

BAB II

Praktik Perancangan Bangunan Gedung

2.1. Rangka Atap

Rangka atap yang digunakan pada perancangan gedung kantor 3 lantai ini menggunakan baja ringan, komponen – komponen rangka atap terbagi menjadi atap genteng beton, gording profil C, batang sag-rod, batang kuda-kuda, dan sambungan kuda-kuda. Berdasarkan komponen – komponen tersebut, atap genteng, gording, dan angin direncanakan sebagai beban yang akan dipikul oleh kuda – kuda dan didukung oleh baik sambungan baut maupun sambungan las.

Dari bentuk kuda-kuda dan beban-beban yang telah ditentukan, kemudian dibuat model 2 dimensi menggunakan *software* SAP2000 atau yang lain, untuk diketahui defleksi gaya-gaya dalamnya. Setelah defleksi di-cek terhadap syarat dalam SNI 03-1729-2002, kemudian dibuat tabel gaya batang seperti yang dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rencana Gaya Batang pada Kuda-Kuda

No.	Panjang	DL	LL	W.ka	W.ki	1,4DL	1,2DL + 1,6LL	1,2DL + 1,3Wka + 0,5LL	1,2DL + 1,3Wki + 0,5LL	G. Rencana
Batang	m	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2,000	42.599	4.878	-7.120	5.451	59.639	58.924	44.302	60.644	60.644
2	2,000	36.530	4.180	-5.861	4.611	51.142	50.524	38.307	51.920	51.920
3	2,000	30.519	3.489	-4.607	3.772	42.727	42.205	32.378	43.271	43.271
4	2,000	29.512	3.372	-3.344	2.512	41.317	40.810	32.753	40.366	41.317
5	2,000	29.512	3.372	-3.345	2.513	41.317	40.810	32.752	40.367	41.317
6	2,000	30.519	3.489	-2.499	1.663	42.727	42.205	35.119	40.529	42.727
7	2,000	36.530	4.180	-1.657	0.406	51.142	50.524	43.772	46.454	51.142
8	2,000	42.599	4.878	-0.819	-0.849	59.639	58.924	52.493	52.454	59.639
9	2.442	-52.187	-5.976	2.018	0.370	-73.062	-72.186	-62.989	-65.131	73.062
10	2.442	-51.410	-5.887	2.976	0.286	-71.974	-71.111	-60.767	-64.264	71.974
11	2.442	-37.216	-4.255	0.983	1.058	-52.102	-51.467	-45.509	-45.411	52.102
12	2.442	-23.615	-2.692	0.473	0.892	-33.061	-32.645	-29.069	-28.524	33.061
13	2.442	-23.615	-23.615	1.362	0.003	-33.061	-66.122	-38.375	-40.141	40.141
14	2.442	-37.216	-4.255	1.008	1.034	-52.102	-51.467	-45.476	-45.443	52.102
15	2.442	-51.410	-5.887	-0.367	3.056	-71.974	-71.111	-65.113	-60.663	71.974
16	2.442	-52.187	-5.976	0.318	2.069	-73.062	-72.186	-65.199	-62.923	73.062
17	1.401	-8.067	-0.928	1.731	-1.168	-11.294	-11.165	-7.894	-11.663	11.663
18	3.442	9.524	1.095	-2.089	1.417	13.334	13.181	9.261	13.818	13.818
19	2.801	-6.229	-0.716	1.316	-0.885	-8.721	-8.620	-6.122	-8.983	8.983
20	2.901	8.615	0.991	-1.814	1.217	12.061	11.924	8.475	12.416	12.416
21	2.119	-6.350	-0.730	1.327	-0.887	-8.890	-8.788	-6.260	-9.138	9.138
22	2.101	-1.376	-0.160	-1.769	1.772	-1.926	-1.907	-4.031	0.572	4.031
23	2.101	6.885	0.790	0.021	-0.591	9.639	9.526	8.684	7.889	9.639
24	3.442	1.635	0.190	-2.174	2.172	2.289	2.266	-0.769	4.881	4.881
25	2.442	-13.556	-1.557	1.536	-0.519	-18.978	-18.758	-15.049	-17.720	18.978
26	2.801	-0.036	-0.004	0.003	-0.002	-0.050	-0.050	-0.041	-0.048	0.050
27	2.801	18.133	2.086	-0.852	-0.313	25.386	25.097	21.695	22.396	25.386
28	3.442	1.635	0.190	1.462	-1.464	2.289	2.266	3.958	0.154	3.958
29	2.442	-13.556	-1.557	-1.050	2.066	-18.978	-18.758	-18.411	-14.360	18.978
30	2.101	-1.376	-0.160	-1.189	1.193	-1.926	-1.907	-3.277	-0.180	3.277
31	2.101	6.885	0.790	0.008	-0.579	9.639	9.526	8.668	7.904	9.639
32	2.901	8.615	0.991	1.229	-1.826	12.061	11.924	12.431	8.460	12.431
33	2.119	-6.350	-0.730	-0.902	1.342	-8.890	-8.788	-9.158	-6.240	9.158
34	2.801	-6.229	-0.716	-0.890	1.321	-8.721	-8.620	-8.990	-6.116	8.990
35	3.442	9.524	1.095	1.451	-2.124	13.334	13.181	13.863	9.215	13.863
36	1.401	-8.067	-0.928	-1.189	1.752	-11.294	-11.165	-11.690	-7.867	11.690

Pada perencanaan elemen kuda-kuda, terdapat dua hal yang perlu diperhatikan yaitu perencanaan elemen tarik (tanda positif) dan elemen tekan (tanda negative). Untuk perencanaan elemen tarik, elemen tekan, dan sambungan dapat digunakan persamaan berdasarkan pada SNI 03-1729-2002 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Perencanaan Elemen dan Sambungan Kuda-Kuda

	Persamaan	Hasil Perencanaan
Profil Baja	-	L60X60X6
Elemen tarik	$f_t = \frac{N_u}{\phi A_g} \leq f_y$	48,757 MPa \leq 290 MPa OK
Elemen tekan	$f_c = \frac{\omega N_u}{\phi A_g} \leq f_y$	209,455 MPa \leq 290 MPa OK
Kuat geser rencana baut	$V_d = \phi r_1 f_u^b A_b$	19000,352 N
Kuat rencana tumpu	$R_d = 2,4 \phi d_b t_p f_u$	50112 N
Jumlah baut	$n_b = \frac{N_u}{2V_d \text{ atau } R_d}$	2 baut

2.2. Tangga

Untuk merencanakan ruang tangga perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

- Menentukan lebar bordes yang besar minimum adalah selebar tangga.
- Menentukan tinggi optrede (O) besarnya antara 15 cm s/d 20 cm, sehingga jumlah anak tangga antar lantai adalah tinggi lantai dibagi dengan O.
- Antrede (A) ditentukan 280 mm atau 300 mm, sehingga lebar tangga Ltg adalah $\left(\frac{1}{2} \frac{h_{tt}}{O} - 1\right) A$
- Sudut kemiringan tangga adalah $\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{O}{A}\right)$

Beban tangga direncanakan terdiri dari beban mati dan beban hidup. Beban mati tangga dan bordes dihitung berdasarkan berat sendiri tangga dan bordes, berat anak tangga, berat ubin dan spesi, berat railing. Beban hidup diasumsikan 1 kN/m³. Setelah direncanakan pembebanannya, dilakukan perhitungan gaya-gaya rencana

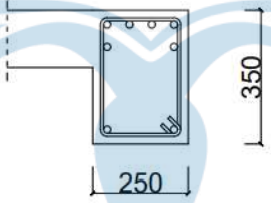
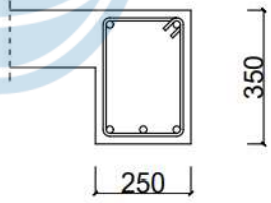
dengan bantuan *software* SAP2000 atau dihitung secara manual, kemudian berdasarkan gaya-gaya tersebut digambarkan Shear Force Diagram (SFD) dan Bending Moment Diagram (BMD).

Dari gaya-gaya rencana tersebut kemudian dihitung luas tulangan tangga, dan di-cek tebal tangga (h_{tg}) terhadap gaya geser rencana. Dari M_{ur} diperoleh luas tulangan tangga A_{tg} dalam mm^2 , dan V_{ur} digunakan untuk cek ketebalan tangga (h_{tg}) dengan $V_c \geq V_{ur}$. Jika $V_c \leq V_{ur}$ maka tebal tangga perlu diperbesar.

Tabel 3. Penulangan Tangga

	Tumpuan	Lapangan
Tulangan Tangga	D13-400	D13-200
Tulangan Bordes	D13-400	D13-200
Tulangan susut	P10-150	P10-150

Tabel 4. Penulangan Balok Bordes

TIPE	BALOK BORDES (250X350)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR		
TUL. ATAS	6D19	2D19
TUL. BAWAH	2D19	3D19
SENGKANG	2P8-50	2P-100

2.3. Pelat Lantai

Perencanaan pelat pertama-tama dimulai dari ditentukan tebal pelat lantai berdasarkan Bab 11.5 pada SNI 03-2847-2002 yang menjelaskan tentang lendutan dan tebal minimum pelat lantai. Dalam perencanaan, pelat lantai divariasikan

berdasarkan lantai, ukuran, dan kondisi tumpuan. Perencanaan selanjutnya dihitung pembebanan pada masing masing fungsi pelat. Pembebanan dapat dihitung seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 5. Tabel Pembebanan Pelat Lantai

FUNGSI	JENIS	TEBAL	B. VOLUME	DL	DL PELAT	LL	Wu=1,2D+1,6L
PELAT	PEMBEBANAN	mm	kN/m²	kN/m²	kN/m²	kN/m²	kN/m²
ATAP	Beban sendiri	110	24	2.64			
	Beban pasir						
	Beban ubin + spesi						
	Beban plafon			0.2			
	Lain" : Finishing (WP)	20	21	0.42			
	TOTAL				3.26	0.62	1
LANTAI	Beban sendiri	145	24	3.48			
	Beban pasir	50	18	0.9			
	Beban ubin + spesi	50	21	1.05			
	Beban plafon			0.2			
	Lain-lain						
	TOTAL				5.63	2.15	2.5

Penulangan pelat lantai disarankan tidak terlalu banyak variasi. Hal ini untuk mempermudah pengawasan dan pemesanan pada lapangan. Perhitungan penulangan pelat lantai dapat dilihat pada Tabel 6.

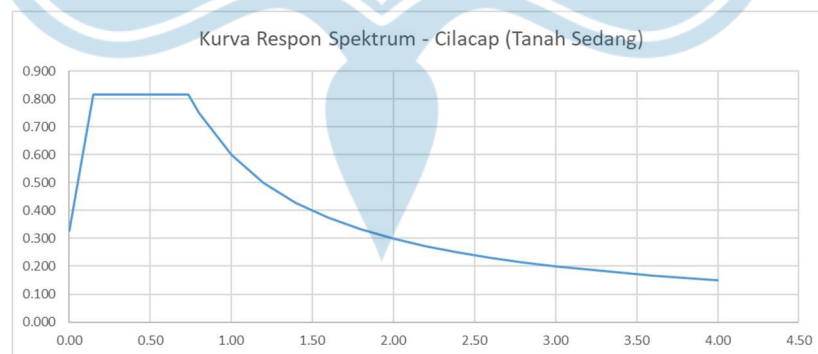
Tabel 6. Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

Tipe Pelat	Kondisi Tumpuan	Ly Lx	Arah	Koef.	Mu kNm	Vu kN	o Vc kN	A mm ²	Dipasang	
				0.001x					T. Pokok	T. Bagi
Atap A		1.5	Mlx	56	1.235	6.339	47.611	954.469	P13-100	P8-200
			Mtx	56						
	Wu=		Ly = 3							
	5.512 kN/m ²		Lx = 2 ht = 110	Mly	37			0.816	775.834	
			Mty	37						
Atap B		5	Mlx	63	1.389	6.339	47.611	1012.367	P13-100	P8-200
			Mtx	63						
	Wu=		Ly = 10							
	5.512 kN/m ²		Lx = 2 ht = 110	Mly	38			0.838	786.248	
			Mty	38						
Lantai C		1.5	Mlx	56	2.409	12.369	67.568	1333.315	P13-50	P8-150
			Mtx	56						
	Wu=		Ly = 3							
	10.756 kN/m ²		Lx = 2 ht = 145	Mly	37			0.398	541.888	
			Mty	37						
Lantai D		5	Mlx	63	2.711	12.369	67.568	1414.194	P13-50	P8-150
			Mtx	63						
	Wu=		Ly = 10							
	10.756 kN/m ²		Lx = 2 ht = 145	Mly	38			1.635	1098.324	
			Mty	38						

2.4. Perhitungan Gempa

Perhitungan gempa dilakukan dengan menghitung gempa statis dan dinamis. Pada perhitungan beban gempa statis, beban kuda-kuda, gunung-gunung, gording, dinding, dan pelat dihitung secara manual. Berdasarkan data yang ada, kemudian dilakukan pemodelan 3D pada *software* ETABS v9.2 untuk dianalisa *Base Shear* statis (V_s).

Perhitungan beban gempa dinamis menggunakan bantuan *software* ETABS v9.2, menggunakan respon spektrum kota Cilacap.



Gambar 5. Kurva Respon Spektrum Kota Cilacap

Berdasarkan data respon spektrum kota Cilacap tersebut, kemudian dilakukan analisa nilai *Base Shear* dinamis (V_d) dengan bantuan *software* ETABS v9.2. Berdasarkan SNI 1726:2012, setelah mendapatkan nilai V_s dan V_d , kemudian

dihitung rasio V_s/V_d yang dimana harus sama dengan atau lebih besar sama dengan 85%. Bila tidak memenuhi syarat, maka beban gempa statis perlu dikoreksi.

Tabel 7. Hasil Output Total Gaya yang Bekerja

TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN						
LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
DEAD	4,034E-11	1,144E-11	1,957E+04	1,957E+05	-1,589E+05	-3,170E-10
LIVE	4,085E-12	1,165E-12	1,665E+03	1,665E+04	-1,356E+04	-3,215E-11
SUPERDEAD	3,660E-12	1,044E-12	3,436E+03	3,436E+04	-2,770E+04	-2,923E-11
EX	-1,214E+03	-4,510E-10	6,679E-13	2,589E-09	-8,432E+03	1,214E+04
EY	-4,918E-10	-1,138E+03	1,705E-13	7,905E+03	-2,758E-09	-9,224E+03
SPECX	1,427E+03	2,742E-09	7,596E-13	1,802E-08	9,417E+03	1,427E+04
SPECY	3,186E-09	1,338E+03	6,885E-14	8,721E+03	2,072E-08	1,112E+04

Tabel 8. Rasio V_s/V_d Gempa Arah-x dan Gempa Arah-y

Gempa arah-x	$\frac{V_s}{V_d} = \frac{1,214}{1,427} = 0.85$	OK!
Gempa arah-y	$\frac{V_s}{V_d} = \frac{1,138}{1,338} = 0.85$	OK!

2.5. Balok

Berdasarkan hasil output dari ETABS v9.2, diambil nilai momen lentur dan gaya geser dari model 3D untuk merencanakan tulangan lentur dan tulangan geser. Contoh perhitungan tulangan lentur dan geser pada balok induk B2 (300x650) lantai 2 dan lantai 3 sebagai berikut

Tabel 9. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Induk B2

	Tumpuan	Lapangan
Diameter tulangan (d)	D22	D22
M_u	379,846 kNm	251,895 kNm
$k = \frac{M_u}{\phi b d^2}$	4,055	2,689
$\rho = \frac{0.85f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0.85P}}\right)$	0,0112	0,0070
$A_s = \rho b d$	1980,213 mm ²	1238,647 mm ²

$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \pi d^2}$	6	4
$a = \frac{As fy}{0,85 f'c b}$	187,830 mm	125,22 mm
$z = d - \frac{a}{2}$	495,055 mm	526,390 mm
$Ts = As fy$	957934,432 N	638622,955 N
$\phi Mn = 0,9 Ts z > Mu$	426,833 > Mu OK! <i>Maka digunakan</i> 6D22	302,548 > Mu OK! <i>Maka digunakan</i> 4D22

Tabel 10. Perhitungan tulangan geser balok induk B2

Diameter tulangan (d)	P10
Vu	187,544 kN
$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b d$	131,704 kN
$Vs = \frac{Vu}{0,75} - Vc$	118,354 kN
Jumlah kaki	2
$Av = 2 \left(\frac{\pi}{4} d^2 \right)$	157,080 mm ²
$s = \frac{Av fys d}{Vs}$	187,613 mm
$s \text{ maksimum} = \frac{d}{2}$	294,5 mm
$Cek : s < s \text{ maksimum}$	187,613 < 294,5 mm OK! <i>Maka digunakan 2P10-150</i>

2.6. Kolom

Berdasarkan hasil output dari ETABS v9.2, diambil nilai momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial dari model 3D untuk merencanakan tulangan lentur dan tulangan geser. Pada perencanaan tulangan lentur, rasio penulangan kolom diasumsikan antara 1% sampai 4%, kemudian digambarkan diagram interaksi

kolom dengan bantuan *software* IKOLAT2000. Contoh perhitungan tulangan lentur dan tulangan geser kolom K40x40 sebagai berikut.

Tabel 11. Perhitungan tulangan lentur kolom

Rasio Penulangan (r)	1%
Diameter tulangan (d)	D16
$As = r b h$	1600 mm ²
$n = \frac{As}{\frac{1}{4}\pi d^2}$	8 <i>Maka digunakan 8D16</i>

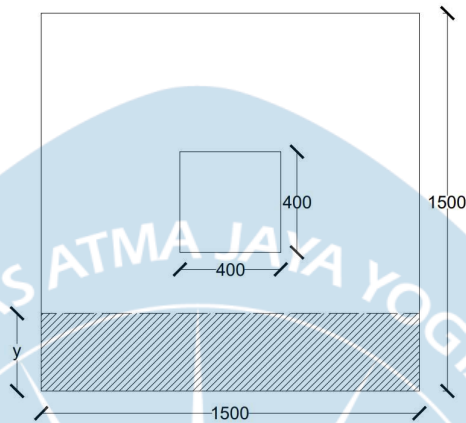
Tabel 12. Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Diameter tulangan (d)	P10
Vu	55,769 kN
Nu	262,737 kN
$Vc = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 b h} \right) \lambda \sqrt{f'c} b d$	116,203 kN
$0,5\phi Vc < Vu$	43,576 kN < Vu OK!
Jumlah kaki	2
$Av = 2 \left(\frac{\pi}{4} d^2 \right)$	157,080 mm ²
$s = \frac{Av f_{ys} d}{Vs}$	308,121 mm
$s \text{ maksimum} = \frac{1}{4} b$	100 mm
	<i>Maka digunakan 2P10-100</i>

2.7. Pondasi

Pondasi yang digunakan pada proyek pembangunan gedung kantor ini adalah pondasi tapak (*footplate*). Pondasi tapak kemudian dibagi menjadi dua tipe berdasarkan bentuk penampang, yaitu bujur sangkar dan persegi panjang. Setelah

menentukan dimensi penampang dan tebal pondasi, lakukan pengontrolan gaya geser pondasi dari arah-x, arah-y, dan kontrol dua arah (arah-x dan arah-y). Berikut adalah salah satu contoh perhitungan kontrol arah-x pada pondasi P1 (bujur sangkar).



Gambar 6. Sketsa Kontrol Arah-x Pondasi P1

$$y = \frac{B-bk}{2} - d$$

$$y = \frac{1500}{2} - 242$$

$$y = 308 \text{ mm}$$

$$d' = 198 \text{ mm}$$

$$A' = y L$$

$$A' = 308(1500)$$

$$A' = 462000 \text{ mm}^2 = 0,462 \text{ m}^2$$

$$Vu = Qu A'$$

$$Vu = 142,193(0,462)$$

$$Vu = 65,693 \text{ kN}$$

$$Vc = 0,17 \lambda \sqrt{f'c} L d'$$

$$Vc = 0,17(1) (\sqrt{25})(1500)(198)$$

$$V_c = 225,798 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 169,349 \text{ kN} > V_u = 65,693 \text{ kN}$$

