

ALTERNATIF PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS GEDUNG KDP UNIVERSITAS BRAWIJAYA MENGGUNAKAN BETON BERTULANG PRACETAK PADA STRUKTUR PELAT LANTAI DENGAN METODE SRPMK

Edwin Yudha Hernanda¹, Yosimson Petrus Manaha², dan Ester Priskasari³

¹²³⁾ *Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang*
Email: 1921016.edwin.yudha.hernanda@gmail.com

ABSTRACT

The KDP building is one of the new building developments at Brawijaya University which is located on Jl. Veteran, Malang City, East Java. The KDP building is a high-rise building, so the planning must be planned in accordance with the provisions for earthquake-resistant buildings. In this final project, the KDP building is planned using the Special Moment Resisting Frame System with conventional concrete material in the beam and column structure, the slabs is planned to use half slab precast concrete with specifications according to PT. Beton Elemenindo Perkasa product catalog. In planning the building structure, the following guidelines are used: SNI 1727-2020, SNI 1726-2019, SNI 2052:2017, SNI 2847-2019, and SNI 7833-2012. The data used includes plan drawing and geotech data, from this data a preliminary design is carried out. 3D structural analysis using the ETABS 19 where the results of the analysis are used to reinforcement calculations. From the results, the beam dimensions are 350/600, 450/800 and 500/900. In the calculation of the 500/900 beam, the results of the support reinforcement: Top (10 D22), bottom (7 D22), field reinforcement: top (5 D22) and bottom (7 D22). Transverse reinforcement in the plastic joint area (3 Ø10 – 75), outer plastic joint area (3 Ø10 – 150). In calculating a 800/1100 column with a number of reinforcements of 32 D25, transverse reinforcement used (6 Ø12 – 100), the outer area of the plastic joint is (6 Ø12 – 150), restraints installed in the beam-column connections (D13 (7 layers)). Column on the portal meets the concept of "Strong Column Weak Beam".

Keyword : *Half Slab, Moment Resisting Frame System, Precast.*

ABSTRAK

Gedung KDP merupakan salah satu pembangunan gedung baru di Universitas Brawijaya Malang yang terletak di Jl. Veteran, Kota Malang, Jawa Timur, dengan menggunakan beton konvensional. Proyek gedung KDP Universitas Brawijaya termasuk dalam bangunan tingkat tinggi dengan tinggi 10 lantai, maka dalam perencanaannya harus direncanakan sesuai dengan ketentuan bangunan tahan gempa. Pada tugas akhir ini, gedung KDP Universitas Brawijaya direncanakan dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan material beton konvensional pada struktur balok dan kolomnya, untuk struktur pelat direncanakan menggunakan beton pracetak tipe half slab dengan spesifikasi sesuai katalog produk PT. Beton Elemenindo Perkasa. Dalam perencanaan struktur gedung, digunakan pedoman sebagai berikut : SNI 1727-2020, SNI 1726-2019, SNI 2052:2017, SNI 2847-2019, dan SNI 7833-2012. Data yang digunakan meliputi gambar perencanaan dan data tanah, dari data tersebut dilakukan preliminary design elemen struktur. Perhitungan analisa struktur 3D menggunakan aplikasi ETABS 19 yang mana hasil dari analisa digunakan untuk melakukan perhitungan penulangan. Dari hasil perhitungan perencanaan didapatkan dimensi balok 350/600, 450/800 dan 500/900. Pada perhitungan balok 500/900 didapatkan hasil tulangan tumpuan kanan dan kiri: Atas (10 D22), bawah (7 D22), tulangan lapangan atas (5 D22) dan bawah (7 D22). Tulangan transversal daerah sendi plastis (3 Ø10 – 75), daerah luar sendi plastis (3 Ø10 – 150). Pada perhitungan kolom dimensi 800/1100 dengan jumlah tulangan 32 D25 didapatkan tulangan transversal (6 Ø12 – 100), daerah luar sendi plastis (6 Ø12 – 150), pada hubungan balok kolom dipasang pengekang (D13 (7 lapis)). Perencanaan kolom pada portal memenuhi konsep "Strong Column Weak Beam".

Kata kunci : *Half Slab, Pracetak, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).*

1. UMUM

Pembangunan gedung bertingkat tinggi terus berkembang dari waktu ke waktu seiring dengan kebutuhan sarana dalam aktivitas manusia. Material yang digunakan untuk merancang bangunan bertingkat tinggi dapat berupa material beton atau baja. Banyak metode yang digunakan dalam perencanaan suatu struktur bangunan bergantung pada geografi wilayah perencanaan, beban yang bekerja, jumlah lantai dan tinggi bangunan. Beban-beban yang bekerja pada suatu bangunan berupa beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan juga beban lateral (beban gempa dan beban angin) serta material yang digunakan dalam perencanaan.

Acuan dasar perancangan suatu bangunan tahan gempa di Indonesia kemudian dituangkan dalam suatu pedoman desain bangunan tahan gempa yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Indonesia, yakni : SNI 1726 : 2019 tentang “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung”. Sistem struktur penahan beban lateral, aksial dan momen yang di akibatkan oleh gempa dapat di pikul oleh suatu sistem yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem ini adalah sistem rangka dimana komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja. Sistem ini terbagi atas 3 bagian yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Untuk pemilihan sistem ini dapat berdasarkan pada Tabel 1.5-2 – “Faktor kepentingan berdasarkan kategori risiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban salju, es, dan gempa” SNI 1726 : 2019, kategori desain seismik (KDS) dimana untuk SRPMB (KDS A-B), SRPMM (KDS B-C), SRPMK (KDS D-E-F). Maka Proyek pembangunan Gedung KDP Universitas Brawijaya digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan material beton bertulang.

Beton bertulang merupakan jenis material yang paling banyak digunakan dalam merancang struktur bangunan dikarenakan banyaknya keunggulan yang dimiliki material ini, beberapa diantaranya memiliki ketahanan yang tinggi terhadap air dan api, biaya perawatan beton bertulang sangat rendah, memiliki durabilitas yang tinggi tanpa kehilangan kemampuan menahan bebannya, pembuatan dan instalasi konstruksi beton lebih mudah dan cukup dengan tenaga berkeahlian rendah.

Selain beberapa keunggulan di atas, material beton bertulang juga memiliki kekurangan diantaranya adalah waktu pengerjaan beton bertulang lebih lama, dibutuhkan bekisting pada saat pengecoran beton, biaya bekisting relatif mahal. Penyusun merencanakan untuk menggunakan sebagian elemen struktur berupa beton bertulang pracetak.

Beton bertulang pracetak merupakan beton yang dibuat secara fabrikasi yang dibuat secara terpisah dengan elemen struktur lainnya. Penggunaan elemen beton bertulang pracetak pada suatu proyek konstruksi dapat mengurangi kelemahan penggunaan beton bertulang konvensional terutama dari sisi waktu pengerjaan dan biaya bekisting. Elemen struktur yang akan penulis rencanakan secara pracetak berupa pelat lantai model *half slab*. Pelat lantai pracetak model *half slab* merupakan sistem pelat lantai dimana menggunakan beton pracetak untuk bagian bawah pelat dan pada bagian atas pelat dilakukan pengecoran *cast in place* untuk *overtopping*-nya. Keunggulan dari *half slab* diantaranya proses pekerjaan pelat lantai menjadi lebih cepat dan lebih mudah karena tidak membutuhkan bekisting atau perancah yang banyak saat konstruksi, akan tetapi dapat dibuat secara masal baik di lokasi proyek maupun di pabrik beton. Pelat lantai tipe *half slab* juga memiliki berat yang lebih ringan sehingga dapat mempermudah proses pengangkatan dan instalasi saat di lapangan. Dan juga pelat tipe *half slab* yang mana dalam pelaksanaannya ditambahkan *overtopping* dapat menjadikan struktur mendekati sifat monolit pada struktur yang menggunakan pengecoran konvensional.

2. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan identifikasi masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Gedung KDP Universitas Brawijaya dibangun di tengah Kota Malang yang terletak pada koordinat 7°57'4"S, 112°36'53"E.
- b. Pelaksanaan proyek pembangunan Gedung KDP Universitas Brawijaya dengan 10 lantai setinggi 41,9 meter menggunakan metode SRPMK dengan material beton bertulang konvensional yang akan direncanakan ulang menggunakan beton pracetak pada pelat lantai.

Batasan Masalah

Pada studi perencanaan ini perlu adanya batasan masalah agar tidak terlalu luas dan tidak menyimpang dari rumusan masalah, dengan batasan masalah sebagai berikut:

- Perencanaan struktur atas Gedung KDP Universitas Brawijaya menggunakan SRPMK.
- Perencanaan balok dan kolom menggunakan material beton bertulang non-pracetak.
- Perencanaan pelat lantai menggunakan material beton bertulang pracetak.
- Penyambungan elemen pracetak menggunakan sambungan basah.
- Perhitungan analisa struktur 3D menggunakan program bantu ETABS 19.

3. METODOLOGI

Data Umum

Data umum bangunan, data material bahan, data tanah, dan data gambar dari objek desain Tugas Akhir sebagai berikut :

- Data Umum
 - Nama bangunan : Gedung Entrepreneurship Terpadu Universitas Brawijaya
 - Alamat : Kampus 1 Universitas Brawijaya Malang, Jl. Veteran, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur, 65145
 - Fungsi : Fasilitas Pendidikan
 - Tinggi bangunan : 41,9 m
 - Luas area proyek : 2.0635,072 m²
 - Struktur utama :
 - Struktur beton bertulang cor di tempat (cast in situ), pada struktur balok, balok anak dan kolom
 - Struktur beton bertulang pracetak (precast), pada perencanaan pelat lantai
- Data Bahan
 - Mutu Beton : f'c 30 MPa
 - Mutu Baja Tulangan : BJTS 420A (420 MPa) BJTP 280 (280 MPa)
 - Modulus Elastisitas Baja : 200.000 MPa
 - Modulus Elastisitas Beton : $4700\sqrt{31,2} = 25.742,960$ MPa

Kriteria Desain

Dalam perencanaan ulang struktur atas Gedung KDP Universitas Brawijaya ini

digunakan modifikasi dalam perencanaan struktur pelat lantai menggunakan beton pracetak *half slab*, dimana dalam perhitungan perencanaannya menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Pembebanan

Pembebanan yang akan digunakan secara garis besar sebagai berikut.

1. Beban Mati

Beban mati yang digunakan dalam perencanaan menurut SNI 1727:2020.

2. Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan menurut SNI 1727:2020.

3. Beban Gempa langsung menurut SNI 1726:2019.

Kombinasi Beban

SNI 1727-2020 Pasal 2.3.1 menentukan kombinasi beban sebagai berikut.

- $U = 1,4D$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- $U = 1,2D + 1,0W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = 0,9D + 1,0W$
- $U = 1,2D + 1,0Ev + 1,0Eh + 1,0L + 0,2S$
- $U = 0,9D - 1,0Ev + 1,0Eh$
- $U = 1,0D + 0,7Ev + 0,7Eh$
- $U = 1,0D + 0,525Ev + 0,525Eh + 0,75L + 0,75S$
- $U = 0,6D + 0,7Ev + 0,7Eh$

Preliminary Desain

Preliminary desain elemen berdasarkan pada aturan-aturan berikut,

1. Dimensi Pelat

Pelat direncanakan sebagai pelat satu arah (*one-way slab*). Perencanaan tebal minimum pelat satu arah berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 7.3.1.1 Tabel 7.3.1.1.

2. Dimensi Balok

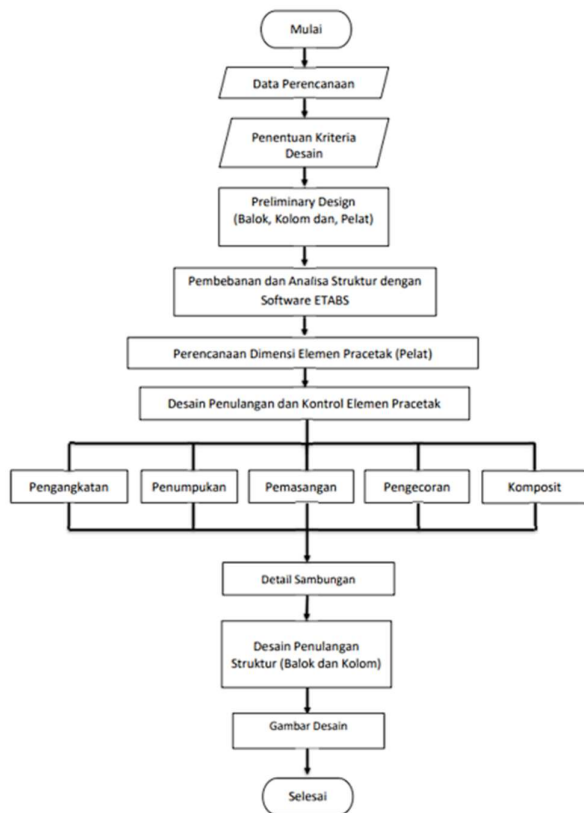
Tinggi balok direncanakan sesuai SNI 2847:2019 Tabel 9.3.1.1. Dan untuk lebar balok direncanakan sesuai SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1 yaitu sekurangnya nilai terkecil dari 0.3h dan 250 mm.

3. Dimensi Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.2.1 dimensi penampang kolom untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri tidak boleh kurang dari 300 mm dan rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

Diagram Alir

Diagram alur Alternatif Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung KDP Universitas Brawijaya Menggunakan Beton Bertulang Pracetak Pada Struktur Pelat Lantai dengan Metode SRPMK pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Perencanaan

4. TUJUAN

Adapun tujuan dilakukannya perencanaan tersebut, yaitu :

1. Untuk menentukan tebal dan mutu beton untuk pelat lantai yang direncanakan secara pracetak serta menentukan tebal overtopping

yang digunakan pada perencanaan Gedung KDP Universitas Brawijaya.

2. Untuk menentukan dimensi ,mutu beton, mutu tulangan dan jumlah tulangan untuk struktur kolom yang direncanakan dengan metode SRPMK pada Gedung KDP Universitas Brawijaya.
3. Untuk menentukan dimensi, mutu beton, mutu tulangan dan jumlah tulangan untuk struktur balok yang direncanakan dengan metode SRPMK pada Gedung KDP Universitas Brawijaya.
4. Untuk menentukan jumlah tulangan geser yang akan dipasang pada hubungan balok-kolom dengan metode SRPMK.
5. Untuk menentukan cara perletakan dan penyambungan elemen pracetak.
6. Untuk mengetahui gambar hasil akhir perencanaan.

5. PEMBAHASAN

Dimensi Balok

Pada SNI 2847 - 2019 pasal 18.6.2.1 (Halaman 377) di jelaskan bahwa lebar komponen, bw, tidak boleh kurang dari 0.3h dan 250 mm dan perbandingan antara lebar (b) dan tinggi balok (h) tidak boleh kurang dari 0,3.

Tabel 1. Dimensi Balok

Kode	Bentang	h	b
	(m)	(mm)	(mm)
B1	10,2	900	500
B2	7,2	800	450
B3	3	600	350
B4	3,6	600	350
BA1	10,2	700	400
BA2	7,2	550	350
BA3	3	400	350
BA4	3,6	400	300

Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847 - 2019 pasal 18.7.2.1 (Hal. 385) ukuran penampang terkecil tidak boleh kurang dari 300 mm dan rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

Tabel 2. Dimensi Kolom

Kode	Bentang Lx	Bentang Ly	h	b
	(m)	(m)	(mm)	(mm)
K1	7,2	10,2	1100	800
K2	7,2	7,2	800	800
K3	3	3,6	600	600
K4	3	7,2	800	600

Tebal Pelat

Tabel 3. Tebal Pelat

Kondisi	hf
	(mm)
Pengangkatan	80
Sebelum Komposit	80
Setelah Komposit	130

Perhitungan Pembebanan

- 1) Beban Mati
 - Berat sendiri struktur
 - Beban mati tambahan pada pelat lantai
 - Beban mati tambahan pada pelat atap
 - Beban mati tambahan pada balok
- 2) Beban Hidup
 Beban hidup yang digunakan pada perencanaan ini mengacu pada SNI 1727 - 2013
- 3) Beban Gempa
 Beban gempa yang digunakan pada perencanaan ini mengacu pada SNI 1726 - 2019 dan peta gempa tahun 2017 dan PUSKIM tahun 2019 untuk menentukan nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s), dan parameter percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1).

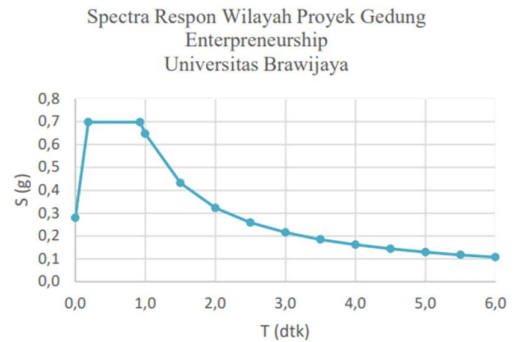
Tabel 4. Rekapitulasi perhitungan parameter beban gempa

Kategori risiko	II
Faktor keutamaan gempa (I_e)	1,0
Kelas situs tanah	SE
Parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) g	0,8683
Parameter percepatan batuan dasar	0,4056

pada periode 1 detik (S_1) g	
Parameter peta transisi periode Panjang (TL) detik	20
Faktor amplifikasi periode pendek (F_a)	1,2054
Faktor amplifikasi periode 1 detik (F_v)	2,3888
Percepatan pada periode pendek (S_{MS}) g	1,0466
Percepatan pada periode pendek (S_{M1}) g	0,9689
Percepatan desain pada periode pendek (S_{DS}) g	0,6977
Percepatan desain pada periode 1 detik (S_{D1}) g	0,6459
Kategori desain seismic (KDS)	D

Respon Spektrum

Perhitungan respon spektrum rencana dilakukan dengan menggunakan program bantu Microsoft Excel, dan diperoleh grafik sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Respon Spektrum Gedung KDP Universitas Brawijaya

Berat Seismik Efektif Struktur (W)

Setelah memasukan semua data pembebanan dengan menggunakan program bantu ETABS 19 maka akan didapatkan berat seismic efektif struktur (W) sebagai berikut:

Tabel 5. Rekapitulasi Berat Seismik Efektif Struktur

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai (h)	Berat (Wt)
	m	m	kg
Atap	45,50	4,20	652.143,91
Lantai 10	41,30	4,20	751.136,50
Lantai 9	37,10	4,20	842.351,43

Lantai 8	32,90	4,20	822.295,40
Lantai 7	28,70	4,20	824.161,43
Lantai 6	24,50	4,20	822.351,22
Lantai 5	20,30	4,20	827.787,92
Lantai 4	16,10	4,20	828.697,30
Lantai 3	11,90	4,20	990.040,06
Lantai 2	7,70	4,20	1.027.333,65
Lantai 1	3,50	3,50	1.045.966,52
Jumlah			10.006.427,93

Gaya Gempa Lateral Statis Ekuivalen

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Gaya Gempa Lateral (F)

No	Lantai	Fx (kN)	Fy (Kn)
1	Atap	694,71	694,71
2	Lantai 10	674,55	674,55
3	Lantai 9	626,13	626,13
4	Lantai 8	494,54	494,54
5	Lantai 7	389,59	389,59
6	Lantai 6	294,10	294,10
7	Lantai 5	212,50	212,50
8	Lantai 4	141,36	141,36
9	Lantai 3	99,11	99,11
10	Lantai 2	47,73	47,73
11	Lantai 1	12,10	12,10
Jumlah		3.686,41	3.686,41

Kombinasi Pembebanan

Sebagai mana yang telah di syaratkan pada SNI 1726 – 2019 pada pasal 7.4.2.2 (Halaman 65) bahwa terdapat pengaruh beban gempa secara vertikal dan vertikal. Beban gempa juga harus di modifikasi untuk memperhitungkan kuat lebih sistem, seperti yang ditetapkan SNI 1726 – 2019 pasal 7.4.3.1 (Hal. 66).

- Pengaruh beban gempa vertical:

$$E_v = 0.2 \times S_{DS} \times D$$

$$= 0.2 \times 0,6977 \times D$$

$$= 0.140 D$$

- Pengaruh beban gempa horizontal:

$$E_{mh} = p_o Q_e (100\% \text{ dan } 30\%)$$

$$= 1.3 (1 Q_x \pm 0.3 Q_y) \text{ atau } 1.3 (1 Q_y \pm 0.3 Q_x)$$

$$= (1.3 Q_x \pm 0.39 Q_y) \text{ atau } (1.3 Q_y \pm 0.39 Q_x)$$

- Beban Gempa

$$E = E_{mh} + E_v$$

$$= (1.3 Q_x \pm 0.39 Q_y) \text{ atau } (1.3 Q_y \pm 0.39 Q_x) + 0.121 D$$

Kontrol Perilaku Struktur

1) Kontrol Gaya Geser Dasar

Tabel 7. Konfigurasi Base Shear

	V dinamik	100% V statik	Keterangan
X	2.932,508	3.686,400	Statik
Y	3.037,185	3.686,400	Statik

Dari hasil di atas, maka syarat SNI 1726 - 2019 Pasal 7.9.1.4.1 (Halaman 78), yaitu $V_{dinamik} \geq V_{statik}$ (tidak terpenuhi) sehingga skala faktor dinamis harus dikalikan dengan V/V_t . Dimana V adalah gaya geser dasar metode statik ekuivalen dan V_t adalah gaya geser dasar ragam (dinamis).

$$\text{Faktor skala X (lama)} = 1.225,8 \text{ mm/s}^2$$

$$\text{Faktor skala Y (lama)} = 1.225,8 \text{ mm/s}^2$$

$$\text{Faktor skala X (baru)} = 1.225,8 \times \frac{3.686,400}{2.932,508}$$

$$= 1.540,097 \text{ mm/s}^2$$

$$\text{Faktor skala Y (baru)} = 1.225,8 \times \frac{3.686,400}{3.037,185}$$

$$= 1.487,859 \text{ mm/s}^2$$

Tabel 8. Konfigurasi Base Shear Baru

	V dinamik	100% V statik	Keterangan
X	3.686,400	3.686,400	Dinamik
Y	3.686,400	3.686,400	Dinamik

Dari hasil di atas, maka syarat SNI 1726 - 2019 Pasal 7.9.1.4.1 (Halaman 78), yaitu $V_{dinamik} \geq V_{statik}$ (terpenuhi) sehingga perhitungan dapat dilanjutkan dengan menggunakan analisa gempa dinamis.

2) Kontrol Partisipasi Massa

Tabel 9. Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period	SumUX	SumUY	SumUY
		Sec			
Modal	1	2,049	69,61%	0,34%	0,00%
Modal	2	1,972	69,96%	70,30%	0,00%
Modal	3	1,654	71,36%	70,31%	0,00%
Modal	4	0,673	83,72%	70,33%	0,00%
Modal	5	0,634	83,74%	83,14%	0,00%
Modal	6	0,545	83,94%	83,15%	0,00%
Modal	7	0,387	89,54%	83,17%	0,00%
Modal	8	0,352	89,55%	89,10%	0,00%
Modal	9	0,34	89,63%	89,14%	0,00%
Modal	10	0,298	89,65%	89,14%	0,00%
Modal	11	0,258	92,02%	89,16%	0,00%
Modal	12	0,249	92,03%	89,88%	0,00%
Modal	13	0,225	92,48%	89,91%	0,00%
Modal	14	0,219	92,51%	92,35%	0,00%
Modal	15	0,203	92,65%	92,38%	0,00%
Modal	16	0,201	92,66%	92,40%	0,00%
Modal	17	0,186	92,69%	92,40%	0,00%
Modal	18	0,171	94,26%	92,40%	0,00%
Modal	19	0,152	94,27%	94,20%	0,00%
Modal	20	0,147	94,28%	94,21%	0,00%

Dari table di atas, dapat disimpulkan bahwa partisipasi massa telah terpenuhi pada Modal 36 minimal sebesar 90% sesuai SNI 1726 - 2019 pasal 7.9.1.1 halaman 77.

3) Kontrol Simpangan Struktur

Kontrol desain struktur dilakukan terhadap pengecekan batas simpangan antar lantai yang diatur dalam SNI 1726 – 2019 pasal 7.8.6 Halaman 75 sedangkan besar batasan simpangan antar lantai tingkat tertera pada SNI 1726 – 2019 pasal 7.12.1 dan 7.12.2 Halaman 88.

Tabel 10. Simpangan Arah X

Lantai	hsx	δe	Δ	Δi	Δ ijin	Ket
	mm	mm	mm	mm	mm	
ATAP	4200	77,20	424,62	28,41	84	√
LT 10	4200	72,04	396,20	21,35	84	√

LT 9	4200	68,16	374,86	32,99	84	√
LT 8	4200	62,16	341,87	40,63	84	√
LT 7	4200	54,77	301,24	47,47	84	√
LT 6	4200	46,14	253,76	53,03	84	√
LT 5	4200	36,50	200,74	56,11	84	√
LT 4	4200	26,30	144,63	52,21	84	√
LT 3	4200	16,80	92,42	43,16	84	√
LT 2	4200	8,96	49,26	35,66	84	√
LT 1	3500	2,47	13,60	13,60	70	√
Semi Basement	0	0	0	0	0	-

Tabel 11. Simpangan Arah Y

Lantai	hsx	δe	Δ	Δi	Δ ijin	Ket
	mm	mm	mm	mm	mm	
ATAP	4200	18,87	103,77	5,58	84	√
LT 10	4200	17,85	98,19	7,38	84	√
LT 9	4200	16,51	90,82	9,49	84	√
LT 8	4200	14,79	81,32	11,60	84	√
LT 7	4200	12,68	69,72	13,43	84	√
LT 6	4200	10,24	56,29	14,68	84	√
LT 5	4200	7,57	41,61	14,69	84	√
LT 4	4200	4,90	26,93	11,23	84	√
LT 3	4200	2,86	15,70	7,65	84	√
LT 2	4200	1,46	8,05	5,86	84	√
LT 1	3500	0,40	2,19	2,19	70	√
Semi Basement	0	0,00	0	0	0	-

Berdasarkan Tabel 16 Simpangan antar lantai ijin SNI 1726 – 2019 Pasal 7.12.1 Halaman 88 untuk jenis struktur yang masuk kedalam tipe semua struktur lainnya dan berada pada kategori risiko I dan II, batas simpangan antar lantai ijin adalah **0,020 hsx**, dimana hsx merupakan tinggi antar tingkat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa simpangan antar tingkat yang terjadi pada struktur adalah memenuhi/aman

Penulangan Struktur

Penulangan Pelat

Data Perencanaan

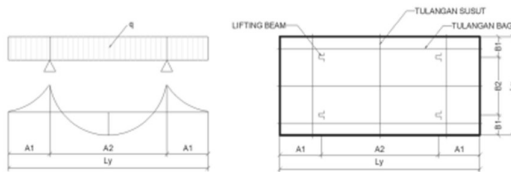
- Tebal *halfslab* = 80 mm
- Tebal Pelat = 130 mm
- Selimut Beton = 20 mm
- Mutu Beton = K-450 ($f'c$ 41,12 MPa)
- Diameter Tulangan = PC Wire Ø5
5 mm
- Jarak Tulangan = 150 mm
- Mutu Tulangan = 1.400 MPa
- Mu
 - Pengangkatan = 0,1716 kNm
 - Perletakan = 1,3431 kNm
 - Komposit = 1,6618 kNm

Kontrol Momen saat Pengangkatan

Cek apakah $\phi M_n > M_u$

$\phi M_n > M_u$

6,1416 kNm > 0,1716 kNm (Aman)



Gambar 3. Kondisi Pelat Saat Pengangkatan

Kontrol Momen saat Perletakan

Cek apakah $\phi M_n > M_u$

$\phi M_n > M_u$

6,1416 kNm > 1,3431 kNm (Aman)



Gambar 4. Kondisi Pelat Saat Perletakan

Kontrol Momen saat Komposit

As Tulangan Atas = 523,81 mm²

As Tulangan Bawah = 523,81 mm²

Cek apakah $\phi M_n > M_u$

$\phi M_n > M_u$

11,388 kNm > 1,6618 kNm (Aman)

Penulangan Balok B1 (500/900)

Alternatif Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung KDP Universitas Brawijaya Menggunakan Beton Bertulang Pracetak Pada Struktur Pelat Lantai Dengan Metode SRPMK (Edwin Yudha Hernanda¹, Yosimson Petrus Manaha², dan Ester Priskasari³)

Data Perencanaan

- Lebar Balok (bw) = 500 mm
- Tinggi Balok (h) = 900 mm
- Selimut Beton = 50 mm
- Mutu Beton = 31,2 MPa
- β_1 = 0,8727
- Fy ulir = 420 MPa
- Fy polos = 280 MPa
- Es Baja = 200.000 MPa
- Diameter Tul. Pokok = 22 mm (D22)
- Diameter Sengkang = 10 mm (Ø10)
- Bentang Balok = 10,2 m
- Bentang Bersih Balok = 9,1 m
- Tebal Pelat (hf) = 120 mm
- Mu+ Tumpuan = 370,17 kNm
- Mu- Tumpuan = 818,27 kNm
- Mu+ Lapangan = 406,33 kNm
- Vu 1,2 DL + 1L Tump. Kiri = 184.700,98 kN
- Vu 1,2 DL + 1L Tump. Kanan = 184.700,98 kN
- Gaya Aksial (Pu) = 36,73 Kn
- Momen Torsi = 99.226 kNm

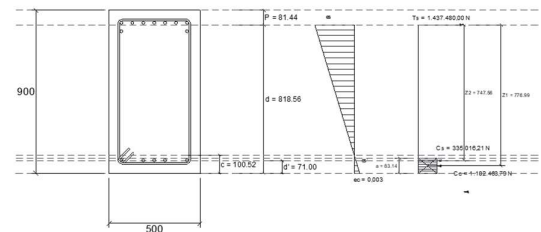
Kontrol Momen Negatif Tumpuan

- As Tul. Atas = 9 D22
- As Tul. Bawah = 5 D22

Cek apakah $\phi M_n > M_u$

$\phi M_n > M_u$

996,34 kNm > 818,27 kNm (Aman)



Gambar 6. Diagram Tegangan Regangan Penulangan Tumpuan Momen Negatif

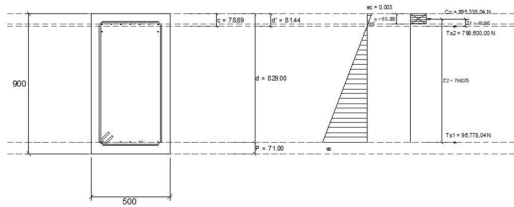
Kontrol Momen Positif Tumpuan

- As Tul. Atas = 9 D22
- As Tul. Bawah = 5 D22

Cek apakah $\phi M_n > M_u$

$\phi M_n > M_u$

903,48 kNm > 418,9304 kNm (Aman)



Gambar 7. Diagram Tegangan Regangan Penulangan Tumpuan Momen Positif

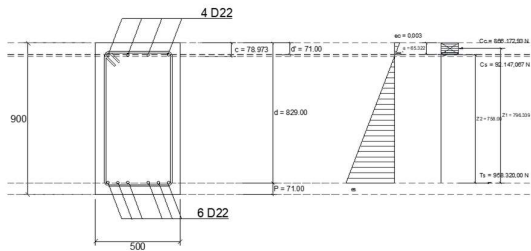
Kontrol Momen Positif Lapangan

- As Tul. Atas = 4 D22
- As Tul. Bawah = 6 D22

Cek apakah $\phi Mn > Mu$

$\phi Mn > Mu$

683,65 kNm > 406,33 kNm (Aman)



Gambar 8. Diagram Tegangan Regangan Penulangan Lapangan Momen Negatif

Penulangan Transversal Balok

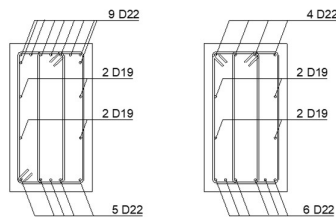
Daerah Sendi Plastis : 4 Kaki $\phi 10-100$

Daerah Luas Sendi Plastis : 4 Kaki $\phi 10-150$

Penulangan Torsi Balok

Pada SNI 2847 – 2019 pasal 9.5.4.1 halaman 186 menyatakan bahwa pengaruh torsi untuk komponen struktur non prategang boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor, T_u , kurang dari:

$$\phi T_n = \phi \times 0,083 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

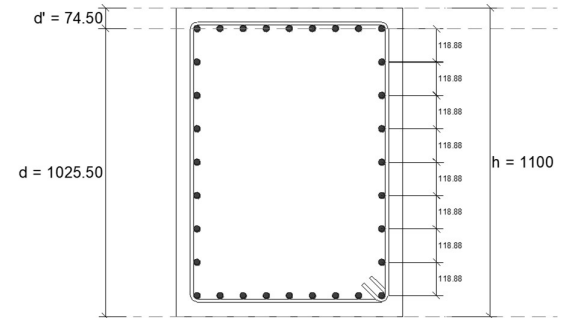


Gambar 9. Penulangan Torsi B1

Penulangan Kolom K1

Data Perencanaan:

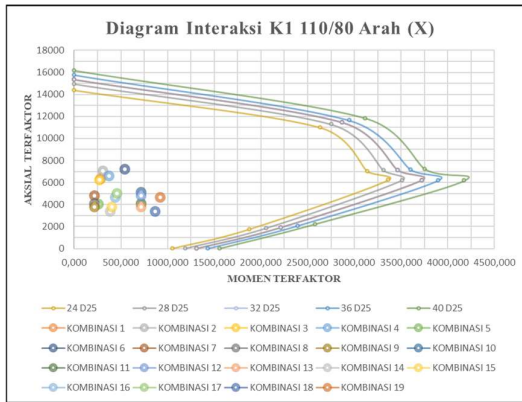
- Ukuran Kolom = 800 mm × 1100 mm
- Selimut Beton = 50 mm
- Mutu Beton = 31,2 MPa
- B1 = 0,8727
- F_y ulir = 420 MPa
- F_y polos = 280 MPa
- Es Baja = 200.000 MPa
- Diameter Tul. Pokok = 25 mm (D25)
- Diameter Sengkang = 12 mm ($\emptyset 12$)
- Tinggi Lantai = 4.200 mm
- Tinggi Bersih Kolom = 3.300 mm
- V_u Maks = 2.255,952 kN
- P_u Maks = 7.242,533 kN
- N_u (P_n balance) = 15.350,846 kN



Gambar 10. Penampang Kolom K1

Tabel 12. Diagram Interaksi Formasi Tulangan 32 D25

kondisi	32 D25	
	$\emptyset P_n(kN)$	$\emptyset M_n(kNm)$
sentris	15.350,846	0,000
patah desak	11.464,867	2.868,325
balance	7.117,502	3.466,519
balance 1,25 f_y	6.204,304	3.722,320
patah tarik	3.093,008	2.464,353
lentur murni	0	2.022,202
	P_u	M_c
	7.242,533 kNm	558,490 kNm



Gambar 11. Diagram Interaksi Kolom K1 Arah X

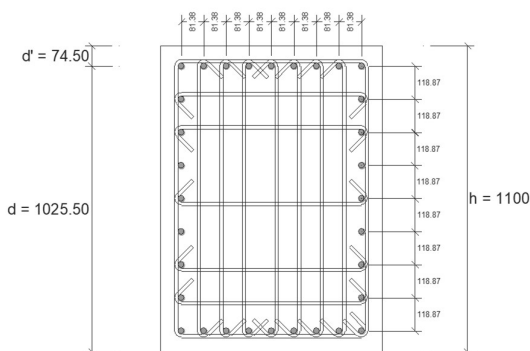
Penulangan Transversal Kolom

$$P_u > 0,3 \times A_g \times f'_c$$

$$P_u > 0,3 \times 1100 \times 800 \times 31,2$$

$$7.242,533 \text{ kN} < 8.316,000 \text{ kN}$$

SNI 2847 - 2019 pasal 18.7.5.2 halaman 387 menyatakan, tulangan transversal harus disediakan dengan salah satu dari spiral tunggal atau saling tumpang yang memenuhi 25.7.2.2, sengkang bulat atau sengkang persegi dengan atau tanpa pengikat silang. Pengikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau yang lebih kecil seperti begelnya diizinkan. Setiap ujung pengikat silang harus memegang batang tulangan longitudinal terluar. Pengikat silang yang berurutan harus diseling ujung-ujungnya sepanjang tulangan longitudinal. Spasi pengikat silang atau kaki-kaki sengkang persegi, hx, dalam penampang komponen struktur tidak boleh melebihi 200 mm pusat ke pusat (Gambar R18.7.5.2.(f))



Gambar 12. Tulangan Transversal Kolom K1 Arah X Hasil Perencanaan

Tulangan transversal terpasang:

- Sendi Plastis = 9 φ12 – 100 mm
- Luar Sendi Plastis = 6 φ12 – 150 mm
- Sambungan Lewatan = 9 φ12 – 100 mm

Persyaratan Desain Kapasitas (SCWB)

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

$$10.666.212.911,027 \text{ Nmm} \geq 3.930.754.223,822 \text{ Nmm}$$

Dari analisa di atas, kita tahu bahwa persyaratan desain kapasitas “Strong Column Weak Beam” terpenuhi.

6. PENUTUP

Kesimpulan

1. Komponen balok yang ditinjau adalah balok B134 Lantai 5 dimensi 500 mm × 900 mm, diperoleh:
 - a. Tulangan Longitudinal
 - 1) Tumpuan kiri dan kanan
Tarik = 9 D22
Tekan = 5 D22
 - 2) Lapangan
Tekan = 4 D22
Tarik = 6 D22
 - b. Tulangan Transversal
 - 1) Daerah sendi plastis = 4 Ø10 – 100
 - 2) Daerah luar sendi plastis = 4 Ø10 – 150
2. Komponen kolom yang ditinjau adalah kolom C83 Lantai 2 dimensi 800 mm × 1100 mm, diperoleh:
 - a. Tulangan Longitudinal = 32 D25
 - b. Tulangan Transversal
 - 1) Daerah sendi plastis = 9 Ø12 – 100
 - 2) Daerah luar sendi plastis = 6 Ø12 – 150
 - 3) Daerah sambungan lewatan = 9 Ø12 – 100

Hasil dari perencanaan, kolom memenuhi konsep desain kapasitas “Strong Column Weak Beam” dengan nilai sebesar:

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

$$10.666.212.911,027 \text{ Nmm} \geq 3.930.754.223,822 \text{ Nmm, pada tinjauan arah X - X.}$$

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

- 7.531.947.940,173 Nmm \geq
2.486.984.226,398 Nmm, pada tinjauan arah
Y – Y.
3. Pada hubungan balok kolom (joint),
diperoleh:
- Pengekang vertikal cukup
menggunakan tulangan longitudinal
kolom C83 (800 mm × 1.100 mm) – 32
D25.
 - Pengekang horizontal = 6 Kaki Ø12 (8
Lapis).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1987). PPURG-1987. Peraturan
Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan
Gedung. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum
378/KPTS/1987.
- Anonim. (2012). Tata Cara Perancangan
Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk
Bangunan Gedung SNI:7833- 2012. Jakarta :
Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2017). Baja Tulangan Beton SNI
2052:2017. Jakarta : Badan Standarisasi
Nasional.
- Anonim. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan
Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2020). SNI 1727:2020 Beban
Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk
Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta :
Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2020). SNI 1729:2020 Spesifikasi
Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Budiadi, Andri. (2008). Desain Praktis
Beton Prategang. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Devania, A., & Hermawan, A. R. (2020).
Modifikasi Struktur Gedung Dengan Beton
Pracetak Pada Apartemen The Conexio, 2(2).
<https://jurnal.pnj.ac.id/index.php/cmj/article/view/3092>.
- Elliot, Kim S.. 2002. Precast Concrete
Structures.
- Ghifari, F. R. (2020). Analisis Struktur
Gedung Beton Dengan Sistem Pracetak pada
Gedung Rusun Joho, 2(1).
<https://journal.univetbantara.ac.id/index.php/mo-dulus/article/view/1485/0>.
- Moehle J., Hooper J., & Meyer T. (2016).
Seismic Design of Cast-In-Place Concrete
Diaphragms, Chords, and Collectors: a Guide
for Practicing Engineer Second Edition.
<https://doi.org/10.6028/NIST.GCR.16-917-42>.
- Nawy, Edward G. (1998). Beton Bertulang
Suatu Pendekatan Dasar. Bandung : PT. Refika
Aditama.
- Oktavianto, D., & Rochmah, N. (2022).
Perencanaan Struktur Gedung Kantor Otoritas
Jasa Keuangan (OJK) Kawasan Regional 4
Dengan Metode Beton Pracetak.
PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas
Warmadewa, 11(2), 229–239.
<https://doi.org/10.22225/pd.11.2.5367.229-239>.
- Precast Concrete Connection Detail -
Structural Design Manual. (1987). Society for
Studies on the use of Precast Concrete
Netherlands.
- Sodikin, M., Zulaicha, L., & Hadisaputro, I.
(2020). Pemakaian Beton Pracetak Alternatif
Pada Perencanaan Gedung Rsud Tipe B
Kabupaten Magelang, 1(1).
<https://journal.itny.ac.id/index.php/equilib/article/view/1618>.
- Wang, C.K., Salmon, C.G., dan Hariandja,
B (1994) Desain Beton Bertulang Jilid 1.
Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Wicaksono, A., Suryadi, A., & Raharjo, B.
A. (2022). Desain Modifikasi Struktur Metode
Beton Pracetak Sambungan Basah Pada Gedung
Ac Politeknik Negeri Malang – MRK, 3(3),
241-254. <http://jos-mrk.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/article/download/441/361>.
- Wilden H., Precast/Prestressed Concrete
Institute. (2010). PCI design handbook : precast
and prestressed concrete. Precast/Prestressed
Concrete Institute.
- Wulfram I. Ervianto. (2006). Eklorasi
Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton
Pracetak dan Bekisting. Yogyakarta: Penerbit
Andi Offset.