

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG PERKULIAHAN KAMPUS 3 INSTITUT
TEKNOLOGI SAINS DAN KESEHATAN Dr. SOEPRAOEN MENGGUNAKAN SRPMK**

Yandra Bili ¹, Sudirman Indra ², Yosimson P. Manaha ³

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: yandrabili@gmail.com

ABSTRACT

Campus 3 Lecture Building Malang Institute of Technology and Health Science is one of the lecture buildings in Malang. Judging from its position, the Malang area is in an earthquake-prone zone. The planned structural design is a multi-storey building with reinforced concrete material using the Special Moment Resisting Frame System method. Planning must comply with regulatory standards SNI 1727:2020 for gravity loads, SNI 1726:2019 for earthquake loading and SNI 2847:2019 for reinforced concrete designs. From the planning results obtained floor plate dimensions = 125 mm with D10 – 150 mm reinforcement. Beam dimensions obtained B47 and B36. The results of the calculation of the reinforcement in the beam are reviewed on beam 36 story 3 with the upper longitudinal reinforcement 10 D25 and the lower 5 D25 for the left support, the upper longitudinal reinforcement 9 D25 and the lower 5 D25 for the left support, while the field area obtained the upper reinforcement 5 D25 and the lower 5 D25. The transverse reinforcement in the beam is used D13 – 100 mm for the plastic hinge area and D13 – 100 mm for the outer plastic hinge area. On the side reinforcement given extra reinforcement 4 D22. The column dimensions obtained are 60 x 60 cm. The results of the reinforcement in the column reviewed at C26 story 1 with longitudinal reinforcement 28 D25. The transverse reinforcement in the x and y directions of plastic hinges is used 4 feet D10 – 100 mm, while the outer area of the plastic hinges in the x and y directions is used 4 feet D10 – 150 mm. The reinforcement in the connection area of the beam column uses vertical restraints in the form of 28 D25 column longitudinal reinforcement and x and y horizontal restraints using 8 legs D10 with a total of 6 layers.

Keywords: SRPM, Longitudinal, Transverse, HBK, and Restraint

ABSTRAK

Gedung Perkuliahan Kampus 3 Institut Teknologi dan Sains Kesehatan Malang merupakan salah satu gedung perkuliahan yang ada di Malang. Ditinjau dari posisinya daerah Malang berada pada zona rawan gempa. Desain struktur yang direncanakan adalah gedung bertingkat dengan material beton bertulang menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Perencanaan harus memenuhi standar peraturan SNI 1727:2020 untuk beban gravitasi, SNI 1726:2019 untuk Pembebanan gempa dan SNI 2847:2019 untuk desain beton bertulang. Dari hasil perencanaan diperoleh dimensi pelat lantai = 125 mm dengan penulangan D10 – 150 mm. Dimensi balok didapatkan B47 dan B36. Hasil perhitungan penulangan pada balok ditinjau pada beam 36 story 3 dengan tulangan longitudinal atas 10 D25 dan bawah 5 D25 untuk tumpuan kiri, tulangan longitudinal atas 9 D25 dan bawah 5 D25 untuk tumpuan kiri, sedangkan daerah lapangan didapat tulangan atas 5 D25 dan bawah 5 D25. Tulangan transversal pada balok dipakai D13 – 100 mm untuk daerah sendi plastis dan D13 – 100 mm untuk daerah luar sendi plastis. Pada tulangan samping di beri tulangan ekstra 4 D22. Pendimensian pada kolom didapatkan kolom 60 x 60 cm. Hasil penulangan pada kolom ditinjau pada C26 story 1 dengan tulangan longitudinal 28 D25. Tulangan transversal daerah sendi plastis arah x dan y dipakai 4 kaki D10 – 100 mm, sedangkan daerah luar sendi plastis arah x dan y dipakai 4 kaki D10 – 150 mm. Penulangan pada daerah hubungan balok kolom menggunakan pengekang vertikal berupa tulangan longitudinal kolom 28 D25 dan pengekang horizontal arah x dan y menggunakan 8 kaki D10 dengan jumlah 6 lapis.

Kata Kunci : SRPM, Longitudinal, Transversal, HBK, dan Pengekang

1. PENDAHULUAN

Kota Malang merupakan salah satu kota yang dijuluki kota pendidikan yang ada di Indonesia. Seiring dengan meningkatnya jumlah

mahasiswa yang kuliah di Malang, maka diperlukan pembangunan gedung kuliah yang baru sehingga dapat memenuhi terselenggarakan proses kuliah. Hal tersebut tidak diimbangi dengan

ketersediaan lahan yang ada. Oleh karena itu, pembangunan gedung bertingkat menjadi salah satu solusinya.

Salah satu faktor yang paling berpengaruh dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat tinggi adalah kekuatan struktur bangunan, dimana faktor ini sangat penting dengan keamanan dan ketahanan bangunan dalam beban yang bekerja pada struktur. Oleh karena itu dalam perencanaan gedung bertingkat tinggi harus direncanakan dan didesain sedemikian rupa agar dapat digunakan sebaik – baiknya, nyaman dan aman terhadap bahaya gempa bagi pemakai.

Salah satu faktor yang paling berpengaruh dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat tinggi adalah kekuatan struktur bangunan, dimana faktor ini sangat penting dengan keamanan dan ketahanan bangunan dalam beban yang bekerja pada struktur. Oleh karena itu dalam perencanaan gedung bertingkat tinggi harus direncanakan dan didesain sedemikian rupa agar dapat digunakan sebaik – baiknya, nyaman dan aman terhadap bahaya gempa bagi pemakai.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, adapun permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Kota Malang merupakan wilayah dengan tingkat resiko gempa yang cukup tinggi, sehingga dalam perencanaan struktur gedung bertingkat di kota Malang harus direncanakan dengan sistem struktur tahan gempa.
2. Gedung yang direncanakan memiliki ketinggian 7 lantai dan berada di daerah rawan gempa, maka dalam perencanaan digunakan struktur tahan gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Berapa dimensi Balok, Kolom dan Pelat Lantai yang mampu menerima beban yang direncanakan?
2. Berapa besar simpangan yang terjadi antar Lantai dari hasil analisis perencanaan?
3. Berapa jumlah tulangan yang dibutuhkan pada Balok, Kolom, Pelat Lantai, dan Hubungan Balok Kolom?
4. Bagaimana gambar detail hasil penulangan Balok, Kolom, Pelat Lantai dan Hubungan Balok Kolom?

Tujuan Studi

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menganalisis berapa dimensi Balok, Kolom dan Pelat Lantai yang mampu menerima beban yang direncanakan.
2. Menganalisis besar simpangan yang terjadi antar Lantai.
3. Menganalisis dan menghitung jumlah tulangan yang dibutuhkan pada penulangan Balok, Kolom, Pelat lantai, dan Hubungan Balok Kolom.
4. Menggambar detail penulangan Balok, Kolom, Pelat Lantai, dan Hubungan Balok Kolom.

Batasan Masalah

Ruang lingkup pembahasan Proposal Tugas Akhir ini dibatasi pada:

1. Lokasi studi Kampus 3 Institut Teknologi Sains dan Kesehatan Malang, Jl. S. Supriadi No 22 Malang.
2. Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS 2019.
3. Perencanaan struktur meliputi perencanaan Balok, Kolom, HBK dan Pelat Lantai.
4. Peraturan yang digunakan sebagai pedoman adalah:
 - SNI 2847-2019, tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung
 - SNI 1726-2019, tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
 - SNI 1727-2020, tentang beban desain minimum dan kriteria untuk bangunan gedung dan bangunan lain.
 - SNI 2052-2017, tentang baja tulangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Studi Terdahulu

1. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Hotel Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (Vanzika Anndryan, Yurisman, dan Indra Farni)
2. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Bertingkat Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus/Studi Kasus: Gedung Laboratorium Bersama Universitas Udayana. (Naratama, I Nyoman Sutarja, dan I Wayan Dana)

- Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai. (Frinsilia Jaglien Liando, Servie O. Dapas, Steenie E. Wallah)

Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen adalah suatu sistem struktur berupa portal atau rangka ruang yang terdiri dari balok dan kolom dimana komponen-komponen struktur dan join -joinnya bekerja secara bersama untuk menahan gaya - gaya yang bekerja. Struktur rangka pemikul momen dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa
- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Pembebanan Pada Struktur

Beban mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material, (SNI 1727:2020 pasal 3.1.1)

Beban mati tambahan

Beban mati tambahan yaitu berat komponen nonstruktural seperti arsitektural, mekanikal, elektrik, dan plumbing yang terdapat pada struktur bangunan.

Beban hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati, (SNI 1727:2020 pasal 4.1).

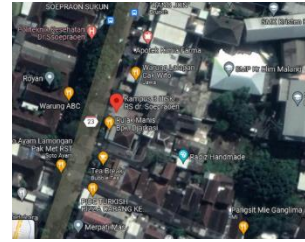
Beban gempa

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya getaran gempa. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa sesuai dengan SNI 1726 – 2019.

3. METODOLOGI PERENCANAAN

Lokasi Studi

Lokasi objek studi terletak di Jalan S. Supriyadi No.22 Kecamatan Sukun, Malang. Lokasi studi dapat dilihat pada berikut ini.

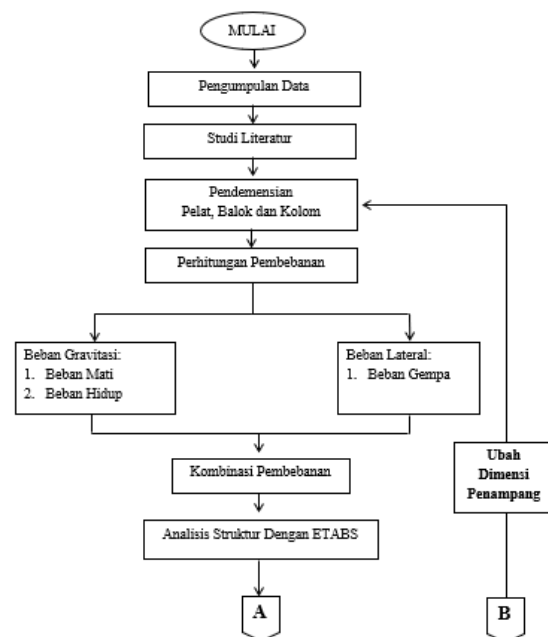


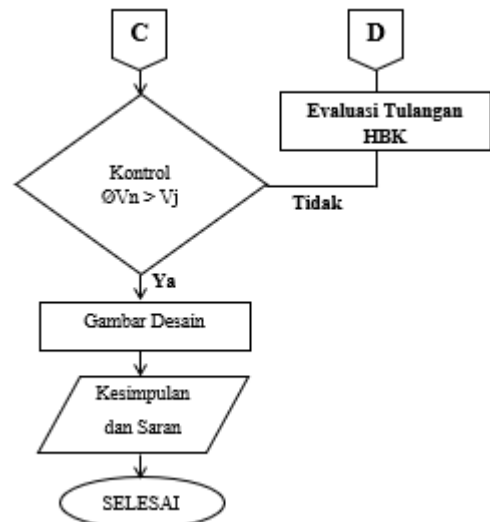
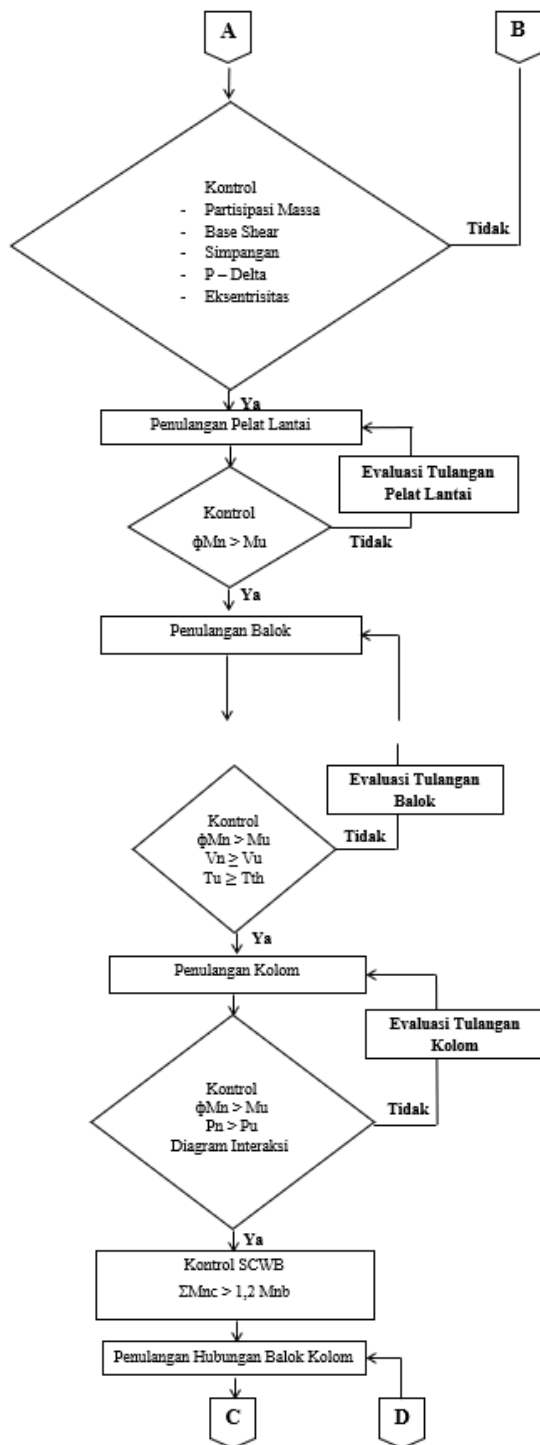
Gambar 1.1 Lokasi Studi

Data Perencanaan

- Jumlah lantai : 7 lantai
- Fungsi gedung : Gedung Perkuliahan
- Struktur bangunan : Beton bertulang
- Tinggi gedung : 31,5 m
- Tinggi antar lantai : 4,5 m
- Panjang gedung : 50,4 m
- Lebar bangunan : 28,8 m
- Kuata tekan beton ($f'c$) : 30 MPa
- Kuat tarik baja ulir (f_y) : 420 Mpa

Bagan Alir/Flowchart





Gambar 3.1 Diagram alir

4. ANALISA DAN PERHITUNGAN

Perencanaan Dimensi Struktur

Perencanaan Awal Dimensi Balok

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1 bahwa Lebar balok (b) tidak boleh kurang dari 250 mm dan perbandingan lebar (b) terhadap tinggi (h) tidak boleh kurang dari 0,3. Dalam merencanakan dimensi balok digunakan rumus pendekatan untuk mencari dimensi balok, yaitu:

$$h = \frac{1}{10} \cdot L - \frac{1}{12} \cdot L$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h - \frac{1}{2} \cdot h$$

Tabel 4.1 Hasil pendimensionan balok dan sloof

| Balok | Bentang | Lt. 1 - Lt. Atap | |
|----------|---------|------------------|-------|
| | | b (m) | h (m) |
| B. Induk | 7,2 | 0,4 | 0,7 |
| B. Anak | 7,2 | 0,3 | 0,6 |
| Sloof | 7,2 | 0,4 | 0,7 |

Perencanaan Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847-2019 pasal 18.7.2.1 bahwa dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm dan rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

Ukuran 60 x 60 cm

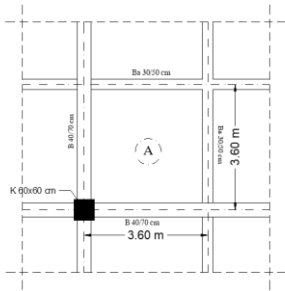
b = 60 cm

h = 60 cm

Kontrol:

1. Penampang terpendek (b) kolom = 60 cm > 30 cm (OKE)
2. $\frac{60}{60} = 1 > 0,4$ (OKE)

Perencanaan Awal Dimensi Pelat



Gambar 4.1 Denah pelat lantai yang ditinjau

$L_x = 3,6$ meter

$L_y = 3,6$ meter

B. Induk = 40 x 70 cm

B. anak = 30 x 60 cm

Perbandingan antara bentang yang panjang dan yang pendek (β)

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{3,6}{3,6} = 1$$

Karena $\beta < 2$ maka digunakan penulangan pelat dua arah.

Dicoba tebal pelat = 125 mm = 0,125 m

Untuk ketebalan pelat minimum (h_{min}) yaitu:

$$h_{min} = \frac{L_n \times \left[0,8 + \frac{f_y}{1400}\right]}{36 + (9 \times \beta)}$$

$$= \frac{3,60 \times \left[0,8 + \frac{420}{1400}\right]}{36 + (9 \times 1)}$$

$$= 99 \text{ mm}$$

Jadi, digunakan tebal pelat lantai = 125 mm, pelat atap = 100 mm

Perhitungan Pembebanan

Beban Mati

Bj beton bertulang = 24 kN/m³

Berat gipsum (t = 10 mm) = 0,008 kN/m²

Berat penggantung = 0,10 kN/m²

Berat jenis keramik = 23,6 kN/m³

Berat mekanikal elektrik = 0,19 kN/m²

Berat spesi per mm tebal = 20,4 kN/m³

Berat jenis bata ringan = 600 kg/m³

Berat jenis air = 1000 kg/m³

Beban Mati Tambahan Pelat

Beban mati tambahan pada pelat atap

Berat spesi 5 cm = 20,4 x 0,05 = 1,02 kN/m²

Berat air hujan = 10 x 0,05 = 0,5 kN/m²

Berat ME = 0,19 kN/m²

Berat plafond + penggantung = 0,18 kN/m² +

Berat total = 1,89 kN/m²

Beban mati tambahan pada pelat lantai 1 – lantai 6

Berat keramik 9 mm = 23,6 x 0,009 = 0,2124 kN/m²

Berat spesi 3 cm = 20,4 x 0,03 = 0,612 kN/m²

Berat ME = 0,19 kN/m²

Berat plafond + penggantung = 0,18 kN/m² +

Berat total = 1,1944 kN/m²

Beban Mati Tambahan Dinding

B 40/70 = (h Lantai - h B. induk) x Bj bata ringan

$$= (4,5 - 0,7) \times 1,201$$

$$= 4,562 \text{ kN/m}$$

B 30/60 = (h Lantai - h B. anak) x Berat bata ringan

$$= (4,5 - 0,6) \times 1,201$$

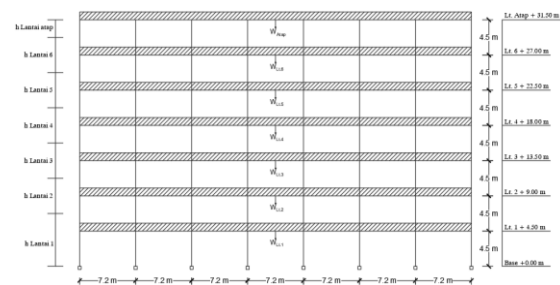
$$= 4,682 \text{ kN/m}$$

Beban Hidup

Tabel 4.2 Beban hidup

| Fungsi ruangan | Berat (kN/m ²) |
|-------------------------------|----------------------------|
| Ruang kelas | 1,92 |
| Ruang kantor | 2,40 |
| Ruang komputer | 4,79 |
| Koridor lantai pertama | 4,79 |
| Koridor diatas lantai pertama | 3,83 |
| Balkon | 4,79 |
| Loby | 4,79 |
| Atap bukan untuk hunian | 0,96 |

Perhitungan Beban Gempa



Gambar 4.2 Pembagian beban gempa tiap lantai

Tabel 4.3 Rekapitulasi Berat Struktur Tiap Lantai

| No | Lantai | Beban Mati (kN) | Beban hidup (kN) | W Total (kN) |
|--------------------|----------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | Lantai 1 | 13088,87 | 3061,45 | 16150,32 |
| 2 | Lantai 2 | 11557,79 | 3061,45 | 14619,25 |
| 3 | Lantai 3 | 11557,79 | 3061,45 | 14619,25 |
| 4 | Lantai 4 | 11557,79 | 3061,45 | 14619,25 |
| 5 | Lantai 5 | 11557,79 | 3061,45 | 14619,25 |
| 6 | Lantai 6 | 11557,79 | 3061,45 | 14619,25 |
| 7 | Lt. Atap | 9938,99 | 1045,09 | 10984,09 |
| Berat Total | | | | 100230,65 |

Perhitungan Manual Beban Gempa

Tabel 4.4 Rekapitulasi Parameter Beban Gempa

| No | Keterangan | Data |
|----|---|-------|
| 1 | Parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (Ss) g | 0,95 |
| 2 | Parameter percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S1) g | 0,35 |
| 3 | Parameter peta transisi periode panjang (TL) detik | 20 |
| 4 | Kategori resiko | IV |
| 5 | Faktor K eutamaan Gempa | 1,5 |
| 6 | Kelas situs tanah | SD |
| 7 | Faktor amplifikasi periode pendek (Fa) | 1,12 |
| 8 | Faktor amplifikasi periode 1 detik (Fv) | 1,95 |
| 9 | Percepatan spektrum pada periode pendek (SMs) g | 1,064 |
| 10 | Percepatan spektrum pada periode 1 detik (SM1) g | 0,683 |
| 11 | Percepatan desain spektrum pada periode pendek (SDS) g | 0,709 |
| 12 | Percepatan desain spektrum pada periode 1 detik (SD1) g | 0,455 |
| 13 | Kategori desain seisimik (KDS) | D |

Tabel 4.5 Faktor Distribusi Vertikal

| No | Lantai | Tinggi (h) m | W (kN) | h ^{xx} | h ^{yy} |
|------------------------|----------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Lt. Atap | 31,50 | 10984,086 | 153,474 | 142,995 |
| 2 | Lantai 6 | 27,00 | 14619,249 | 122,563 | 114,556 |
| 3 | Lantai 5 | 22,50 | 14619,249 | 93,936 | 88,128 |
| 4 | Lantai 4 | 18,00 | 14619,249 | 67,833 | 63,931 |
| 5 | Lantai 3 | 13,50 | 14619,249 | 44,582 | 42,265 |
| 6 | Lantai 2 | 9,00 | 14619,249 | 24,674 | 23,587 |
| 7 | Lantai 1 | 4,50 | 16150,324 | 8,975 | 8,703 |
| Jumlah (Wtotal) | | | 100230,655 | | |

| No | W . h ^{xx} | W . h ^{yy} | W/ΣW . h ^{xx} | W/ΣW . h ^{yy} | Fx (kN) | Fy (kN) |
|----|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|----------|----------|
| 1 | 1685772,73 | 1570665,33 | 0,241 | 0,239 | 1452,255 | 1484,190 |
| 2 | 1791780,46 | 1674718,58 | 0,256 | 0,255 | 1543,578 | 1582,514 |
| 3 | 1373280,83 | 1288367,07 | 0,196 | 0,196 | 1183,050 | 1217,434 |
| 4 | 991671,08 | 934618,91 | 0,142 | 0,142 | 854,302 | 883,162 |
| 5 | 651751,49 | 617888,61 | 0,093 | 0,094 | 561,469 | 583,870 |
| 6 | 360715,37 | 344828,31 | 0,052 | 0,052 | 310,748 | 325,843 |
| 7 | 144950,02 | 140548,89 | 0,021 | 0,021 | 124,871 | 132,811 |
| Σ | 6999922,186 | 6571635,709 | | | 6030,273 | 6209,824 |

Kontrol Hasil Analisa E-tabs

Kontrol Nilai Gaya Geser (Base Shear)

Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.9.4.1 bila periode fundamental yang dihitung Cu. Tu, maka Cu. Ta harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (Vt) lebih kecil 100% dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan 1 V/Vt.

Tabel 4.6 Hasil penjumlahan base shear untuk masing-masing gempa

| Tipe Beban Gempa | | Fx kN | Fy kN |
|------------------|---------------------------|----------|----------|
| Statis | EQx | 6031,578 | 0 |
| | EQy | 0 | 6211,168 |
| Dinamis | Respon Sepektrum X (RSPx) | 3340,429 | 12,740 |
| | Respon Sepektrum Y (RSPy) | 12,740 | 3242,580 |

Cek konfigurasi V dinamik ≥ V Statis

| Arah | V dinamis | V Statis | Keterangan |
|------|-----------|----------|----------------|
| X | 3340,429 | 6031,578 | Tidak Memenuhi |
| Y | 3242,580 | 6211,168 | Tidak Memenuhi |

Faktor skala X (lama) = 1839,375 mm/s²

Faktor skala Y (lama) = 1839,375 mm/s²

$$U1_{Mod} = U1 \times \frac{100\% \text{ Statik } X}{F_x \text{ Dinamik}}$$

$$= 1839,375 \times \frac{6031,578}{3340,429}$$

$$= 3321,23 \text{ mm/s}^2$$

$$U2_{Mod} = U2 \times \frac{100\% \text{ Statik } X}{F_x \text{ Dinamik}}$$

$$= 1839,375 \times \frac{6211,168}{3242,580}$$

$$= 3523,326 \text{ mm/s}^2$$

Cek konfigurasi V dinamik ≥ V Statis

| Arah | V dinamis | V Statis | Keterangan |
|------|-----------|----------|------------|
| X | 6031,578 | 6031,578 | Memenuhi |
| Y | 6211,168 | 6211,168 | Memenuhi |

Kontrol Partisipasi Massa

Tabel 4.7 Modal Participating Mass Ratios

| Case | Mode | Period sec | UX | UY | Sum UX | Sum UY |
|-------|------|---------------|-------|-------|--------|--------|
| Modal | 1 | 2,244 | 0,000 | 0,814 | 0,000 | 0,814 |
| Modal | 2 | 2,178 | 0,818 | 0,000 | 0,818 | 0,814 |
| Modal | 3 | 2,043 | 0,000 | 0,002 | 0,819 | 0,816 |
| Modal | 4 | 0,719 | 0,000 | 0,101 | 0,819 | 0,917 |
| Modal | 5 | 0,701 | 0,100 | 0,000 | 0,918 | 0,917 |
| Modal | 6 | 0,654 | 0,000 | 0,000 | 0,918 | 0,917 |
| Modal | 7 | 0,404 | 0,000 | 0,040 | 0,918 | 0,957 |
| Modal | 8 | 0,397 | 0,039 | 0,000 | 0,957 | 0,957 |
| Modal | 9 | 0,368 | 0,000 | 0,000 | 0,957 | 0,957 |
| Modal | 10 | 0,270 | 0,000 | 0,022 | 0,957 | 0,978 |
| Modal | 11 | 0,267 | 0,021 | 0,000 | 0,978 | 0,978 |
| Modal | 12 | 0,246 | 0,000 | 0,000 | 0,978 | 0,978 |

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa partisipasi massa telah terpenuhi pada Modal 5 minimal sebesar 90% sesuai SNI 1726 pasal 7.9.1.1 hal. 77.

Kontrol Simpangan

Tabel 4.8 Kontrol Simpangan Arah X

| No | Lantai | hsx | δe | Δ mm | Δi mm | Δ ijin mm | Kontrol |
|----|----------|-------|---------|--------------|----------|--------------|----------|
| | | mm | mm | Cd x δe / Ie | Δ1 - Δ2 | 0,015 x hsx | |
| 1 | Atap | 31500 | 110,050 | 403,517 | 21,069 | 472,5 | Memenuhi |
| 2 | Lantai 6 | 27000 | 104,304 | 382,448 | 38,163 | 405 | Memenuhi |
| 3 | Lantai 5 | 22500 | 93,896 | 344,285 | 54,047 | 337,5 | Memenuhi |
| 4 | Lantai 4 | 18000 | 79,156 | 290,239 | 68,006 | 270 | Memenuhi |
| 5 | Lantai 3 | 13500 | 60,609 | 222,233 | 80,161 | 202,5 | Memenuhi |
| 6 | Lantai 2 | 9000 | 38,747 | 142,072 | 85,606 | 135 | Memenuhi |
| 7 | Lantai 1 | 4500 | 15,400 | 56,467 | 56,467 | 67,5 | Memenuhi |
| 8 | Baseman | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | - |

Tabel 4.9 Kontrol Simpangan Arah Y

| No | Lantai | hsx | δe | Δ mm | Δi mm | Δ ijin mm | Kontrol |
|----|----------|-------|---------|--------------|----------|--------------|----------|
| | | mm | mm | Cd x δe / Ie | Δ1 - Δ2 | 0,015 x hsx | |
| 1 | Atap | 31500 | 125,376 | 459,712 | 23,390 | 472,5 | Memenuhi |
| 2 | Lantai 6 | 27000 | 118,997 | 436,322 | 44,638 | 405 | Memenuhi |
| 3 | Lantai 5 | 22500 | 106,823 | 391,684 | 62,612 | 337,5 | Memenuhi |
| 4 | Lantai 4 | 18000 | 89,747 | 329,072 | 78,349 | 270 | Memenuhi |
| 5 | Lantai 3 | 13500 | 68,379 | 250,723 | 91,740 | 202,5 | Memenuhi |
| 6 | Lantai 2 | 9000 | 43,359 | 158,983 | 96,859 | 135 | Memenuhi |
| 7 | Lantai 1 | 4500 | 16,943 | 62,124 | 62,124 | 67,5 | Memenuhi |
| 8 | Baseman | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0 | - |

Pengaruh P – Delta

Tabel 4.10 Kontrol P – Delta Arah X

| No | Story | Px kN | hsx mm | Δi mm | Vx kN | θi | θmaks | Keterangan |
|----|----------|-----------|-----------|----------|----------|-------|-------|------------|
| 1 | Lt. Atap | 3102,624 | 31500 | 21,069 | 1452,529 | 0,000 | 0,10 | Stabil |
| 2 | Lantai 6 | 9065,466 | 27000 | 38,163 | 2996,398 | 0,001 | 0,10 | Stabil |
| 3 | Lantai 5 | 15028,307 | 22500 | 54,047 | 4179,671 | 0,002 | 0,10 | Stabil |
| 4 | Lantai 4 | 20991,149 | 18000 | 68,006 | 5034,134 | 0,004 | 0,10 | Stabil |
| 5 | Lantai 3 | 26953,990 | 13500 | 80,161 | 5595,709 | 0,008 | 0,10 | Stabil |
| 6 | Lantai 2 | 32916,832 | 9000 | 85,606 | 5906,516 | 0,014 | 0,10 | Stabil |
| 7 | Lantai 1 | 38863,249 | 4500 | 56,467 | 6031,578 | 0,022 | 0,10 | Stabil |

Tabel 4.11 Kontrol P – Delta Arah Y

| No | Story | Px kN | hsx mm | Δi mm | Vy kN | θi | θmaks | Keterangan |
|----|-------------|-----------|-----------|----------|----------|-------|-------|------------|
| 1 | Lantai Atap | 10655,424 | 31500 | 23,390 | 1484,469 | 0,001 | 0,10 | Stabil |
| 2 | Lantai 6 | 24725,754 | 27000 | 44,638 | 3067,280 | 0,004 | 0,10 | Stabil |
| 3 | Lantai 5 | 38796,083 | 22500 | 62,612 | 4284,943 | 0,007 | 0,10 | Stabil |
| 4 | Lantai 4 | 52866,413 | 18000 | 78,349 | 5168,271 | 0,012 | 0,10 | Stabil |
| 5 | Lantai 3 | 66936,742 | 13500 | 91,740 | 5752,250 | 0,022 | 0,10 | Stabil |
| 6 | Lantai 2 | 81007,072 | 9000 | 96,859 | 6078,154 | 0,039 | 0,10 | Stabil |
| 7 | Lantai 1 | 95060,977 | 4500 | 62,124 | 6211,168 | 0,058 | 0,10 | Stabil |

Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

Tebal pelat (hf) = 125 mm

Lebar (b) = 1000 mm

Selimit beton = 20 mm

Mutu tulangan (fy) = 420 MPa

Diameter Tul. x = D10
 Diameter Tul. y = D10

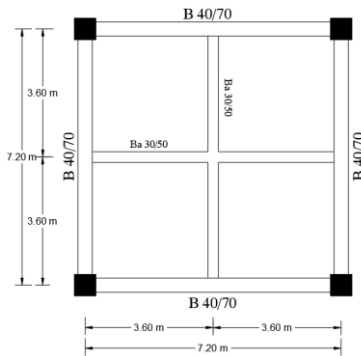
Tabel 4.12 Momen pelat lantai

| No | Momen | Story | Kombinasi | M11 (kNm) | M22 (kNm) |
|----|-----------------|----------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | M _{lx} | Lantai 6 | Kombinasi 2 | 21,584 | |
| 2 | M _{tx} | Lantai 6 | Kombinasi 2 | -28,629 | |
| 3 | M _{ly} | Lantai 6 | Kombinasi 2 | | 17,182 |
| 4 | M _{ty} | Lantai 6 | Kombinasi 2 | | -28,999 |

Keterangan:

M11 = Momen arah x

M22 = Momen arah y



Gambar 4.3 Dimensi pelat

Dicoba jarak antar tulangan (s) = 150 mm

$$n = \frac{1000}{150} = 6,667 \rightarrow 7 \text{ tulangan}$$

Tabel 4.13 Rekapitulasi penulangan pelat lantai

| Momen Pelat | Tulangan mm | Ø Mn kNm | Mu kNm | Cek Ø Mn > Mu |
|-------------|-------------|----------|--------|---------------|
| Tumpuan X | D 10 | 21,512 | 13,27 | Memenuhi |
| Lapangan X | D 10 | 19,831 | 6,344 | Memenuhi |
| Tumpuan Y | D 10 | 22,613 | 11,072 | Memenuhi |
| Lapangan Y | D 10 | 17,754 | 7,526 | Memenuhi |

Perhitungan Penulangan Balok

Data perencanaan:

- Lebar balok (bw) = 400 mm
- Tinggi balok (h) = 700 mm
- Selimit beton (cb) = 40 mm
- Mutu beton (fc') = 30 MPa
- fy ulir = 420 MPa
- fy sengkang ulir = 420 MPa
- Diameter Tul. pokok = D25 mm
- Diameter Tul. sengkang = D13 mm
- Tebal pelat (hf) = 125 mm
- Momen terfaktor
- Tumpuan Kiri (+) = 739,3309 kNm
- Tumpuan Kiri (-) = 984,1059 kNm
- Tumpuan Kanan (+) = 819,1170 kNm
- Tumpuan Kanan (-) = 912,8835 kNm
- Lapangan (+) = 472,2611 kNm
- Lapangan (-) = 395,6383 kNm

Penulangan Longitudinal Balok

Dari hasil analisa perhitungan penulangan longitudinal balok didapatkan hasil sebagai berikut

Tabel 4.14 Penulangan Balok

| Lokasi | φMn | Kebutuhan Tulangan | As Pasang | Mu | Kontrol φMn > Mu | |
|--------|-------|--------------------|-----------|----------|------------------|-----|
| Tump. | Kan - | 940.216.569 | 9 D 25 | 4417,865 | 912.883.500 | OKE |
| | Kan + | 831.537.200 | 5 D 25 | 2454,369 | 819.117.000 | OKE |
| | Kir - | 1.026.700.558 | 10 D 25 | 4908,739 | 984.105.900 | OKE |
| | Kir + | 842.058.609 | 5 D 25 | 2454,369 | 739.330.900 | OKE |
| Lap | + | 616.704.362 | 5 D 25 | 2454,369 | 472.261.100 | OKE |
| | - | 556.260.273 | 5 D 25 | 2454,369 | 395.638.300 | OKE |

Penulangan Geser Balok

Dari hasil perhitungan penulangan geser balok didapatkan hasil sebagai berikut.

Daerah Sendi Plastis Tumpuan kiri : 3 kaki D 13 – 100 mm

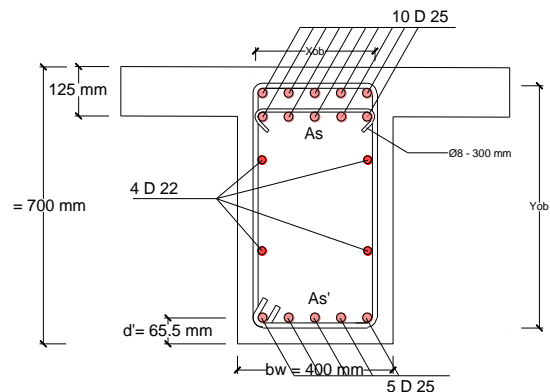
Daerah Sendi Plastis Tumpuan kanan: 3 kaki D 13 – 100 mm

Daerah Luar Sendi Plastis Tumpuan Kiri: 2 kaki D 13 – 150 mm

Daerah Luar Sendi Plastis Tumpuan Kanan: 2 kaki D 13 – 150 mm

Penulangan Torsi Balok

Dari hasil analisa perhitungan penulangan torsi dipakai tulangan torsi (samping) 4 D22



Gambar 4.4 Detail Penulangan Balok

Perhitungan Penulangan Kolom

Data perencanaan:

- b kolom = 600 mm
- h kolom = 600 mm
- Selimit Beton (sb) = 40 cm
- Mutu Beton fc' = 30 MPa
- fy ulir = 420 MPa
- fy ulir sengkang = 420 MPa
- Modulus Elastisitas Baja (Es) = 200000 MPa
- Diameter Tul. Pokok = 25 mm
- Diameter Tul. Sengkang = 10 mm
- Tinggi Lantai (h Lantai) = 4500 mm
- Tinggi Balok (h Balok) = 700 mm
- Tinggi Bersih Kolom (hn Kolom) = 3800 mm
- Mux = 689,379 kNm (Output Etabs 2019, M2)

Muy = 579,635 kNm (Output Etabs 2019, M3)
 Pu max = 2910,519 kN (Output Etabs 2019)
 Vux = 254,114 kN (Output Etabs 2019, V2)
 Vuy = 209,280 kN (Output Etabs 2019, V3)

Penulangan Longitudinal Kolom

Hasil perhitungan penulangan kolom dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.15 Rekapitulasi nilai ϕP_n dan ϕM_n variasi penulangan 16 D25

| Kondisi | 16 D 25 | |
|--------------|-----------------|------------------|
| | ϕP_n (kN) | ϕM_n (kNm) |
| Sentris | 6383,949 | 0 |
| Patah Desak | 4952,387 | 619,353 |
| Balance | 2686,537 | 793,409 |
| Patah Tarik | 691,352 | 631,411 |
| Lentur murni | 0 | 516,103 |

Tabel 4.16 Rekapitulasi nilai ϕP_n dan ϕM_n variasi penulangan 20 D25

| Kondisi | 20 D 25 | |
|--------------|-----------------|------------------|
| | ϕP_n (kN) | ϕM_n (kNm) |
| Sentris | 6786,536 | 0 |
| Patah Desak | 5358,386 | 661,589 |
| Balance | 2706,117 | 877,512 |
| Patah Tarik | 983,219 | 821,848 |
| Lentur murni | 0 | 624,921 |

Tabel 4.17 Rekapitulasi nilai ϕP_n dan ϕM_n variasi penulangan 24 D25

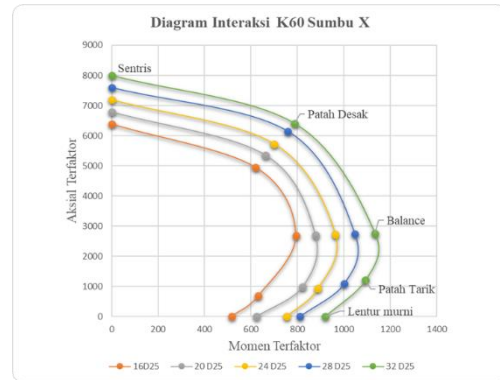
| Kondisi | 24 D 25 | |
|--------------|-----------------|------------------|
| | ϕP_n (kN) | ϕM_n (kNm) |
| Sentris | 7189,124 | 0 |
| Patah Desak | 5724,026 | 699,763 |
| Balance | 2725,696 | 962,374 |
| Patah Tarik | 928,023 | 887,292 |
| Lentur murni | 0 | 752,648 |

Tabel 4.18 Rekapitulasi nilai ϕP_n dan ϕM_n variasi penulangan 28 D25

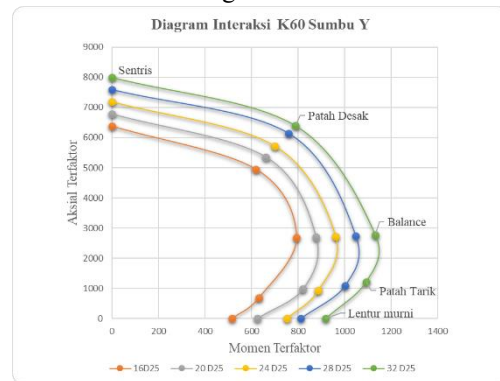
| Kondisi | 28 D 25 | |
|--------------|-----------------|------------------|
| | ϕP_n (kN) | ϕM_n (kNm) |
| Sentris | 7591,711 | 0 |
| Patah Desak | 6143,492 | 758,826 |
| Balance | 2745,275 | 1047,670 |
| Patah Tarik | 1089,864 | 1001,692 |
| Lentur murni | 0 | 811,283 |

Tabel 4.19 Rekapitulasi nilai ϕP_n dan ϕM_n variasi penulangan 32 D25

| Kondisi | 32 D 25 | |
|--------------|-----------------|------------------|
| | ϕP_n (kN) | ϕM_n (kNm) |
| Sentris | 7994,298 | 0 |
| Patah Desak | 6398,601 | 788,292 |
| Balance | 2764,855 | 1133,236 |
| Patah Tarik | 1214,949 | 1093,310 |
| Lentur murni | 0 | 919,300 |



Gambar 4.5 Diagram Interaksi Arah X

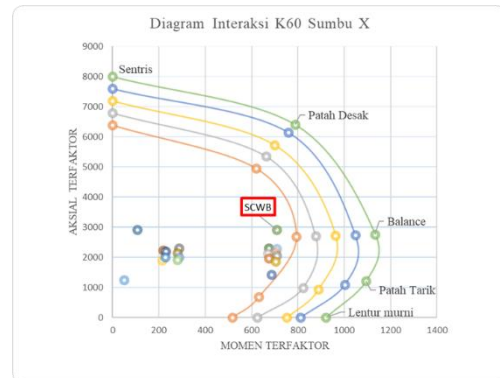


Gambar 4.6 Diagram Interaksi Arah Y

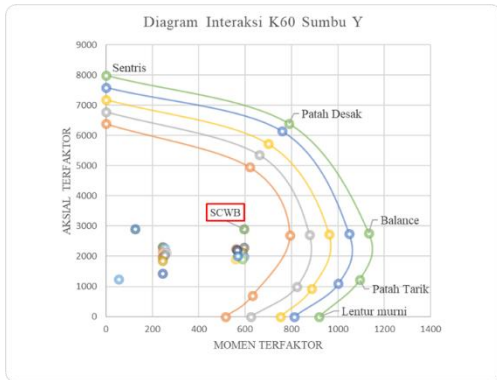
Perhitungan Pembesaran Momen Kolom

Tabel 4.39 Momen setelah pembesaran

| No | Kombinasi | Momen Sebelum Pembesaran | | | Momen Setelah Pembesaran | | |
|----|--------------|--------------------------|----------|----------|--------------------------|---------|---------|
| | | Pu (kN) | M2 (kNm) | M3 (kNm) | Pu (kN) | Mc (M2) | Mc (M3) |
| 1 | Kombinasi 1 | 1242,147 | 49,151 | 53,137 | 1242,147 | 50,500 | 54,595 |
| 2 | Kombinasi 2 | 2910,519 | 104,634 | 121,496 | 2910,519 | 107,505 | 124,830 |
| 3 | Kombinasi 3 | 2233,307 | 211,439 | 544,918 | 2233,307 | 217,241 | 559,872 |
| 4 | Kombinasi 4 | 2297,427 | 278,388 | 579,635 | 2297,427 | 286,027 | 595,541 |
| 5 | Kombinasi 5 | 2136,810 | 272,954 | 571,682 | 2136,810 | 280,444 | 587,370 |
| 6 | Kombinasi 6 | 2200,931 | 223,399 | 551,094 | 2200,931 | 229,529 | 566,217 |
| 7 | Kombinasi 7 | 2304,001 | 655,747 | 236,323 | 2304,001 | 673,742 | 242,808 |
| 8 | Kombinasi 8 | 2278,199 | 689,379 | 245,953 | 2278,199 | 708,297 | 252,703 |
| 9 | Kombinasi 9 | 2156,038 | 684,191 | 237,531 | 2156,038 | 702,967 | 244,049 |
| 10 | Kombinasi 10 | 2130,236 | 650,752 | 252,886 | 2130,236 | 668,610 | 259,825 |
| 11 | Kombinasi 11 | 1897,180 | 208,156 | 544,350 | 1897,180 | 213,869 | 559,288 |
| 12 | Kombinasi 12 | 1996,683 | 278,167 | 579,239 | 1996,683 | 285,800 | 595,135 |
| 13 | Kombinasi 13 | 1906,829 | 272,993 | 571,772 | 1906,829 | 280,485 | 587,462 |
| 14 | Kombinasi 14 | 2006,331 | 221,527 | 552,190 | 2006,331 | 227,606 | 567,343 |
| 15 | Kombinasi 15 | 1967,875 | 655,642 | 237,412 | 1967,875 | 673,634 | 243,927 |
| 16 | Kombinasi 16 | 2048,218 | 689,210 | 245,650 | 2048,218 | 708,123 | 252,391 |
| 17 | Kombinasi 17 | 1855,294 | 684,243 | 237,649 | 1855,294 | 703,020 | 244,170 |
| 18 | Kombinasi 18 | 1425,250 | 667,262 | 193,833 | 1425,250 | 685,572 | 199,152 |



Grafik 4.4 Diagram interaksi kolom arah X setelah pembesaran momen

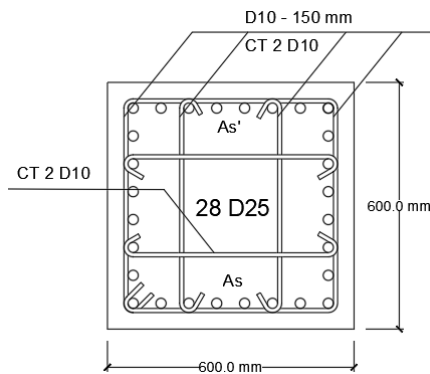


Gambar 4.7 Diagram interaksi kolom arah Y setelah pembesaran momen

Penulangan Transversal Kolom

Dari hasil perhitungan penulangan geser balok didapatkan hasil sebagai berikut.

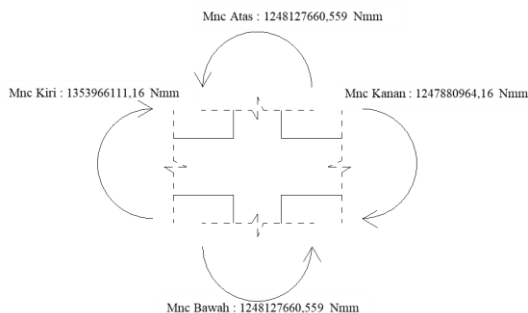
- Daerah sendi plastis arah x = 4 kaki D10 – 100 mm
- Daerah sendi plastis arah y = 4 kaki D10 – 100 mm
- Daerah luar sendi plastis arah x = 4 kaki D10 – 150 mm
- Daerah luar sendi plastis arah y = 4 kaki D10 – 150 mm



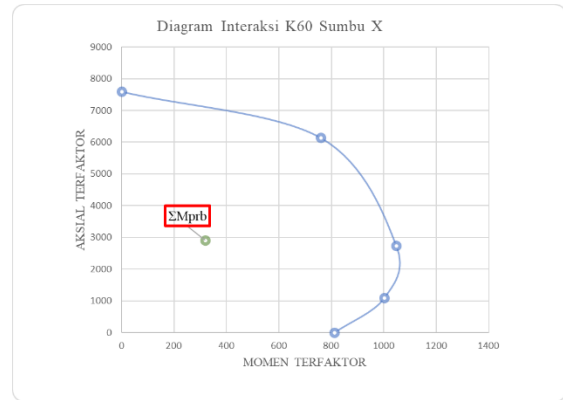
Gambar 4.8 Detail Penulangan Kolom

Strong Column Weak Beam (SCWB)

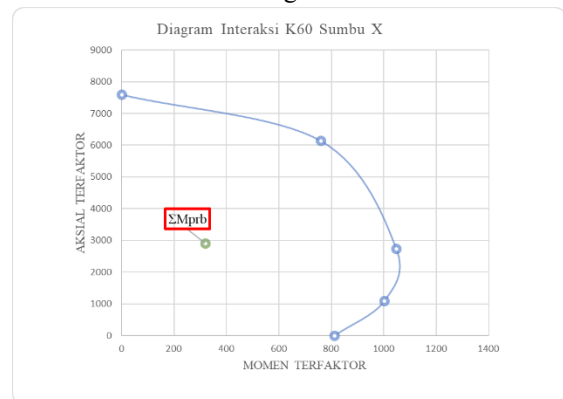
Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.3.2, kekuatan lentur kolom harus memenuhi $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$. Kekuatan lentur kolom (M_{nc}) harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang konsisten terhadap arah gempa yang ditinjau yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.



Gambar 4.9 Hubungan Balok dan Kolom

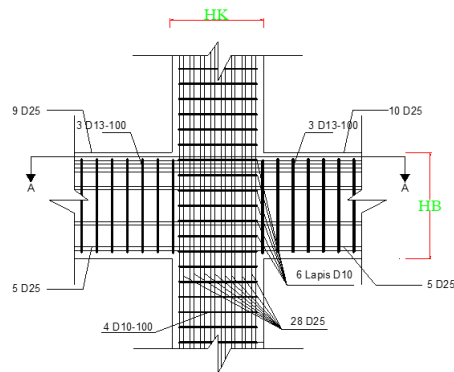


Gambar 4.10 Diagram HBK arah X



Gambar 4.11 Diagram HBK arah Y

Dari hasil perhitungan hubungan balok kolom didapat penulangan geser 8 kaki D10 (6 lapis) arah horizontal x dan y, sedangkan arah vertikal cukup menggunakan tulangan longitudinal kolom 28 D25.



Gambar 4.12 Gambar Penulanga HBK

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan struktur atas Gedung Perkuliahan Kampus 3 Institut Teknologi Nasional Malang menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a) Ukuran Dimensi
 - Pelat lantai = 125 mm
 - Pelat atap = 100 mm
 - Balok Induk = 400 x 700 mm

- Balok Anak = 300 x 600 mm
 - Kolom = 600 x 600 mm
- b) Penulangan
- Pelat lantai
Penulangan sumbu x dan y daerah tumpuan dan lapangan menggunakan tulangan longitudinal D10 – 150 mm dan tulangan bagi Ø8 – 150 mm.
 - Balok 400 x 700 mm
 1. Tumpuan kiri
Tulangan longitudinal = 10 D25
Tulangan baawah = 5 D25
 2. Tumpuan kanan
Tulangan longitudinal = 9 D25
Tulangan baawah = 5 D25
 3. Lapangan
Tulangan longitudinal = 5 D25
Tulangan baawah = 5 D25
 4. Tulangan transversal
Daerah sendi plastis = 3 kaki D13 – 100 mm
Daerah luar sendi plastis = 2 kaki D13 – 100 mm
 - Kolom 600 x 600 mm
 1. Tulangan longitudinal = 28 D25
 2. Tulangan transversal
Daerah luar sendi plastis
Sengkang = D10 – 150 mm
Cross ties x = 2 D10
Cross ties y = 2 D10
 - Hubungan Balok Kolom (Joint)
 1. Pengekang vertikal cukup menggunakan tulangan longitudinal K60 28 D25
 2. Pengekang horizontal = 8 kaki D10 sumbu x dan y (6 lapis)

- Gedung Kuliah 5 Lantai*. Jurnal Sipil Statik. Naratama, I. N. S. dan I. W. D. (2014). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Bertingkat Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil.
- Vanzika Anndryan, Yurisman, I. F. 2014. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Hotel Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen*. Rekayasa Sipil.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2017). *SNI 2052 Baja Tulangan Beton*. Standar Nasional Indonesia.
- Anonim (2019). *SNI 1726 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2019). *SNI 2847 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2020). *SNI 1727 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain*. Badan Standarisasi Nasional.
- Liando, F. J., Dapas, S. O., & Wallah, S. E. (2020). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*