BAB V

ANALISIS

Bab ini berisi tentang perhitungan dengan menggunakan rumus matematika yang menjadi jawaban atas permasalahan penelitian dan hasil perhitungannya disajikan dalam bentuk tabel. Analisis ini terdiri dari data analisis, perhitungan pembebanan struktur, kontrol terhadap waktu getar alami struktur, gaya-gaya dalam balok penghubung, dan gaya-gaya dalam dinding geser yang akan diuraikan sebagai berikut ini.

5.1 Data Analisis

Data analisis terdiri dari denah struktur, asumsi yang digunakan, ukuran dinding geser, dan parameter bahan.

5.1.1 Denah struktur

Struktur yang dipakai dalam analisis ini adalah struktur beton bertulang 10 lantai dengan denah pada Gambar 4.1, dan keterangan lainnya telah dibahas pada bab terdahulu.

5.1.2 Asumsi yang digunakan

Untuk mempermudah dalam melakukan analisis mekanika digunakan beberapa asumsi sebagai berikut ini.

Kolom = 60 x 60 cm^2.

Balok = 30 x 60 cm^2.

Balok dukungan = 100 x 200 cm^2.

Tebal dinding geser = 25 cm.

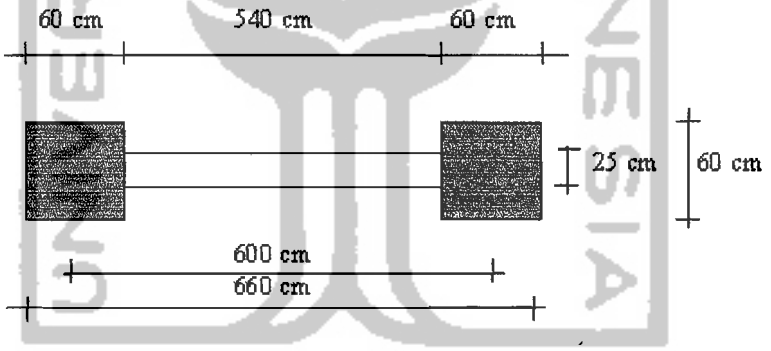
Tebal pelat atap = 10 cm.

Tebal pelat lantai = 12 cm.

Penghitungan beban mati dinding tembok dihitung penuh sepanjang portal.

5.1.3 Ukuran dinding geser

Dinding geser digunakan simetris dari dasar sampai puncak bangunan dan menyatu dengan portal.



Gambar 5.1 Dimensi dinding geser.

5.1.4 Parameter bahan

Parameter bahan yang digunakan yakni:

fy (kuat leleh baja karakteristik) = 400 MPa,

f'c (kuat leleh beton) = 30 MPa,

Es (modulus elastis baja) = 200.000 MPa,

Ec (modulus elastisitas beton) $= 4700.\sqrt{f'_c} = 25{,}700$ MPa.

5.2 Perhitungan Pembebanan Struktur

Beban mati pelat atap tiap m^2

pelat	$= 0{,}1$ m . 24 $kN.m^{-3}$	$= 2{,}40$ $kN.m^{-2}$
Plafon		$= 0{,}20$ $kN.m^{-2}$
		$w_{D\ atap} = 2{,}60$ $kN.m^{-2}$

Beban hidup pelat atap tiap m^2 $(w_{L\ atap}) = 1{,}00$ $kN.m^{-2}$

Beban mati pelat lantai tiap m^2

Pelat	$= 0{,}12$ m. 24 $kN.m^{-3}$	$= 2{,}88$ $kN.m^{-2}$
Plafon		$= 0{,}20$ $kN.m^{-2}$
Pasir	$= 0{,}02$ m.18 $kN.m^{-3}$	$= 0{,}36$ $kN.m^{-2}$
Spesi	$= 0{,}02$ m. 21 $kN.m^{-3}$	$= 0{,}42$ $kN.m^{-2}$
Tegel	$= 0{,}01$ m. 24 $kN.m^{-3}$	$= 0{,}24$ $kN.m^{-2}$
		$w_{D\ lantai} = 4{,}10$ $kN.m^{-2}$

Beban hidup pelat lantai tiap m^2 $(w_{L\ lantai}) = 2{,}50$ $kN.m^{-2}$

5.2.1 Beban gravitasi pada balok

1. Beban gravitasi pada balok atap.

A. Beban mati untuk tiap m^{-1} (untuk beban segitiga, $q_{eq} = 2/3.\ q$)

beban mati q_1

pelat	$= 2.\ 2/3.\ 3$ m. 2,6 $kN.m^{-2}$	$= 9{,}60$ $kN.m^{-1}$
balok	$= 0{,}3$ m. 0,6 m. 24 $kN.m^{-3}$	$= 4{,}32$ $kN.m^{-1}$
	q_1	$= 14{,}72$ $kN.m^{-1}$

beban mati ekivalen q_1 = 14,72 kN.m^{-1},

beban mati q_2

pelat = 2. 2/3. 1 m. 2,6 kN.m^{-2} = 3,20 kN.m^{-1}

balok = 0,3 m . 0,6 m. 24 kN.m^{-3} = 4,32 kN.m^{-1}

q_2 = 7,79 kN.m^{-1}

beban mati ekivalen q_2 = 7,79 kN.m^{-1}.

B. Beban hidup untuk tiap m^{-1} :

w hidup atap = 1,00 kN.m^{-2}

koefisien reduksi = 0,6

beban hidup ekivalen q_1 = 2. 2/3. 3 m. 1,0 kN.m^{-2} .0,6 = 2,40 kN.m^{-1}

beban hidup ekivalen q_2 = 2. 2/3. 1 m. 1,0 kN.m^{-2} 0,6 = 0,80 kN.m^{-1}.

2. Beban gravitasi pada balok lantai.

A. Beban mati untuk tiap m^{-1} (untuk beban segitiga, q_{eq} = 2/3. q)

beban mati q_3

pelat = 2. 2/3. 3 m. 4,10 kN.m^{-2} = 16,40 kN.m^{-1}

balok = 0,3 m. 0,6 m. 24 kN.m^{-3} = 4,32 kN.m^{-1}

q_3 = 20,72 kN.m^{-1}

beban mati ekivalen q_3 = 20,72 kN.m^{-1} ,

beban mati q_4

pelat = 2. 2/3. 1 m. 4,10 kN.m^{-2} = 5,48 kN.m^{-1}

balok = 0,3 m. 0,6 m. 24 kN.m^{-3} = 4,32 kN.m^{-1}

q_4 = 9,80 kN.m^{-1}

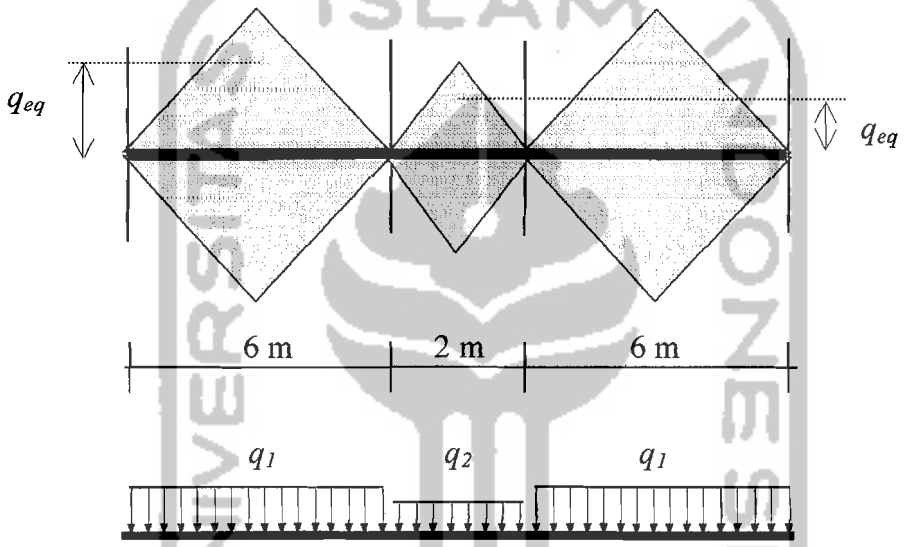
beban mati ekivalen q_4 = 9,80 kN.m^{-1}.

B. beban hidup untuk tiap m^{-1} :

- w hidup lantai = 2,50 $kN.m^{-2}$
- koefisien reduksi = 0,6

beban hidup ekivalen q_3 = 2. 2/3. 3 m. 2,50 $kN.m^{-2}$ .0,6 = 6,00 $kN.m^{-1}$

beban hidup ekivalen q_4 = 2. 2/3. 3 m. 2,50 $kN.m^{-2}$ .0,6 = 2,00 $kN.m^{-1}$.



Gambar 5.2 Perhitungan beban merata ekivalen.

5.2.2 Perhitungan beban gravitasi portal ekivalen

Pada portal ekivalen beban merata balok (Gambar 5.2) dijadikan beban titik pada kolom untuk tiap tingkat (dapat dilihat pada gambar 5.3).

$P_{1\ beban\ mati} = q_{1\ beban\ mati} \times L_1$

= 14,72 $kN.m^{-1}$ x 6 m

= 88,32 kN

$P_{1\ beban\ hidup} = q_{1\ beban\ hidup} \times L_1$

$= 2{,}35\ kN.m^{-1} \times 6\ m$

$= 14{,}1\ kN$

P_{aksial}

dinding geser = 2,07. 3,5 24. 2 = 173,88 kN

P_{aksial} = 173,88 kN

$P_{3\ beban\ mati} = q_{3\ beban\ mati} \times L_1 + P_{aksial}$

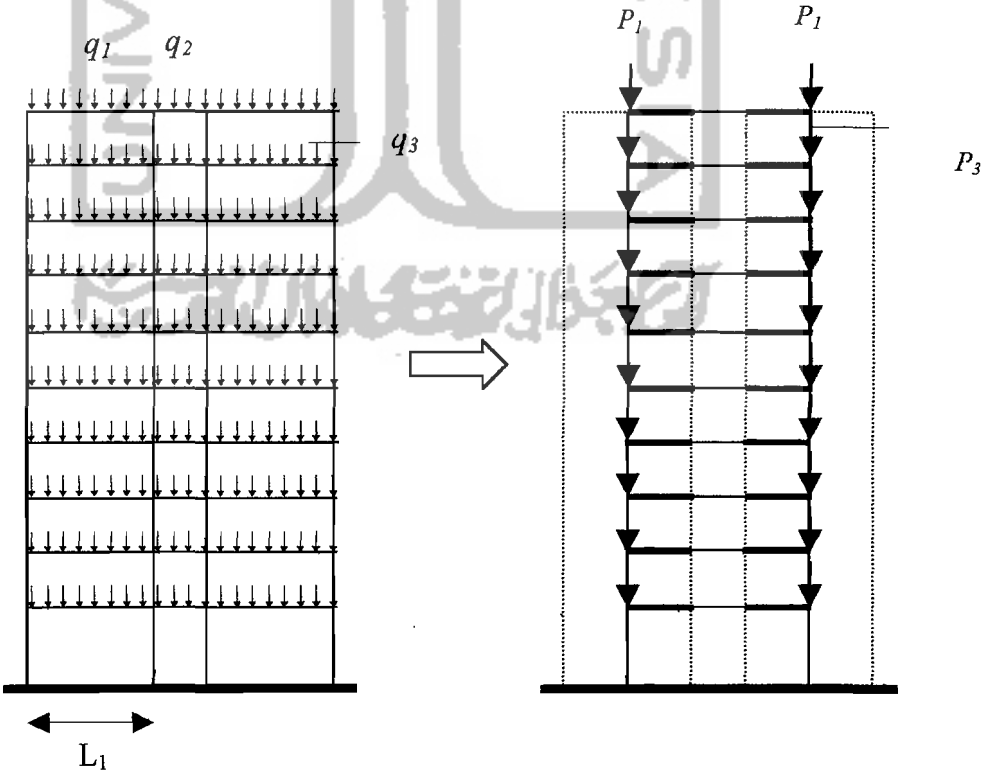
$= 20{,}72\ kN.m^{-1} \times 6\ m + 173{,}88\ kN$

$= 298{,}2\ kN$

$P_{3\ beban\ hidup} = q_{3\ beban\ hidup} \times L_1$

$= 6{,}00\ kN.m^{-1} \times 6\ m$

$= 36{,}00\ kN.$



Gambar 5.3 Dinding geser sebagai portal ekivalen dengan beban gravitasi.

5.2.3 Perhitungan gaya geser dasar horisontal total akibat gempa

A. Berat bangunan total (Wt).

a. Berat lantai 10 (atap).

beban mati :

pelat atap	= 0,10.(15,0x14,0).24	= 504,00 kN
balok	=(0,6–0.1). 0,3.(4.15+14 +2($^1/_2$.14)+2).24	= 324,00 kN
kolom	= 0,6. 0,6. 1,75 .(4) .24	= 60,48 kN
dinding geser	= 2,07. 1,75 24. 2	=173,88 kN
dinding	= 60,0. 1,75. 2,50	= 242,50 kN
plafon	= (15,0 .14,0). 0,2	= 42,00 kN
		$\sum W_{m10}$ = 1381,90 kN

beban hidup :

qh atap = 1,0 kN.m^{-2}

koefisien reduksi = 0,3

W_{h10} = 0,3. 14 m. 15 m. 1,0 kN.m^{-2} = 63,00 kN

berat total lantai 10 (W_{t10}) = W_{m10} + W_{h10}

= 1381,90 + 63,00

= 1444,90 kN.

b. Berat lantai 9 (W_9).

beban mati :

pelat lantai	= 0,12.(15,0.14,0).24	= 604,80 kN
pasir	= 0,02.(15,0.14,0).18	= 75,60 kN
spesi	= 0,02.(15,0.14,0).21	= 88,20 kN

tegel	= 0,01.(15,0.14,0).24	= 50,40 kN
balok	=(0,6–0.12).0,3.(4.15+14 +2($^1/_2$.14) + 2).24	= 311,04 kN
kolom	= 0,6 .0,6 .3,50 .(4) .24	=120,96 kN
dinding geser	= 2,07.3,5. 24. 2	= 347,76 kN
dinding	= 60 . 3,50 .2,50	= 525,00 kN
plafon	= (15,0 .14,0). 0,2	= 42,00 kN
		$\sum W_{m9}$ = 2028,80 kN

beban hidup :

qh atap = 2,50 kN.m^{-2}

koefisien reduksi = 0,3

W_{h9} = 0,3. 14,0 m. 15,0 m. 2,50 kN.m^{-2} = 157,50 kN

berat total lantai 9 (W_{t9}) = $W_{m9} + W_{h9}$

= 2028,80 + 157,50

= 2186,30 kN.

Berat total lantai 8,7,6,5,4, 3, 2, 1 sama dengan berat total lantai 9.

Berat total struktur (W_t)

$W_t = W_{10} + W_9 + W_8 + W_7 + W_6 + W_5 + W_4 + W_3 + W_2 + W_1$

= 1444,90 + 2186,30 (9)

= 21121,60 kN.

B. Koefisien gempa dasar (*C*).

Koefisien gempa dasar didapatkan dari plot waktu getar struktur (*T*) pada grafik koefisien gempa dasar zona 3 kondisi tanah lunak (PPTGIUG, 1981). Waktu getar struktur untuk perkiraan awal dihitung berdasarkan persamaan

(3.2) untuk struktur terjepit (T) dan persamaan (3.3) untuk struktur dengan dukungan jepit fleksibel ($\check{T}$) pada masing-masing kondisi Pengekangan sebagai berikut.

1) Dukungan jepit,

$$T = \frac{0{,}09.H_n}{\sqrt{B}} = \frac{0{,}09.36}{\sqrt{14}}$$

$$= 0{,}866 \text{ s},$$

dari grafik koefisien gempa dasar, dengan T = 0,866 s didapat C = 0,07.

2) Dukungan jepit fleksibel,

$$\hat{T} = T.\sqrt{\left(1 + \frac{k}{k_x}.\left(1 + \frac{k_x.\hat{h}^2}{k_\theta}\right)\right)}$$

$$k = \frac{4.\pi^2.\hat{W}}{g.T^2}$$

$$= \frac{4.\pi^2.1507162{,}3}{9{,}81.0{,}866^2}$$

$$= 8087512{,}548 \text{ kg.m}^{-1}$$

$$= 79338{,}5 \text{ kN.m}^{-1},$$

$$\hat{T} = 0{,}866.\sqrt{\left(1 + \frac{79338{,}5}{301247{,}41}.\left(1 + \frac{301247{,}41.25{,}2^2}{12980769{,}75}\right)\right)}$$

$$\check{T} = 1{,}03 \text{ s},$$

dari grafik koefisien gempa dasar, dengan T = 1,03 s didapat C = 0,069.

D. Faktor keutamaan gedung (I) dan faktor jenis struktur (K).

Untuk bangunan perkantoran yang menggunakan struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh, I = 1,0 dan K = 1,0.

E. Gaya geser horisontal total akibat gempa (V).

1) struktur dengan dukungan jepit

$V = C.\ I\ .\ K\ .Wt$

$= 0{,}07.\ 1{,}0.\ 1{,}0.\ 21121{,}8031$ kN

$= 1478{,}5262$ kN,

2) struktur dengan dukungan jepit fleksibel

$V = C.\ I\ .\ K\ .Wt$

$= 0{,}069.\ 1{,}0.\ 1{,}0.\ 21121{,}8031$ kN

$= 1457.404$ kN.

F. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung.

Rasio $H_t\ /\ L = 36\ /\ 14 = 2{,}6 < 3$, maka distribusi gaya geser horisontal akibat gempa dihitung berdasarkan rumus :

$$Fi = \frac{Wi.hi}{\sum Wi.hi}.V$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1.a Distribusi gaya geser horisontal struktur dengan dukungan jepit.

Lantai	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i.h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
10	1444.9	36.0	52015.540	184.853
9	2186.3	32.5	71055.560	252.518
8	2186.3	29.0	63403.430	225.324
7	2186.3	25.5	55751.290	198.130
6	2186.3	22.0	48099.150	170.935
5	2186.3	18.5	40447.010	143.741
4	2186.3	15.0	32794.880	116.547
3	2186.3	11.5	25142.740	89.352
2	2186.3	8.0	17490.600	62.158
1	2186.3	4.5	9838.463	34.964
Σ			416038.600	1478.526

Tabel 5.1.b Distribusi gaya geser horisontal struktur dengan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i.h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
10	1444.9	36.0	52015.540	182.213
9	2186.3	32.5	71055.560	248.911
8	2186.3	29.0	63403.430	222.105
7	2186.3	25.5	55751.290	195.299
6	2186.3	22.0	48099.150	168.493
5	2186.3	18.5	40447.010	141.687
4	2186.3	15.0	32794.880	114.882
3	2186.3	11.5	25142.740	88.076
2	2186.3	8.0	17490.600	61.270
1	2186.3	4.5	9838.463	34.464
Σ			416038.600	1457.404

5.3 Kontrol Terhadap Waktu Getar Alami Struktur

Simpangan relatif struktur (deformasi lateral total) akibat gempa didapat dari perhitungan pada program *SAP90*.

Waktu getar struktur yang sebenarnya dapat dihitung berdasarkan besar simpangan dengan rumus waktu *Reyleigh* (T_n) sebagai berikut ini,

$$T_n = 6{,}30.\sqrt{\frac{\sum W_i.d_i^2}{g.\sum F_i.d_i}}\text{, dimana } T_{awal} \approx T_n,$$

dengan d_i adalah simpangan horisontal yang didapatkan dari analisis struktur. Kontrol terhadap waktu getar alami struktur dapat dilihat pada Tabel 5.2.a dan Tabel 5.3.a untuk masing-masing tinjauan.

Tabel 5.2.a Kontrol terhadap waktu getar alami struktur dengan dukungan jepit.

Lantai	W_i (kN)	d_i (m)	$W_i \cdot d_i^2$	F_i (kN)	$F_i \cdot d_i$ (kN.m)
10	1444.9	0.011293	0.184267708	184.850	2.087553963
9	2186.3	0.010117	0.223778429	252.520	2.554730676
8	2186.3	0.008883	0.172517853	225.320	2.001555757
7	2186.3	0.007594	0.126082818	198.130	1.504599220
6	2186.3	0.006267	0.085868546	170.940	1.071254032
5	2186.3	0.004933	0.053203102	143.740	0.709076326
4	2186.3	0.003635	0.028888404	116.550	0.423648709
3	2186.3	0.002427	0.012878174	89.353	0.216859124
2	2186.3	0.001375	0.004133521	62.158	0.085467841
1	2186.3	5.56E-04	0.000675386	34.964	0.019433058
Σ			0.892293940	1478.500	10.674178710

Waktu *Reyleigh* struktur dengan dukungan jepit adalah

$$T_n = 6{,}30.\sqrt{\frac{0{,}80229394}{9{,}81.10{,}67417871}}$$

$$= 0{,}581558 \text{ s.}$$

Karena waktu getar awal belum mendekati dari waktu *Reyleigh* maka perhitungan distribusi gaya gempa diulangi dengan T terpakai adalah T – *Reyleigh*, sampai didapatkan T – *Reyleigh* ≈ T – *Reyleigh* sebelumnya. Setelah dilakukan beberapa hitungan,

$T = 0.8344$ s, didapat $C = 0{,}07$, maka

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot Wt$$

$$= 0{,}07.\ 1{,}0.\ 1{,}0.\ 21121{,}8031 \text{ kN}$$

$$= 1478.526 \text{ kN.}$$

Setelah didapatkan gaya geser dasar yang baru, gaya geser tersebut didistribusikan kesepanjang tingkat gedung (dapat dilihat pada Tabel 5.2.b).

Tabel 5.2.b Distribusi gaya geser horisontal koreksi dengan dukungan jepit.

Lantai	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i.h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
10	1444.9	36.0	52015.540	96.124
9	2186.3	32.5	71055.560	131.309
8	2186.3	29.0	63403.430	117.168
7	2186.3	25.5	55751.290	103.027
6	2186.3	22.0	48099.150	88.886
5	2186.3	18.5	40447.010	74.745
4	2186.3	15.0	32794.880	60.604
3	2186.3	11.5	25142.740	46.463
2	2186.3	8.0	17490.600	32.322
1	2186.3	4.5	9838.463	18.181
Σ			416038.600	768.834

Tabel 5.3.a Kontrol terhadap waktu getar alami struktur dengan dukungan jepit Fleksibel.

Lantai	W_i (kN)	d_i (m)	$W_i*d_i^2$	F_i (kN)	$F_i.d_i$ (kN.m)
10	1444.9	0.277815	111.51723	182.213	50.6215046
9	2186.3	0.251192	137.95147	248.911	62.5245021
8	2186.3	0.224513	110.20409	222.105	49.8655496
7	2186.3	0.197780	85.52231	195.300	38.6263548
6	2186.3	0.171013	63.94005	168.494	28.8146131
5	2186.3	0.144242	45.48814	141.688	20.4373460
4	2186.3	0.117510	30.19008	114.882	13.4997955
3	2186.3	0.090873	18.05445	88.076	8.0037548
2	2186.3	0.064396	9.06635	61.270	3.9455718
1	2186.3	0.038162	3.18402	34.464	1.3152392
Σ			615.11822	1478.5	277.6542321

Waktu *Reyleigh* struktur dengan dukungan jepit fleksibel adalah

$$T_n = 6{,}30.\sqrt{\frac{615{,}11822}{9{,}81.277{,}65232}}$$

$$= 2.6405 \text{ s.}$$

Karena waktu getar awal belum mendekati dari waktu *Reyleigh* maka perhitungan distribusi gaya gempa diulangi dengan T terpakai adalah T – *Reyleigh*, sampai didapatkan $T - Reyleigh \approx T - Reyleigh$ sebelumnya.

Setelah dilakukan beberapa hitungan,

$T = 2.6405$ s, didapat $C = 0{,}035$, maka

$V = C \,.\, I \,.\, K \,.\, Wt$

$= 0{,}035.\ 1{,}0.\ 1{,}0.\ 21121{,}8031$ kN

$= 739.263$ kN.

Distribusi gaya geser dasar dapat dilihat pada Tabel 5.3.b.

Tabel 5.3.b Distribusi gaya geser horizontal koreksi dengan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i.h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
10	1444.9	0.10931	17.2662506	92.427
9	2186.3	0.09891	21.3926888	126.260
8	2186.3	0.08848	17.1195874	112.660
7	2186.3	0.07803	13.3118352	99.065
6	2186.3	0.06755	9.9762064	85.468
5	2186.3	0.05706	7.1188312	71.871
4	2186.3	0.04658	4.7446799	58.274
3	2186.3	0.03614	2.8563484	44.676
2	2186.3	0.02577	1.4520355	31.079
1	2186.3	0.01549	0.5250612	17.482
Σ			95.7635252	739.260

5.4 Gaya-Gaya Dalam Balok Penghubung

5.4.1 Momen rencana balok penghubung

Momen rencana balok dihitung berdasarkan ke-3 pembebanan. Hasil-hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.4, masing-masing adalah berdasarkan tinjauan yang dilakukan dalam penelitian.

Tabel 5.4.a Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit lantai 1 sampai lantai 5.

Lantai	Lokasi	Momen Lentur (kN.m)				$1{,}2M_D+1{,}6M_L$	$0{,}9(M_D + M_E)$		$1{,}05(M_D+M_{LR}+M_E)$		Momen Pos.	Momen Neg.
		M_D	M_L	$M_{E\,kiri}$	$M_{E\,kanan}$		E kiri	E kanan	E Kiri	E kanan	Maks	Maks
1	tump kiri	-3.19	-0.63	133.33	-133.33	-4.848	117.117	-122.88	135.975	-144.02	135.975	-144.020
	lapangan	1.80	0.35	0	0	2.720	1.62	1.62	2.2575	2.2575		
	tump kanan	-3.19	-0.63	-133.33	133.33	-4.848	-122.88	117.117	-144.02	135.975		
2	tump kiri	-3.15	-0.62	196.56	-196.56	-4.784	174.06	-179.75	202.419	-210.36	202.419	-210.360
	lapangan	1.84	0.36	0	0	2.784	1.656	1.656	2.31	2.31		
	tump kanan	-3.15	-0.62	-196.56	196.56	-4.784	-179.75	174.06	-210.36	202.419		
3	tump kiri	-3.13	-0.62	233.48	-233.48	-4.760	207.306	-212.96	241.206	-249.1	241.206	-249.100
	lapangan	1.86	0.36	0	0	2.808	1.674	1.674	2.331	2.331		
	tump kanan	-3.13	-0.62	-233.48	233.48	-4.760	-212.96	207.306	-249.1	241.206		
4	tump kiri	-3.13	-0.62	249.96	-249.96	-4.748	222.147	-227.78	258.521	-266.4	258.521	-266.400
	lapangan	1.86	0.37	0	0	2.824	1.674	1.674	2.3415	2.3415		
	tump kanan	-3.13	-0.62	-249.96	249.96	-4.748	-227.78	222.147	-266.4	258.521		
5	tump kiri	-3.12	-0.61	250.79	-250.79	-4.732	222.894	-228.53	259.403	-267.26	259.403	-267.260
	lapangan	1.87	0.37	0	0	2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.12	-0.61	-250.79	250.79	-4.732	-228.53	222.894	-267.26	259.403		

Tabel 5.4.b Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit lantai 6 sampai lantai 10.

Lantai	Lokasi	Momen Lentur (kN.m)				$1{,}2M_D + 1{,}6M_L$	$0{,}9\ (M_D + M_E)$		$1{,}05(M_D+M_{LR}+M_E)$		Momen Pos.	Momen Neg.
		M_D	M_L	$M_{E\ kiri}$	$M_{E\ kanan}$		*E* kiri	*E kanan*	*E Kiri*	*E kanan*	Maks	Maks
6	tump kiri	-3.11	-0.61	240.19	-240.19	-4.732	213.354	-218.988	248.273	-256.127	248.273	-256.127
	lapangan	1.88	0.37	0	0	2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.11	-0.61	-240.19	240.19	-4.732	-218.988	213.354	-256.127	248.273		
7	tump kiri	-3.11	-0.61	222.14	-222.14	-4.732	197.109	-202.743	229.320	-237.174	229.320	-237.174
	lapangan	1.88	0.37	0	0	2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.11	-0.61	-222.14	222.14	-4.732	-202.743	197.109	-237.174	229.320		
8	tump kiri	-3.12	-0.61	200.79	-200.79	-4.720	177.903	-183.519	206.913	-214.746	206.913	-214.746
	lapangan	1.88	0.37	0	0	2.848	1.692	1.692	2.363	2.363		
	tump kanan	-3.12	-0.61	-200.79	200.79	-4.720	-183.519	177.903	-214.746	206.913		
9	tump kiri	-3.11	-0.62	180.85	-180.85	-4.724	159.966	-165.564	185.976	-193.809	185.976	-193.809
	lapangan	1.89	0.37	0	0	2.860	1.701	1.701	2.373	2.373		
	tump kanan	-3.11	-0.62	-180.85	180.85	-4.724	-165.564	159.966	-193.809	185.976		
10	tump kiri	-2.42	-0.23	168.02	-168.02	-3.272	149.040	-153.396	173.639	-179.204	173.639	-179.204
	lapangan	1.59	0.17	0	0	2.180	1.431	1.431	1.848	1.848		
	tump kanan	-2.42	-0.23	-168.02	168.02	-3.272	-153.396	149.040	-179.204	173.639		

Tabel 5.4.c Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel lantai 1 sampai lantai 5.

Lantai	Lokasi	Momen Lentur (kN.m)				$1{,}2M_D + 1{,}6M_L$	$0{,}9\ (M_D + M_E)$		$1{,}05(M_D+M_{LR}+M_E)$		Momen Pos.	Momen Neg.
		M_D	M_L	$M_{E\ kiri}$	$M_{E\ kanan}$		*E* kiri	*E kanan*	*E Kiri*	*E kanan*	Maks	Maks
1	tump kiri	-3.17	-0.62	97.85	-97.85	-4.796	85.212	-90.918	98.763	-106.722	98.763	-106.722
	lapangan	1.82	0.36	0	0	2.760	1.638	1.638	2.289	2.289		
	tump kanan	-3.17	-0.62	-97.85	97.85	-4.796	-90.918	85.212	-106.722	98.763		
2	tump kiri	-3.15	-0.62	119.93	-119.93	-4.772	105.102	-110.772	121.968	-129.885	121.968	-129.885
	lapangan	1.85	0.36	0	0	2.796	1.665	1.665	2.321	2.321		
	tump kanan	-3.15	-0.62	-119.93	119.93	-4.772	-110.772	105.102	-129.885	121.968		
3	tump kiri	-3.14	-0.62	131.51	-131.51	-4.760	115.533	-121.185	134.138	-142.034	134.558	-142.034
	lapangan	1.86	0.37	0	0	2.824	1.674	1.674	2.342	2.342		
	tump kanan	-3.14	-0.62	-131.91	131.91	-4.760	-121.545	115.893	-142.454	134.558		
4	tump kiri	-3.13	-0.61	134.87	-134.87	-4.732	118.566	-124.200	137.687	-145.541	137.687	-145.541
	lapangan	1.87	0.37	0	0	2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.13	-0.61	-134.87	134.87	-4.732	-124.200	118.566	-145.541	137.687		
5	tump kiri	-3.13	-0.61	131.89	-131.89	-4.732	115.884	-121.518	134.558	-142.412	134.558	-142.412
	lapangan	1.87	0.37	0	0	2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.13	-0.61	-131.89	131.89	-4.732	-121.518	115.884	-142.412	134.558		

Tabel 5.4.d Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel lantai 6 sampai lantai 10.

Lantai	Lokasi	Momen Lentur (kN.m)				$1{,}2M_D + 1{,}6M_L$	$0{,}9\ (M_D + M_E)$		$1{,}05(M_D+M_{LR}+M_E)$		Momen Pos.	Momen Neg.
		M_D	M_L	$M_{E\ kiri}$	$M_{E\ kanan}$		*E* kiri	*E kanan*	*E Kiri*	*E kanan*	Maks	Maks
6	tump kiri	-3.13	-0.61	124.30	-124.30	4.732	109.053	-114.687	126.588	-134.442	126.588	-134.442
	lapangan	1.87	0.37	0	0	-2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.13	-0.61	-124.30	124.30	4.732	-114.687	109.053	-134.442	126.588		
7	tump kiri	-3.13	-0.61	113.81	-113.81	4.732	99.612	-105.246	115.574	-123.428	115.574	-123.428
	lapangan	1.87	0.37	0	0	-2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.13	-0.61	-113.81	113.81	4.732	-105.246	99.612	-123.428	115.574		
8	tump kiri	-3.12	-0.61	102.27	-102.27	4.720	89.235	-94.851	103.467	-111.300	103.467	-111.300
	lapangan	1.88	0.37	0	0	-2.848	1.692	1.692	2.363	2.363		
	tump kanan	-3.12	-0.61	-102.27	102.27	4.720	-94.851	89.235	-111.300	103.467		
9	tump kiri	-3.11	-0.62	91.87	-91.87	4.708	79.884	-85.482	92.547	-100.380	92.547	-100.380
	lapangan	1.89	0.37	0	0	-2.860	1.701	1.701	2.373	2.373		
	tump kanan	-3.11	-0.62	-91.87	91.87	4.708	-85.482	79.884	-100.380	92.547		
10	tump kiri	-2.42	-0.23	85.29	-85.29	3.272	74.583	-78.939	86.772	-92.337	86.772	-92.337
	lapangan	1.59	0.17	0	0	-2.180	1.431	1.431	1.848	1.848		
	tump kanan	-2.42	-0.23	-85.29	85.29	3.272	-78.939	74.583	-92.337	86.772		

Untuk menentukan luas tulangan perlu, contoh perhitungan yang diambil adalah balok penghubung lantai 1 pada struktur dinding geser kopel dengan tinjauan dukungan jepit. Untuk balok-balok yang lainnya disajikan dalam bentuk tabel.

Balok Lantai 1,

M^- tumpuan = 144,02 kN.m, dan

M^+ tumpuan = 135,975 kN.m.

Tulangan tumpuan negatif,

ρ'/ρ = 135,975 / 144,02 = 0,97 ; dipakai ρ'/ρ =1,

$M_u = T_s 2.(d - d')$, diambil nilai d = 520 mm, dan d' = 80 mm

$$\left(\frac{M_u}{b_w.d}\right).10^{-3} = \phi.f_y.\rho.\left(1-\frac{d'}{d}\right)$$

$$\rho = \frac{\left(M_u/b_w.d\right).10^{-3}}{\phi.f_y.\left(1-\frac{d'}{d}\right)}$$

$$\rho = \frac{\left(144{,}02/300.520^2\right).10^{-3}}{0{,}8.400.\left(1-\frac{80}{520}\right)}$$

= 0,0066, dengan syarat: $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{f_y} = \frac{1{,}4}{400} = 0{,}0035, \text{ dan } \quad \rho_{maks} = 0{,}0244, \text{ jadi}$$

$A_s = A_s' = \rho.\ b_w.d$ = 0,0066. 300. 520 = 1023 mm^2.

Tulangan tumpuan positif,

ρ'/ρ = 144,018 /135,975 = 1,02 ; dipakai ρ'/ρ =1,

$M_u = T_s2.\ (d - d')$, diambil nilai d = 520mm, dan d' = 80 mm

$$\left(\frac{M_u}{b_w.d}\right).10^{-3} = \phi.f_y.\rho.\left(1 - \frac{d'}{d}\right)$$

$$\rho = \frac{\left(M_u/b_w.d\right).10^{-3}}{\phi.f_y.\left(1 - \frac{d'}{d}\right)} = \frac{\left(135{,}975/300.520^2\right).10^{-3}}{0{,}8.400.\left(1 - \frac{80}{520}\right)}$$

$$= 0{,}00619$$

dengan syarat: $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$A_s = A_s' = \rho.\ b_w.d = 0{,}00619.\ 300.\ 520 = 965{,}7\ \text{mm}^2.$$

Tulangan terpasang (A_s ; A_s') diambil berdasarkan harga maksimum dari 2 jenis tulangan tumpuan. Untuk balok-balok yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.5 dibawah ini.

Tabel 5.5.a Luas tulangan tumpuan perlu pada balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit.

Balok Lantai	Momen neg / Momen pos	$Mn/(b_w.d^2)$	ρ	As	$As' = As$
1	144.018	2.21921	0.00656	1023	1023
	135.975	2.09528	0.00619	966	
2	210.357	3.24145	0.00958	1494	1494
	202.419	3.11913	0.00922	1438	
3	249.102	3.83848	0.01134	1769	1769
	241.206	3.71681	0.01098	1713	
4	266.396	4.10497	0.01213	1892	1892
	258.521	3.98362	0.01177	1836	
5	267.257	4.11824	0.01217	1898	1898
	259.403	3.99721	0.01181	1842	
6	256.127	3.94673	0.01166	1819	1819
	248.273	3.82571	0.01130	1763	

Tabel 5.5.a (Lanjutan)

Balok Lantai	Momen neg / Momen pos	$Mn/(b_w.d^2)$	ρ	As	$As' = As$
7	237.174	3.65468	0.01080	1684	1684
	229.320	3.53365	0.01044	1629	
8	214.746	3.30908	0.00978	1525	1525
	206.913	3.18838	0.00942	1470	
9	193.809	2.98646	0.00882	1376	1376
	185.976	2.86575	0.00847	1321	
10	179.204	2.76140	0.00816	1273	1273
	173.639	2.67565	0.00791	1233	

Tabel 5.5.b Luas tulangan tumpuan perlu pada balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit fleksibel.

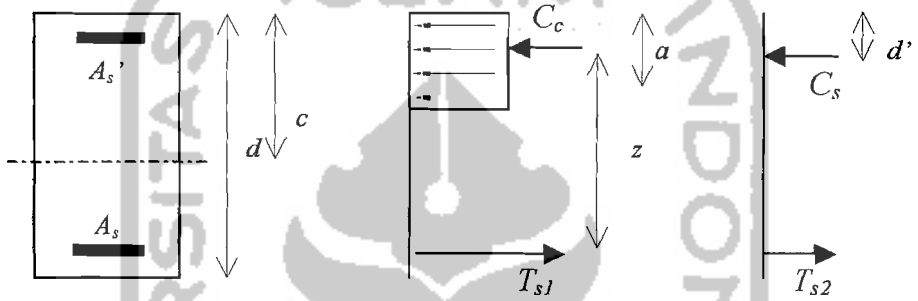
Balok Lantai	Momen neg / Momen pos	$Mn/(b_w.d^2)$	ρ	As	$As' = As$
1	106.722	1.64451	0.00486	758,0	758,0
	98.763	1.52187	0.0045	701.4	
2	129.885	2.00143	0.00591	922.5	922.5
	121.968	1.87944	0.00555	866.3	
3	142.034	2.18864	0.00647	1009,0	1009,0
	134.558	2.07344	0.00613	955.7	
4	145.541	2.24268	0.00663	1034,0	1034,0
	145.541	2.24268	0.00663	1034,0	
5	142.412	2.19446	0.00648	1011,0	1011,0
	134.558	2.07344	0.00613	955.7	
6	134.442	2.07165	0.00612	954.8	954.8
	126.588	1.95063	0.00576	899.1	
7	123.428	1.90194	0.00562	876.6	876.6
	115.574	1.78091	0.00526	820.8	
8	111.300	1.71505	0.00507	790.5	790.5
	103.467	1.59435	0.00471	734.9	
9	100.370	1.54663	0.00457	712.9	712.9
	92.558	1.42625	0.00421	657.4	
10	92.337	1.42285	0.00420	655.8	655.8
	86.772	1.33709	0.00395	616.3	

5.4.2 Gaya geser rencana balok penghubung

Gaya geser rencana balok ($V_{u,b}$) dihitung dengan persamaan (3.14),

$$V_{u,b} = 0{,}7.\phi_0.\left(\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b}'}{l_n}\right) + 1{,}05.V_g$$

Sebelum dapat menghitung gaya geser rencana balok, sebelunnya dihitung momen nominal aktual balok (M_{nak}).



Gambar 5.4 Analisa balok bertulangan rangkap.

dengan menganggap tulangan baja tarik telah leleh, maka harus diperiksa,

$C_c + C_s = T_s$,dengan

$C_s = A_s'.f_s.$,

$C_c = 0{,}85.f_c'.\ b.\ a$, dan

$T_s = A_s.f_y.$

Maka momen nominal aktual adalah :

$M_n = 0{,}85.f_y.b_w.a.(d - 0{,}5.a) + A_s'.f_y.\ (d - d')$

Untuk contoh perhitungan diambil balok penghubung struktur dinding geser lantai 1 dengan tinjauan dukungan jepit, adapun urutan perhitungannya adalah sebagai berikut.

- Momen nominal aktual positif (asumsi balok persegi),

tulangan atas $(A_s') = 1256{,}6\ mm^2$, tulangan bawah $(A_s) = 1256{,}6\ mm^2$,

anggapan tulangan baja desak telah luluh ($f_s' = f_y$),

nilai a didapatkan dari persamaan kesetimbangan (mengacu Gambar 5.4),

$C_c + C_s = T_s$

$0{,}85.\ f_c'.\ b.\ a + A_s'.\ f_y = A_s.\ f_y$

$$a = \frac{(A_s - A_s')\ f_y}{(0{,}85.\ fc')b},$$

$A_s = A_s'$,

maka $a = 0$ mm.

Anggapan tulangan desak telah luluh salah, ($f_s \neq f_y$)

Persamaan kesetimbangan,

$C_c + C_s = T_s$

$0{,}85.\ f_c'.\ b.\ a + A_s'.\ f_s = A_s.\ f_y.$

sedangkan, $a = \beta_1.\ c$ dan $f_s' = \varepsilon_s'.\ E_s = (E_s).\ 0{,}003.(c - d')/c$

dengan subtitusi didapat :

$A_s.\ f_y. = 0{,}85.\ f_c'.\ b.\ \beta_1.\ c + 0{,}003.\ E_s.\ A_s'.(c - d')/c$,

$A_s.\ f_y.\ c = 0{,}85.\ f_c'.\ b.\ \beta_1.\ c^2 + c.(0{,}003).\ E_s.\ A_s' + d'(0{,}003).E_s.\ A_s'$

$(0{,}85.\ f_c'.b.\ \beta_1).\ c^2 + (0{,}003.\ E_s.A_s' - A_s.\ f_y).c - d'.(0{,}003).\ E_s.\ A_s' = 0$

dimasukkan nilai $E_s = 200000$ MPa,

$(0{,}85.\ f_c'.b.\ \beta_1).\ c^2 + (600.A_s' - A_s.\ f_y).c - 600.\ d'.A_s' = 0$

$(0{,}85.\ 30.300.\ 0{,}85).\ c^2 + (600.1256{,}6 - 1256{,}6.\ 400).c - 600.\ 60.\ 1256{,}6 = 0$

$6502{,}5.\ c^2 + 251320.\ c - 45237600 = 0$

$c = 66{,}30$ mm.

Kontrol tegangan tulangan tekan

$f_s' = 600.\ (66{,}30 - 60)/\ 66.30 = 57{,}014$ MPa $< f_y$

dengan demikian berarti anggapan yang digunakan benar.

$a = 0{,}85.\ 66{,}30 = 56{,}35$ mm

$C_c = 0{,}85.\ f_c'.\ b.\ a = 0{,}85.\ 30.\ 300.\ 56{,}35.\ 10^{-3} = 431.116$ kN

$C_s = A_s'.\ f_s = 1256{,}6.\ 57{,}014.\ 10^{-3} = 71{,}644$ kN

$C = C_c + C_s = (431.116 + 71{,}644) = 502{,}640$ kN

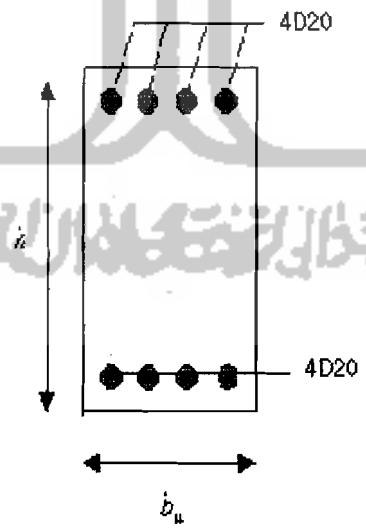
$T_s = A_s.\ f_y = 1256{,}6.\ 400.\ 10^{-3} = 502{,}640$ kN

Jadi momen nominal aktual yang terjadi adalah :

$M_{nak}^{+} = C_c\ (d - 0{,}5.a) + C_s.\ (d - d')$

$= 431{,}116.(540 - 0{,}5.56{,}35).10^{-3} + 71{,}644.\ (540 - 60).\ 10^{-3}$

$= 255{,}045$ kN.m.



Gambar 5.5 Asumsi penampang balok persegi dan tulangan terpasang.

- Momen nominal aktual negatif (asumsi balok tampang T),

diasumsikan pada masing sisi flens terdapat tulangan pelat 6D-10,

ρ'/ρ = 1256.6 / (1256,6 + 2. 471,2) = 0,66

tulangan atas (A_s) = 2199,1 mm^2 , tulangan bawah (A_s') = 1256,6 mm^2,

dianggap tulangan baja desak telah luluh, $f_s' = f_y$,

$C_s = A_s'. f_y$.

= 1256,6. 400

= 502640 N,

$C_c = 0{,}85. f_c'. b. a$

= 0,85. 30. 300. a

= 7650 a

$T_s = A_s. f_y$.

= 2199,1. 400

= 879640 N.

Nilai a didapatkan dari persamaan kesetimbangan

$C_c + C_s = T_s$

502640 + 7650 a = 879640

a = 49,28 mm

$c = a$ / 0,85 = 57,28 mm

Kontrol tegangan tulangan baja

f_s' = 600. (57,28 – 60)/ 57,28 = -28,492 MPa < f_y

dengan demikian berarti anggapan yang digunakan salah.

$(0{,}85. f_c'.b. \beta_1). c^2 + (0{,}003. E_s.A_s' - A_s. f_y).c - d'.(0{,}003). E_s. A_s' = 0$

(0,85. 30.300. 0,85). c^2 + (600.1256,6– 2199,1. 400).c – 60.600.1256,6 = 0

$6502{,}5.\ c^2 - 125680.\ c - 45237600 = 0$

$c = 93{,}6$ mm

$a = 0{,}85.\ 93{,}6 = 79{,}56$ mm

Kontrol tegangan tulangan tekan

$f_s' = 600.\ (93{,}6 - 60)/\ 93{,}6 = 215{,}38$ MPa $< f_y$

$C_c = 0{,}85.\ f_c'.\ b.\ a = 0{,}85.\ 30.\ 300.\ 79{,}56.\ 10^{-3} = 608{,}98$ kN

$C_s = A_s'.\ f_s' = 1256{,}6.\ 215{,}38.\ 10^{-3} = 270{,}66$ kN

$C = C_c + C_s = (608{,}98 + 270{,}66) = 879{,}64$ kN

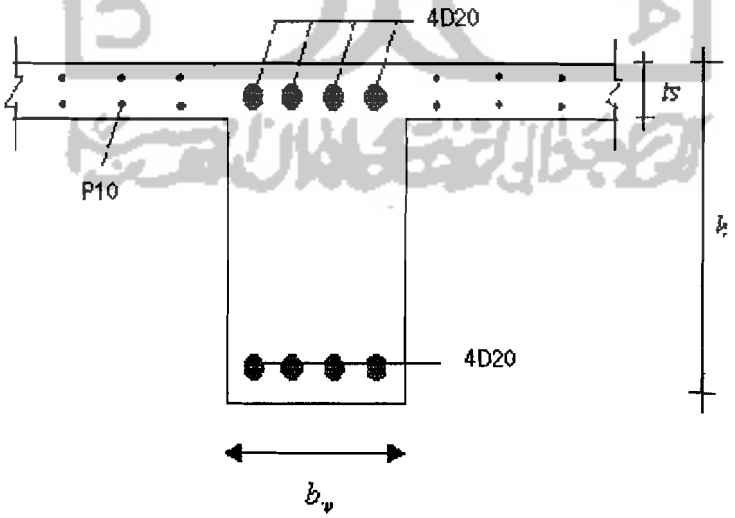
$T_s = A_s.\ f_y = 2199{,}1.\ 400.\ 10^{-3} = 879{,}64$ kN

Jadi momen nominal aktual negatif yang terjadi adalah :

$M_{nak}^- = C_c\ (d - 0{,}5.a) + C_s.\ (d - d')$

$= 608{,}98.\ (540 - 0{,}5\ .79{,}56) + 270.66.\ (540 - 60)$

$= 434.540$ kN.m.



Gambar 5.6 Asumsi penampang balok T dan tulangan terpasang.

Tabel 5.6.a Tulangan dan momen nominal aktual balok penghubung dinding geser tinjauan jepit.

Balok Lantai	M^+	Tulangan Bawah		M^-	Tulangan Atas		M_{nak} (kN.m)	
		Perlu (mm^2)	Terpasang		Perlu (mm^2)	Terpasang	Pos.	Neg.
1	135.975	1023	4D-20	144.018	1023	4D-20	255.045	434.540
2	202.419	1494	5D-20	210.357	1494	5D-20	315.357	494.196
3	241.206	1769	6D-20	249.102	1769	6D-20	375.187	552.492
4	258.521	1892	6D-20	266.396	1892	6D-20	375.187	552.492
5	259.403	1898	6D-20	267.257	1898	6D-20	375.187	552.492
6	248.273	1819	6D-20	256.127	1819	6D-20	375.187	552.492
7	229.32	1684	6D-20	237.174	1684	6D-20	375.187	552.492
8	206.913	1525	5D-20	214.746	1525	5D-20	315.357	494.196
9	185.976	1376	5D-20	193.809	1376	5D-20	315.357	494.196
10	173.639	1373	5D-20	179.204	1373	5D-20	315.357	494.196

Tabel 5.6.b Tulangan dan momen nominal aktual balok penghubung dinding geser tinjauan jepit fleksibel.

Balok Lantai	M^+	Tulangan Bawah		M^-	Tulangan Atas		M_{nak} (kN.m)	
		Perlu (mm^2)	Terpasang		Perlu (mm^2)	Terpasang	Pos.	Neg.
1	98.763	758	3D-20	106.722	758	3D-20	194.370	374.817
2	121.968	923	3D-20	121.968	923	3D-20	194.370	374.817
3	134.558	1009	4D-20	129.885	1009	4D-20	254.986	434.511
4	137.687	1034	4D-20	134.558	1034	4D-20	254.986	434.511
5	134.558	1011	4D-20	142.034	1011	4D-20	254.986	434.511
6	126.588	955	4D-20	137.687	955	4D-20	254.986	434.511
7	115.574	877	3D-20	145.541	877	3D-20	194.370	374.817
8	103.467	791	3D-20	134.558	791	3D-20	194.370	374.817
9	92.547	713	3D-20	142.412	713	3D-20	194.370	374.817
10	86.772	656	3D-20	126.588	656	3D-20	194.370	374.817

Sedangkan gaya geser rencana balok penghubung dinding geser kopel disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7.a Gaya geser rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit.

Lantai	Balok	$M_{nak,b}$ (a)	$M_{nak,b}'$ (b)	$0,7.\phi_o.\frac{a+b}{l_n}$	$1,05*Vg$	$V_{u,b}$	V_u terpakai
1	kiri-kanan	254.986	434.511	301.655	-12.558	289.097	
	Kanan-kiri	434.511	254.986	301.655	12.558	314.213	314.213
2	kiri-kanan	315.357	494.196	354.179	-12.558	341.621	
	Kanan-kiri	494.196	315.357	354.179	12.558	366.737	366.737
3	kiri-kanan	375.187	552.492	405.860	-12.558	393.302	
	Kanan-kiri	552.492	375.187	405.860	12.558	418.418	418.418
4	kiri-kanan	375.187	539.834	400.322	-12.558	387.764	
	Kanan-kiri	539.834	375.187	400.322	12.558	412.880	412.880
5	kiri-kanan	375.187	539.834	400.322	-12.558	387.764	
	Kanan-kiri	539.834	375.187	400.322	12.558	412.880	412.880
6	kiri-kanan	375.187	539.834	400.322	-12.558	387.764	
	Kanan-kiri	539.834	375.187	400.322	12.558	412.880	412.880
7	kiri-kanan	375.187	539.834	400.322	-12.558	387.764	
	Kanan-kiri	539.834	375.187	400.322	12.558	412.880	412.880
8	kiri-kanan	315.357	494.196	354.179	-12.558	341.621	
	Kanan-kiri	494.196	315.357	354.179	12.558	366.737	366.737
9	kiri-kanan	315.357	494.196	354.179	-12.558	341.621	
	Kanan-kiri	494.196	315.357	354.179	12.558	366.737	366.737
10	kiri-kanan	315.357	494.196	354.179	-12.558	341.621	
	Kanan-kiri	494.196	315.357	354.179	12.558	366.737	366.737

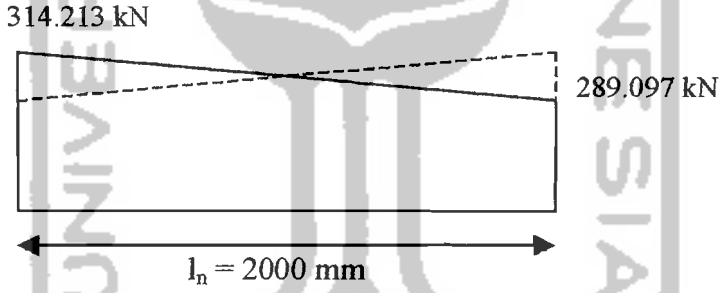
Tabel 5.7.b Gaya geser rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	Balok	$M_{nak,b}$ (a)	$M_{nak,b}'$ (b)	$0,7.\phi_o.\frac{a+b}{l_n}$	$1,05*Vg$	$V_{u,b}$	V_u terpakai
1	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	261.577
2	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	261.577
3	kiri-kanan	254.986	434.511	301.655	-12.558	289.097	
	Kanan-kiri	434.511	254.986	301.655	12.558	314.213	314.213
4	kiri-kanan	254.986	434.511	301.655	-12.558	289.097	
	Kanan-kiri	434.511	254.986	301.655	12.558	314.213	314.213
5	kiri-kanan	254.986	434.511	301.655	-12.558	289.097	
	Kanan-kiri	434.511	254.986	301.655	12.558	314.213	314.213

Tabel 5.7.b (Lanjutan).

Lantai	Balok	$M_{nak,b}$ (a)	$M_{nak,b}'$ (b)	$0,7.\phi_o.\frac{a+b}{l_n}$	$1,05*Vg$	$V_{u,b}$	V_u terpakai
6	kiri-kanan	254.986	434.511	301.655	-12.558	289.097	
	Kanan-kiri	434.511	254.986	301.655	12.558	314.213	314.213
7	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	261.577
8	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	261.577
9	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	261.577
10	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	261.577

Perhitungan tulangan geser balok penghubung diambil contoh balok pada lantai 1 struktur dengan tinjauan dukungan jepit (dapat dilihat pada tabel 5.8).



Gambar 5.7 Gaya geser pada penampang balok.

Perencanaan penulangan geser ini tidak memperhitungkan kontribusi geser pada beton $(V_c = 0)\, S = \frac{A_v.f_y.d}{V_s}$

$$V_u = \phi(V_c + V_s),\quad V_s = V_u / \phi = 314.213 / 0{,}6 = 523.588 \text{ kN}$$

$$S = \frac{A_v.f_y.d}{V_s}\quad S = \frac{2.78{,}5.400.550}{523{,}588.10^3}$$

dipakai sengkang D-10 mm (A_v = 78.5 mm^2) dengan mutu baja f_y = 400 MPa.

$$S = \frac{2.78{,}5.400.550}{523{,}588.10^3} = 65.955 \text{ mm} < d/4 = 137{,}5 \text{ mm}$$

digunakan sengkang D10–65 mm.

Tabel 5.8.a Penulangan geser balok penghubung dinding geser tinjauan jepit.

Lantai	V_u terpakai	V_s	S (mm)	Tul. geser	$V_u/\phi < V_c+V_s$
1	314.213	523.688	65.955	D10-65	531.385
2	366.737	611.228	56.509	D10-55	628.000
3	418.418	697.363	49.529	D10-48	719.583
4	412.880	688.133	50.194	D10-50	690.800
5	412.880	688.133	50.194	D10-50	690.800
6	412.880	688.133	50.194	D10-50	690.800
7	412.880	688.133	50.194	D10-50	690.800
8	366.737	611.228	56.509	D10-55	628.000
9	366.737	611.228	56.509	D10-55	628.000
10	366.737	611.228	56.509	D10-55	628.000

Tabel 5.8.b Penulangan geser balok penghubung dinding geser tinjauan jepit fleksibel.

Lantai	V_u terpakai	V_s	S (mm)	Tul. geser	$V_u/\phi < V_c+V_s$
1	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533
2	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533
3	314.213	523.688	65.955	D10-65	531.385
4	314.213	523.688	65.955	D10-65	531.385
5	314.213	523.688	65.955	D10-65	531.385
6	314.213	523.688	65.955	D10-65	531.385
7	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533
8	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533
9	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533
10	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533

5.5 Gaya-Gaya Dalam Rencana Dinding Geser

5.5.1 Momen rencana dinding geser

Momen rencana dinding geser kopel dihitung berdasarkan 3 kombinasi pembebanan pada persamaan (3.22). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.9, yaitu:

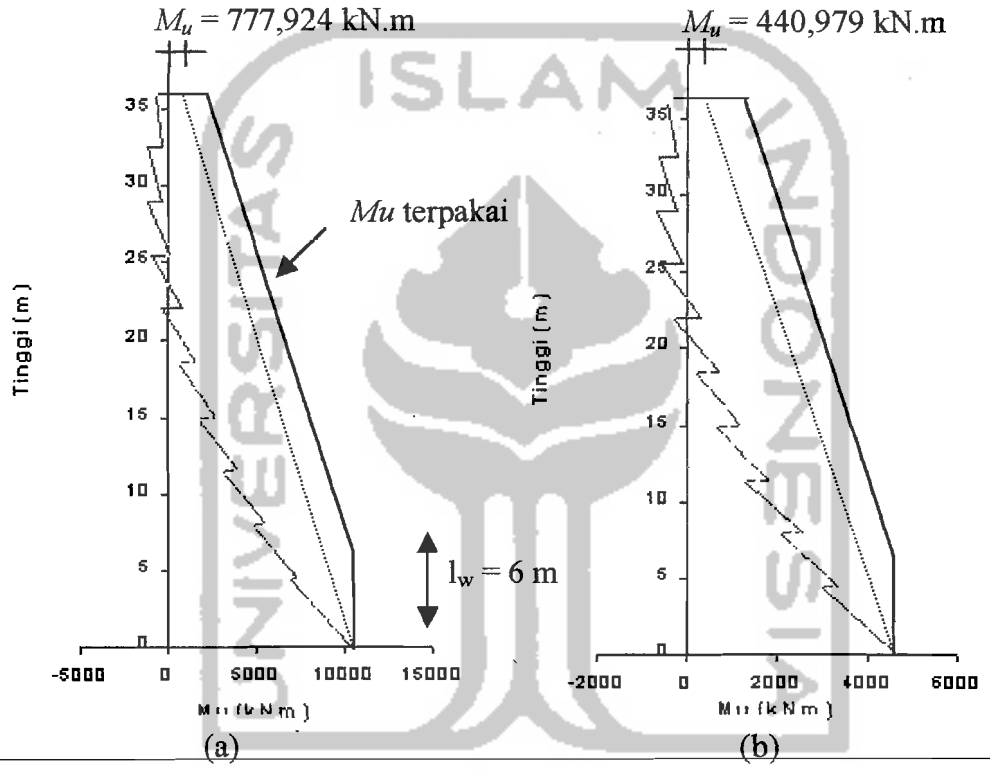
Tabel 5.9.a Momen rencana struktur dinding geser dengan dukungan jepit.

Lantai	Lokasi	M_D		M_L		M_E		$1{,}2\,M_D + 1{,}6M_L$		$0{,}9\,(M_D + M_E)$		$1{,}05\,(M_D + M_L + M_E)$		Momen Rencana	
		kiri	kanan	Kiri	kanan	Kiri	kanan	kiri	Kanan	kiri	Kanan	kiri	kanan	kiri	Kanan
1	bawah	-39.72	39.72	-7.44	7.44	-9844.8	-9844.8	-59.57	59.57	-8896.02	-8824.53	-10386.51	-10287.47	-10386.51	-10287.47
	Atas	-69.82	69.82	-13.7	13.7	-6518.1	-6518.1	-105.70	105.70	-5929.10	-5803.43	-6931.67	-6756.28	-7393.46	-7414.46
2	bawah	8.36	-8.36	1.64	-1.64	-7051.4	-7051.4	12.66	-12.66	-6338.73	-6353.78	-7393.46	-7414.46		
	Atas	-51.27	51.27	-10.06	10.1	-4525.2	-4525.2	-77.62	77.68	-4118.78	-4026.49	-4815.80	-4686.97	-5543.21	-5610.73
3	bawah	26.87	-26.87	5.28	-5.28	-5311.4	-5311.4	40.69	-40.69	-4756.08	-4804.44	-5543.21	-5610.73		
	Atas	-43.93	43.93	-8.61	8.61	-2893.9	-2893.9	-66.49	66.49	-2644.08	-2565.01	-3093.80	-2983.47	-3976.31	-4062.22
4	bawah	34.19	-34.19	6.72	-6.72	-3827.9	-3827.9	51.78	-51.78	-3414.31	-3475.85	-3976.31	-4062.22		
	Atas	-41.06	41.06	-8.03	8.03	-1566.8	-1566.8	-62.12	62.12	-1447.06	-1373.15	-1696.66	-1593.57	-2648.37	-2741.51
5	bawah	37.05	-37.05	7.3	-7.3	-2566.6	-2566.6	56.14	-56.14	-2276.60	-2343.29	-2648.37	-2741.51		
	Atas	-40.05	40.05	-7.8	7.8	-509.48	-509.48	-60.54	60.54	-494.58	-422.49	-585.20	-484.71	-1540.42	-1636.16
6	bawah	38.06	-38.06	7.53	-7.53	-1512.7	-1512.7	57.72	-57.72	-1327.14	-1395.65	-1540.42	-1636.16		
	Atas	-39.94	39.94	-7.69	7.69	292.93	292.93	-60.23	60.23	227.69	299.58	257.57	357.59	-653.13	-749.33
7	bawah	38.17	-38.17	7.64	-7.64	-667.84	-667.84	58.03	-58.03	-566.70	-635.41	-653.13	-749.33		
	Atas	-40.65	40.65	-7.59	7.59	838.61	838.61	-60.92	60.92	718.16	791.33	829.89	931.19	829.89	931.19
8	bawah	37.46	-37.46	7.74	-7.74	-49.95	-49.95	57.34	-57.34	-11.24	-78.67	-4.99	-99.91		
	Atas	-42.81	42.81	-7.43	7.43	1109.77	1109.77	-63.26	63.26	960.26	1037.32	1112.51	1218.01	1112.51	1218.01
9	bawah	35.28	-35.28	7.9	-7.9	306.6	306.6	54.98	-54.98	307.69	244.19	367.27	276.59		
	Atas	-48.44	48.44	-7.05	7.05	1072	1072	-69.41	69.41	921.20	1008.40	1067.34	1183.86	1067.34	1183.86
10	bawah	29.65	-29.65	8.28	-8.28	348.59	348.59	48.83	-48.83	340.42	287.05	405.85	326.19		
	Atas	-62.68	62.68	-6.11	6.11	672.09	672.09	-84.99	84.99	548.47	661.29	633.47	777.92	633.47	777.92

Tabel 5.9.b Momen rencana struktur dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	Lokasi	M_D		M_L		M_E		$1,2\ M_D + 1,6M_L$		$0,9\ (M_D + M_E)$		$1,05\ (M_D + M_L + M_E)$		Momen Rencana	
		kiri	kanan	Kiri	kanan	Kiri	kanan	kiri	Kanan	kiri	Kanan	kiri	kanan	kiri	Kanan
1	bawah	-2.49	2.49	-0.49	0.49	-4406.9	-4406.9	-3.77	3.77	-3968.41	-3963.92	-4630.32	-4624.06	-4630.32	-4624.06
	Atas	-59.25	59.25	-11.63	11.6	-2743.5	-2743.5	-89.71	89.66	-2522.48	-2415.83	-2955.11	-2806.29	-3280.58	-3326.93
2	bawah	18.9	-18.9	3.17	-3.17	-3146.4	-3146.4	27.75	-27.75	-2814.78	-2848.80	-3280.58	-3326.93		
	Atas	-47.07	47.07	-9.23	9.23	-1883.3	-1883.3	-71.25	71.25	-1737.35	-1652.63	-2036.60	-1918.37	-2456.98	-2534.99
3	bawah	31.05	-31.05	6.1	-6.1	-2377.1	-2377.1	47.02	-47.02	-2111.47	-2167.36	-2456.98	-2534.99		
	Atas	-42.26	42.26	-8.29	8.29	-1168.4	-1168.4	-63.98	63.98	-1089.59	-1013.53	-1279.90	-1173.74	-1750.38	-1840.47
4	bawah	35.85	-35.85	7.05	-7.05	-1709.9	-1709.9	54.30	-54.30	-1506.67	-1571.20	-1750.38	-1840.47		
	Atas	-40.4	40.4	-7.91	7.91	-579.39	-579.39	-61.14	61.14	-557.81	-485.09	-659.09	-557.63	-1144.08	-1238.85
5	bawah	37.71	-37.71	7.42	-7.42	-1134.7	-1134.7	57.12	-57.12	-987.32	-1055.20	-1144.08	-1238.85		
	Atas	-37.78	37.78	-7.75	7.75	-106.17	-106.17	-57.74	57.74	-129.56	-61.55	-159.29	-63.67	-633.52	-729.91
6	bawah	38.32	-38.32	7.58	-7.58	-649.25	-649.25	58.11	-58.11	-549.84	-618.81	-633.52	-729.91		
	Atas	-39.84	39.84	-7.66	7.66	253.54	253.54	-60.06	60.06	192.33	264.04	216.34	316.09	-222.98	-319.43
7	bawah	38.27	-38.27	7.66	-7.66	-258.29	-258.29	58.18	-58.18	-198.02	-266.90	-222.98	-319.43		
	Atas	-40.6	40.6	-7.58	7.58	494.93	494.93	-60.85	60.85	408.90	481.98	469.09	570.27	469.09	570.27
8	bawah	37.5	-37.5	7.75	-7.75	26.3	26.3	57.40	-57.40	57.42	-10.08	75.13	-19.90		
	Atas	-42.8	42.8	-7.43	7.43	606.16	606.16	-63.25	63.25	507.02	584.06	583.73	689.21	583.73	689.21
9	bawah	35.3	-35.3	7.9	-7.9	185.02	185.02	55.00	-55.00	198.29	134.75	239.63	148.91		
	Atas	-48.43	48.43	-7.05	7.05	567.72	567.72	-69.40	69.40	467.36	554.54	537.85	654.36	537.85	654.36
10	bawah	29.65	-29.65	8.28	-8.28	189.45	189.45	48.83	-48.83	197.19	143.82	238.75	159.10		
	Atas	-62.68	62.68	-6.11	6.11	351.19	351.19	-84.99	84.99	259.66	372.48	296.52	440.98	296.52	440.98

Dari hasil kombinasi momen, momen rencana dinding geser yang dipakai dalam desain perencanaan dimodifikasi dan selanjutnya digunakan dalam menghitung kuat lentur perlu dinding geser (Gambar 5.8) dan hasilnya disajikan dalam Tabel 5.10).



Gambar 5.8 Momen rencana terpakai struktur dinding geser; (a)dukungan jepit (b) dukungan jepit fleksibel

Tabel 5.10 Momen rencana struktur dinding geser yang digunakan dalam perencanaan.

Tingkat	Tinggi (m)	Momen (*fix*)		Momen (*flex*)	
		rencana	terpakai	rencana	Terpakai
1	0	-10386.5055	-10386.5055	-4630.3215	-4630.3215
	4.5	-6931.6695	-10386.5055	-2955.1095	-4630.3215
2	4.5	-7414.4595	-10386.5055	-3326.9250	-4630.3215
	8	-4815.8040	-9852.6997	-2036.6010	-4368.1816
3	8	-5610.7275	-9852.6997	-2534.9940	-4368.1816
	11.5	-3093.8040	-8918.5316	-1279.8975	-3909.4369

Tabel 5.10 (Lanjutan).

Tingkat	Tinggi (m)	Momen (*fix*)		Momen (*flex*)	
		rencana	terpakai	rencana	terpakai
4	11.5	-4062.2190	-8918.5316	-1840.4715	-3909.4369
	15	-1696.6635	-7984.3635	-659.0850	-3450.6922
5	15	-2741.5080	-7984.3635	-1238.8530	-3450.6922
	18.5	-585.1965	-7050.1954	-159.2850	-2991.9475
6	18.5	-1636.1625	-7050.1954	-729.9075	-2991.9475
	22	357.5880	-6116.0273	316.0920	-2533.2027
7	22	-749.3325	-6116.0273	-319.4310	-2533.2027
	25.5	931.1925	-5181.8593	570.2655	-2074.4580
8	25.5	-99.9075	-5181.8593	-75.1275	-2074.4580
	29	1218.0105	-4247.6912	689.2095	-1615.7133
9	29	367.2690	-4247.6912	239.6310	-1615.7133
	32.5	1183.8645	-3313.5231	654.3600	-1615.7133
10	32.5	405.8460	-3313.5231	238.7490	-1615.7133
	36	777.9240	-2379.3550	-440.9790	-698.2238

5.5.2 Aksial rencana dinding geser

Aksial rencana dinding geser kopel dihitung berdasarkan kombinasi pembebanan, yakni :

$N_{u,w} = 1{,}2\ N_{D,w} + 1{,}6\ N_{L,w}$,

$N_{u,w} = 1{,}05\ (N_{D,w} + N_{LR,w} + N_{E,w})$, dan

$N_{u,w} = 0{,}9\ (N_{D,w} + N_{E,w})$.

Hasil-hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11.a Aksial rencana dinding geser dengan dukungan jepit.

Lantai	N_D		N_L		N_E		$1{,}2\ N_{D,w} + 1{,}6\ N_{L,w}$		$1{,}05(N_{D,w}+N_{L,w}+N_{E,w})$		$0{,}9\ (N_{D,w} + N_{E,w})$		Aksial Rencana
	wall kiri	wall kanan	Wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	
1	-3921.6	-3922	-404.6	-404.6	2076.1	-2076.1	-5353.28	-5353.28	-2362.61	-6722.457	-1660.95	-5397.93	-6722.457
2	-3525.4	-3525	-361.6	-361.6	1942.8	-1942.8	-4809.04	-4809.04	-2041.39	-6121.251	-1424.34	-4921.38	-6121.251
3	-3129.2	-3129	-318.5	-318.5	1746.2	-1746.2	-4264.64	-4264.64	-1786.56	-5453.643	-1244.7	-4387.86	-5453.643
4	-2732.9	-2733	-275.5	-275.5	1512.8	-1512.8	-3720.28	-3720.28	-1570.52	-4747.29	-1098.09	-3821.13	-4747.290
5	-2336.8	-2337	-232.5	-232.5	1262.8	-1262.8	-3176.16	-3176.16	-1371.76	-4023.62	-966.6	-3239.64	-4023.620
6	-1940.6	-1941	-189.4	-189.4	1012	-1012	-2631.76	-2631.76	-1173.87	-3299.074	-835.74	-2657.34	-3299.074
7	-1544.4	-1544	-146.4	-146.4	771.81	-771.81	-2087.52	-2087.52	-964.864	-2585.665	-695.331	-2084.589	-2585.665
8	-1148.2	-1148	-103.3	-103.3	549.67	-549.67	-1543.12	-1543.152	-736.891	-1891.198	-538.677	-1528.083	-1891.198
9	-751.95	-752	-60.28	-60.28	348.87	-348.87	-998.788	-998.788	-486.532	-1219.159	-362.772	-990.738	-1219.159
10	-355.75	-355.8	-17.24	-17.24	168.02	-168.02	-454.484	-454.484	-215.215	-568.057	-168.957	-471.393	-568.057

Tabel 5.11.b Aksial rencana dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	N_D		N_L		N_E		$1{,}2\ N_{D,w} + 1{,}6\ N_{L,w}$		$1{,}05(N_{D,w}+N_{L,w}+N_{E,w})$		$0{,}9\ (N_{D,w} + N_{E,w})$		Aksial Rencana
	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	
1	-3921.6	-3922	-404.6	-404.6	1166.9	-1166.9	-5353.28	-5353.328	-3317.24	-5767.818	-2479.19	-4579.65	-5767.818
2	-3525.4	-3525	-361.6	-361.6	1066.2	-1066.2	-4809.04	-4809.04	-2961.8	-5200.842	-2213.27	-4132.44	-5200.842
3	-3129.2	-3129	-318.5	-318.5	942.76	-942.76	-4264.64	-4264.704	-2630.2	-4609.999	-1967.8	-3664.764	-4609.999
4	-2732.9	-2733	-275.5	-275.5	807.37	-807.37	-3720.28	-3720.28	-2311.16	-4006.64	-1732.98	-3186.243	-4006.640
5	-2336.8	-2337	-232.5	-232.5	668.54	-668.54	-3176.16	-3176.16	-1995.73	-3399.66	-1501.43	-2704.806	-3399.660
6	-1940.6	-1941	-189.4	-189.4	532.77	-532.77	-2631.76	-2631.76	-1677.07	-2795.882	-1267.05	-2226.033	-2795.882
7	-1544.4	-1544	-146.4	-146.4	404.81	-404.81	-2087.52	-2087.472	-1350.21	-2200.31	-1025.63	-1754.289	-2200.310
8	-1148.2	-1148	-103.3	-103.3	287.65	-287.65	-1543.12	-1543.12	-1012.01	-1616.077	-774.495	-1292.265	-1616.077
9	-751.95	-752	-60.28	-60.28	182.37	-182.37	-998.788	-998.788	-661.357	-1044.334	-512.622	-840.888	-1044.334
10	-355.75	-355.8	-17.24	-17.24	87.5	-87.5	-454.484	-454.484	-299.761	-483.511	-241.425	-398.925	-483.511

5.5.3 Gaya geser rencana dinding geser

Gaya geser rencana dinding geser ($V_{u,w}$) yang dipakai dalam perencanaan adalah geser akibat dari gaya gempa (V_E) yang telah dimodifikasi, sehingga berjalan linier dari $V_{u,w\ maks}$ pada dasar sampai 0,5 $V_{u,w\ maks}$ pada 1/3 tinggi dinding geser, dan nilainya tetap sebesar 0,5 $V_{u,w\ maks}$ sampai puncak dinding geser (lihat Gambar 5.9) dan hasilnya disajikan pada Tabel 5.12.

Perhitungan gaya geser dapat diperoleh dengan rumus

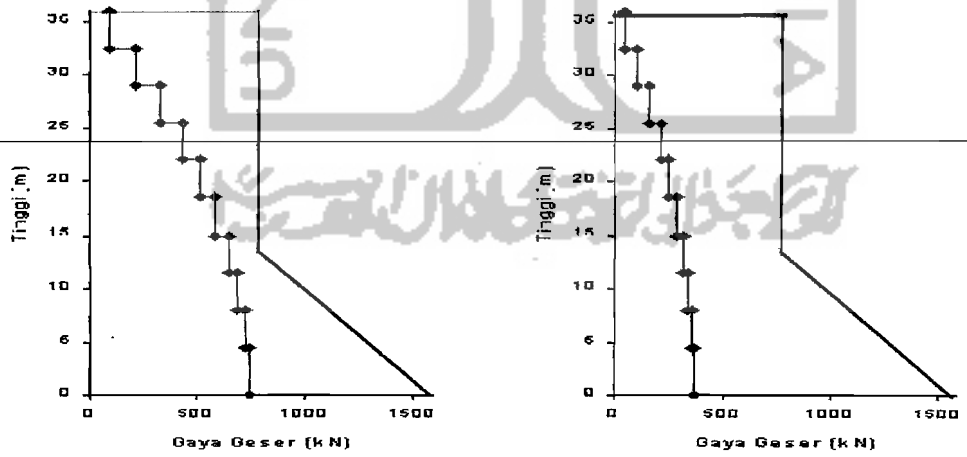
$$V_u = V_{wall} = \omega_N . \phi_0 . V_E ,$$

dimana:

$$\omega_N = 1{,}4 + (10\text{-}5).(1{,}8 - 1{,}4)/\ 10 = 1{,}6$$

$$V_u = V_{wall} = 1{,}6.\ 1{,}25.\ 739.26$$

$$= 1478{,}52 \text{ kN}.$$



(a) (b)

Gambar 5.9 Gaya geser rencana terpakai struktur dinding geser; (a)dukungan jepit (b) dukungan jepit fleksibel.

Tabel 5.12 Gaya geser rencana dinding geser.

Lantai	V_E		V_u	
	Fix	*flex*	*Fix*	*flex*
1	739.26	369.63	1478.52	739.26
2	721.78	360.89	1201.30	600.65
3	690.71	345.35	985.68	492.84
4	646.03	323.01	770.06	385.03
5	587.75	293.88	739.26	369.63
6	515.88	257.94	739.26	369.63
7	430.41	215.21	739.26	369.63
8	331.35	165.67	739.26	369.63
9	218.69	109.34	739.26	369.63
10	92.43	46.21	739.26	369.63

5.5.4 Desain dinding geser

1. Penulangan Lentur Dinding Geser

Tulangan lentur berfungsi menahan tegangan tarik yang terjadi akibat momen lentur. Tulangan lentur terdapat pada bagian kolom dinding geser. Pemasangan tulangan lentur harus memperhatikan besarnya beban dan kemampuan dalam menyerap energi bila terjadi sendi plastis.

Dalam perencanaan tulangan lentur untuk dinding geser dilakukan beberapa perhitungan sebagai berikut. Diambil contoh dinding geser lantai 1 pada struktur dengan dukungan jepit.

a. Data yang diperlukan,

f'_c = 30 MPa,

f_y = 400 MPa, dan

hasil perhitungan kombinasi momen (Tabel 5.10)

M_u = 10386.5055 kN.m.

b. Rasio penulangan,

$$\rho_b = \frac{0{,}85.f'_c}{f_y}\beta_1\frac{600}{600+f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0{,}85..30}{400}.0{,}85.\frac{600}{600+400}$$

$$= 0{,}03,$$

$\rho_{maks} = 0{,}75.\ \rho_b = 0{,}75.\ 0{,}03 = 0{,}024,$

$\rho_{min} = 1{,}4 / f_y = 1{,}4 / 400 = 0{,}0035,$

dimana :

$$m = \frac{f_y}{0{,}85.f'_c} = \frac{400}{0{,}85.30}$$

$$= 15{,}686\ ,$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{10386{,}5055.10^6}{0{,}85.250.6300^2}$$

$$= 1.308454 \text{ MPa},$$

sehingga

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}.\left\{1-\sqrt{\left(1-\frac{2.m.R_n}{f_y}\right)}\right\} > \rho_{min}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15{,}686}.\left\{1-\sqrt{\left(1-\frac{2.15{,}686.1{,}3085}{400}\right)}\right\} > \rho_{min}$$

$= 0{,}00336 < \rho_{min} = 0{,}0035$

c. Menentukan luas tulangan tarik,

$A_{s\ perlu} = \rho_{perlu}.b_w.\ d$

$= 0{,}0035\ .\ 250.\ 6300$

$= 5292 \text{ mm}^2$,

dipakai tulangan 14D22 untuk tiap sisi, $A_{s\ terpakai} = 5321{,}4 \text{ mm}^2 > A_{s\ perlu}$.

d. Penulangan sengkang pada *boundary element*,

$$\rho_s = 0{,}12.\left(\frac{f'_c}{f_y}\right)$$

$$\rho_s = 0{,}3.\left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right).\frac{f'_c}{f_y}$$

$h_c = 600 - 2(40 + 10) = 500$ mm

$b_c = 600 - 2(40 + 10) = 500$ mm

$$\rho_s = 0{,}3.\left(\frac{600.600}{500.500} - 1\right).\frac{30}{400}$$

$= 0{,}0099$

$$\rho_s = 0{,}12.\left(\frac{f'_c}{f_y}\right)$$

$$\rho_s = 0{,}12.\left(\frac{30}{400}\right)$$

$= 0.009$

$$S_s = \frac{A_{sebgkang}}{l_h.\rho_s}$$

sengkang menggunakan tulangan D10, sehingga

jarak tulangan (l_x) = (600 – 40 . 2 – 10 . 2 – 4.22) / 3 = 137 mm,

jarak tulangan (l_y) = (600 – 40 . 2 – 10 . 2 – 5.22) / 4 = 130 mm,

$$S_{sx} = \frac{4.78,5}{137.0,0099} = 231,5 \text{ mm}$$

$$S_{sy} = \frac{5.78,5}{130.0,0099} = 304,97 \text{ mm, dengan syarat}$$

$S_s < 24.\ Ds = 24\ .\ 10 = 240$ mm,

$< 0,5.b_c = 300$ mm, dan

$< 8\ .\ D_b = 8\ .\ 22 = 176$ mm.

Jadi tulangan sengkang yang digunakan adalah D10-175.

2. Penulangan geser

a. Gaya geser rencana (lihat Tabel 5.12),

$V_u = V_{wall} = \omega_N.\phi_0.\ V_E$

$\omega_N = 1,4 + (10 - 5).(\ 1,8 - 1,4)/\ 10 = 1,6$

$V_u = V_{wall} = 1,6.\ 1,25.\ 739.26 = 1478,52$ kN.

Pada daerah plastis (ketinggian 0-6m) gaya geser beton tidak diperhitungkan

V_c=0

$$V_{c1} = 0,25.\sqrt{f'_c}.b_w.d + \left(\frac{N_u}{4.l_w}\right) = 0$$

$$V_{c2} = \left\{\frac{f'_c}{20} + \frac{l_w.\left(\sqrt{f'_c} + \frac{2.N_u}{l_w.b_w}\right)}{10.\left(\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}\right)}\right\}.b_w.d = 0$$

b. Menentukan tulangan geser horisontal.

$V_u \leq \phi.V_n$

$\leq \phi(V_c + V_s)$

$$V_u \leq \phi.V_c + \phi.\frac{A_v.f'_c.d}{S_2}$$, jadi

$$\frac{A_v}{S_2} = \frac{(V_u - (\phi.V_c))}{\phi.f_y.d}$$

$$\frac{A_v}{S_2} = \frac{(1478520 - 0)}{0{,}6.400.6300} = 0.978$$ mm, dipakai $S_2 = 400$ mm,

$A_v = 400 \,.\, 0.978 = 391.2$ mm^2, maka dipakai tulangan 2D16,

$A_{v\,pakai} = 2.\ 201{,}1 = 402{,}2$ mm^2 > 128,89 mm^2.

Kontrol rasio tulangan horisontal.

$$\rho_h = \frac{A_V}{A_g} \geq \rho_{min}$$

$= 402{,}2 / (250.\ 400) = 0.00402 > 0{,}0025.$

c. Menentukan tulangan geser vertikal.

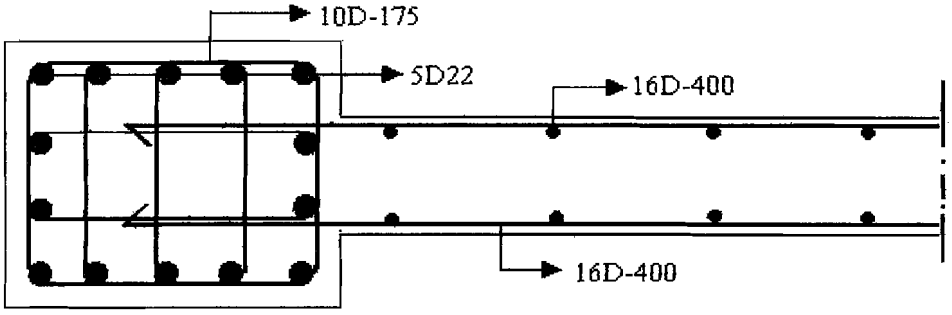
untuk penulangan geser dalam arah vertikal berlaku

$$\rho n = 0{,}0025 + 0{,}5\left[2{,}5 - (h_i / l_w)\right] (\rho_b - 0{,}0025) \geq \rho_{min}$$

$= 0{,}0025 + 0{,}5\ \ 2{,}5 - (4{,}5/\ 6{,}6)\ \ (0.00402\ - 0{,}0025)$

$= 0{,}00386 \geq 0{,}0025.$

Jadi dengan menggunakan 2D16 – 400 memadai.



Gambar 5.10 Penempatan tulangan pada dinding geser

Tabel 5.13 Perhitungan tulangan lentur dinding geser untuk tiap tinjauan dukungan.

Tingkat	M_u (kN.m)	M_n (kN.m)	R_n	ρ perlu	A_s (mm)	Tul tiap *boundary*	M_u (kN.m)	M_n (kN.m)	R_n	ρ perlu	A_s (mm)	Tul tiap *boundary*
	Dukungan jepit						Dukungan Jepit Fleksibel					
1	10386.5	12983.1	1.30845	0.00336	5292	14D22	4630.32	5787.9	0.58331	0.0025	3937.5	12D22
2	10386.5	12983.1	1.30845	0.00336	5291.47	14D22	4630.32	5787.9	0.58331	0.0025	3937.5	12D22
3	9852.7	12315.9	1.24121	0.00318	5012.36	14D22	4368.18	5460.23	0.55029	0.0025	3937.5	12D22
4	8918.53	11148.2	1.12352	0.00287	4525.88	12D22	3909.44	4886.8	0.4925	0.0025	3937.5	12D22
5	7984.36	9980.45	1.00584	0.00257	4041.85	12D22	3450.69	4313.37	0.43471	0.0025	3937.5	12D22
6	7050.2	8812.74	0.88816	0.0025	3937.5	12D22	2991.95	3739.93	0.37692	0.0025	3937.5	12D22
7	6116.03	7645.03	0.77048	0.0025	3937.5	12D22	2533.2	3166.5	0.31912	0.0025	3937.5	12D22
8	5181.86	6477.32	0.65279	0.0025	3937.5	12D22	2074.46	2593.07	0.26133	0.0025	3937.5	12D22
9	4247.69	5309.61	0.53511	0.0025	3937.5	12D22	1615.71	2019.64	0.20354	0.0025	3937.5	12D22
10	3313.52	4141.9	0.41743	0.0025	3937.5	12D22	1615.71	2019.64	0.20354	0.0025	3937.5	12D22

Tabel 5.14 Perhitungan tulangan geser dinding geser tinjauan dukungan jepit.

Lantai	Tinggi	Vu	M_u	N_u	$V_{c,1}$	$V_{c,2}$	$V_{c;terpakai}$	A_V/S_2	S_2	A_V	ρ_h	A_H	S_1	ρ_n
1	0,0	1478.52	10386.50	6722.46	0	0	0	0.978	400	402.2	0.0040	402	400	0.00386
	4.5	1201.30	10386.50	6722.46	0	0	0	0.795	400	402.2	0.0040	402	400	0.00386
2	4.5-6.0	1201.30	10386.50	6121.25	0	0	0	0.652	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	6.0-8,0	1078.08	9852.70	6121.25	2158.1	1439.34	1439.34	0.246	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
3	8,0	985.68	9852.70	5453.64	2158	1188.69	1188.694	0.220	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	11.5	770.06	8918.53	5453.64	2158	999.546	999.5464	0.142	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
4	11.5	770.06	8918.53	4747.29	2157.8	999.427	999.4272	0.142	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	15,0	739.26	7984.36	4747.29	2157.8	1081.64	1081.635	0.094	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
5	15,0	739.26	7984.36	4023.62	2157.6	1081.5	1081.5	0.094	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	18.5	739.26	7050.20	4023.62	2157.6	1259.89	1259.887	0.033	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
6	18.5	739.26	7050.20	3299.07	2157.4	1259.72	1259.723	0.033	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	22,0	739.26	6116.03	3299.07	2157.4	1533.5	1533.503	-0.059	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
7	22,0	739.26	6116.03	2585.66	2157.3	1533.3	1533.299	-0.059	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	25.5	739.26	5181.86	2585.66	2157.3	2006.97	2006.968	-0.214	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
8	25.5	739.26	5181.86	1991.20	2157.1	2006.74	2006.735	-0.214	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	29,0	739.26	4247.69	1991.20	2157.1	3025.25	2157.133	-0.367	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
9	29,0	739.26	4247.69	1219.16	2156.9	3024.78	2156.949	-0.367	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	32.5	739.26	3313.52	1219.16	2156.9	6801.74	2156.949	-0.367	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
10	32.5	739.26	3313.52	568.057	2156.8	6800.8	2156.793	-0.367	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	36,0	739.26	2379.36	568.057	2156.8	-18283	2156.793	-0.367	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321

Tabel 5.15 Perhitungan tulangan geser dinding geser tinjauan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	Tinggi	Vu	M_u	N_u	$V_{c,1}$	$V_{c,2}$	$V_{c,terpakai}$	A_v/S_2	S_2	A_H	ρ_h	A_V	S_1	ρn
1	0.0	739.26	4630.32	5767.81	0	0	0	0.488	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	4.5	600.65	4630.32	5767.82	0	0	0	0.477	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
2	4.5-6.0	600.65	4630.32	5200.84	0	0	0	0.456	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	6.0-8.0	539.02	4368.18	5200.84	2158.1	6029.13	2158.1	-0.174	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
3	8.0	492.84	4368.18	4610.00	2158	6028.38	2158	-0.174	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	11.5	385.03	3909.44	4610.00	2158	3781.46	2158	-0.169	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
4	11.5	385.03	3909.44	4006.64	2157.8	3780.99	2157.8	-0.169	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	15.0	369.63	3450.69	4006.64	2157.8	4937.12	2157.8	-0.224	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
5	15.0	369.63	3450.69	3399.66	2157.6	4936.49	2157.6	-0.224	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	18.5	369.63	2991.95	3399.66	2157.6	9540.73	2157.6	-0.321	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
6	18.5	369.63	2991.95	2795.88	2157.4	9539.48	2157.4	-0.321	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	22.0	369.63	2533.2	2795.88	2157.4	455746	2157.4	-0.486	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
7	22.0	369.63	2533.2	2200.31	2157.3	455686	2157.3	-0.485	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	25.5	369.63	2074.46	2200.31	2157.3	-9461.9	2157.3	-0.612	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
8	25.5	369.63	2074.46	1616.08	2157.1	-9460.7	2157.1	-0.612	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	29.0	369.63	1615.71	1616.08	2157.1	-4561.1	2157.1	-0.612	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
9	29.0	369.63	1615.71	1044.33	2156.9	-4560.5	2156.9	-0.611	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	32.5	369.63	1156.97	1044.33	2156.9	-2950.4	2156.9	-0.611	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
10	32.5	369.63	1156.97	483.511	2156.8	-2950	2156.8	-0.611	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	36.0	369.63	698.224	483.511	2156.8	-2149.3	2156.8	-0.611	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032