

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG LFC BETON BERTULANG TAHAN GEMPA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA PADA DAERAH GEMPA TINGGI

Andika Firmansyah¹, Soerjandani Priantoro Machmoed²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

Email: Andikafirmansyah88@gmail.com. king_sur@ymail.com

Abstrak. LFC Office terdiri dari 10 lantai dengan ukuran 30 x 25 m dan lokasi berada di Mataram. Untuk mengurangi risiko kerusakan pada bangunan gedung bertingkat terutama akibat adanya gempa maka diperlukan perencanaan gedung tahan gempa. Dalam perencanaan akan menggunakan struktur beton bertulang dengan Sistem Ganda. Pada Sistem Ganda rangka kolom dan dinding geser didesain harus mampu menahan gaya geser dasar sesuai dengan proporsi dasar kekakuan keduanya. Pendistribusiannya adalah kolom menerima gaya geser dasar minimal sebesar 25% sedangkan sisanya ditahan oleh dinding geser. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan acuan Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2003) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012) dengan mutu beton (f_c') 30 MPa dan mutu baja (f_y) 390 MPa. Analisa struktur menggunakan program SAP 2000 dan program PCACOL. Dari hasil perhitungan didapatkan dimensi balok induk 30/50 cm, kolom 60/60 cm, tebal dinding struktur 30 cm, tebal pelat atap 10 cm, tebal pelat lantai 12 cm, dimensi tiang pancang 50 x 50 cm dengan panjang 19 m, pile cap untuk kolom 275 x 275 x 70 cm, dan pile cap untuk dinding struktur 975 x 275 x 180 cm.

Kata kunci : Gedung , dinding geser, gempa, beton bertulang

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang begitu pesat menyebabkan sempitnya lahan untuk bangunan pemukiman dan perkantoran. Salah satu alternatif untuk mengatasi hal ini adalah dengan membangun gedung-gedung bertingkat tinggi. Oleh karena itu kebutuhan akan gedung-gedung bertingkat semakin meningkat. Hal ini mendorong masyarakat untuk pertumbuhan bisnis yang semakin baik disemua sektor.

Struktur bangunan bertingkat rawan terhadap gaya lateral, terutama terhadap gaya yang ditimbulkan oleh gempa. Gempa bumi merupakan peristiwa bergetarnya bumi yang disebabkan oleh pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba dikarenakan oleh peningkatan aktivitas geologi yang terjadi dalam bumi, seperti terjadinya pergeseran antar lempeng benua yang menyebabkan terjadinya gempa bumi (Purwono, 2010).

Dinding geser (shear wall) adalah dinding yang berfungsi sebagai pengaku yang menerus sampai ke pondasi dan juga merupakan dinding inti untuk memperkaku seluruh bangunan yang dirancang untuk menahan gaya geser dan gaya lateral akibat gempa bumi. Dinding geser pada

umumnya bersifat kaku, sehingga deformasi (lendutan) horizontal menjadi kecil (Agus Setiawan, 2016).

Perencana struktur di negara Indonesia dituntut agar lebih kreatif dan inovatif dimana negara Indonesia merupakan wilayah rawan terhadap gempa bumi. Oleh karena itu, untuk gedung bertingkat di Indonesia hendaknya direncanakan dengan maksimal agar dapat menahan beban gempa (Kusuma dan Tavio, 2009). Gedung LFC merupakan salah satu bangunan bertingkat dengan 10 lantai di kota Mataram, yang termasuk dalam kategori wilayah gempa tinggi. Dalam merencanakan struktur bangunan ini menggunakan dinding geser yang nantinya menghasilkan luasan efektif ruangan gedung, dimana struktur utama akan lebih ideal karena beban gempa diterima oleh dinding geser, selain itu berfungsi sebagai keamanan karena penempatan dinding geser berada di jalur evakuasi atau darurat (Cormac, Jack, 2003). Dalam perencanaannya gedung LFC mengacu pada peraturan SNI 2847:2013, tentang perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung, dan SNI 1726:2012, yaitu perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung.

1.2 Identifikasi Masalah

Berikut identifikasi masalah yang akan di ulas:

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG LFC BETON BERTULANG TAHAN GEMPA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA PADA DAERAH GEMPA TINGGI

(Andika Firmansyah, Soerjandani Priantoro Machmoed)

- 1) Perencanaan gedung LFC Office dengan tinggi lantai 40 meter.
- 2) Perencanaan gedung bertingkat dengan struktur beton.
- 3) Perencanaan struktur beton dengan Sistem Ganda pada daerah gempa tinggi.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka untuk perencanaan struktur gedung LFC tahan gempa menggunakan dinding geser yang perlu ditinjau adalah :

- 1) Perencanaan dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekakuan portal dengan menggunakan dinding geser ditinjau dari joint displacement yang terjadi pada gedung bertingkat akibat beban yang bekerja pada setiap elemen struktur sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 ?
- 2) Bagaimana detailing untuk struktur gedung dengan menggunakan Sistem Dinding Geser pada wilayah Mataram, sesuai dengan SNI 2847:2013?

1.4 Maksud dan Tujuan Perencanaan

Maksud dari penulisan ini adalah untuk menerapkan ilmu dari perkuliahan dalam bentuk perencanaan struktur yang dibuat dalam bentuk suatu perhitungan yang mengacu pada peraturan yang berlaku dan dalam bentuk gambar struktur. Adapun tujuan sebagai berikut :

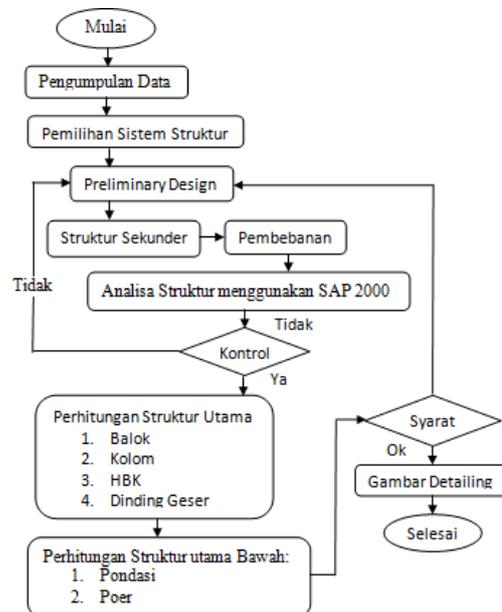
- 1) Menganalisa perhitungan struktur beton bertulang untuk bangunan gedung di wilayah gempa, dengan menggunakan sistem dinding geser
- 2) Mendapatkan suatu perencanaan bangunan gedung yang dapat menahan beban gempa, dengan menerapkan sistem dinding geser yang mengacu pada SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013

1.5 Batasan Masalah

Karena keterbatasan waktu maka peneliti membatasi masalah yang dibahas, yaitu:

- 1) Tidak meninjau Analisa Rencana Anggaran Biaya.
- 2) Tidak meninjau system utilitas bangunan, perencanaan pembuangan saluran air bersih dan kotor, instalasi jaringan listrik, finishing, arsitektur, manajemen konstruksi dan pelaksanaan yang ada di lapangan.
- 3) Perencanaan struktur meliputi perencanaan perhitungan beton pada struktur bangunan, perhitungan gempa, dan perencanaan struktur pondasi.

2. METODOLOGI PERENCANAAN



Gambar 1. Diagram Alur Perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perencanaan Awal dan Dimensi Struktur

Perencanaan struktur gedung yang kuat dan aman harus berdasarkan kebutuhan tata ruang dan desain secara arsitekturan. Hal ini dilakukan agar adanya kesesuaian antara elemen struktur yang direncanakan dan fungsinya. Oleh karena ini pendimensian setiap elemen struktur yang ditaksir harus sama dengan desain bangunan tersebut.

- Dimensi Balok
Balok Anak = 25/40 cm
Balok Induk = 30/50 cm
- Dimensi Kolom
Kolom = 60/60 cm
- Dimensi Dinding Geser
Dinding Geser = 30 cm

4. PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

Struktur sekunder hanya didesain untuk menerima beban yang menyebabkan lentur saja dan tidak didesain untuk menahan beban gempa. Kerusakan pada setruktur sekunder boleh terjadi ketika terjadi gempa, karena struktur sekunder memang tidak berperan dalam

berdirinya suatu gedung, akan tetapi struktur sekunder tetap turut membebani struktur primer.

4.1 Perencanaan Lantai

Mutu Beton (f_c) : 30 MPa
 Mutu Baja (f_y) : 30 MPa
 Tebal Pelat Atap : 10 cm
 Tebal Pelat Lantai : 12 cm

- Hasil Penulangan Pelat Atap:
 - Tulangan arah x = $D10-250$ mm
 - Tulangan arah y = $D10-250$ mm
- Hasil Penulangan Pelat Lantai:
 - Tulangan Arah x = $D12-300$ mm
 - Tulangan Arah y = $D12-350$ mm

4.2 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan suatu sarana untuk menghubungkan antara ruang yang memiliki perbedaan elevasi didalam sebuah bangunan. Pada perencanaan ini tangga dijadikan sebagai sarana penghubung tiap lantai. Tangga pada gedung ini direncanakan dengan data perencanaan sebagai berikut :

Mutu beton (f_c) = 30 MPa
 Mutu baja (f_y) = 390 MPa
 Beda tinggi lantai = 400 cm
 Elevasi bordes = 200 cm
 Panjang bordes = 150 cm
 Lebar bordes = 300 cm
 Tinggi tanjakan = 17 cm
 Lebar tanjakan = 30 cm

- Hasil penulangan pelat tangga:
 - Tulangan Perlu = $D16-100$ mm
 - Tulangan Susut = $D8-150$ mm
- Hasil penulangan pelat bordes:
 - Tulangan Perlu = $D16-100$ mm
 - Tulangan Susut = $D8-150$ mm
- Hasil penulangan balok bordes:
 - Tumpuan Atas = 2D12
 - Tumpuan Bawah = 2D12
 - Lapangan Atas = 2D12
 - Lapangan Bawah = 2D12
- Hasil penulangan balok penumpu:
 - Tumpuan Atas = 2D12
 - Tumpuan Bawah = 2D12
 - Lapangan Atas = 2D12
 - Lapangan Bawah = 2D12

4.3 Perencanaan Balok Anak Lantai

Pada subbab ini akan dibahas mengenai penulangan balok anak lantai dengan data perencanaan sebagai berikut:

Mutu beton (f_c') = 30 MPa
 Mutu baja (f_y) = 390 MPa
 Dimensi balok = 30 x 40
 Diameter tulangan utama = D16 mm
 Diameter tulangan sengkang = D10 mm

Selimit beton = 40 mm

- Hasil Penulangan Balok Anak Lantai:
 - Lapangan Bawah = 2D16 ($A_s = 401,92$ mm²)
 - Lapangan Atas = 2D16 ($A_s = 401,92$ mm²)
 - Tumpuan Bawah = 2D16 ($A_s = 401,92$ mm²)
 - Tumpuan Atas = 2D16 ($A_s = 401,92$ mm²)
 - Tulangan Tumpuan Sengkang = $D 10-150$ mm
 - Tulangan Lapangan Sengkang = $D 10-150$ mm

4.4 Perencanaan Balok Anak Atap

Pada subbab ini akan dibahas mengenai penulangan balok anak atap dengan data perencanaan sebagai berikut:

Mutu beton (f_c') = 30MPa
 Mutu baja (f_y) = 390 MPa
 Dimensi balok = 20 x 30
 Diameter tulangan utama = D16 mm
 Diameter tulangan sengkang = D10 mm
 Selimit beton = 40 mm

- Hasil Penulangan Balok Anak Atap:
 - Lapangan Bawah = 2D16 ($A_s = 401,92$ mm²)
 - Lapangan Atas = 2D16 ($A_s = 401,92$ mm²)
 - Tumpuan Bawah = 2D16 ($A_s = 401,92$ mm²)
 - Tumpuan Atas = 2D16 ($A_s = 401,92$ mm²)
 - Tulangan Tumpuan Sengkang = $D10-150$ mm
 - Tulangan Lapangan Sengkang = $D10-150$ mm

4.5 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Perencanaan yang dilakukan meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift, yang terdiri dari balok penggantung lift. Pada bangunan ini digunakan lift penumpang tipe simplex dengan data-data sebagai berikut :

Balok lift : 30/50
 Tipe lift : Duplex
 Kapasitas : 15 orang (1000 kg)
 Merk : *Sigma Mid Rise Elevator*
 Kecepatan : 1,5 m/sec
 Lebar pintu : 900 mm
 Dimensi sangkar (car size)
 Outside : 1650 x 1632 mm²
 Inside : 1600 x 1450 mm²
 Dimensi ruang luncur (Hoistway) : 4550 x 2000 mm²
 Beban reaksi ruang mesin :

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG LFC BETON BERTULANG TAHAN GEMPA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA PADA DAERAH GEMPA TINGGI

(Andika Firmansyah, Soerjandani Priantoro Machmoed)

$R_1 = 9507$ kg (berat mesin penggerak lift + beban kereta + perlengkapan)

$R_2 = 7207$ kg (berat bandul pemberat + perlengkapan)

- Hasil Penulangan Balok Penggantung lift :
 - Lapangan Bawah = 10D16 (As = 2009,6 mm²)
 - Lapangan Atas = 5D16 (As = 1004,8 mm²)
 - Tumpuan Bawah = 2D16 (As = 402 mm²)
 - Tumpuan Atas = 3D16 (As = 602,8 mm²)
 - Tulangan Tumpuan Sengkang = D12-100 mm
 - Tulangan Lapangan Sengkang = D12-150 mm

5. PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

Struktur primer merupakan komponen utama yang terdiri dari balok induk, kolom, dan dinding struktur dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku dari suatu gedung. Struktur primer harus didesain dengan baik agar kemungkinan terjadinya keruntuhan akibat beban gempa dapat diperkecil. Dalam analisa struktur pada tugas akhir ini, struktur gedung dimodelkan dengan program struktur yaitu program bantu SAP2000 V 11, pemodelan struktur berdasarkan SNI 1726:2012, SNI 2847:2013 dengan menggunakan sistem ganda.

5.1 Menghitung Beban Gravitasi

Beban gravitasi yang terjadi pada struktur bangunan berupa beban mati dan beban hidup yang bekerja pada tiap lantai. Analisa struktur untuk tugas akhir ini memakai program bantu SAP2000, sehingga besarnya massa bangunan dapat diperoleh secara otomatis pada output SAP2000 seperti pada Tabel 1 dibawah ini.

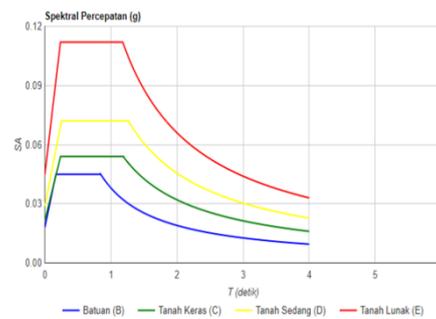
Tabel 1. Massa Lantai

Lantai ke	Massa Lantai (kg)	Berat Lantai (kg)
1	73170	731700
2	73170	731700
3	73170	731700
4	73170	731700
5	73170	731700
6	73170	731700
7	73170	731700
8	73170	731700
9	73170	731700
10	65795	657950
total		7243250

5.2 Menghitung Beban Gempa

a. Data Respon Spektral Kota Mataram

Berdasarkan hasil dari respon spektral (Puskim.pu.go.id), didapat tabel nilai respon spektrum untuk tanah lunak di kota Mataram.



Gambar 3. Respon Spektrum

Dari gambar diatas didapat nilai respon spektrum untuk tanah sedang seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Respon Spektrum untuk Tanah Lunak di Kota Mataram.

Tanah Sedang	
PGA (g)	0,437
S ₅ (g)	0,96
S ₁ (g)	0,385
CRS	1,056
CR1	0,951
FPGA	0,9
F _A	0,949
F _V	2,461
PSA (g)	0,393
S ₁₅ (g)	0,91
S ₁₁ (g)	0,947
S ₀₅ (g)	0,607
S ₀₁ (g)	0,631
T ₀ (detik)	0,208
T ₅ (detik)	1,04

b. Distribusi Beban Gempa

Sesuai SNI 1726 : 2012 pasal 7.8.1 distribusi gaya gempa berdasarkan beban geser dasar seismik yang dibagi sepanjang tinggi struktur gedung:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,087$$

$$V = C_s \cdot W = 0,087 \times 7243250 = 630162,75 \text{ kg}$$

c. Beban Gempa Statik Ekuivalen

Hasil perhitungan F_i dirangkum dalam Tabel 3 dengan $k = 1 \rightarrow T_a > 0,5$

Tabel 3. Distribusi Gaya Geser Akibat Gempa di Sepanjang Tinggi Gedung

Lantai	Tinggi Zi (m)	Berat Lantai Wi (kg)	Wi . Zi ^{4k} (Kgm)	V (kg)	Fi (kg)
10	40000	657950	26318000000	630162,75	104950,0282
9	36000	731700	26341200000	630162,75	105042,5444
8	32000	731700	23414400000	630162,75	93371,15054
7	28000	731700	20487600000	630162,75	81699,75673
6	24000	731700	17560800000	630162,75	70028,36291
5	20000	731700	14634000000	630162,75	58356,96909
4	16000	731700	11707200000	630162,75	46685,57527
3	12000	731700	8780400000	630162,75	35014,18145
2	8000	731700	5853600000	630162,75	23342,78764
1	4000	731700	2926800000	630162,75	11671,39382
Σ		7243250	1,58024E+11		630162,75

d. Batasan Simpangan Antar Lantai

Simpangan gedung tingkat desain < simpangan gedung tingkat ijin. Gedung LFC berada dikategori resiko II, dengan Δa sebesar 0,02 hsx. Nilai simpangan antar lantai dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai Simpangan Tiap Lantai

Lantai	Simpangan terjadi	Simpangan terjadi	Simpangan antar lantai tingkat desain	Simpangan antar lantai tingkat desain	Simpangan antar lantai tingkat ijin	Syarat
	δ_x (m)	δ_y (m)	δ_{x_d} (m)	δ_{y_d} (m)	(Δ_i) (m)	
Atap	0,0267	0,0263	0,0165	0,0154	0,0800	OK
9	0,0237	0,0235	0,0171	0,0182	0,0800	OK
8	0,0206	0,0202	0,0176	0,0171	0,0800	OK
7	0,0174	0,0171	0,0182	0,0187	0,0800	OK
6	0,0141	0,0137	0,0176	0,0193	0,0800	OK
5	0,0109	0,0102	0,0165	0,0149	0,0800	OK
4	0,0079	0,0075	0,0154	0,0154	0,0800	OK
3	0,0051	0,0047	0,0138	0,0132	0,0800	OK
2	0,0026	0,0023	0,0099	0,0094	0,0800	OK
1	0,0008	0,0006	0,0044	0,0033	0,0800	OK

e. Analisa Sistem Ganda

Dari hasil analisa struktur (output SAP2000) kemudian dilakukam pengecekan pada base shear bahwa sistem struktur yang terdiri dari kombinasi dinding struktur dan sistem rangka.

Tabel 5. Nilai Prosentase Antara SRPM dan Dinding Geser

KOMBINASI	Arah Gempa Fx		SRPM > 25% DS < 75%	Arah Gempa Fy		SRPM > 25% DS < 75%
	Dinding Geser	SRPM		Dinding Geser	SRPM	
COMB1	71%	29%	OK	73%	27%	OK
COMB2	74%	26%	OK	72%	28%	OK
COMB3	76%	24%	OK	75%	25%	OK
COMB4	74%	26%	OK	73%	27%	OK
COMB5	72%	28%	OK	74%	26%	OK
COMB6	73%	27%	OK	72%	28%	OK
COMB7	72%	28%	OK	74%	26%	OK
COMB8	75%	25%	OK	73%	27%	OK
COMB9	71%	29%	OK	70%	30%	OK
COMB10	72%	28%	OK	72%	28%	OK
COMB11	75%	25%	OK	73%	27%	OK
COMB12	74%	26%	OK	76%	24%	OK
COMB13	70%	30%	OK	74%	26%	OK
COMB14	74%	26%	OK	70%	30%	OK
COMB15	70%	30%	OK	74%	26%	OK
COMB16	75%	25%	OK	72%	28%	OK
COMB17	74%	26%	OK	75%	25%	OK
COMB18	75%	25%	OK	73%	27%	OK

5.3 Perencanaan Balok Induk

Perencanaan balok induk pada tugas akhir ini dengan cara memeriksa momen-momen yang terjadi pada setiap balok induk, momen pada balok induk didapat dari output SAP2000 dan harus diambil satu balok dengan momen yang paling besar. Pada hasil pemeriksaan dari struktur yang direncanakan didapat momen yang terbesar berada pada balok Object 413 (as F bentang 5)

Tabel 6. Resume Momen Terbesar pada Balok Object 413 dilantai 5

Ujung Kiri	236828521
Tengah	33568943,8
Ujung Kanan	124748020,1

5.3.1 Penulangan Lentur Balok Induk

Data perencanaan

Bentang balok (L) = 5000 mm

Lebar balok (b) = 300 mm

Tinggi balok (h) = 500 mm

Selimit beton (s) = 40 mm

Diameter tulangan utama = D22

Diameter tulangan sengkang = D12

Mutu beton (f_c') = 30 MPa

Mutu baja Tulangan (f_y) = 390 MPa

Mutu baja Sengkang (f_{ys}) = 390 MPa

• Hasil Penulangan Balok Induk Ujung Kiri Positiif

- Tulangan Tumpuan Atas : 4D22 (As = 1521 mm²)

- Tulangan Tumpuan Bawah : 3D22 (As = 1140 mm²)

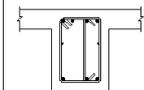
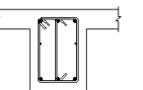
Tabel 7. Resume Penulangan Balok Induk

lokasi	Mu (Nmm)	As perlu (mm ²)	As terpasang (mm ²)	Tulangan		Mu tulangan (Nmm)
				Atas	Bawah	
Kiri	271164857	1492,8	1521	4D22	3D22	236828521
Tengah	206154482	771,08	1140	3D22	2D22	33568944
Kanan	206154482	771,08	1140	3D22	3D22	124748020

5.3.2 Penulangan Geser Balok Induk

Dipakai tulangan geser tumpuan 3D12-100

Dipakai tulangan geser lapangan 3D12-150

Tipe	Balok Induk 35/50	
	Tumpuan	Lapangan
Letak		
SKETSA		
Tulangan Atas	4 D22	3 D22
Tulangan Samping	2 D12	2 D12
Tulangan Bawah	3 D22	3 D22
Tulangan Sengkang	3 D12-100 mm	3 D12-150 mm

Gambar 4. Sketsa Posisi Tulangan pada Balok Induk

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG LFC BETON BERTULANG TAHAN GEMPA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA PADA DAERAH GEMPA TINGGI

(Andika Firmansyah, Soerjandani Priantoro Machmoed)

5.4 Perencanaan Kolom

Dataperencanaan:

- Dimensi Kolom = 600mmx600mm
- Mutu beton (fc) = 30 MPa
- Mutu baja (fy) = 390 MPa
- Selimit beton = 50 mm
- Tulangan utama = D22
- Tulangan sengkang = D12

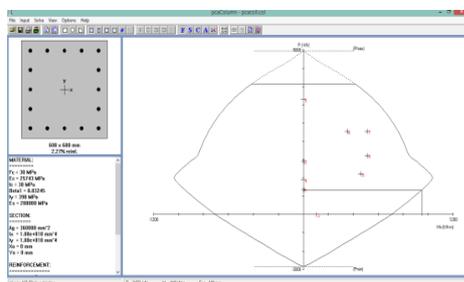
5.4.1 Perhitungan Tulangan Lentur

Untuk mendesain tulangan memanjang kolom, terlebih dahulu harus diketahui gaya yang terjadi pada kolom tersebut. Gaya yang paling besar selalu terjadi pada kolom terbawah, karna pada kolom terbawah memikul berat gedung secara keseluruhan. Oleh karena itu pemeriksaan gaya-gaya yang terjadi hanya dilakukan pada kolom terbawah, pada tugas akhir ini kolom terbawah terletak pada lantai satu. Gaya-gaya yang terjadi dapat langsung dilihat dari hasil output SAP2000 dan dipilih gaya-gaya terbesar dari setiap beban dan jenis kombinasi beban, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8 Gaya-gaya Dalam Kolom C21 Lantai 1 dari Perhitungan SAP2000

NO	Jenis Beban	Axial (KN)	Momen (KNm)
1	Mati	1359	-2,74
2	Hidup	2914	-2,32
3	Gempa	0,38	106
4	1,4D	1903	-0,38
5	1,2D + 1,6L	6293	-1
6	1,2D + 1,0L + 1,0E	4545	350
7	1,2D + 1,0L - 1,0E	4544	-511
8	0,9D + 1,0E	1223	410
9	0,9D - 1,0E	1222	-510

$$P_u = 6293 \text{ KN} > \frac{A_g f_c}{10} = 1080 \text{ KN (OK)}$$



Gambar 5 Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom

Berdasarkan Gambar 5. kolom memerlukan tulangan memanjang 16D22 atau 2,27% (0,0227 Ag)

5.4.2 Penulangan Geser Kolom

Dipakai tulangan geser tumpuan 15D12-100
Dipakai tulangan geser lapangan 15D12-110

Type	Kolom 60/60	
	Tumpuan	Lapangan
Letak		
SKETSA		
Tulangan Utama	16 D22	16 D22
Tulangan Sengkang	15 D12-100 mm	15 D12-110 mm

Gambar 6. Penulangan Kolom

5.4.3 Syarat Strong Column Weak Beam

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$$

$$1061,5 \geq 898 \quad (\text{OK})$$

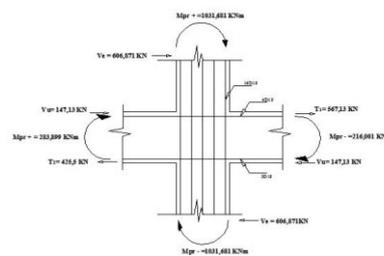
5.4.4 Desain Hubungan Balok Kolom

Pada perhitungan ini menggunakan contoh HBK dengan gaya aksial terbesar

- Desain HBK Terkekang Empat Balok
Besarnya tegangan geser nominal joint V_n adalah:

$$\phi V_n = \phi 1,7 \sqrt{f_c A_j} = 0,75 \times 1,7 \sqrt{30} \cdot (600 \times 600) = 2514,05 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 2514,5 \text{ KN} > V_{x-x} = 1463,7 \text{ KN (OK)}$$

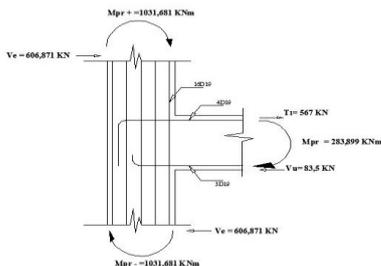


Gambar 7. HBK Terkekang Empat Balok

- Desain HBK Terkekang Tiga atau Dua Balok

$$\phi V_n = \phi 1,7 \sqrt{f_c A_j} = 0,75 \times 1,2 \sqrt{30} \cdot (600 \times 600) = 1774,62 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 1774,62 \text{ KN} > V_{x-x} = 630,23 \text{ KN (OK)}$$



Gambar 8. HBK Terkekang Tiga atau dua Balok

5.5 Perencanaan Dinding Geser

Data perencanaan :

Tebal dinding = 300 mm

Mutu beton (fc) = 30 MPa

Mutu baja (fy) = 390 MPa

Selimit beton = 50 mm

Tulangan utama = D36

Tulangan sengkang = D19

Gaya-gaya yang diambil untuk perencanaan dinding struktur adalah gaya yang terletak pada dinding geser lantai 1,

Tabel 9 Resume Gaya pada Dinding Geser P1 Lantai 1

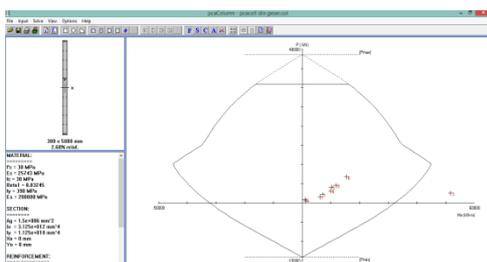
	Jenis beban	Aksial (kN)	Geser (kNm)	Momen (kNm)
	Mati	-2247,3	3,1	-7088,1
	Hidup	-937,5	0,82	-975,4
	Gempa	-2594	111,2	-51743,5
No	Kombinasi Beban			
1	1,4D	-3146,2	5,1	-9923,34
2	1,2D+1,6L	-4196,76	3,36	-10066,4
3	1,2D+L+E	-6790,76	116,23	-15433,2
4	1,2D+L-E	-1602,76	-106,2	-6251,9
5	0,9D+E	-4616,57	113,9	-11766,2
6	0,9D-E	571,43	-108,41	-1277,44

5.5.1 Kekuatan Aksial Desain Dinding Geser

Kekuatan desain aksial dinding geser telah mencukupi untuk menahan gaya aksial yang terjadi

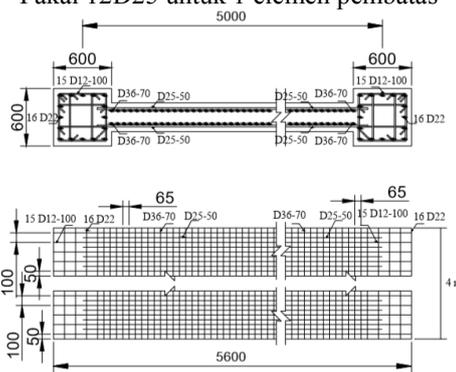
$$\phi P_n = 144787500 \text{ kN} > 6790,76 \text{ kN(OK)}$$

untuk kebutuhan jumlah tulangan dan prosentase tulangan dinding geser dapat dilihat pada gambar 5.6, dengan hasil prosentase program PCACOL adalah sebesar 2,68% atau 0,0268 Ag (OK)



Gambar 9 Diagram Interaksi Desain Kekuatan Dinding Geser dengan Elemen Pembatas

- a. **Penulangan Dinding Geser**
Batas geser dinding geser tidak diambil lebih besar dari pasal 21.9.4.4, yaitu:
 $V_n = 4034,3 \text{ kN}$
Maka nilai V_u diambil sebesar 4034,3 kN
- b. **Penulangan Sengkang Dinding Geser**
Pakai sengkang 2D25-50 untuk sengkang dinding geser
- c. **Penulangan Vertikal Dinding Geser**
Pakai tulangan longitudinal D36-70 sebanyak 2 tirai untuk dinding geser, jumlah 1 tirai = 62 buah
- d. **Kebutuhan Sengkang Elemen Pembatas**
Pakai sengkang 5D12-100 untuk elemen pembatas
- e. **Tulangan Longitudinal Elemen Pembatas**
Pakai 12D25 untuk 1 elemen pembatas



Gambar 10. Tulangan pada Dinding Geser dan Elemen Pembatas

6. PONDASI

6.1 Daya Dukung Tanah

Daya dukung satu tiang dapat ditinjau berdasarkan kekuatan beban dan kekuatan tanah tempat tiang tersebut ditanam. Kekuatan beban (beton bertulang) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 dengan memperhatikan faktor reduksi bahan dan faktor tekuk. Sedangkan kekuatan daya dukung tanah harus dihitung dengan memberikan angka keamanan dan efisiensi dari grup tiang. Dari kedua kekuatan (kekuatan bahan dan tanah) tersebut diambil nilai yang terkecil untuk dijadikan acuan dalam menentukan jumlah tiang pancang dalam satu grup atau satu poer.

6.2 Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Bahan

Gedung LFC :

Dimensi : 50 x 50cm

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG LFC BETON BERTULANG TAHAN GEMPA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA PADA DAERAH GEMPA TINGGI

(Andika Firmansyah, Soerjandani Priantoro Machmoed)

Kelas	: D
Berat	: 605 kg/m
Momen nominal	: 16,61 ton.m
Kuat beban (P_{tiang})	: 325,09 Ton
Panjang tiang pancang	: 19 m

$$= 714975 \text{ kg}$$

$$= 714,97 \text{ ton}$$

$$\phi V_c > \sum P$$

$$\sum P = 658,48 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 714,97 \text{ ton} > \sum P = 658,5 \text{ ton (OK)}$$

6.3 Perencanaan Pondasi Kolom

Dari analisa SAP2000 dipilih gaya yang paling besar untuk keperluan perencanaan pondasi untuk kolom, berikut adalah gaya-gaya terbesar yang terjadi :

$$P = 629300 \text{ kg}$$

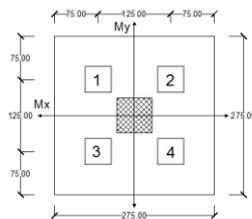
$$M_x = 627773,6 \text{ kgm}$$

$$M_y = 451168,3 \text{ kgm}$$

Jumlah kebutuhan tiang pancang untuk satu kelompok:

$$n = \frac{P}{P_{\text{ijin}}} = \frac{656,7}{246,67} = 2,7 \text{ buah} = 4 \text{ buah}$$

untukantisipasi keamanan struktur dipakai 4 buah tiang pancang ukuran 50 x 50 cm.



Gambar 11. Denah Kelompok Tiang Pancang Efisiensi tiang pancang group:

$$\eta = 0,75$$

$$P_{\text{group tiang}} = 742 \text{ ton} > \sum P = 658 \text{ ton (OK)}$$

6.3.1 Perencanaan Pile Cap Kolom

Data perencanaan :

Dimensi pile cap = 275 cm x 275 cm

Tebal pile cap = 70 cm

Dimensi kolom = 60 x 60 cm

Mutu beton (f_c) = 30 MPa

Mutu baja (f_y) = 390 MPa

D tulangan utama = D25 mm

Selimit beton (p) = 70 mm

Tinggi efektif (d_x) = $700 - 70 - 1/2 \times 25 = 917,5 \text{ mm}$

Tinggi efektif (d_y) = $700 - 70 - 22 - 1/2 \times 25 = 892,5 \text{ mm}$

- Penulangan Arah X

Pakai 25D25 ($A_s = 12272 \text{ mm}^2$), jarak antar tulangan = 110 mm

- Penulangan Arah Y

Pakai 27D25 ($A_s = 13254 \text{ mm}^2$), jarak antar tulangan = 110 mm

- Geser Pons Pile Cap Kolom

Nila V_c yang terkecil yaitu = 2573897,6 kg

$$\phi V_c = 0,75 \times 841147,07 \text{ kg}$$

6.4 Perencanaan Pondasi Dinding Geser

Perencanaan pondasi dinding struktur harus direncanakan menggunakan gaya terbesar akibat kombinasi pembebanan pada dasar dinding geser, dari hasil perhitungan program struktur SAP2000 didapat reaksi perletakan terbesar dari masing-masing kombinasi sebagai berikut :

$$P = 1541157,7 \text{ kg}$$

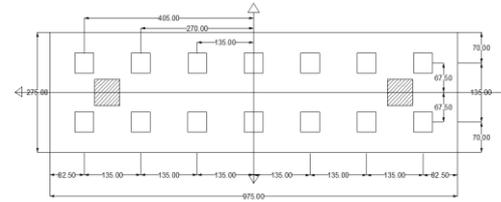
$$M_x = 45116,8 \text{ kgm}$$

$$M_y = 62777,3 \text{ kgm}$$

kebutuhan tiang pancang untuk satu kelompok:

$$n = \frac{P}{P_{\text{ijin}}} = \frac{1671,74}{246,66} = 6,7 = 14 \text{ Buah}$$

untukantisipasi keamanan struktur Maka dipakai 14 buah tiang pancang ukuran 50x50 cm



Gambar 12. Denah Kelompok Tiang Pancang Dinding Geser Efisiensi tiang pancang group :

$$\eta = 0,69$$

$$P_{\text{group tiang}} = 2382,8 \text{ ton} > \sum P = 1607,4 \text{ ton (OK)}$$

6.4.1 Perencanaan Pile Cap Dinding Geser

Data perencanaan:

Dimensi pile cap = 940 cm x 290 cm

Tebal pile cap = 180 cm

Dimensi DS = 40 x 740 cm

Mutu beton (f_c) = 30 MPa

Mutu baja (f_y) = 420 MPa

D tulangan utama = D25 mm

Selimit beton (p) = 70 mm

Tinggi efektif (d_x) = $1800 - 70 - 1/2 \times 25 = 1717,5 \text{ mm}$

Tinggi efektif (d_y) = $1800 - 70 - 25 - 1/2 \times 25 = 1692,5 \text{ mm}$

- Penulangan Arah X

Pakai 26D29 ($A_s = 17174 \text{ mm}^2$), jarak antar tulangan 110 mm

- Penulangan Arah Y

Pakai 26D29 ($A_s = 17174 \text{ mm}^2$), jarak antar tulangan 110 mm

- Geser Pons Pile Cap Dinding Geser

Nilai V_c yang terkecil yaitu = 2879599,2 kg
 $\phi V_c = 0,75 \times 3883754,596 \text{ kg}$
 = 33301191,4 kg
 = 3330,11 ton

$\phi V_c > \sum P$
 $\sum P = 1671,74 \text{ ton}$
 $\phi V_c = 3330,11 \text{ ton} > \sum P = 1671,7 \text{ ton (OK)}$

6.5 Perencanaan Sloof

Data perencanaan:

Gaya aksial dasar kolom = 6293 KN (Pu kolom)

Pu Sloof = 10% x 6293 KN = 629,3 kN
 = 629300 N

Panjang sloof = 600 - 60 = 540 cm
 Dimensi sloof = 40x60 cm
 Mutu beton (f_c) = 30 MPa
 Mutu baja (f_y) = 390 MPa
 Tulangan utama = D22
 Tulangan sengkang = D12
 Selimut beton = 50 mm

Tegangan ijin tarik beton :

$f_t \text{ ijin} = 0,5\sqrt{f_c} = 0,5\sqrt{30} = 2,74 \text{ MPa}$

Tegangan tarik yang terjadi :

$f_t = \frac{P_u}{\phi b h} = \frac{62930}{0,8 \cdot 400 \cdot 600} = 0,32 \text{ MPa} < f_t \text{ ijin} = 2,74 \text{ MPa (OK)}$

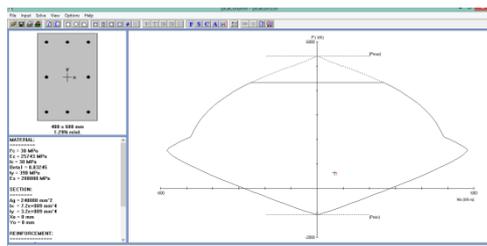
a. Penulangan Lentur Sloof

Beban yang diterima sloof :

DL = 1576 kg/m,

Mu = 45,96 kN/m

Pu_{sloof} = 629,3 kN



Gambar 13. Diagram Interaksi Kuat Rencana Sloof

Hasil dari PCACOL menunjukkan pemakaian tulangan sebanyak 8D22 dengan hasil prosentase 1,30 atau 0,0130Ag (OK).

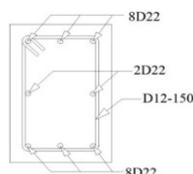
b. Penulangan Geser Sloof

Kekuatan gesernya :

$V_u \leq 0,5\phi V_c$

6619,2 < 87391,42 N

Pakai sengkang = D12-150



Gambar 14. Detail Penulangan Sloof

7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Hasil perhitungan perencanaan Gedung *LFC Office* dengan menggunakan Sistem Ganda yang dibangun di kota Mataram, dengan peraturan SNI yang terbaru yaitu SNI 1726:2012, SNI 2847:2013 dan SNI 1727:2013, ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan gedung diantaranya :

- 1) Pembagian analisa pembebanan gaya gempa sudah memenuhi persyaratan bahwa desain yang diterima Dinding geser sebesar 75% dan SRPMK 25%
- 2) Detailing Dinding Geser sudah sesuai persyaratan, tulangan vertikal minimal sebanyak 2 tirai, tulangan horisontal D25 dengan jarak 50 mm lebih besar dari jarak minimal 50mm dan lebih kecil dari jarak maksimum 450 mm

7.2 Saran

- 1) Perlu dilakukan studi lebih lanjut dan mendalam untuk mendapatkan hasil perbandingan yang lebih baik dengan mempertimbangkan aspek teknis, nilai ekonomis dan estetika, sehingga hasil dari perbandingan yang telah dilakukan akan menjadi semakin lengkap. Serta diharapkan perencanaan dapat mendeteksi kondisi sesungguhnya dilapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yang kuat, ekonomis dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.
 - 2) Cobalah dengan dimensi yang lain sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat untuk sistem penahan gempa
 - 3) Patuhi peraturan-peraturan yang terbaru untuk mendesain struktur tahan gempa, agar tidak terjadi suatu kegagalan suatu bangunan dan tidak menimbulkan korban jiwa hanya karena mendesain komponen struktur.
1. Perhatikan selalu dalam melakukan input kedalam program bantu SAP2000 agar hasil lebih akurat..

DAFTAR PUSTAKA

Achmadsya, 2012, Peta Zona Gempa Indonesia, (online), (<https://achmadsya.wordpress.com/2015/11/07/tentang-peta-gempa-indonesia-terbaru-edisi-sni-1726-2012/>, diakses 21 Mei 2018).

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG LFC BETON BERTULANG TAHAN GEMPA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA PADA DAERAH GEMPA TINGGI

(Andika Firmansyah, Soerjandani Priantoro Machmoed)

- Badan Standardisasi Nasional, 2013, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain(SNI 1727-2013), Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013), Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1971, Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1981, Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Kusuma, B dan Tavio, 2009, Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, Surabaya : ITS Press.
- Purwono, R., 2010, Desain Beton Bertulang Jilid 2, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Cormac, Jack C. Mc, 2003. Desain Beton Bertulang Jilid 2. Jakarta : Erlangga, Edisi kelima.
- Agus Setiawan, 2016. Perencanaan Struktur Beton Bertulang