

Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Berlantai 4: Studi Kasus Gedung Baru Kampus I Universitas Teknologi Yogyakarta

(The Planning of Four-Story Anti-Earthquake Reinforced Concrete Structure: Case Study of The New Buiding in Campus One of Universitas Teknologi Yogyakarta)

ALGAZT ARSYAD MASAGALA, FAQIH MA'ARIF

ABSTRACT

The new building in campus one of Technology University of Yogyakarta that comprised of 4 storeys was analyzed using an Intermediate Moment Resisting Frame (IMRF) to resist a gravity burden and earthquake burden. The planning of a reinforced concrete structure in these building structure was aimed to: 1) to calculate the gravity and seismic plan load that works for the new building in campus one of Universitas Teknologi Yogyakarta, 2) to find the dimension of beam and column that able to withstand the working seismic plan load, 3) to determine the formation of beam and column reinforcement from the analysis result by using Intermediate Moment Resisting Frame (IMRF). The structure analysis was conducted using the SAP 2000 V.11 program in which block and column planning data used dimensions on site. The reinforced planning is conducted base on the Assessment Regulation of Reinforced Concrete Structure for Infrastructure with SNI 03-2847-2002. The assessment of static equivalent seismic load is referred to Standards of Earthquake Resistance Planning for Buildings with SNI-03-1727-2002. Based on the analysis by using Intermediate Moment Resisting Frame (IMRF), the planning of reinforced concrete structure including dimension and reinforced formation of beam and column has fulfilled the requirements and save based on site assessment.

Keywords: IMRF, Equivalent Static Earthquake, Reinforced Concrete Structure

PENDAHULUAN

Gedung Baru Kampus I Universitas Teknologi Yogyakarta terdiri dari 3 lantai dan 1 lantai basement, dengan fungsi utama gedung sebagai gedung perkuliahan Fakultas Bisnis dan Teknologi Informasi. Pembangunan gedung ini dimulai pada bulan November 2010 dan selesai tahun 2014.

Struktur bangunan akan dianalisis ulang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Secara garis besar, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) merupakan suatu metode perencanaan struktur sistem rangka pemikul momen yang menitik beratkan kewaspadaannya terhadap kegagalan struktur akibat keruntuhan geser.

Pada SNI 03-2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah SRPMM dijelaskan secara tersendiri pada pasal 23.10. Pada pasal tersebut, dijelaskan tata cara perhitungan beban geser batas berikut pemasangan tulangan gesernya. Kemampuan penampang dalam mengantisipasi perbalikan momen juga disyaratkan pada peraturan tersebut.

Perencanaan gedung pada daerah zona gempa sedang (zona tiga dan zona empat) digunakan jenis struktur bangunan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Analisis struktur gedung menggunakan bantuan *software* SAP 2000 V.11 dan perhitungan gaya gempa yang bekerja dengan metode Analisis Satatik Ekuivalen.

Tujuan dari penelitian ini yaitu dimaksudkan untuk: 1) memperhitungkan beban gravitasi dan beban gempa rencana yang bekerja pada gedung baru Kampus I Universitas Teknologi Yogyakarta, 2) mengetahui dimensi balok dan kolom yang mampu menahan beban gempa rencana yang bekerja, 3) menentukan formasi penulangan balok dan kolom dari hasil analisis dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

Ruang lingkup penelitian ini yaitu sebagai berikut: 1) struktur dimodelkan sebagai portal 3 dimensi dengan program *SAP 2000 V.11.*, 2) struktur portal diasumsikan sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), 3) perhitungan beban gempa menggunakan analisis statik ekuivalen, 4) Beban pada struktur atap diasumsikan sebagai atap dak (plat beton), dan 5) analisis hanya memperhitungkan perancangan struktur beton bertulang balok dan kolom.

Sistem struktur penahan gaya gempa

Cara yang langsung dapat dipakai untuk menentukan pengaruh gempa terhadap struktur adalah dengan analisa beban statik ekuivalen, dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban-beban statik horizontal yang hanya boleh dilakukan untuk struktur-struktur gedung sederhana dan beraturan .

Cara analisa beban statik ekuivalen digunakan untuk struktur gedung beraturan sampai tinggi 40 m atau bangunan rendah dan menengah. Sedangkan untuk bangunan tinggi, gedung yang bentuk, ukurannya tidak beraturan penentuan pengaruh gempanya harus didasarkan pada cara analisa dinamik.

Untuk perencanaan struktur gedung yang direncanakan menahan gaya gempa, beberapa jenis struktur direkomendasikan untuk dapat digunakan yaitu: 1) sistem dinding struktural, 2) sistem rangka gedung, 3) sistem rangka pemikul momen (SRP), dan 4) sistem ganda yang menggabungkan dua sistem dalam satu model struktur.

Dalam banyak hal, sistem struktur pemikul momen (SRPM) saat ini paling banyak dan populer digunakan karena gaya gravitasi (vertikal) dan gaya horizontal akibat gempa dipikul oleh rangka bangunan.

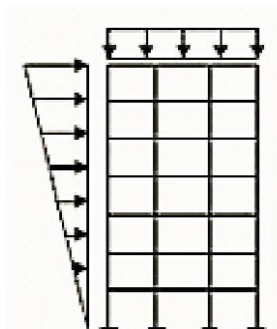
Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Secara garis besar Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah suatu metode perencanaan struktur sistem rangka pemikul momen yang menitik beratkan kewaspadaanya terhadap kegagalan struktur akibat keruntuhan geser. Pada SNI-03-2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung) pasal 23.10., bahwa:

Disebutkan bahwa detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan:

a. Balok

- 1) Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen struktur tersebut.



GAMBAR 1. Struktur rangka pemikul momen

- 2) Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi: $d/4$, delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil, 24 kali diameter sengkang, dan 300 mm.
- 3) Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/2$.

b. Kolom

- 1) Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang l_0 dari muka hubungan balok-kolom adalah S_0 . Spasi S_0 tersebut tidak boleh melebihi : delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil, 24 kali diameter sengkang ikat, setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur, dan 300 mm.
- 2) Panjang l_0 tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini : seperenam tinggi bersih kolom, dimensi terbesar penampang kolom, dan 500 mm.

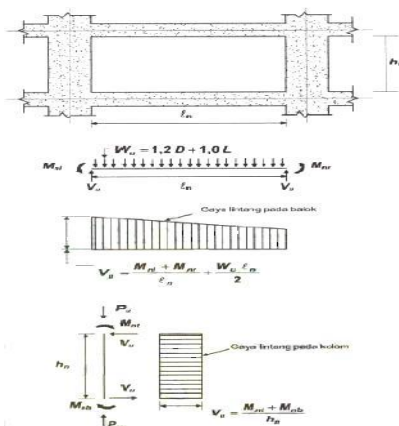
- 3) Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 S_0$ dari muka hubungan balok-kolom.
- 4) Spasi sengkang ikat pada sebarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 S_0$.

c. Kuat geser rencana balok, kolom dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang daripada:

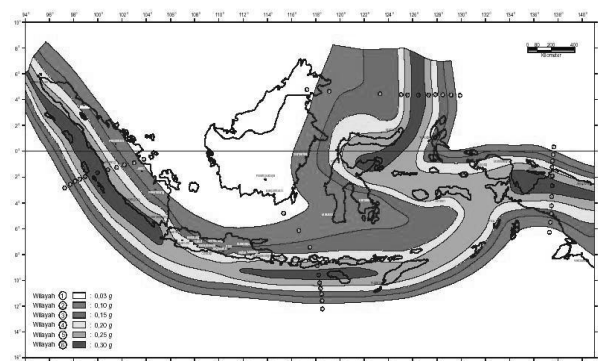
- 1) Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor.
- 2) Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa, E , dimana E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.

Analisis beban gempa statik ekuivalen

Dalam SNI 03-1726-2002 dijelaskan bahwa struktur gedung beraturan dapat direncanakan tertahan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa nominal statik ekuivalen.



GAMBAR 2. Gaya lintang rencana untuk SRPMM (Sumber: SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.3)



GAMBAR 3. Peta wilayah gempa Indonesia (Sumber: SNI 03-1726-2002)

Pada struktur gedung yang mempunyai faktor keutamaan I dan struktur untuk satu arah sumbu utama denah struktur dan sekaligus arah pembebanan gempa rencana memiliki faktor reduksi gempa R dan waktu getar alami fundamental T1, maka beban geser dasar nominal statik ekuivalen V yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan:

$$V = \frac{C.I}{R} W_t \quad (1)$$

dengan C.I adalah nilai faktor respon gempa yang didapat dari spektrum respons gempa rencana untuk waktu getar alami fundamental T1, sedangkan Wt adalah berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.

Pada persamaan di atas, beban geser dasar nominal V harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen Fi yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke-i menurut persamaan :

$$F_i = \frac{W_i.Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i.Z_i} V \quad (2)$$

dengan Wi adalah berat lantai tingkat ke-i, termasuk beban hidup yang sesuai, zi adalah

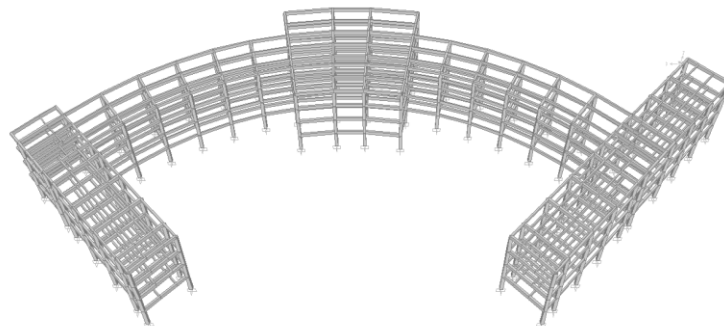
ketinggian lantai tingkat ke-i diukur dari taraf penjepitan lateral, sedangkan n adalah nomor lantai tingkat paling atas.

METODE PENELITIAN

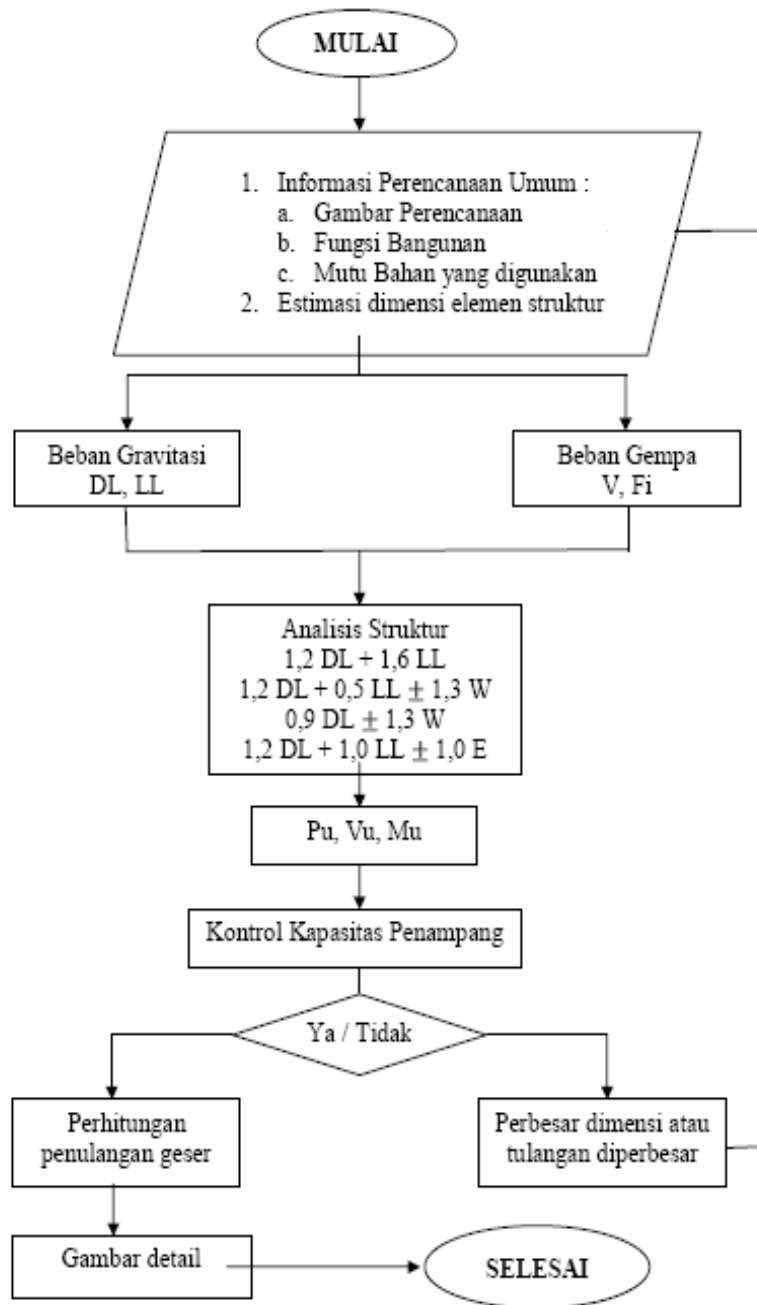
Pemodelan struktur berperilaku sebagai struktur 3 dimensi dengan batasan hanya pada struktur atasnya saja (balok dan kolom), sehingga respons dinamikanya praktis hanya ditentukan oleh respons ragamnya yang pertama dan dapat ditampilkan sebagai akibat dari beban gempa statik ekuivalen. Analisis struktur menggunakan bantuan software SAP 2000 V.11 seperti pada Gambar 4.

Analisis data untuk beban gempa statik ekuivalen yaitu dengan meninjau beban – beban gempa statik ekuivalen.

Hasil output dari program *SAP 2000 Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures Version 11* dengan kombinasi beban yang digunakan hanya untuk mencari analisis mekaniknya saja, dengan mengambil nilai momen terbesar pada elemen struktur tertentu yang sama dimensinya, sedangkan element lain dengan momen yang lebih kecil dianggap telah terwakili. Sedangkan desain tulangan dikerjakan dengan cara perhitungan manual. Adapun analisis data perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa untuk sistem stuktur portal dapat dilihat pada bagan alir pada Gambar 5.



GAMBAR 4. Pemodelan struktur pada SAP 2000



GAMBAR 5. Bagan alir perancangan struktur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan beban gempa rencana

Perhitungan beban gempa statik ekuivalen dilakukan untuk mengetahui besarnya beban gempa yang bekerja pada struktur. Perhitungan beban gempa mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur

Bangunan Gedung SNI-03-1727-2002 yang dihitung berdasarkan lokasi bangunan pada suatu wilayah gempa, jenis tanah, faktor keutaman bangunan dan nilai faktor reduksi.

Besarnya beban gravitasi dan gaya gempa yang bekerja pada tiap lantai struktur bangunan untuk masing – masing gedung sebagai berikut:

TABEL 1. Distribusi beban gravitasi dan gaya gempa bangunan A

i	zi (m)	Wi (kN)	Fi (kN)	1/4 Fi (kN)	1/5 Fi (kN)
4	14,96	4.412,64	938,54	234,64	187,71
3	11,22	6.126,25	977,26	244,32	195,45
2	7,48	6.126,25	651,51	162,88	130,30
1	3,74	6.022,75	320,25	80,06	64,05

TABEL 2. Distribusi beban gravitasi dan gaya gempa bangunan B

i	zi (m)	Wi (kN)	Fi (kN)	1/4 Fi (kN)	1/5 Fi (kN)
4	14,96	3.143,36	670,68	167,67	134,14
3	11,22	4.464,68	714,45	178,61	142,89
2	7,48	4.464,68	476,30	119,08	95,26
1	3,74	4.394,60	234,41	58,60	46,88

TABEL 3. Distribusi beban gravitasi dan gaya gempa bangunan C

i	zi (m)	Wi (kN)	Fi (kN)	1/4 Fi (kN)	1/5 Fi (kN)
4	14,9	4.623,1	987,06	246,7	197,4
3	11,2	6.600,1	2.043,92	264,22	211,37
2	7,48	6.600,12	2.748,50	176,14	140,92
1	3,74	6.496,44	3.095,25	86,69	69,35

TABEL 4. Distribusi beban gravitasi dan gaya gempa bangunan D

i	zi (m)	Wi (kN)	Fi (kN)	1/4 Fi (kN)	1/5 Fi (kN)
4	14,96	3.210,99	685,56	171,39	137,11
3	11,22	4.583,85	734,00	183,50	146,80
2	7,48	4.585,85	489,33	122,33	97,87
1	3,74	4.511,96	240,83	60,21	48,17

Bangunan gedung baru kampus I Universitas Teknologi Yogyakarta terletak di Sleman, Yogyakarta yang diketahui termasuk pada wilayah gempa 4. Penentuan jenis tanah di tentukan berdasarkan data uji Sondir yang diperoleh dari data proyek pengembangan kampus Universitas Teknologi Yogyakarta, sehingga diperoleh jenis tanah yaitu tanah sedang.

Faktor keutamaan bangunan diambil 1,00 yaitu bangunan gedung umum, sedangkan untuk nilai faktor reduksi diambil 5,50 (Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah). Beban gempa hasil perhitungan kemudian dimasukkan kedalam analisis program *SAP 2000 V. 11*

yang diasumsikan sebagai beban titik arah x dan arah y pada join balok dan kolom struktur bangunan gedung.

Tinjauan hasil analisis struktur terhadap perhitungan balok

Dari hasil analisis struktur dengan menggunakan bantuan program *SAP 2000 V. 11* diperoleh gaya-gaya dalam berupa Momen Ultimit (M_u) dan Gaya geser ultimit (V_u). Untuk perencanaan balok, dilakukan perhitungan akibat momen positif (M^+) pada daerah lapangan balok dan momen negatif (M^-) pada daerah tumpuan balok, yang

kemudian diperoleh tulangan tarik dan tulangan tekan.

Analisis perhitungan balok mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton bertulang untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002. Perhitungan balok tersebut dilakukan pada elemen balok dengan nilai momen ultimit dan gaya geser ultimit terbesar pada masing-masing tipe balok yang sama, sedangkan untuk elemen balok lain dengan tipe yang sama dianggap sudah terwakili karena momen ultimit dan gaya geser ultimit yang dihasilkan lebih kecil.

Perhitungan balok terdiri dari 8 tipe balok yang didasarkan pada dimensi penampang dan jumlah tulangan yang bervariasi pada masing-masing tipe balok. Spesifikasi bahan bangunan yang digunakan yaitu untuk mutu beton ($f'c$) = 25 Mpa, sedangkan untuk tulangan baja diameter ≤ 12 mm dipakai mutu baja (f_y) = 240 Mpa dan untuk diameter ≥ 12 mm dipakai mutu baja (f_y) = 400 Mpa. Spesifikasi tersebut berdasarkan data yang diperoleh dari data proyek pengembangan kampus Universitas Teknologi Yogyakarta. Dari hasil perencanaan penulangan balok, detail penulangan tipe balok B1, B3, dan B5 sebagai berikut:

TYPE	BALOK B1 (400 x 700)		
POSISI	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
POTONGAN			
TUL. ATAS	12 D22	3 D22	12 D22
TUL. BAWAH	8 D22	7 D22	8 D22
SENGKANG	2 \emptyset 12 - 100	1,5 \emptyset 12 - 150	2 \emptyset 12 - 100
TUL. PINGGANG	4 \emptyset 12		

GAMBAR 6. Detail balok B1

TYPE	BALOK B3 (400 x 700)		
POSISI	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
POTONGAN			
TUL. ATAS	8 D22	2 D22	8 D22
TUL. BAWAH	4 D22	5 D22	4 D22
SENGKANG	\emptyset 10 - 100	\emptyset 10 - 150	\emptyset 10 - 100
TUL. PINGGANG	4 \emptyset 12		

GAMBAR 7. Detail balok B3

TYPE	BALOK B5 (250 x 550)		
POSISI	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
POTONGAN			
TUL. ATAS	6 D19	2 D19	6 D19
TUL. BAWAH	3 D19	4 D19	3 D19
SENGKANG	\emptyset 10 - 100	\emptyset 10 - 150	\emptyset 10 - 100
TUL. PINGGANG	4 \emptyset 10		

GAMBAR 8. Detail balok B5

Tinjauan hasil analisis struktur terhadap perhitungan kolom

Dari hasil analisis struktur dengan menggunakan bantuan program SAP 2000 V. 11 diperoleh gaya-gaya dalam berupa Momen Ultimit (M_u) dan Gaya aksial ultimit (P_u), sedangkan untuk gaya geser ultimit (V_u) tidak menggunakan data dari hasil analisis program SAP 2000 V. 11, namun dihitung dengan menggunakan persamaan yang terdapat pada pasal 23.10 SNI 03-2847-2002 tentang ketentuan-ketentuan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

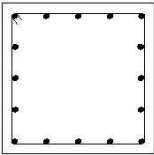
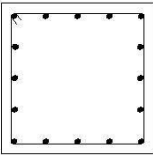
Analisis perhitungan kolom mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton bertulang untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002. Perhitungan kolom tersebut dilakukan pada elemen kolom dengan nilai

momen ultimit dan gaya aksial ultimit terbesar pada masing – masing tipe kolom yang sama.

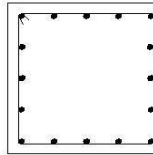
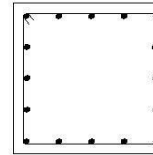
Penentuan elemen kolom yang akan dianalisis diambil berdasarkan posisi kolom pada struktur bangunan yaitu: kolom tepi, kolom tengah, dan kolom tepi.

Spesifikasi bahan bangunan yang digunakan yaitu untuk mutu beton (f'_c) = 25 Mpa, sedangkan untuk tulangan baja diameter ≤ 12 mm dipakai mutu baja (f_y) = 240 Mpa dan untuk diameter ≥ 12 mm dipakai mutu baja (f_y) = 400 Mpa. Spesifikasi tersebut berdasarkan data yang diperoleh dari data proyek pengembangan kampus Universitas Teknologi Yogyakarta.

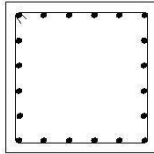
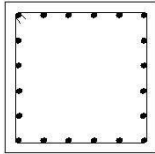
Dari hasil perencanaan penulangan kolom, detail penulangan masing-masing tipe kolom sebagai berikut:

KOLOM K1	
TUMPUAN	LAPANGAN
	
16 D22	16 D22
Ø10 - 50	Ø10 - 100
600 x 600	

GAMBAR 9. Detail kolom K1

KOLOM K2	
TUMPUAN	LAPANGAN
	
16 D22	16 D22
Ø10 - 50	Ø10 - 100
600 x 600	

GAMBAR 10. Detail kolom K2

KOLOM K4	
TUMPUAN	LAPANGAN
	
20 D22	20 D22
Ø10 - 50	Ø10 - 100
600 x 600	

GAMBAR 11. Detail kolom K4

TABEL 5. Perbandingan hasil analisis terhadap hasil di lapangan

Ket.	Hasil Analisis		Lapangan	
	Tum.	Lap.	Tum.	Lap.
B1 (400x700)	12 D22 8 D22	3 D22 7 D22	10 D22 4 D22	3 D22 8 D22
B2 (400x700)	12 D22 8 D22	4 D22 8 D22	12 D22 5 D22	3 D22 8 D22
B3 (400x700)	8 D22 4 D22	2 D22 5 D22	7 D22 3 D22	3 D22 5 D22
B4 (300x600)	8 D22 4 D22	3 D22 7 D22	4 D22 3 D22	3 D22 3 D22
B5 (250x550)	6 D19 3 D19	2 D19 4 D19	4 D19 3 D19	3 D19 4 D19
B6 (250x650)	7 D19 3 D19	2 D19 5 D19	6 D19 3 D19	3 D19 5 D19
B8 (200x700)	4 D19 2 D19	2 D19 3 D19	3 D19 3 D19	3 D19 3 D19
B11 (200x400)	5 D19 3 D19	2 D19 3 D19	3 D19 3 D19	3 D19 3 D19
K1 (600x600)	16 D22	16 D22	16 D22	16 D22
K2 (600x600)	16 D22	16 D22	16 D22	16 D22
K4 (600x600)	20 D22	20 D22	20 D22	20 D22

Perbedaan penulangan hasil analisis dengan hasil di lapangan

Perencanaan ulang analisis struktur beton bertulang balok dan kolom yang telah dilakukan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) menunjukkan hasil yang berbeda dengan kondisi yang ada di lapangan, dengan persentase penyimpangan sebesar 10,00%. Kemungkinan besar hal ini terjadi karena beberapa faktor diantaranya adalah perbedaan penggunaan metode analisis perhitungan, beban atap yang diasumsikan sebagai atap dak (plat beton) karena keterbatasan data, dan pemilihan komponen kombinasi yang lebih kompleks dengan pertimbangan perkiraan gempa yang paling ekstrim.

Perbandingan penulangan hasil analisis terhadap hasil di lapangan dapat dilihat pada Tabel 5.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), perencanaan struktur beton bertulang yang mencakup dimensi dan

formasi penulangan balok dan kolom telah memenuhi syarat dan aman terhadap tinjauan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers. (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. ASCE 7-10.
- Badan Standarisasi Nasional. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. SKBI-1.3.53.1987.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. SNI-1726-2002.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2002.
- Dipohusodo & Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Imran, I. & Fajar, H. (2010). *Perencanaan Struktur Beton Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung: ITB.

Novianto, A. (2009). *Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan dan Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Teknologi Yogyakarta*, Program Studi Teknik Sipil. Universitas Teknologi Yogyakarta.

Tavio & Kusuma, B. (2009). *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press.

PENULIS :

Algazt Aryad Masagala

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta, Jalan Ringroad Utara, Jombor, Sleman, 55285.

Email: algazt_masagala@yahoo.com

Faqih Ma'arif

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Kampus Karangmalang, Yogyakarta, 55281

Email: faqih_maarif07@yahoo.com..