinding (hw/ℓw), dan aspek rasio dari penampang horizontal (ℓw/bw**)**

Diperoleh

Tabel 4 dimensi Shearwall

Lantai	Pier	Tinggi (m)	Dimensi penampang	
			b (mm)	h(mm)
1	1,2,3 dan 4	3,5	450	3600
2	1,2,3 dan 4	4	450	3600
3	1,2,3 dan 4	4	450	3600
4	1,2,3 dan 4	4	450	3600
5	1,2,3 dan 4	4	450	3600
6	1,2,3 dan 4	4	450	3600
7	1,2,3 dan 4	4	450	3600
8	1,2,3 dan 4	4	450	3600

Perhitungan Pembebabanan

Dalam perhitungan pembebanan struktur terdiri dari beberapa jenis pembebanan, yaitu :

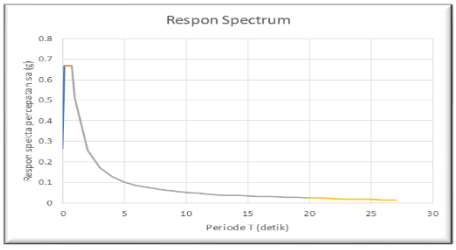
1. Beban Mati
   - Berat sendiri struktur
   - Beban mati tambahan pada plat lantai
   - Beban mati tambahan pada plat atap
   - Beban mati tambahan pada balok
2. Beban Hidup
   Beban hidup yang digunakan pada perencanaan mengacu pada SNI 1727 : 2020
3. Beban Gempa
   Perhitungan beban gempa yang dihitung mengacu pada SNI 1726 : 2019.

Tabel 5 parameter gempa

Kategori resiko	IV
Faktor keutamaan gempa (Ie)	1.5
Kelas situs tanah	SD
Parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (Ss) g	0.8693
Parameter percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S1) g	0.4060
Parameter peta transisi periode panjang (TL) detik	20
Faktor amplikasi periode pendek (Fa)	1.15
Faktor amplikasi periode 1 detik (Fv)	1.89
Percepatan pada periode pendek (Sms) g	1.002
Percepatan pada periode 1 detik (Sm1) g	0.769
Percepatan desain pada periode pendek (Sds) g	0.668
Percepatan desain pada periode 1 detik (Sd1) g	0.513
Kategori Desain Seismik (KDS)	D

Respon Spectrum

Perhitungan respon spectrum rencana dilakukan dengan menggunakan program bantu excel, dan diperoleh grafik sebagai berikut :



T	Sa
0	0.267
0.154	0.668
0.768	0.668
1	0.513
2	0.256
3	0.171
4	0.128
5	0.103
6	0.085
7	0.073
8	0.064
9	0.057
10	0.051
11	0.047
12	0.043
13	0.039
14	0.037
15	0.034
16	0.032
17	0.03
18	0.028
19	0.027
20	0.026
21	0.023
22	0.021
23	0.019
24	0.018
25	0.016
26	0.015
27	0.014

Berat Seismik Efektif Struktur (W)

Tabel 6 Berat Seismik Efektif Struktur

NO	STORY	HIGH (m)	W(KG)	W(KN)
1	BASE	0	221006.75	2168.076
2	LANTA 1	3.5	1085510.28	10648.856
3	LANTA 2	4	1072289.28	10519.158
4	LANTA 3	4	937331.72	9195.224
5	LANTA 4	4	936280.5	9184.912
6	LANTA 5	4	935229.29	9174.599
7	LANTA 6	4	935229.29	9174.599
8	LANTA 7	4	936280.5	9184.912
9	LANTA 8	4	727430.33	7136.092
TOTAL		31.5	7565581.19	74218.351

(Sumber : center of mass and ragidity ETABS 18)

Gaya Gempa Lateral Statis Ekuivalen

Tabel 7 beban gempa ststis ekuivalen arah x

NO	LANTAI	W	TINGGI	$wi \times hi^{kx}$	$wx \times hi^{xk}$	cvx	Fx	Fx (etabs)
		kN	m				kN	kN
1	Base	2168.08	0	0	0	0	0	
2	lt.1	10648.9	3.5	47614.1784	47614.178	0.021	196.1	196.025
3	lt.2	10519.2	7.5	116981.372	116981.37	0.053	481.8	481.607
4	lt.3	9195.22	11.5	170461.611	170461.61	0.077	702	701.783
5	lt.4	9184.91	15.5	243285.671	243285.67	0.109	1002	1001.597
6	lt.5	9174.60	19.5	319759.521	319759.52	0.144	1317	1316.437
7	lt.6	9174.60	23.5	399667.41	399667.41	0.18	1646	1645.415
8	lt.7	9184.91	27.5	482833.307	482833.31	0.217	1988	1987.805
9	lt.8	7136.09	31.5	441256.056	441256.06	0.199	1817	1816.633
				Σ 2221859.13			9150	9147

Tabel 8 beban gempa ststis ekuivalen arah y

NO	LANTAI	W	TINGGI	$wi \times hi^{kY}$	$wx \times hi^{yk}$	cvy	FY	Fx (etabs)
		kN	m				kN	kN
1	Base	2168.1	0	0	0	0	0	
2	lt.1	10648.9	3.5	47673.865	47673.865	0.021	195.3	195.241
3	lt.2	10519.2	7.5	117217.32	117217.32	0.053	480.2	480.045
4	lt.3	9195.2	11.5	170878.45	170878.45	0.077	700	699.806
5	lt.4	9184.9	15.5	243953.39	243953.39	0.109	999.4	999.074
6	lt.5	9174.6	19.5	320710.75	320710.75	0.144	1314	1313.422
7	lt.6	9174.6	23.5	400931.15	400931.15	0.18	1643	1641.952
8	lt.7	9184.9	27.5	484436.16	484436.16	0.217	1985	1983.934
9	lt.8	7136.1	31.5	442781.01	442781.01	0.199	1814	1813.3425
				Σ 2228582.1			9130	9127

Kombinasi Pembebanan

Sebagaimana yang telah di syaratkan pada SNI 1726 2019 pada pasal 7.4.2.2 hal 65 bahwa terdapat beban gempa secara vertical dan horizontal

1. Pengaruh beban gempa vertical (Ev)
   Ev = 0,2 Sds D
   = 0,2 x (0,6678) x D
   = 0,13356 D
2. Pengaruh beban gempa horizontal (Eh)
   Eh = ρQE (SNI 1726:2019 pasal 7.3.4.1 hal 66)
   = 1,3(1,0Qx±0,3Qy)atau1,3(1,0 Qy ± 0,3Qx)
   = 1,3 Qx ± 0,4 Qy atau 1,3 Qy ± 0,4 Qx
3. Beban Gempa
   E = Eh + Ev
   = 1,3Qx±0,4Qyatau1,3 Qy ± 0,4 Qx+0,13356D

Kontrol perilaku struktur

1. Kontrol Gaya Geser Dasar

Tabel 9 Base Reaction

ARAH	V DINAMIK	V STATIK
X	6428.3821	9147.3
Y	6404.3521	9126.8

Dari hasil diatas, maka syarat SNI 1726 2019 pasal 7.9.1.4 hal 78 yaitu v dinamik ≥ v statik tidak terpenuhi. Sehingga skala factor dinamis harus dikalikan dengan v/vt. Dimana v adalah gaya geser dasar metode statik ekuivalen dan vt adalah gaya geser ragam.

Tabel 9 Base Reaction

ARAH	V DINAMIK	V STATIK
X	9174.2288	9147.3
Y	9139.9345	9126.8

Setelah melakukan pengskalaan gaya maka syarat SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.4 hal 78, yaitu V dinamik ≥ Vstatik terpenuhi. Sehingga perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan analisis gempa dinamis

2. Kontrol Partisipasi Masa

Tabel 10 Partipasi masa

Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY
Modal	1	0.893	0.0329	6E-01	0.0329	0.62
Modal	2	0.891	0.616	3E-02	0.6489	0.65
Modal	3	0.673	1.1E-05	3E-03	0.649	0.65
Modal	4	0.195	0.0088	2E-01	0.6577	0.83
Modal	5	0.189	0.1878	1E-02	0.8456	0.84
Modal	6	0.143	0.009	2E-03	0.8546	0.85
Modal	7	0.084	0.0347	3E-02	0.8893	0.88
Modal	8	0.082	0.0333	4E-02	0.9226	0.92
Modal	9	0.063	0.0077	1E-03	0.9303	0.92
Modal	10	0.051	0.025	3E-03	0.9553	0.93
Modal	11	0.048	0.0036	3E-02	0.9589	0.96
Modal	12	0.038	0.0061	7E-04	0.965	0.96
Modal	13	0.036	0.0123	8E-04	0.9773	0.96
Modal	14	0.033	0.0012	2E-02	0.9785	0.98
Modal	15	0.029	0.0107	6E-04	0.9892	0.98
Modal	16	0.027	0.0013	0E+00	0.9906	0.98
Modal	17	0.027	0.0001	4E-06	0.9906	0.98
Modal	18	0.027	0.0005	9E-07	0.9911	0.98
Modal	19	0.027	2.7E-06	3E-06	0.9911	0.98
Modal	20	0.027	4.3E-05	1E-05	0.9911	0.98
Modal	21	0.026	0.0007	1E-02	0.9918	0.99
Modal	22	0.026	1.5E-05	1E-04	0.9919	0.99
Modal	23	0.025	0.0014	1E-03	0.9933	0.99
Modal	24	0.024	0.0045	1E-04	0.9977	0.99
Modal	25	0.024	0.0001	1E-04	0.9978	0.99
Modal	26	0.023	1.4E-05	5E-04	0.9978	0.99
Modal	27	0.022	0.0015	2E-03	0.9993	0.99
Modal	28	0.022	0.0005	2E-03	0.9999	0.997
Modal	29	0.021	3.9E-05	1E-03	0.9999	0.998
Modal	30	0.021	2.1E-05	4E-05	0.9999	0.998
Modal	31	0.02	2.4E-06	5E-04	0.9999	0.999
Modal	32	0.02	2E-05	9E-04	0.9999	0.9998
Modal	33	0.019	7.6E-06	2E-05	1	0.9998
Modal	34	0.018	3.6E-06	2E-05	1	0.9998
Modal	35	0.018	3.8E-05	2E-04	1	1.00

(Sumber : output ETABS 2018 Display - Show Tables - Analysis - Result Modal Result - Modal Participating Mass Ratios)

Dari table diatas, dapat disimpulkan bahwa partisipasi masa telah terpenuhi pada modal 8 sebesar 90 % dan100% pada modal 35 sesuai yang tercantum pada SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.1

3. Kontrol Simpangan Struktur

Kontrol simpangan antar lantai diatur dalam SNI 1726-2019 pasal 7.8.6 hal 75 sedangkan besar batasan simpangan antar lantai tercantum pada SNI 1726-2019 pasal 7.12.1 dan 7.12.2 hal 88.

Tabel 11perhitungan kontrol simpangan arah x

Story	Hsx (mm)	δe (mm)	Δ (mm)	Δi (mm)	Δijin (mm)	Story
lt 8	4000	52.138	191.173	29.964	40	OK
lt 7	4000	43.966	161.209	31.207	40	OK
lt 6	4000	35.455	130.002	31.016	40	OK
lt 5	4000	26.996	98.9853	29.634	40	OK
lt 4	4000	18.914	69.3513	26.613	40	OK
lt 3	4000	11.656	42.7387	21.996	40	OK
lt 2	4000	5.657	20.7423	15.246	40	OK
lt 1	3500	1.499	5.49633	5.4963	35	OK
BASE	0	0	0	0	0	OK

(Sumber: perhitungan dengan bantuan software exel)

Tabel 12 perhitungan kontrol simpangan arah y

Story	Hsx (mm)	δe (mm)	Δ (mm)	Δi (mm)	Δijin (mm)	Story
lt 8	4000	51.941	190.45	29.392	40	OK
lt 7	4000	43.925	161.058	30.206	40	OK
lt 6	4000	35.687	130.852	30.525	40	OK
lt 5	4000	27.362	100.327	29.707	40	OK
lt 4	4000	19.26	70.62	27.221	40	OK
lt 3	4000	11.836	43.3987	22.557	40	OK
lt 2	4000	5.684	20.8413	15.393	40	OK
lt 1	3500	1.486	5.44867	5.4487	35	OK
BASE	0	0	0	0	0	OK

(Sumber: perhitungan dengan bantuan software exel)

4. Syarat system Ganda

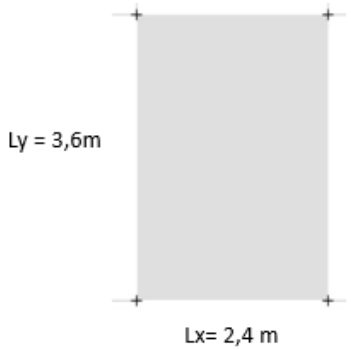
Berdasarkan (SNI 1726:2019) pasal 7.2.5.1 hal. 53 sistem ganda adalah kombinasi system rangka pemikul momen dengan dinding striktural yang memiliki syarat kapasitas beban rangka pemikul momen harus sekurang-kurangnya menahan 25 % gaya seismik desain. Sedangkan menurut (SNI 1726:2019) pasal 7.2.5.8 hal 56 kuat geser dinding structural dari sistem dinding interaktif dinding geser-rangka harus sekurang-kurangnya 75% dari geser tingkat desain pada tiap tingkat.

Dari perhitungan syarat system ganda di peroleh sebagai berikut

	Prosentase %	
	SW	RANGKA
FX	75%	25%
FY	75%	25%

Penulangan Struktur

Penulangan Plat



gambar 4. 1 plat lantai yang ditinjau (F 103 LT 6)

Data perencanaan:

- Panjang plat arah x : 2400 mm
- Panjang plat arah y : 3600 mm
- Tebal plat : 100 mm

- Selimut beton : 20 mm
- Kuat leleh tul. Ulir : 420 Mpa
- Kuat leleh tul.polos : 280 Mpa
- Beton normal : 1
- Mutu beton : 30 Mpa
- Modulus elastisitas beton : 25743 Mpa
- Modulus elasrisitas baja : 200000 Mpa

Output momen
Output momen pada plat di dapatkan dari hasil analisis menggunaka program bantu ETABS 2018

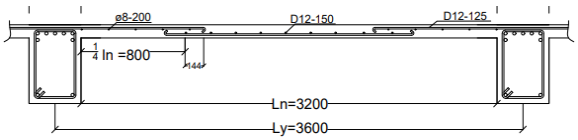
Tabel 13 output momen pada plat lantai

No	Momen	Story	combo	M11 (kNm)	M22 (kNm)
1	Mtx	lantai 2	1,2D + 1,6L.	-16.169	
2	Mlx	lantai 2	1,2D + 1,6L.	16.329	
3	Mty	lantai 2	1,2D + 1,6L.		-22.094
4	Mly	lantai 2	1,2D + 1,6L.		14.319

Desain penulangan
Desain penulangan pada plat lantai di hitung dengan bantuan microsoft excel dan di peroleh kebutuhan penulangan yang di pakai sebagai berikut

Tabel 14 penulangan plat lantai

No	Posisi	Tul. Utama			Tul. Bagi	
		Jarak	D	ϕ	Jarak	ϕ
1	Tumpuan x	180	12	-	200	8
2	Lapangan x	180	12	-	-	-
3	Tumpuan y	125	12	-	200	8
4	Lapangan y	150	12	-	-	-



Gambar penulangan plat arah y

Penulangan Balok (B31) Lt.6

Data perencanaan:
- Mutu beton : 30 Mpa
- Modulus elastisitas beton : 25743 Mpa
- Modulus elasrisitas baja : 200000 Mpa
- Mutu tul.longitudunal BJTS 420 B
  Fy = 420 Mpa
  Fy = 525 Mpa
- Mutu tul.sengkang BJTS 420 B
  Fy = 420 Mpa
  Fy = 525 Mpa
- Dimensi balok
  h = 600 mm
  b = 400 mm
- Selimut beton : 40 mm
- Diameter tul.pokok : 25 mm
- Diameter tul.sengkang : 13 mm

Output momen :
Output momen diperoleh dari output ETABS 2018

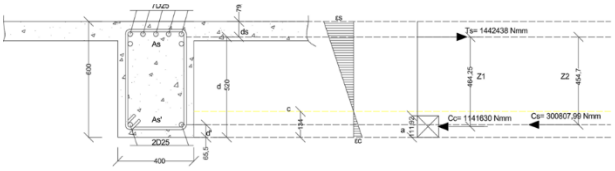
Tabel 15 Momen pada balok

No	Momen	story	Kombinasi	M33 (KNm)		M(+)>0,5 X M(-)
				positif	Negatif	
1	M. Tumpuan Kiri	Lantai 6	Envelope	168.851	-448.18	224.09005
2	M. Tumpuan Kanan	Lantai 6	Envelope	157.147	-355.847	177.9235
3	M. Lapangan	Lantai 6	Envelope	133.997	-112.871	133.997

Menurut SNI 2847 2019 Pasal 18.6.3.2 Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif pada muka joint tersebut.

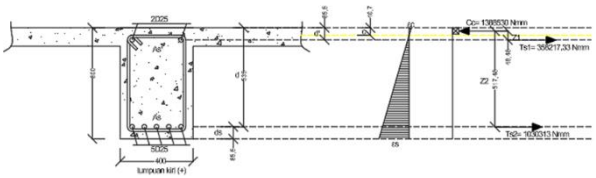
Desain penulangan longitudinal balok

Kontrol momen negatif (-) tumpuan kiri
Kontrol kapasitas Momen
Mr > Mu
600106982.6 > 448180100 (memenuhi)



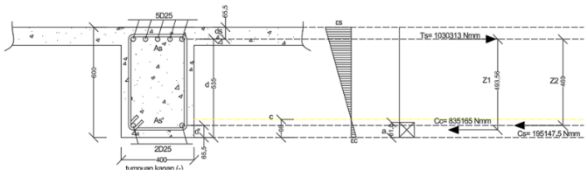
Gambar diagram tegangan dan regangan momen negatif tump.kiri

Kontrol momen positif (+) tumpuan kiri
Kontrol kapasitas Momen
Mr > Mu
495483867.4 > 224090050 (memenuhi)



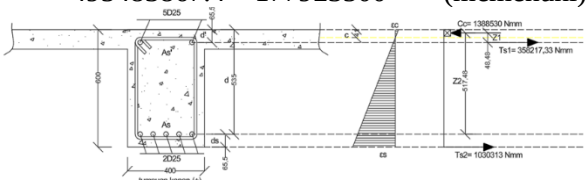
gambar diagram tegangan dan regangan momen posi tump.kanan

Kontrol momen negatif (-) tumpuan kanan
Kontrol kapasitas Momen
Mr > Mu
453355797.9 > 355847000 (memenuhi)



gambar diagram tegangan dan regangan momen negatif tump.kanan

Kontrol momen positif (+) tumpuan kanan
Kontrol kapasitas Momen
Mr > Mu
495483867.4 > 177923500 (memenuhi)



gambar diagram tegangan dan regangan momen positif tump.kanan

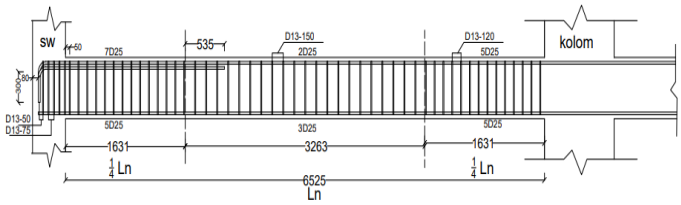
Desain penulangan transversal balok
- Daerah sendi plastis 2D13-120 mm
- Daerah luar sendi plastis 2D13 -150 mm

Desain penulangan torsi pada balok

SNI 2847 2019 pasal 22.7.1.1 dijelaskan bahwa pasal ini harus di terapkan pada komponen struktur jka Tu ≥ ϕTth. Jika Tu < ϕTth maka di perbolehkan untuk mengabaikan pengaruh torsi.

Kontrol pengaruh torsi pada penampang balok
Tu = 1351300 < ϕTth = 14007945.81
(Penulangan torsi tidak diperlukan)

Detail penulangan pada balok



Gambar pendetailan penulangan pada balok

Penulangan pada kolom

Data perencanaan
- Mutu beton : 30 Mpa
- Nilai β1 : 0,84
- Modulus elastisitas beton : 25743 Mpa
- Moduus elastisitas baja : 200000 Mpa
- mutu Tulangan longitudinal BJTS 420 B
  fy = 420 Mpa
  fu = 525 Mpa
- mutu Tulangan Transversal BJTS 420 B
  fy = 420 Mpa
  fu = 525 Mpa
- dimensi kolom
  h = 950 mm
  b = 959 mm
- selimut beton : 40 mm
- diameter tilangan
  tul. Pokok = 19 mm
  tul. Sengkang = 13 mm

output momen pada kolom

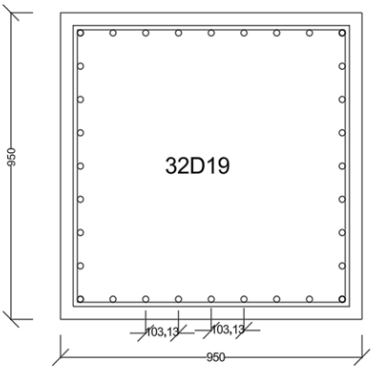
Tabel output momen pada kolom

No	Kombinasi	Gaya Dalam		
		Pu (KN)	M2(KN)	M3(KN)
1	Combo 1	4423.4232	10.6194	15.4095
2	Combo 2	5732.0405	13.449	24.4051
3	Combo 3	5540.2816	198.615	510.628
4	Combo 4	5540.2816	198.615	510.628
5	Combo 5	5540.2816	198.615	510.628
6	Combo 6	5540.2816	198.615	510.628
7	Combo 7	5459.7738	535.527	179.644
8	Combo 8	5459.7738	535.527	179.644
9	Combo 9	5459.7738	535.527	179.644
10	Combo 10	5459.7738	535.527	179.644
11	Combo 11	2558.0781	191.651	502.475
12	Combo 12	2558.0781	191.651	502.475
13	Combo 13	2558.0781	191.651	502.475
14	Combo 14	2558.0781	191.651	502.475
15	Combo 15	2477.5703	528.563	171.49
16	Combo 16	2477.5703	528.563	171.49
17	Combo 17	2477.5703	528.563	171.49
18	Combo 18	2388.1953	516.882	171.49

Sumber output ETABS 2018

Desain penulangan Kolom longitudinal

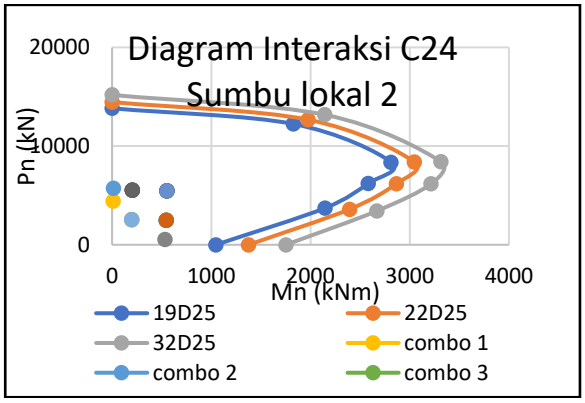
Formasi tulanagn rencana



Gambar penampang kolom 950 x950

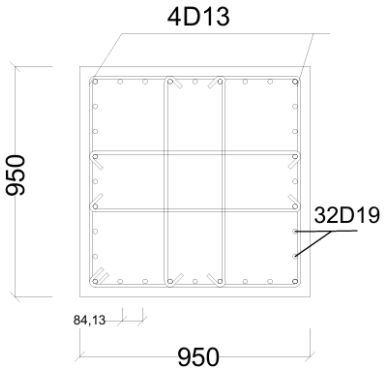
Table 16 diagram interkasi dengan formasi tulangan 32D19

NO	Kondisi	32D19	
		ϕPn (Kn)	ϕMn (Kn)
1	Sentris	13827.42516	0
2	Patah Desak	12240.35184	1827.530654
3	Balance	8359.942066	2811.966303
4	Balance (1,25 fy)	6216.313632	2580.905396
5	Patah tarik	3724.593899	2147.437988
6	Lentur Murni	0	1045.431546



Gambar diagram interaksi kolom (C24)

Desain penulangan Kolom transversal



- tul. geser pada sendi plastis 4D 13 -80 mm
- tul. geser pada luar sendi plastis 4D 13 -150 mm

Desain Torsi Pada kolom

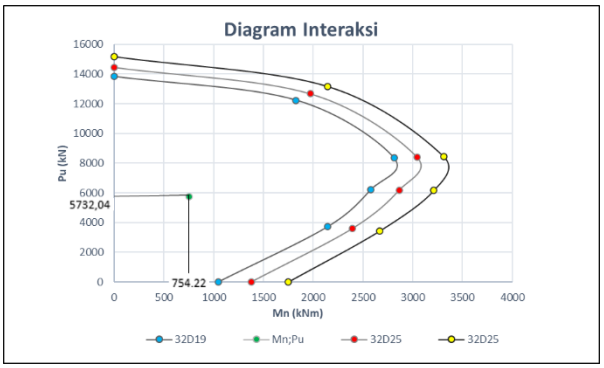
Berdasarkan (SNI 2847 2019 Pasal 22.7.1.1 halaman 509 dijelaskan bahwa pasal ini harus di terpakan pada komponen struktur jika Tu ≥ ϕTth. Dan jika Tu < ϕTth maka diperbolehkan untuk mengabaikan pengaruh torsi. Momen torsi yang tidak melampaui ambang batas torsi (Tth) tidak akan menagakibatkan penurunan kapasitas lentur maupun gaya geser yang signifikan sehingga dapat diabaikan.

Kontrol pengaruh torsi pada penampang kolom

Tu = 55722300 < ϕTth = 97374419.83
Dari perhitungan diatas di peroleh Tu = 55722300 < ϕTth = 97374419.83 maka tulangan torsi diabaikan.

Persyaratan Desain Kapasitas SCWB

Kontrol persyaratan
ΣMnc ≥ 1.2 Σ Mnb
754221606 ≥ 730393900 memenuhi
Dari perhitungan diatas diperoleh SCWB terpenuhi.



Gambar diagram interaksi SCWB

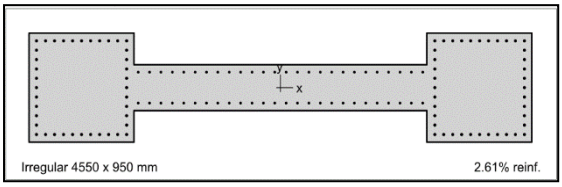
Desain Hubungan Balok Kolom (HBK)

- Pengemgkang vertical = 32D10
- Pengengkang horizontal = 3D13-80 (9lapis)

Desain shearwall pier 2

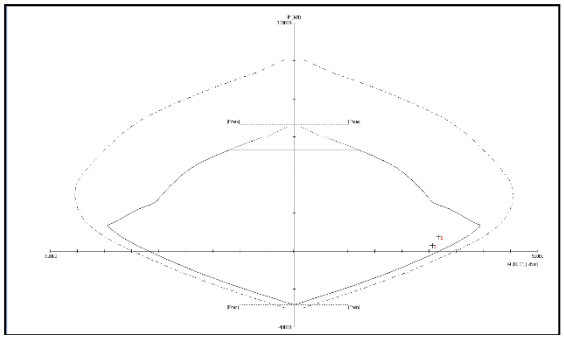
Desain penulangan longitudinal

Penulangan longitudinal shearwall dihitung dengan menggunakan program bantu spColumn diperoleh tulangan sebagai berikut :



Gambar formasi tulangan pada shearwall

Kontrol rasio tulangan :
ρl > ρmin
0,0261 > 0,0025



Gambar diagram interaksi tulangan longitudinal pier 2
(sumber : spColumn)

Tabel 17 Kapasitas kekuatan Shearwall

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities

Pu	Mux	Muy	ϕMnx	ϕMny	ϕMn/Mu	NA Depth	dt Depth	ct	ϕ
kN	kNm	kNm	kNm	kNm		mm	mm		
127.00	469.00	1485.00	7020.84	22230.18	14.970	510	1364	0.00523	0.900
7606.00	1057.00	53510.00	1259.70	63771.46	1.192	1215	4216	0.00741	0.900
3021.00	971.00	51147.00	1101.91	58042.74	1.135	1030	4475	0.01004	0.900

Adapun kesimpulan dari hasil perhitungan penulangan longitudinal yang di bantu menggunakan program bantu spColumn diperoleh sebagai berikut

- Jumlah tul.lapis = 2 lapis
- Jumlah tulangan total = 132 buah
  Pada web 52D25-53 mm
  Pada elemen batas 80D28-78 mm

Desain penulangan transversal

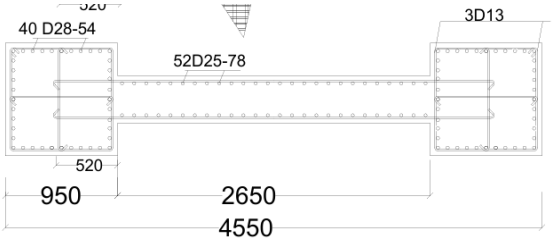
Penulangan transversal web shearwall diperoleh 2D13- 50 mm dengan Panjang penyaluran 600 mm.

Desain elemen batas
Berdasarkan (SNI 2847 2019) Pasal 18.10.6.2a halaman 406 dijelaskan bahwa syarat elemen batas (boumdary element), dinding dengan hw/lw >2 daerah tekan harus di tulangi dengan elemen batas khusus dimana:

Di peroleh elemem batas dengan dimensi 950 x 950 mm .
Penulangan transversal elemen batas

Persayratan jarak maksimum spasi vertikal tulangan transversal elemen batas khusus (SNI 2847 2019 Pasal 18.10.6.5) :

- Daerah penampang kritis nilai terkecil dari lw dan Mu/4Vu
  = 6 x db = 168 mm
  = 150 mm
  diambil yang terkecil = 150 mm
- Daerah luar penampang kritis
- $= 8\ x\ db = 224\ mm$
- $= 200\ mm$
  diambil yang terkecil = 200 mm



5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan struktur gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya dengan menggunakan system struktur sysrem ganda (SRPMK dan Shearwall) diperoleh Kesimpulan sebagai berikut:

1. Penulangan pada plat lantai diperoleh sebagai berikut

No	Posisi	Tul. Utama			Tul. Bagi	
		Jarak	D	ϕ	Jarak	ϕ
1	Tumpuan x	180	12	-	200	8
2	Lapangan x	180	12	-	-	-
3	Tumpuan y	125	12	-	200	8
4	Lapangan y	150	12	-	-	-

2. Balok yang ditinjau ialah Balok B31 lantai 6 dengan dimensi 400/600 mm didapatkan:
   Tulangan longitudinal
   Tumpuan kiri (atas)
   - Tarik = 7D25
   - Tekan = 2D25

   Tumpuan kiri (bawah)
   - Tarik = 5D25
   - Tekan = 2D25

   Lapangan (atas)
   - Tarik = 2D25
   - Tekan = 2D25

   Lapangan (bawah)
   - Tarik = 4D25
   - Tekan = 3D25

   Tumpuan kanan (atas)
   - Tarik = 5D25
   - Tekan = 2D25

   Tumpuan kanan (bawah)
   - Tarik = 5D25
   - Tekan = 2D25

   Tulangan transversal
   - Daerah sendi plastis = 2 D 13-120 mm

- Daerah luar sendi plastis = 2 D 13- 150 mm

3. Elemen kolom yang ditinjau ialah kolom C24 LT1 dengan dimensi 950 x 959 mm diperoleh Tulangan longitudinal 32D19

   Tulangan transversal

   Daerah sendi plastis = 4 D 13-80 mm
   Daerah luar sendi plastis = 4 D 13- 150 mm
   Hasil perencnaan kapasitas "Strong Column Weak Beam" telah memenuhi dengan nilai sebesar Σ Mnc ≥ 1.2 Σ Mnb, 754,221 KNm ≥ 730,393 KNm.

4. Pada hubungan balok kolom diperoleh :

- Tulangan geser vertikal tidak diperlukan karena tulangan longitudinal sudah mampu menahan 32D19
- Sengkang horizontal 3D13-80 (9 lapis)
5. Elemen shearwall yang ditinjau adalah pier 2 dengan dimensi 4550 x 950 mm
- Dibutuhkan elemen batas khusus dengan dimensi 950 x950 mm dari serat tekan terluar
- Tulangan transversal pada web shearwall, 2D13-50 mm.
- Tulangan transversal pada elemen batas khusus penampang kritis 3D13 -150 mm, dan pada luar penampang kritits 3D13-200 mm.
- Tulangan longitudinal yang terpasang pada elemen batas khusus 40 D28-54 mm dan pada web shearwall 52D25 -78 mm

Saran

1. Perencanan struktur dapat dianalisis berbagai program bantu, namun dalam hal ini perencanaan tetap perlu memperhatikan peraturan yang berlaku dan terbaru.
2. Melakukan studi komparasi mengenai variasi letak dan tata letak dinding geser yang lebih asimetris atau variatif untuk mengetahui konfigurasi yang paling optimal dalam mereduksi gaya puntir (torsi) pada gedung.
3. Dilakukan tinjauan khusus mengenai tingkat kepadatan tulangan pada daerah pertemuan balok-kolom guna memastikan kemudahan pelaksanaan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (1996a). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings Volume 1* (Vol. 1). Appliend Technology Council.

Anonim. (1996b). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings Volume 2* (Vol. 2). Appliend Technology Council.

Anonim. (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures FEMA 440.* Applied Technology Council (ATC-55 Project).

Anonim. (2019a). *ACI 318-19 Building Code Requirements for Structural Concrete.* American Concrete Institute. https://doi.org/10.14359/51716937

Anonim. (2019b). *SNI 1726 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.* Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. (2019c). *SNI 2847 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.* Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. (2020). *SNI 1727 Beban Minimum untuk Perancangan Gedung Dan Struktur lain.* Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.

Budiono, B. dkk. (2017). *Contoh Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktur Khusus di Jakarta.* Bandung, ITB Press.

Cahyo, P. dkk. (2021). *Studi Perencanaan Struktur Atas Gedung Apartemen Begawan Malang Menggunakan Sistem Ganda (Dual System). In* Student Journal GELAGAR (Vol. 3, Nomor 1).

Irawan, J. dkk. (2020). *Alternatif Perencanaan Struktur Atas Gedung Apartemen Begawan Malang Menggunakan SRPM Dan Dinding Geser. In* Student Journal GELAGAR (Vol. 2, Nomor 2).

Iswandi, I. (2014). *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang.* Bandung, ITB Press.

Nasution Amrinsyah. (2009). *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang.* Bandung, ITB Press.

Sutopo, N. C. dkk. (2022). *Modifikasi Desain Struktur Gedung Apartemen Skyhouse + Alam Sutera (Tower Acacia) Serpong dengan Metode Beton Pracetak Menurut SNI 2847:2019.* Jurnal Teknik ITS, 11(2).