

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR DENGAN SISTEM GANDA (*DUAL SYSTEM*) UNTUK MENAHAN BEBAN LATERAL PADA PEMBANGUNAN GEDUNG PASCA SARJANA UNIVERSITAS ISLAM MALANG

Muhibbuddin Kamal, Warsito, Bambang Suprpto

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

Jalan MT. Haryono 193 Malang

Email: muhibbuddin.kamal@gmail.com

ABSTRAKSI

Pembangunan gedung pasca sarjana di jalan MT. Haryono 193 – Kota Malang yang berfungsi sebagai gedung perkuliahan dengan 8 lantai struktur dan tinggi gedung 31,5 m, merupakan wilayah dengan resiko gempa kuat, sehingga diperlukan perencanaan struktur yang mampu menerima beban gempa resiko tinggi. Pada tugas akhir ini gedung pasca sarjana dirancang dengan konstruksi beton bertulang dengan sistem ganda (*dual system*). Perancangan komponen meliputi perancangan pelat, balok, kolom, dan *shearwall* yang mengacu pada peraturan SNI 1726-2012 dan SNI 2847-2013. Beban yang dianalisis berupa beban mati, hidup, dan gempa (lateral). Mutu baja tulangan ulir $f_y = 400$ Mpa, polos $f_y = 240$ Mpa, dan mutu beton $f_c' = 35$ Mpa. Studi perencanaan ini menghasilkan tebal pelat 12 cm dengan tulangan pokok $\varnothing 10-130$ dan tulangan bagi $\varnothing 8-250$. Beban gempa yang ditinjau dengan kombinasi dua arah orthogonal 100% gaya untuk satu arah ditambah 30% gaya untuk tegak lurus, dengan jumlah gaya geser yaitu $V_x = 345922,70$ kg dan $V_y = 267310,06$ kg. Balok induk B1 dimensi 40cm x 80cm dengan tulangan tumpuan atas 8D22 dan bawah 5D22 dengan sengkang 3 $\varnothing 10-100$, tulangan lapangan atas 4D22 dan tulangan bawah 6D22 dengan sengkang 2 $\varnothing 10-150$, K1 diperoleh tulangan utama 20D25 dengan tulangan sengkang pada daerah tumpuan sebesar 5 $\varnothing 12-150$ dan sengkang lapangan sebesar 5 $\varnothing 12-200$. Sedangkan tulangan horizontal dan vertical *shearwall* dual layer D22 – 185mm, kolom pada dinding geser 28D25 dengan sengkang 5D13-100 mm.

Kata kunci : Sistem Ganda, Shearwall, Tahan Gempa

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan gedung pasca sarjana di jalan MT. Haryono 193 – Kota Malang yang berfungsi sebagai gedung perkuliahan dengan 8 lantai struktur dan tinggi gedung 31,5 m, dimana merupakan wilayah dengan resiko gempa kuat, sehingga diperlukan perencanaan struktur yang mampu menerima beban gempa resiko tinggi. Oleh karena itu, bangunan harus didesain dengan secara khusus berkaitan dengan fenomena gempa yaitu dengan konsep *capacity design*. Sehingga pada struktur akan terbentuk sendi plastis yang menyebabkan terjadinya mekanisme keruntuhan plastis atau yang biasa disebut dalam istilah *Strong Colom Weak Beam*. Menurut SNI-03-1726-2003 pasal 4.5, Filosofi dasar dari perencanaan struktur bangunan tahan gempa adalah terdapatnya komponen struktur yang diperbolehkan untuk mengalami kelelahan. Salah satu aspek penting dalam merencanakan bangunan tahan gempa adalah

daktilitas. Daktilitas didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk berdeformasi secara plastis tanpa mengalami fraktur. Sebaliknya, kegetasan adalah kualitas bahan yang menyebabkan keretakan tanpa mengalami deformasi plastis. Berdasarkan latar belakang diatas penulis melakukan studi perencanaan gedung tahan gempa pada pembangunan gedung pasca sarjana Universitas Islam Malang dengan kombinasi sistem rangka pemikul momen dan dinding struktural.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas masalah yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut :

1. Beban gempa yang direncanakan menggunakan metode respons spektrum rencana sehingga besarnya beban gempa sesuai dengan magnitudo yang pernah terjadi.
2. Desain komponen struktur sesuai dengan syarat sistem ganda.

3. Sistem ganda menekankan penahan beban lateral pada dinding struktural.

Rumusan Masalah

Dari identifikasi masalah di atas, maka penulis menentukan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa besarnya beban gempa yang direncanakan pada sistem ganda dengan menggunakan metode respons spektrum ?
2. Berapa dimensi dan tulangan pada plat, balok dan kolom ?
3. Berapa dimensi dinding struktural serta jumlah tulangannya ?

Lingkup Pembahasan

1. Perhitungan Perencanaan Plat Lantai
 - 1.1. Perhitungan Tebal Plat
 - 1.2. Analisa Pembebanan
 - 1.3. Perhitungan Momen
 - 1.4. Perhitungan Tulangan Plat
2. Pembebanan Analisa Perencanaan Portal
 - 2.1. Pembebanan Tetap (Beban Mati dan Beban Hidup)
 - 2.2. Pembebanan Sementara (Beban Gempa)
 - a. Analisa Beban Dinamik (Respons Spektrum)
3. Analisa Portal Struktur Beton Bertulang dengan Sistem Ganda (*Dual System*)
 - 3.1. Perhitungan Balok Beton Bertulang
 - a. Tulangan Longitudinal Tumpuan
 - b. Tulangan Longitudinal Lapangan
 - c. Tulangan Transversal
 - 3.2. Perhitungan Kolom Beton Bertulang
 - a. Pengaruh Kelangsingan Kolom
 - b. Tulangan Longitudinal Tumpuan
 - c. Tulangan Longitudinal Lapangan
 - d. Tulangan Transversal
4. Analisa Dinding Geser (*Shear Wall*)
 - 4.1. Perhitungan Tulangan Longitudinal
 - 4.2. Perhitungan Tulangan Transversal

TINJAUAN PUSTAKA

Filosofi perencanaan bangunan tahan gempa yang diadopsi hampir seluruh negara di dunia mengikuti ketentuan berikut ini (Daniel Rumbi Teruna, 2007):

- a. Pada gempa kecil bangunan tidak boleh mengalami kerusakan
- b. Pada gempa menengah komponen struktural tidak boleh rusak, namun komponen non-struktural diijinkan mengalami kerusakan

- c. Pada gempa kuat komponen struktural boleh mengalami kerusakan, namun bangunan tidak boleh mengalami keruntuhan.

Sistem Struktur

Pada dasarnya setiap struktur pada suatu bangunan merupakan penggabungan berbagai elemen struktur secara tiga dimensi. Fungsi utama dari sistem struktur adalah untuk memikul secara aman dan efektif beban yang bekerja pada bangunan, serta menyalurkannya ke tanah melalui pondasi.

Sistem Ganda (*Dual System*)

Sistem Ganda dapat diartikan sebagai kesatuan sistem struktur yang terdiri dari rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi dan pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka pengaku dengan rangka pemikul momen.

Desain Kapasitas

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, terbentuknya sendi-sendi plastis, yang mampu memencarkan energi gempa dan membatasi besarnya beban gempa yang masuk ke dalam struktur, harus dikendalikan sedemikian rupa agar struktur berperilaku memuaskan dan tidak sampai runtuh saat terjadi gempa kuat. Pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan lebih dahulu dapat dilakukan secara pasti terlepas dari kekuatan dan karakteristik gempa.

Analisa Gempa Dinamis Spektrum

Dalam hal analisis beban gempa, spektrum respon disusun berdasarkan respon terhadap percepatan tanah (*ground acceleration*) beberapa rekaman gempa. Spektrum desain merupakan representasi gerakan tanah (*ground motion*) akibat getaran gempa yang pernah terjadi untuk suatu lokasi.

Pembebanan

Dalam perhitungan konstruksi bangunan perlu juga dihitung pembebanan yang akan dipikul komponen struktural bangunan. Beban-beban yang bekerja pada struktur adalah :

1. Beban mati (*dead load*)
2. Beban hidup (*live load*)
3. Beban gempa (*earthquake load*)

Faktor Keutamaan Gempa

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan *I_e*.

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, <i>I_e</i>
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(Sumber : SNI 1726 – 2012)

Kombinasi Pembebanan

Struktur dan elemen-elemen pondasi harus dirancangsama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

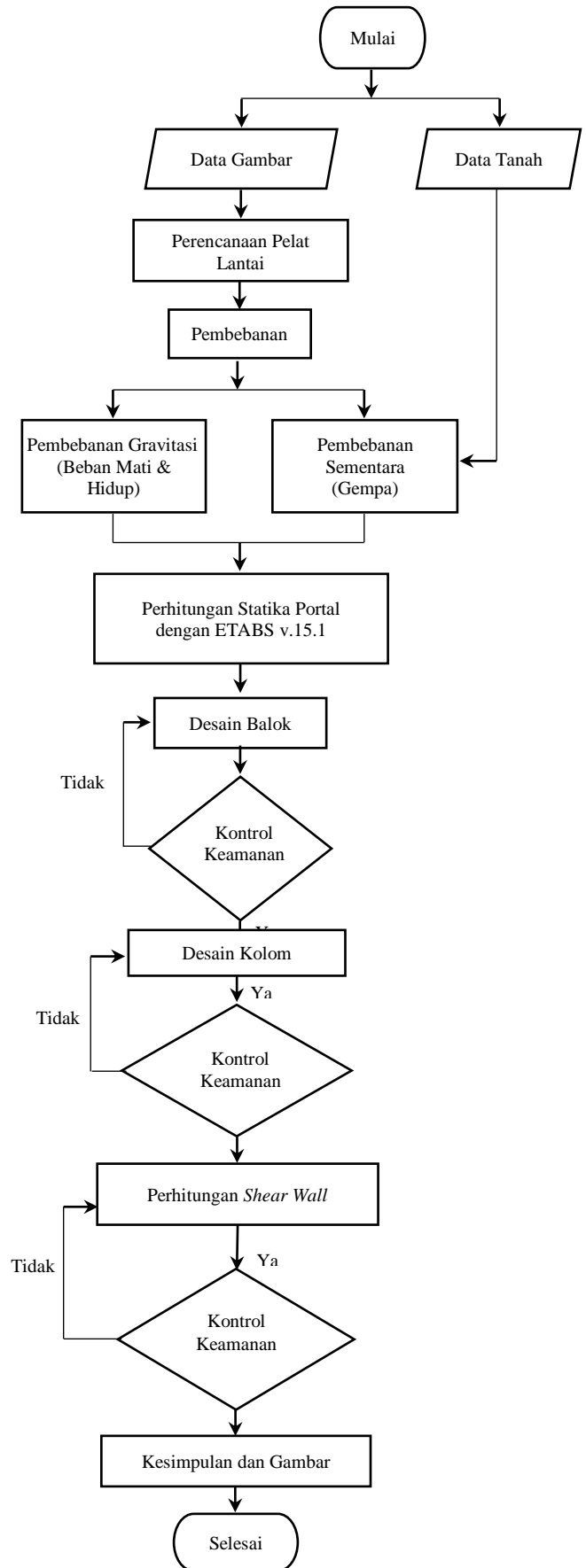
1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L
3. 1,2D + 1,0E + L
4. 0,9D + 1,0E

METODOLOGI PERENCANAAN

Data spesifikasi umum bangunan :

1. Lokasi bangunan : Kota Malang
2. Fungsi bangunan : Gedung Perkuliahan
3. Sistem struktur : Sistem Gamda (*Dual System*)
4. Jenis tanah : Tanah Sedang
5. Jumlah lantai : 8 lantai
6. Lebar bangunan : 18,00 m
7. Panjang bangunan : 36,00 m
8. Tinggi bangunan : 31,50 m
 - a. Lantai dasar : 0,00 m
 - b. Lantai 2 : 5,00 m
 - c. Lantai 3 : 9,00 m
 - d. Lantai 4 : 13,00 m
 - e. Lantai 5 : 17,00 m
 - f. Lantai 6 : 21,00 m
 - g. Lantai 7 : 25,00 m
 - h. Atap : 31,50 m
9. Data mutu bahan
 - a. Mutu beton (*f_{c'}*) : 35 MPa
 - b. Mutu baja polos (*f_y*) : 240 MPa
 - c. Mutu baja ulir (*f_y*) : 400 MPa

Langkah – langkah dalam perencanaan gedung Pasca Sarjana UNISMA, ditampilkan dalam flowchat berikut ini:



HASIL DAN PEMBAHASAN

Plat Lantai

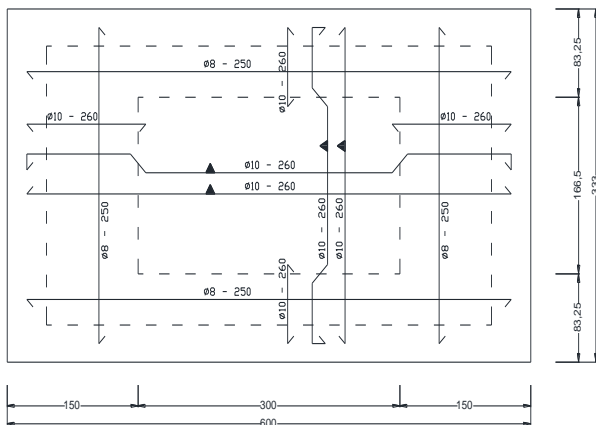
Tebal pelat lantai yang direncanakan 12 cm, kontrol tebal pelat sesuai SK SNI 03-2847-2013, dengan memakai rumus dibawah ini untuk mencari nilai α_{fm} , ketentuan $> 2,0$.

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

nilai $\alpha_{fm} = 4,037$ sehingga tebal plat memenuhi syarat ketebalan.

Dengan menghitung bentang maksimal pada plat sebagai acuan maka didapatkan penulangan plat lantai sebagai berikut :

Penulangan lapangan arah X	Ø10 – 130 mm
Penulangan lapangan arah Y	Ø10 – 130 mm
Penulangan tumpuan arah X	Ø10 – 130 mm
Penulangan tumpuan arah X	Ø10 – 130 mm
Tulangan bagi	Ø8 – 250 mm



Gambar 1 Penulangan Plat Lantai

Analisa Gempa Dinamik

Kategori resiko dan faktor keutamaan gempa

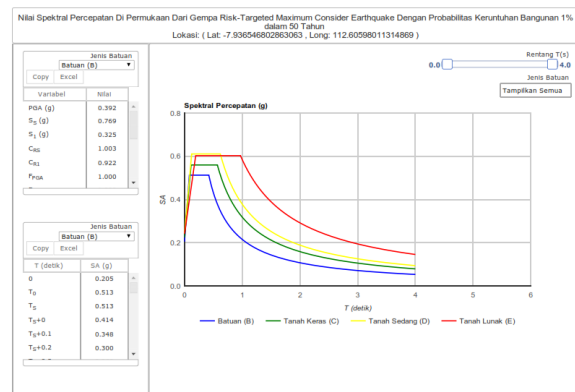
Kategori bangunan yang berfungsi sebagai bangunan sekolah dan fasilitas pendidikan yang dikategorikan kedalam kategori resiko IV. Sedangkan, faktor keutamaan dimana untuk bangunan dengan kategori resiko IV mempunyai nilai faktor keutamaan sebesar 1,5.

Klasifikasi situs

Berdasarkan data SPT nilai \bar{N} yang merupakan nilai N rata-rata SPT pada situs sampai kedalaman 30 m yang bernilai 23,634 sesuai dengan yang ditetapkan oleh SNI 1726-2013, sehingga klasifikasi situs yang digunakan berada pada Kelas Situs SS (Tanah Sedang).

Respons spectrum rencana

Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, Kementerian Pekerjaan Umum menyediakan software spectra Indonesia yang dapat diakses pada puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_a_2011. Sehingga diperoleh respons spectrum sebagai berikut :



Penentuan koefisien R, Cd dan Ω_0

Penentuan koefisien R, Cd, dan yang ditinjau berdasarkan sistem struktur yang direncanakan yaitu sistem penahan gaya gempa Struktur Rangka Pemikul Momen Menengan dan Dinding Geser (sistem ganda), sehingga diperoleh nilai $R = 6,5$, $\Omega_0 = 2,5$, $C_d = 5$

Kombinasi pembebanan

Untuk reduksi (ρ) = 1,3 dan SDS = 0,56, maka hasil penjabaran dari kombinasi pasal 7.4.2.3 SNI 1726-2012 adalah sebagai berikut :

- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L
- (1,2+0,2 SDS) D + 1,0 L ± 1,3 Ex ± 0,39 Ey
- (1,2+0,2 SDS) D + 1,0 L ± 1,3 Ey ± 0,39 Ex
- (0,9-0,2 SDS) D ± 1,3 Ex ± 0,39 Ey
- (0,9-0,2 SDS) D ± 1,3 Ey ± 0,39 Ex

Waktu getar alami

Tabel 4.1 Selisih periode setiap mode

Mode	Period sec	ΔT
1	1,737	17,500%
2	1,562	59,400%
3	0,968	40,600%
4	0,562	17,300%
5	0,389	8,100%
6	0,308	7,700%
7	0,231	3,000%
8	0,201	2,500%
9	0,176	3,100%
10	0,145	3,400%
11	0,111	0,300%
12	0,108	

Berdasarkan Tabel 4.1, terlihat bahwa waktu getar struktur ada yang melebihi 15%, maka sebaiknya digunakan kombinasi ragam spektrum SRSS.

Tabel 4.2. Jumlah partisipasi massa

Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
1	1,737	0,009	0,550	0,000	0,920%	55,000%
2	1,562	0,707	0,007	0,000	71,560%	55,710%
3	0,968	0,000	0,213	0,000	71,560%	77,020%
4	0,562	0,001	0,081	0,000	71,640%	85,160%
5	0,389	0,185	0,001	0,000	90,140%	85,230%
6	0,308	0,000	0,024	0,000	90,160%	87,670%
7	0,231	0,000	0,064	0,000	90,170%	94,110%
8	0,201	0,000	0,014	0,000	90,170%	95,530%
9	0,176	0,060	0,000	0,000	96,180%	95,540%
10	0,145	0,000	0,006	0,000	96,180%	96,110%
11	0,111	0,000	0,002	0,000	96,190%	96,270%

12	0,108	0,024	0,000	0,000	98,560%	96,310%
----	-------	-------	-------	-------	---------	---------

Berdasarkan hasil analisis ETABS yang telah dilakukan, jumlah partisipasi massa pada Mode ke 12 sudah mencapai 90%.

Base shear static equivalen dan respons spectrum

Tabel 4.3. Base shear static equivalen dan respons spectrum

Load Case/Combo	VX kgf	VY kgf
Statik (X)	159464,959	47839,488
Statik (Y)	47839,488	159464,959
RS-Unisma (X) Max	345922,700	30848,330
RS-Unisma (Y) Max	30848,330	267310,060

Simpangan antar lantai

Simpangan antar lantai yang diijinkan $\Delta\alpha = 0,010$ hsx, untuk sistem Ganda (duel system) dengan Kategori Desain Seismik D, maka nilai $\Delta\alpha$ harus dibagi dengan faktor redudansi $\rho = 1,3$

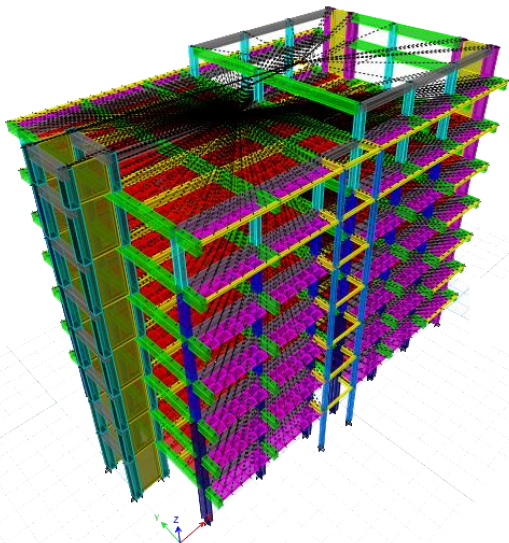
4.4 .Pemeriksaan terhadap syarat simpangan antar lantai dalam arah X

Tingkat	Tinggi tingkat mm	δx_e mm	δx mm	Δ ijin mm	$\Delta S \leq \Delta$ ijin
Roof 2	2500	0,00272	0,00905	19,231	OK
Roof 1	4000	0,00289	0,00964	30,769	OK
Story 7	4000	0,00306	0,01019	30,769	OK
Story 6	4000	0,00312	0,01038	30,769	OK
Story 5	4000	0,00304	0,01012	30,769	OK
Story 4	4000	0,00271	0,00904	30,769	OK
Story 3	4000	0,00227	0,00756	30,769	OK
Story 2	5000	0,00118	0,00392	38,462	OK

Table 4.5. Pemeriksaan terhadap syarat simpangan antar lantai dalam arah Y

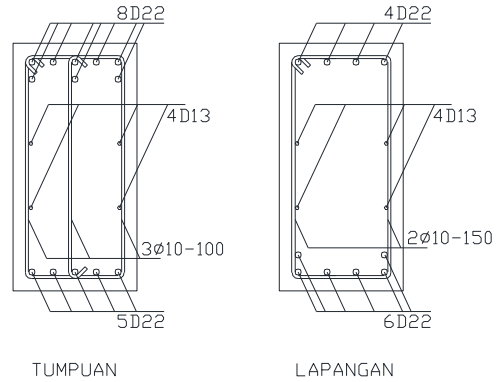
Tingkat	Tinggi tingkat mm	δ_{xe} mm	δ_x mm	Δ ijin mm	$\Delta S \leq \Delta$ ijin
Roof 2	2500	0,00138	0,00461	19,231	OK
Roof 1	4000	0,00191	0,00637	30,769	OK
Story 7	4000	0,00280	0,00932	30,769	OK
Story 6	4000	0,00345	0,01151	30,769	OK
Story 5	4000	0,00394	0,01313	30,769	OK
Story 4	4000	0,00393	0,01309	30,769	OK
Story 3	4000	0,00405	0,01351	30,769	OK
Story 2	5000	0,00282	0,00940	38,462	OK

Analisa Struktur

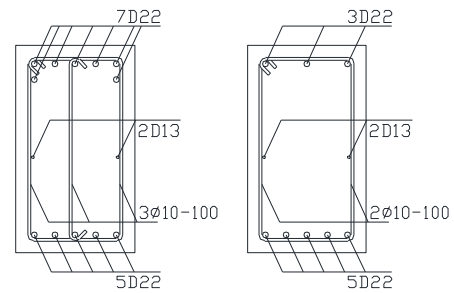


Gambar 2. Pemodelan struktur ETABS 3D

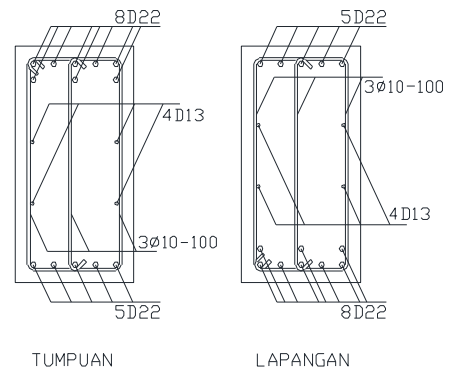
$b = 400\text{mm}$
 $h = 800\text{ mm}$
 (B2) $b = 400\text{mm}$
 $h = 700\text{ mm}$
 (BL) $b = 400\text{mm}$
 $h = 800\text{ mm}$
 Tebal selimut beton : 40 mm
 Diameter tulangan utama : D 22 mm
 Diameter tulangan sengkang : 10 mm
 Mutu bahan : $f_{c'}$: 35 Mpa
 f_y : 400 Mpa
 f_{ys} : 240 Mpa
 $\beta = 0,85$ SNI-03-2847-2013 pasal 10.2.7.3
 $\phi = 0,9$ SNI-03-2847-2013 pasal 9.3.2.1
 $d = 800 - 40 - 10 - 11 = 739\text{ mm}$
 $d = 700 - 40 - 10 - 11 = 639\text{ mm}$



Gambar 3. Penulangan balok B1



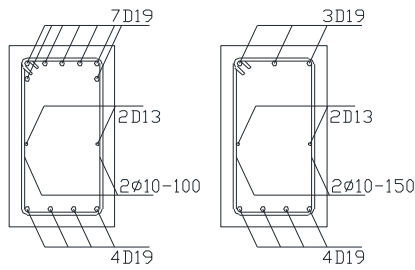
Gambar 4. Penulangan balok B2



Gambar 5. Penulangan balok BL

Data perancangan penulangan balok memanjang:

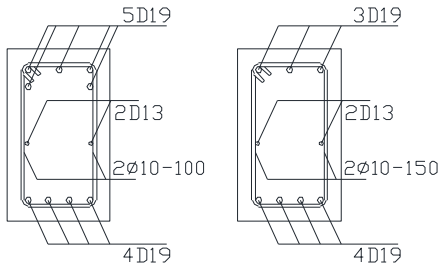
Dimensi balok : (B-2) $b = 350\text{mm}$
 $h = 600\text{ mm}$
 (B3) $b = 300\text{mm}$
 $h = 500\text{ mm}$
 (B4) $b = 250\text{mm}$
 $h = 500\text{ mm}$
 (B-1) $b = 250\text{mm}$
 $h = 400\text{ mm}$
 Tebal selimut beton : 40 mm
 Diameter tulangan utama : D 19 mm
 Diameter tulangan sengkang : 10 mm
 Mutu bahan : $f_{c'}$: 35 Mpa
 f_y : 400 Mpa
 f_{ys} : 240 Mpa
 $\beta = 0,85$ SNI-03-2847-2013 pasal 10.2.7.3
 $\phi = 0,9$ SNI-03-2847-2013 pasal 9.3.2.1



TUMPUAN

LAPANGAN

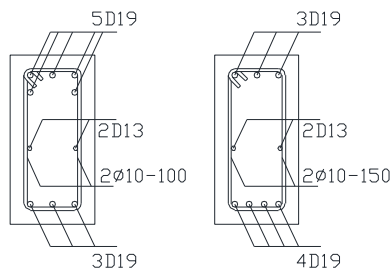
Gambar 6. Penulangan balok B-2



TUMPUAN

LAPANGAN

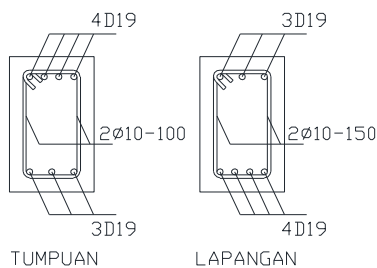
Gambar 7. Penulangan balok B3



TUMPUAN

LAPANGAN

Gambar 8. Penulangan balok B4



TUMPUAN

LAPANGAN

Gambar 9. Penulangan balok B-1

Kolom

Data Perencanaan Penulangan Kolom

Dimensi kolom (K1) = 500 x 800 mm

Dimensi kolom (K2) = 400 x 600 mm

Mutu beton, (fc') = 35 MPa

Mutu baja, (fy) = 400 MPa

fys = 240 Mpa

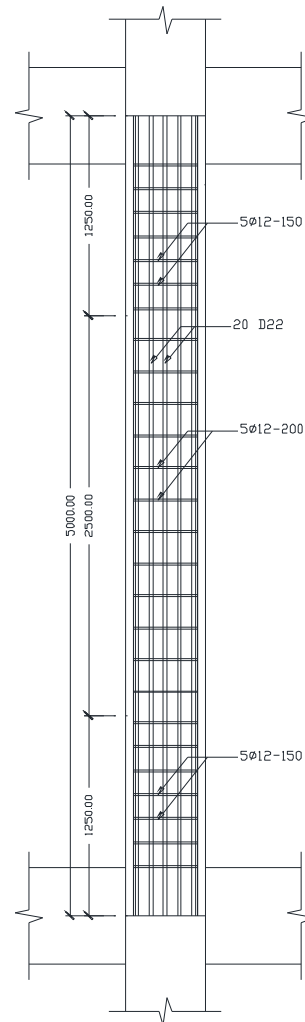
Selimut beton = 50 mm

Tul utama = D22 & D19 mm

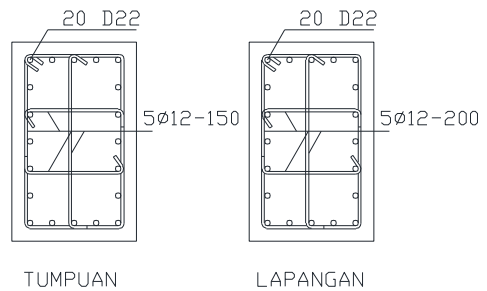
Tul Sengkang = ø12 mm

d = 800 - 50 - 12 - 11 = 727 mm

d = 600 - 50 - 12 - 11 = 527 mm



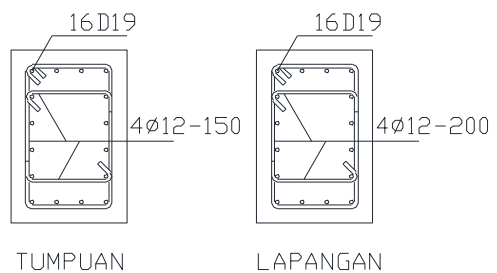
Gambar 10. Penampang kolom



TUMPUAN

LAPANGAN

Gambar 11. Penampang kolom K1



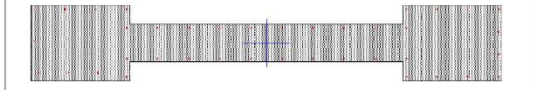
TUMPUAN

LAPANGAN

Gambar 12. Penampang kolom K2

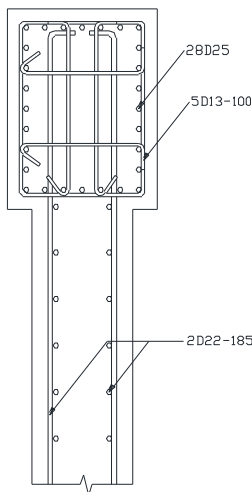
Dinding geser (Shearwall)

Mutu beton (f_c')	= 40 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 400 Mpa
Tinggi dinding geser	= 31,50 m
Tebal dinding geser	= 30 cm
Panjang dinding geser	= 236 cm
Tebal selimut beton	= 40 mm

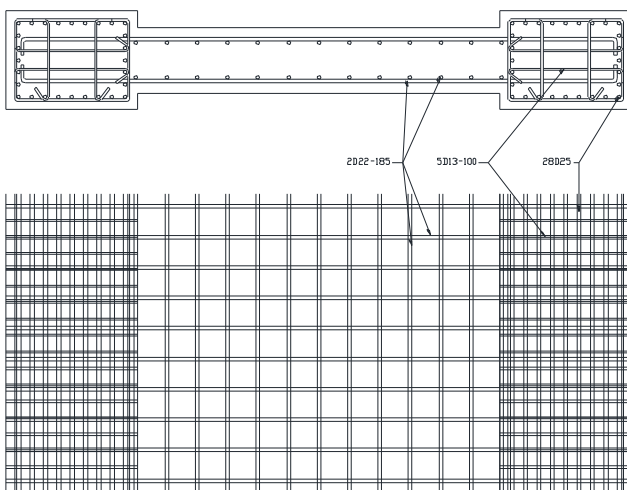


Tulangan horizontal = 2D22 – 184 mm
($A_s = 9883,445 \text{ mm}^2$)

Tulangan vertikal = 2D22 – 184 mm
($A_s = 9883,445 \text{ mm}^2$)



Gambar 13.Penulangan kolom dinding geser



Gambar 14.Formasi penulangan dinding geser

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pelat lantai yang digunakan mempunyai ketebalan 120 mm dengan pembebanan yang digunakan dalam perencanaan pelat lantai beban mati (q_d) = 423 kg/m, dan beban hidup (q_l) = 153,6 kg/m, sehingga didapatkan tulangan tumpuan dan lapangan $\emptyset 10 - 130$ mm untuk semua arah, dan $\emptyset 8 - 250$ mm untuk tulangan bagi.
2. Beban gempa dengan analisa dinamik respons spectrum yang direncanakan pada sistem ganda (*dual system*) yang ditinjau dengan kombinasi dua arah orthogonal X dan Y dengan kombinasi beban gempa 100% gaya untuk satu arah, ditambah 30% gaya untuk arah tegak lurus, yaitu sebesar $V_x = 345922,700$ kg dan $V_y = 267310,060$ kg.
3. Dimensi portal yang balok induk dan kolom, balok induk B1 dengan dimensi 40 cm x 80 cm, dan B2 40 cm x 70 cm, sedangkan dimensi kolom K1 = 50 cm x 80 cm, K2 = 40 cm x 60 cm.
4. Dari hasil analisa perhitungan didapatkan untuk masing-masing penulangan struktur sebagai berikut :

a. Balok

Jumlah tulangan hasil analisa, B1 diperoleh tulangan tumpuan tulangan atas 8D22 dan tulangan bawah 5D22 dengan sengkang $3\emptyset 10-100$, tulangan lapangan atas 4D22 dan tulangan bawah 6D22 dengan sengkang $2\emptyset 10-150$, B2 diperoleh tulangan tumpuan tulangan atas 7D22 dan tulangan bawah 5D22 dengan sengkang $3\emptyset 10-100$, tulangan lapangan atas 3D22 dan tulangan bawah 4D22 dengan sengkang $2\emptyset 10-150$. Dan B-2 diperoleh tulangan tumpuan tulangan atas 7D19 dan tulangan bawah 4D19 dengan sengkang $2\emptyset 10-100$, tulangan lapangan atas 3D19 dan tulangan bawah 4D19 dengan sengkang $2\emptyset 10-150$.

b. Kolom

Jumlah tulangan hasil analisa, K1 diperoleh tulangan utama 20D25 dengan tulangan sengkang pada daerah tumpuan sebesar $5\emptyset 12-150$ dan sengkang lapangan

sebesar 5Ø12-200, dan K2 diperoleh tulangan utama 16D19 dengan tulangan sengkang pada daerah tumpuan sebesar 4Ø12-150 dan sengkang lapangan sebesar 4Ø12-200.

c. Dinding geser (shearwall)

Jumlah tulangan hasil analisa, diperoleh tulangan horisontal dan vertikal dual layer D22 – 185 mm, kolom pada dinding geser 28D25 dengan sengkang 5D13-100 mm.

Saran

Saran yang berkaitan dengan Studi Perencanaan Struktur Dengan Kombinasi Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Geser Pada Pembangunan Gedung Pasca Sarjana Universitas Islam Malang, antara lain:

1. Untuk mempermudah proses analisis struktur, dapat digunakan program bantu software, selain ETABS, masih banyak lagi software analisis struktur seperti TEKLA yang bisa lebih detail dalam analisa bangunan serta outputnya.
2. Dalam perancangan struktur peraturan atau standar yang digunakan harus *up to date* dengan mengikuti peraturan-peraturan terbaru yang ditetapkan oleh pemerintah. Untuk saat ini, peraturan terbaru adalah SNI 2847-2013 untuk persyaratan beton structural gedung, SNI 17262012 untuk perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, dan SNI 1727-2013 untuk beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyanti, Riza. Aminsyah, Muhammad. 2004. **Penerapan Konsep Desain Kapasitas pada Perencanaan Struktur Tahan Gempa**. Jurnal Ilmiah R&B Volume 4 nomer 2. Universitas Andalas.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. **Tata Cara perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedungdan Non Gedung**, SNI 1726-2012. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung**, SNI 2847-2013. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.

Badan Standarisasi Nasionnal. 2013. **Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain**, SNI 1727-2013. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.

Dewabroto, Wiranto. 2013. **Komputer Rekayasa Struktur dengan SAP2000**. Karawaci : Lumina Press.

Dewabroto, Wiranto. 2012. **Menyongsong Era Bangunan Tinggi dan Bentang Panjang**. Universitas Pelita Harapan. Tangerang.

G.Nawy, Edwad. 2010. **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**. Bandung : Refika Aditama

Gunawan, Rudy. 1998. **Tabel Profil Konstruksi Baja**. Yogyakarta : Kanisius.

Kusuma, Gideon. Vis, W.C. 1993. **Pedoman Pengerjaan Beton**. Jakarta : Erlangga.

McCormac, Jack C. 2004. **Desain Beton Bertulang Jilid 1**. Jakarta : Erlangga.

McCormac, Jack C. 2004. **Desain Beton Bertulang Jilid 1**. Jakarta : Erlangga.

Purwono, Rahmad. 2005. **Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa**. Surabaya : ITS Press.

Rumbi T, Daniel. 2007. **Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan Base Isolator (LRB)**. Seminar dan Pameran HAKI.