

Metode Perancangan Sambungan Balok Bangunan Baru terhadap Kolom Eksisting Rumah Sakit Umum Daerah Al – Ihsan

Choly Nuradil

Universitas Faletehan Bandung, Indonesia

Abstract. Along with the rapid development of construction, especially in terms of efficiency and safety, the use of alternative materials such as steel and precast concrete has become increasingly popular. One important aspect of building construction is the connection between new structures and existing ones. This study aims to compare the methods of connecting new beams to existing columns at the Al-Ihsan General Hospital, using two types of connectors, namely steel connectors and anchor connectors, in the context of efficient and safe connections. The buildings studied are Buildings D, F, and G, which fall into the risk category IV, with a seismic importance factor of 1.50. The method used in this analysis is seismic analysis using the ETABS program for structural modeling and internal force calculations. The analysis evaluates the strength and performance of connections using anchors as the link between new beams and existing columns compared to connections using steel connectors. The analysis results show that the use of anchors in beam-column connections not only provides time efficiency but also exhibits equal or even better strength than the use of steel connectors, making it a more efficient alternative in designing connections for buildings linked to existing structures.

Keywords: Construction Efficiency, Existing Columns, Beam Connections, Anchor Connectors, Steel Connectors.

Abstrak. Seiring dengan pesatnya perkembangan konstruksi, terutama dalam hal efisiensi dan keamanan, penggunaan material alternatif seperti baja dan beton precast semakin populer. Salah satu aspek yang penting dalam pembangunan gedung adalah penyambungan antara struktur baru dan eksisting. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode penyambungan balok baru terhadap kolom eksisting pada Rumah Sakit Umum Daerah Al-Ihsan, dengan menggunakan dua jenis stek, yakni stek besi dan stek angkur, dalam konteks penyambungan yang efisien dan aman. Bangunan gedung yang diteliti adalah Gedung D, F, dan G yang tergolong dalam kategori bangunan risiko IV, dengan faktor keutamaan gempa 1,50. Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah metode seismik menggunakan program ETABS untuk model struktur dan perhitungan gaya dalam. Pada analisis, dilakukan evaluasi terhadap kekuatan dan performa sambungan yang menggunakan angkur sebagai penghubung balok baru dengan kolom eksisting dibandingkan dengan sambungan menggunakan stek besi. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan angkur pada sambungan balok-kolom tidak hanya memberikan efisiensi waktu pengerjaan, tetapi juga memiliki kekuatan yang setara bahkan lebih baik daripada penggunaan stek besi, sehingga menjadi alternatif yang lebih efisien dalam perancangan sambungan pada konstruksi gedung yang terhubung dengan struktur eksisting.

Kata Kunci: Efisiensi Konstruksi, Kolom Eksisting, Sambungan Balok, Stek Angkur, Stek Besi.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi mengalami kemajuan yang sangat pesat pada era sekarang. konstruksi tidak hanya tentang bangunan besi beton, munculnya alternatif-alternatif bahan pengganti material besi dan beton seperti konstruksi baja dan beton precast ini menandakan bahwa perkembangan teknologi sangat berperan penting untuk efisiensi dan tingkat keamanan suatu konstruksi.

Keinginan membangun suatu konstruksi secara cepat dan aman memunculkan bahan pengganti tulangan besi yang lebih efisien dengan tidak mengurangi tingkat keamanan suatu

konstruksi seperti waremash, dan bondex yang bisa membuat pelaksanaan pada pemuatan plat lantai menjadi cepat, tidak hanya pada plat lantai elemen struktur seperti kolom dan balok pun telah terdapat material penguat seperti angkur yang biasanya di pakai untuk menyambungkan antara pedestal dengan kolom baja pada saat ini telah bisa bertambah fungsi angkur sebagai penguat pondasi dengan kolom beton dan sebagai stek pada balok.

Pada kondisi tertentu dimana suatu konstruksi ingin menjadi satu kesatuan dengan konstruksi yang baru, tentu diperlukan penyambungan dengan menggunakan metode steking, menggunakan angkur sebagai stek penyambung antar struktur diharapkan selain bisa cepat dalam proses pengerjaan juga bisa mempunyai kekuatan atau bahkan lebih kuat dari menggunakan stek besi biasa. Maka dari itu saya tertarik untuk mengetahui bagai mana perbandingan kekuatan struktur balok menggunakan stek rangka besi beton dengan menggunakan stek angkur sebagai tulangan penghubung antar bangunan Gedung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Umum

Membuat tiga buah bangunan gedung menjadi satu kesatuan bangunan konstruksi memerlukan perencanaan yang safety konstruksi harus mampu menahan respon inelastic yang diakibatkan oleh beban gempa atau kemampuan struktur kembali seperti semula setelah terjadinya gempa tanpa kehilangan kemampuan untuk menahan beban lainnya. Desain sambungan memerlukan pemilihan material yang tepat dikarenakan stek pada gedung eksisting belum tersedia. Pada kajian ini saya akan membandingkan kekuatan antara stek besi dengan stek menggunakan angkur pada sambungan balok baru dengan kolom eksisting yang di harapkan penggunaan angkur untuk menyambungkan tiga buah struktur bangunan menjadi satu kesatuan dapat memperoleh hasil yang lebih bagus dan efisien dalam segi pengerjaan. Bangunan gedung D,F dan G RSUD Al-Ihsan menurut SNI 1726:2019 termasuk kedalam kategori bangunan gedung dan non gedung risiko IV dengan factor keutamaan gempa 1,50. Kajian ini menggunakan output program ETABS berupa model struktur, dimensi penampang struktur sesrta gaya dalam yang diperlukan untuk diperiksa terpenuhinya kriteria perencanaan pada sambungan balok balok baru dan kolom eksisting.

Perencanaan Umum Struktur Bangunan Gedung

Prosedur analisi dan desain seismic yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan gedung dan komponennya harus seperti yang ditetapkan dalam pasal 7.1.1 SNI-1726-2019. Struktur yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam Batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang di

syaratkan. Gerak tanah desain harus diasumsikan harus terjadi di sepanjang setuap arah horizontal struktur bangunan gedung. Kecukupan system struktur harus ditunjukkan melalui pembentukan model matematik dan pengevaluasian model tersebut untuk pengaruh gerak tanah desain. Gaya gempa desain, dan distribusinya di sepanjang ketinggian struktur bangunan gedung harus ditetapkan berdasarkan salah satu prosedur yang sesuai yang ditunjukkan dalam 7.6 SNI-1726-2019 (Prosedur Analisa) dan gaya dalam serta deformasi yang terkait pada komponen elemen struktur tersebut harus ditentukan. Prosedur alternative yang disetujui tidak boleh dipakai untuk menentukan gaya gempa dan distribusinya kecuali bila gaya-gaya dalam dan deformasi yang terkait pada komponen/element strukturnya ditentukan menggunakan model yang konsisten dengan prosedur yang diadopsi.

Sambungan

Semua bagian struktur antara sambungan pemisah harus dihubungkan satu sama lain, dan sambungan harus mampu menyalurkan gaya gempa, F_p , yang ditimbulkan oleh bagian yang dihubungkan. Semua bagian struktur yang lebih kecil harus diikat ke struktur utama dengan elemen yang mempunyai kekuatan sebesar 0,20 kali koefisien percepatan respons spectral desain periode pendek, SDS, dikalikan nilai yang lebih besar dari berat bagian yang lebih kecil atau 5 persen berat bagian.

Sambungan pengaman untuk menahan gaya horizontal yang bekerja parallel terhadap elemen struktur harus disediakan untuk masing-masing balok girder, atau rangka batang baik secara langsung ke elemen pendukungnya, atau ke pelat yang didesain untuk bekerja sebagai diafragma. Jika sambungan melalui diafragma, maka elemen pendukung elemen struktur harus juga dihubungkan pada diafragma, sambungan harus mempunyai kuat desain minimum sebesar 5 persen reaksi beban mati ditambah beban hidup.

Metode Analisis

Dalam menganalisis pengaruh gempa, ada tiga metode yang dapat digunakan yaitu;

- 1) Equivalen Lateral Force (ELF)
- 2) Modal Response Spectrum (MRS)
- 3) Seismic Response History (SRH)

Metode ELF lebih dikenal dengan metode static ekuivalen dapat digunakan untuk struktur bangunan yang sederhana dan beraturan. Untuk struktur yang tinggi, kompleks atau memiliki periode Panjang, metode kedua dan ketiga harus dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan dari struktur dalam menahan gempa.

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Adalah desain struktur beton bertulang dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas yang tinggi). Dengan pendetailan mengikuti ketentuan SRPMK, maka faktor reduksi gaya gempa R dapat diambil sebesar 8, yang artinya bahwa gaya gempa rencana hanya $1/8$ dari gaya gempa untuk elastisitas desain (Pengambilan nilai $R > 1$ artinya mempertimbangkan post-elastic desain, yaitu struktur mengalami kelelahan tanpa kegagalan fungsi). SRPMK dijelaskan dalam SNI beton dan ACI 318-02.

3. ANALISIS STRUKTUR

Data Teknis

Data teknis dari pembangunan struktur Rumah Sakit Umum Daerah Al-Ihsan adalah sebagai berikut :

- | | |
|--------------------------|---|
| a. Jenis Struktur | : Beton Bertulang |
| b. Jenis Pemanfaatan | : Rumah Sakit |
| c. Lokasi | : Jl.Kiastramanggala no.12 Bale Endah Kab.Bandung |
| d. Luas Bangunan | : 1.582 m^2 |
| e. Jumlah Lantai | : 7 Lantai |
| f. Tinggi Tiap Lantai | : 3.8m |
| g. Tinggi Total bangunan | : 26.6m |
| h. Klasifikasi Tanah | : Tanah Sedang |

Material Struktur

a. Beton

Jenis Beton

- Mutu Beton (f_c') : $350 \text{ kg/m}^2 = 29.05 \text{ Mpa}$
- Modulus Elastisitas : $4700 \text{ kg/cm}^2 = 27081.137$
- Angka Poison ν : 0,2
- Modulus Geser, $G = E_c / [2 (1 + \nu)]$: 10713.61123 Mpa

b. Baja Tulangan

- Untuk baja tulangan dengan $\emptyset > 10\text{mm}$ digunakan baja tulangan ulir (deform) dengan tegangan leleh. $F_y = 420 \text{ Mpa}$
- Untuk baja tulangan dengan $\emptyset \leq 10\text{mm}$ digunakan baja tulangan ulir BJTD dengan tegangan leleh. $F_y = 240 \text{ Mpa}$

c. Angkur

Pembebanan

Suatu bangunan memiliki kekuatan struktur dimana kekuatan strukturnya tergantung pada beban – beban yang bekerja diatasnya. Beban yang bekerja pada struktur terdiri dari beban gravitasi dan beban gempa.

Penentuan Gaya-Gaya Gempa

Penentuan gaya-gaya seismic membutuhkan pemahaman tentang besaran dan distribusi masa struktur, percepatan respon periode pendek dan panjang, karakteristik dinamik sistem struktur, dan factor modifikasi respon sistem (R). dengan menggunakan persamaan 7.8.1-(21) SNI 1726-2019, gaya geser dasar seismic struktur adalah:

$$V = C_S \cdot W$$

Analisa Struktural

Analisa structural digunakan utamanya untuk menentukan gaya-gaya yang terjadi pada elemen – elemen struktur untuk tujuan desain, menghitung story drift, dan menganalisa efek P-delta. Analisa structural juga memberikan informasi lain yang berguna missal periode getar struktur yang tepat dan pemeriksaan perhitungan ketidak beraturan denah dan vertikal struktur. Perhitungan periode getar akan dijelaskan dalam bagian ini dan hasil – hasil yang lain akan disajikan dan didiskusikan kemudian.

4. DESAIN STRUKTUR

Perhitungan Manual Struktur

Perhitungan Penulangan balok (Perencanaan Menggunakan Tulangan Tumpuan Angkur)

1) Balok Lantai 6 (B-108) Dimensi (500 X 350)

Tabel 1. Momen Balok B-108 Dimensi 500x350 Story 6 (Perencanaan Menggunakan Tulangan Tumpuan Angkur)

Nama Kombinasi	Diagram Momen Analisis ETABS	Besarnya Momen (kNm)		
		Mu Kiri	Mu Tengah	Mu Kanan
Kombinasi 1 1,4 DL + 1,4 SIDL		-72.231	86.395	-71.378
Kombinasi 2 1,2 DL + 1,2 SIDL + 1,6 LL		-85.975	106.225	-86.499
Kombinasi 3 1,39 DL + 1,39 SIDL + 1 LL + 0,39 DEQX + 1,3 DEQY		-83.703	105.895	-89.740
Kombinasi 4 1,01 DL + 1,01 SIDL + 1 LL - 0,39 DEQX - 1,3 DEQY		-70.200	82.426	-64.270
Kombinasi 5 1,1 DL + 1,1 SIDL + 1 LL + 0,39 DEQX - 1,3 DEQY		-75.044	87.979	-68.657
Kombinasi 6 1,3 DL + 1,3 SIDL + 1 LL - 0,39 DEQX + 1,3 DEQY		-78.859	100.342	-85.353
Kombinasi 7		-86.143	105.887	-87.301
Kombinasi 8 1,01 DL + 1,01 SIDL + 1 LL - 1,3 DEQX - 0,39 DEQY		-67.761	82.434	-66.709
Kombinasi 9 1,3 DL + 1,3 SIDL + 1 LL + 1,3 DEQX - 0,39 DEQY		-83.390	100.327	-80.824
Kombinasi 10 1,1 DL + 1,1 SIDL + 1 LL - 1,3 DEQX + 0,39 DEQY		-70.513	87.994	-73.187
Kombinasi 11 0,71 DL + 0,71 SIDL + 0,39 DEQX + 1,3 DEQY		-33.580	43.824	-39.247
Kombinasi 12 1,09 DL + 1,09 SIDL - 0,39 DEQX - 1,3 DEQY		-59.289	67.255	-52.525
Kombinasi 13 1 DL + 1 SIDL + 0,39 DEQX - 1,3 DEQY		-54.845	61.700	-47.735
Kombinasi 14 0,8 DL + 0,8 SIDL - 0,39 DEQX + 1,3 DEQY		-38.023	49.379	-44.037
Kombinasi 15 0,71 DL + 0,71 SIDL + 1,3 DEQX + 0,39 DEQY		-36.020	43.816	-36.808
Kombinasi 16 1,09 DL + 1,09 SIDL - 1,3 DEQX - 0,39 DEQY		-56.849	67.263	-54.964
Kombinasi 17 0,8 DL + 0,8 SIDL + 1,3 DEQX - 0,39 DEQY		-42.554	49.364	-39.508
Kombinasi 18 1 DL + 1 SIDL - 1,3 DEQX + 0,39 DEQY		-50.314	61.715	-52.264

Desain Dengan Metode (Code : SNI 2847-2019)

Data Perencanaan : Balok B-108 (Angkur)

h	=	500 mm	Øt	=	19 mm	
d'	=	50 mm	Øs	=	10 mm	
f'c	=	29,05 Mpa	K=350	d	=	438 mm
β1	=	0,85 (f'c < 30Mpa)				
φ	=	0,9 Faktor Reduksi Momen				
fys	=	450 Mpa				

1. Syarat Dimensi Penampang (SNI 2847:2019)

a. $l_n \geq 4d$

$$d = h - \text{selimut beton} - d_s - d_b/2$$

$$= 500 - 40 - 10 - 24/2 = 438 \text{ mm}$$

$$= 6000 - 800 \text{ mm} > 4d (4 \times 438)$$

$$= 5200 > 1752 = \text{OK!}$$

b. $b_w \geq 0,3h$ atau 250 mm

$$b_w = 350 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$$

$$350 > 250 = \text{OK!}$$

$$0,3h = 0,3 (500) = 150 \text{ mm} < b_w = \text{OK!}$$

c. $b_w \leq b_{kol} + 2(\min [b_{kol} ; 3/4h_{kol}])$

$$b_w = 350 \text{ mm} < 800 + 2(3/4 \times 800) = 2000 \text{ mm}$$

$$350 \text{ mm} < 2000 \text{ mm} = \text{OK!}$$

2. Desain Tulangan Lentur Tumpuan

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 M_u}{\phi f_y b d^2}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 (29,05)}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 (89.5182 \cdot 10^3)}{1,7 (0,90) (29,05) (350) (438)^2}} \right)$$

$$\rho = 0,00382$$

$$\rho_{maks} = 0,025$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y = 0,0035$$

$$\left. \begin{array}{l} \rho \\ \rho_{maks} \\ \rho_{min} \end{array} \right\} \rho_{min} < \rho < \rho_{maks} = \text{OK!}$$

$$A_s = \rho b d = 0,00382 (350) (438) = 587,355 \text{ mm}^2$$

Pasang 4D24 (1808,64 mm²) $\phi M_n = 257,93 \text{ kN.m}$

Jadi dipakai tulangan 4D24 untuk tumpuan bawah.

3. Desain Tulangan Lentur Lapangan

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \phi \right) \left(1 - \frac{M_{pr}}{M_n} \right)$$

$$\rho = \frac{0.85 (29.05)}{400} \left(1 - 0.1 \right) \left(1 - \frac{4(106.225 \cdot 10^3)}{1.7(0.90)(29.05)(350)(438)^2} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho &= 0.00456 \\ \rho_{maks} &= 0.025 \\ \rho_{min} &= 1.4/f_y = 0.0035 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \rho_{min} < \rho < \rho_{maks} = \text{OK!}$$

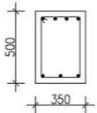
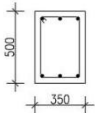
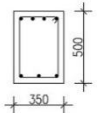
$$A_s = \rho b d = 0.00456(350)(438) = 699,529 \text{ mm}^2$$

Pasang 3D19 (850,155 mm²) $\phi M_n = 121,24 \text{ kN.m}$

Jadi dipakai tulangan 3D19 untuk lapangan bawah.

Tabel 2. Desain Tulangan Lentur

Lokasi	Tulangan Terpasang		ϕM_n (kN.m)
Tumpuan	Atas	4D24 (1808.64 mm ²)	-257.93
	Bawah	4D24 (1808.64 mm ²)	257.93
Lapangan	Atas	3D19 (850.155mm ²)	-122.01
	Bawah	3D19 (850.155mm ²)	121.24

B3A5-1 (350x500)		
TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
		
4 D24	3 D19	4 D24
3 D19	3 D19	3 D19
D13-100	D13-200	D13-100

Gambar 1. Penulangan balok

Syarat Desain Tulangan Lentur

Desain Tulangan Transversal

$$s = \frac{A_v}{A_s} \left(\frac{f_y}{f'_c} \right) \left(\frac{d}{4} \right) = 104.64 \text{ mm}$$

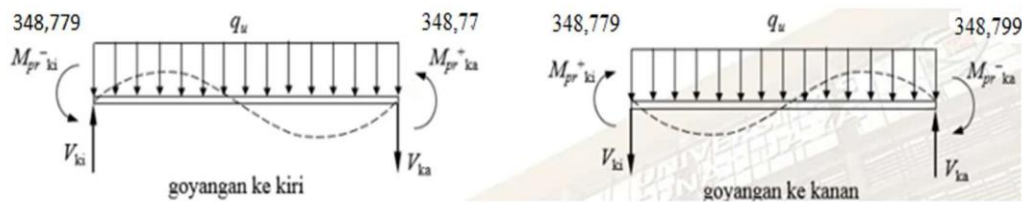
$$M_{pr} = A_s (1.25 f_y) (d-a/2) = 348,779 \text{ kN.m}$$

Nilai M_{pr} dihitung sebagai berikut

Untuk tulangan bawah 4D24

$$\phi = \frac{q_u \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I} = \frac{2,112 \cdot 4^4}{8 \cdot 200.000 \cdot 10^8} = 104,64 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = A_s (1.25 f_y) (d - a/2) = 348,779 \text{ kN.m}$$



Gambar 2. Diagram Gaya

$$\text{Dengan } q_u = 1.2q_D + 0.5 q_L = 1.2 (0.96) + 0.5 (1.92) = 2,112 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{q_u \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I} + \frac{q_u \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I} = \frac{2,112 \cdot 4^4}{8 \cdot 200.000 \cdot 10^8} + \frac{2,112 \cdot 4^4}{8 \cdot 200.000 \cdot 10^8} = 104,64 \text{ mm} \\ \phi &= \frac{q_u \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I} + \frac{q_u \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I} = \frac{2,112 \cdot 4^4}{8 \cdot 200.000 \cdot 10^8} + \frac{2,112 \cdot 4^4}{8 \cdot 200.000 \cdot 10^8} = 104,64 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya geser maksimum yang ditimbulkan oleh beban gempa adalah =

$$\frac{q_u \cdot L}{2} = \frac{2,112 \cdot 4}{2} = 4,224 \text{ kN}$$

nilai ini lebih besar dari pada 50% gaya geser total

(= 1/2 x 139,637 = 69,819 kN), sehingga V_c dapat diambil sama dengan nol.

$$V_u = \phi V_s + \phi V_c = \phi V_s + 0$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{351,04}{0,9} = 387,53 \text{ kN}$$

$$V_s = (387,53 \text{ kN} < 0,66 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{s}) = (545,330) = 545,330 \text{ kN}$$

Jika dipakai sengkang tertutup dengan diameter 10mm (3kaki), maka jarak antar sengkang, s ,

$$s = \frac{A_s}{\frac{A_s}{s}} = \frac{3(78,5) \cdot 400 \cdot 438}{584,442} = 756,599 \text{ mm}$$

adalah :

Jarak maksimum sengkang tertutup sepanjang $2h$ ($2 \times 500 = 1000 \text{ mm}$)

tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

$$\phi \quad d/4 = 438/4 = 109,5 \text{ mm}$$

$$\phi \quad 6db = 6(24) = 144 \text{ mm}$$

$$\phi \quad 150 \text{ mm}$$

Sehingga dapat dipasang sengkang tertutup 1,5D10 - 100 mm hingga sepanjang 1,2 m dari tumpuan. Dan sengkang tertutup pertama dipasang sejarak 50mm dari muka tumpuan.

Pada jarak 1200 mm dari muka tumpuan hingga ke bagian lapangan, bekerja gaya geser sebesar :

$$V_u = 139.637 - 2.112 (1.2) = 137103 \text{ N}$$

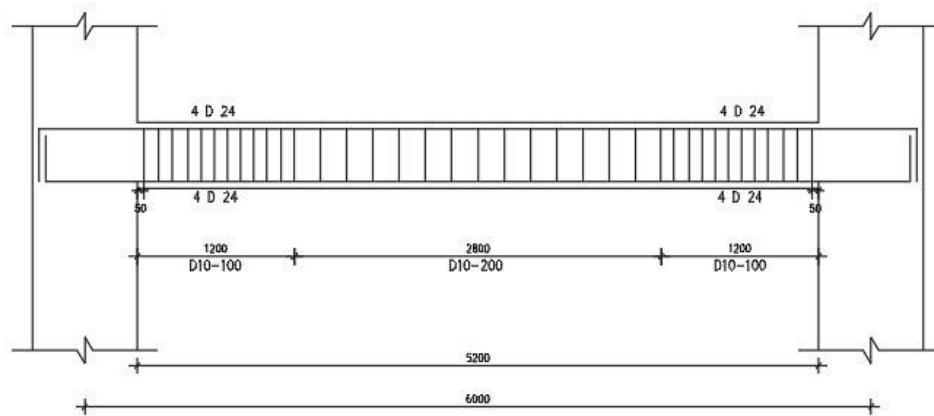
$$V_c = 0.17 \lambda = 14046 \text{ N}$$

$$\rho_u = \frac{V_u}{V_c} = \frac{137103}{14046} = 9.75$$

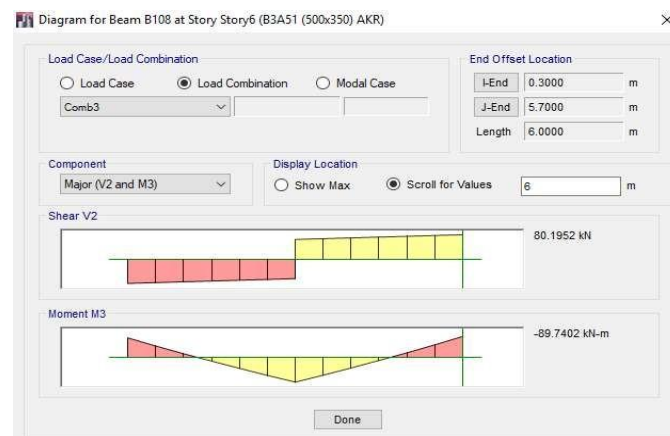
jika digunakan db = 10mm, maka jarak ditentukan dari nilai yang terkecil antara :

- $S1 = A_v f_{yd} / V_s = 157(400)(438) / 79809.39 = 198,91 \text{ mm}$
- $S2 = d/2 = 438/2 = 219 \text{ mm}$
- $S3 = A_v f_{yd} / V_s = 157(400)(438) / (0,35 \times 137103) = 512,653 \text{ mm}$
- $S4 = 600 \text{ mm}$

Jadi dipilih, S=200 mm dipasang D10-200

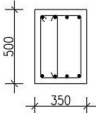
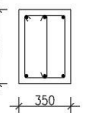
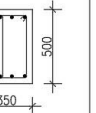


Gambar 3. Detail Balok Lantai 6 (B-108)



Gambar 4. Nilai Geser Maksimum pada Balok B-108 (500x350) (Perencanaan Tulangan Tumpuan Menggunakan Angkur)

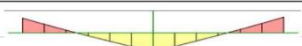
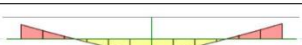
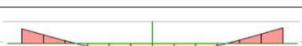
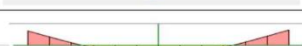
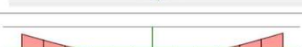
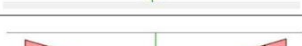
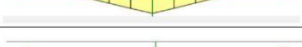
**Tabel 3. Desain Tulangan Balok Hasil Perhitungan
(Perencanaan Tulangan Tumpuan Menggunakan Angkur)**

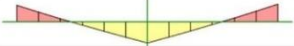
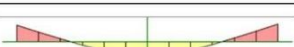
B3A5-1 (350x500)		
TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
		
4 D24	3 D19	4 D24
4 D24	3 D19	4 D24
3D10-100	3D10-200	3D10-100
D10-100	D10-150	D10-100

Perhitungan Penulangan balok (Perencanaan Menggunakan Tulangan Tumpuan Besi)

1. Balok Lantai 6 (B-108) Dimensi (500 X 350)

Tabel 4. Momen Balok B-108 Dimensi 500x350 Story 6 (Perencanaan Menggunakan Tulangan Tumpuan Besi)

Nama Kombinasi	Diagram Momen Analisis ETABS	Besarnya Momen (kNm)		
		Mu Kiri	Mu Tengah	Mu Kanan
Kombinasi 1 1,4 DL + 1,4 SIDL		-72.300	86.173	-71.076
Kombinasi 2 1,2 DL + 1,2 SIDL + 1,6 LL		-86.114	106.290	-86.166
Kombinasi 3 1,39 DL + 1,39 SIDL + 1 LL + 0,39 DEQX + 1,3 DEQY		-83.696	105.536	-89.518
Kombinasi 4 1,01 DL + 1,01 SIDL + 1 LL - 0,39 DEQX - 1,3 DEQY		-70.426	82.481	-63.880
Kombinasi 5 1,1 DL + 1,1 SIDL + 1 LL + 0,39 DEQX - 1,3 DEQY		-75.272	88.040	-68.251
Kombinasi 6 1,3 DL + 1,3 SIDL + 1 LL - 0,39 DEQX + 1,3 DEQY		-78.849	100.418	-85.148
Kombinasi 7 1,39 DL + 1,39 SIDL + 1 LL + 1,3 DEQX + 0,39 DEQY		-86.220	105.967	-86.996
Kombinasi 8 1,01 DL + 1,01 SIDL + 1 LL - 1,3 DEQX - 0,39 DEQY		-67.901	82.490	-66.403
Kombinasi 9 1,3 DL + 1,3 SIDL + 1 LL + 1,3 DEQX - 0,39 DEQY		-83.538	100.401	-80.463
Kombinasi 10 1,1 DL + 1,1 SIDL + 1 LL - 1,3 DEQX + 0,39 DEQY		-70.583	88.057	-72.936
Kombinasi 11 0,71 DL + 0,71 SIDL + 0,39 DEQX + 1,3 DEQY		-33.489	43.870	-39.218
Kombinasi 12 1,09 DL + 1,09 SIDL - 0,39 DEQX - 1,3 DEQY		-59.468	67.321	-52.165
Kombinasi 13 1 DL + 1 SIDL + 0,39 DEQX - 1,3 DEQY		-55.019	61.761	-47.397
Kombinasi 14 0,8 DL + 0,8 SIDL - 0,39 DEQX + 1,3 DEQY		-37.939	49.430	-43.986

Kombinasi 15		-36.014	43.860	-36.696
0,71 DL + 0,71 SIDL + 1,3 DEQX + 0,39 DEQY				
Kombinasi 16		-56.944	67.331	-54.687
1,09 DL + 1,09 SIDL + 1,3 DEQX + 0,39 DEQY				
Kombinasi 17		-42.628	49.413	-39.302
0,8 DL + 0,8 SIDL + 1,3 DEQX + 0,39 DEQY				
Kombinasi 18		-50.330	61.778	-52.081
1 DL + 1 SIDL + 1,3 DEQX + 0,39 DEQY				

Desain Dengan Metode (Code : SNI 2847-2019)

Data Perencanaan : Balok B-108 (Besi)

h	=	500 mm	Øt	=	19 mm
b	=	350 mm	Øs	=	10 mm
d'	=	50 mm	d	=	440,5 mm
f _c	=	29,05 Mpa	K=	350	
f _y	=	400 Mpa			
β ₁	=	0,85 (f _c < 30Mpa)			
j	=	0,85 Koef lengan momen			
φ	=	0,9 Faktor Reduksi Momen			
f _{ys}	=	400 Mpa			

1. Syarat Dimensi Penampang (SNI 2847:2019)

a. $l_n \geq 4d$

$$d = h - \text{selimut beton} - d_s - d_b/2$$

$$= 500 - 40 - 10 - 24/2 = 440,5 \text{ mm}$$

$$l_n = 6000 - 800 \text{ mm} > 4d \text{ (} 4 \times 440,5 \text{)}$$

$$= 5200 > 1762 = \text{OK!}$$

b. $b_w \geq 0,3h$ atau 250 mm

$$b_w = 350 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$$

$$350 > 250 = \text{OK!}$$

$$0,3h = 0,3 (500) = 150 \text{ mm} < b_w = \text{OK!}$$

c. $b_w \leq b_{kol} + 2(\min [b_{kol} ; 3/4h_{kol}])$

$$b_w = 350 \text{ mm} < 800 + 2(3/4 \times 800) = 2000 \text{ mm}$$

$$350 < 2000 \text{ mm} = \text{OK!}$$

2. Desain Tulangan Lentur Tumpuan

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \phi M_n}{1,7 f_y b d^2}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 (29,05)}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4(89,5182 \cdot 10^3)}{1,7 (0,90)(29,05) (350)(440,5)^2}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho &= 0,00378 \\ \rho_{maks} &= 0,025 \\ \rho_{min} &= 1,4/f_y = 0,0035 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \rho &= 0,00378 \\ \rho_{maks} &= 0,025 \\ \rho_{min} &= 1,4/f_y = 0,0035 \end{aligned}} \right\} \rho_{min} < \rho < \rho_{maks} = \text{OK!}$$

$$A_s = \rho b d = 0,00378 (350) (440,5) = 582,313 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pasang 4D19 (1133,54 mm}^2\text{)} \rightarrow \phi M_n = 169,05 \text{ kN.m}$$

Pasang 4D19 (1133,54 mm²) $\phi M_n = 169,05 \text{ kN.m}$

Jadi dipakai tulangan 4D19 untuk tumpuan bawah.

3. Desain Tulangan Lentur Lapangan

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \phi M_n}{1,7 f_y b d^2}} \right)$$

$$\rho = \frac{0,85 (29,05)}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4(106,290 \cdot 10^3)}{1,7 (0,90)(29,05) (350)(440,5)^2}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho &= 0,00451 \\ \rho_{maks} &= 0,025 \\ \rho_{min} &= 1,4/f_y = 0,0035 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \rho &= 0,00451 \\ \rho_{maks} &= 0,025 \\ \rho_{min} &= 1,4/f_y = 0,0035 \end{aligned}} \right\} \rho_{min} < \rho < \rho_{maks} = \text{OK!}$$

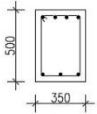
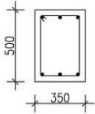
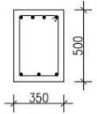
$$A_s = \rho b d = 0,00451 (350) (440,5) = 695,687 \text{ mm}^2$$

Pasang 3D19 (850,155 mm²) $\phi M_n = 126,79 \text{ kN.m}$

Jadi dipakai tulangan 3D19 untuk tumpuan bawah.

Tabel 5. Desain Tulangan Lentur

Tabel Desain Tulangan Lentur			
Lokasi	Tulangan Terpasang		ϕM_n (kN.m)
Tumpuan	Atas	4D19 (1133.54 mm ²)	-169.05
	Bawah	4D19 (1133.54 mm ²)	169.05
Lapangan	Atas	3D19 (850.155mm ²)	-126.79
	Bawah	3D19 (850.155mm ²)	126.79

B3A5-1 (350x500)		
TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
		
4 D24	3 D19	4 D24
3 D19	3 D19	3 D19
D13-100	D13-200	D13-100

Gambar 5. Penulangan balok

Syarat Desain Tulangan Lentur

1. Setidaknya harus disediakan 2 tulangan menerus = OK!
2. $\phi M_{u+} \geq 1/2 \phi M_{u-}$
 $169,05 \geq 1/2 (169,05) = 84,526 = \text{OK!}$
3. $(\phi M_{u+} \text{ atau } \phi M_{u-}) \geq 1/4 (\phi M_{u-} \text{ Terbesar})$
 $126,79 \geq 1/4 (169,05) = 42,263 = \text{OK!}$

Desain Tulangan Tranversal

1. Nilai M_{pr} dihitung sebagai berikut

Untuk tulangan bawah 4D24

$$\phi = \frac{M_{pr} - M_{pr}^+}{M_{pr} - M_{pr}^-} = \frac{231,014 - 231,014}{231,014 - 231,014} = 65,561 \text{ mm}$$

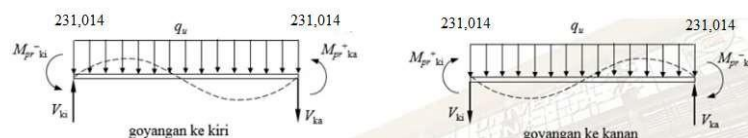
$$M_{pr} = A_s (1.25f_y) (d-a/2) = 231,014 \text{ kN.m}$$

2. Nilai M_{pr} dihitung sebagai berikut

Untuk tulangan bawah 4D24

$$\phi = \frac{M_{pr} - M_{pr}^+}{M_{pr} - M_{pr}^-} = \frac{231,014 - 231,014}{231,014 - 231,014} = 65,561 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = A_s (1.25f_y) (d-a/2) = 231,014 \text{ kN.m}$$



Gambar 6. Diagram Gaya

Dengan $q_u = 1.2q_D + 0.5 q_L = 1.2 (0.96) + 0.5 (1.92) = 2,112 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned} & \text{Diagram 1} + \text{Diagram 2} + \text{Diagram 3} = \text{Diagram 4} \\ & \text{Diagram 5} + \text{Diagram 6} + \text{Diagram 7} + \text{Diagram 8} = \text{Diagram 9} \end{aligned}$$

Gaya geser maksimum yang ditimbulkan oleh beban gempa adalah =

$$\frac{\text{Diagram 10} + \text{Diagram 11}}{\text{Diagram 12}} = \text{Diagram 13}$$

nilai ini lebih besar dari pada 50% gaya geser total

($= 1/2 \times 94,343 = 47,171 \text{ kN}$), sehingga V_c dapat diambil sama dengan nol.

$$V_u = \phi V_s + \phi V_c = \phi V_s + 0$$

$$V_s = \frac{\phi}{\phi} = \frac{231.014}{0.9} = 256.68 \text{ kN}$$

$$V_s = (256.68) < 0.66 \phi V_c = (-548.442) = \text{OK!}$$

Jika dipakai sengkang tertutup dengan diameter 10mm (3kaki), maka jarak antar sengkang, s , adalah:

$$s = \frac{\phi A_{sv}}{\phi} = \frac{3(78.5) \cdot 400 \cdot 440.5}{584.442} = 756,599 \text{ mm}$$

Jarak maksimum sengkang tertutup sepanjang $2h$ ($2 \times 500 = 1000 \text{ mm}$) tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

- $d/4 = 440,5/4 = 110,125 \text{ mm}$
- $6 d_b = 6(24) = 114 \text{ mm}$
- 150 mm

Sehingga dapat dipasang sengkang tertutup 1,5D10 - 100 mm hingga sepanjang 1,2 m dari tumpuan. Dan sengkang tertutup pertama dipasang sejarak 50mm dari muka tumpuan.

Pada jarak 1200 mm dari muka tumpuan hingga ke bagian lapangan, bekerja gaya geser sebesar :

$$V_u = 94,343 - 2.112 (1.2) = 91.808 \text{ N}$$

$$V_c = 0.17 \lambda = 14.127 \text{ N}$$

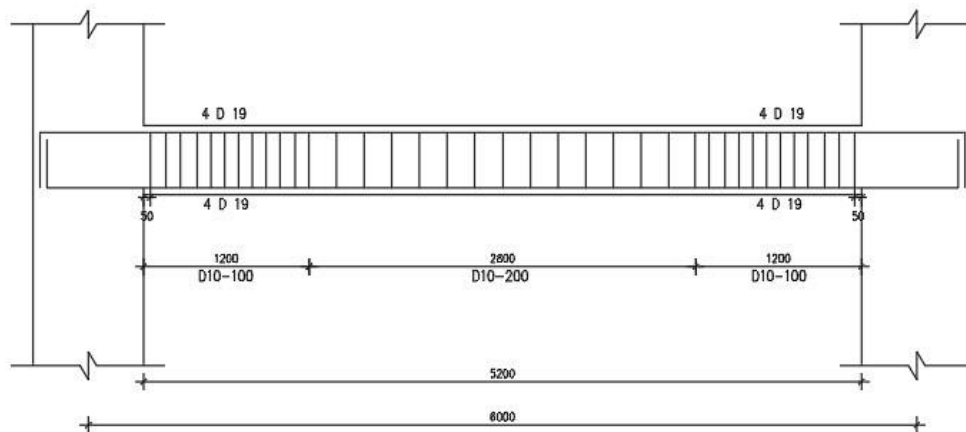
$$\phi = \frac{\phi}{\phi} - \frac{\phi}{\phi} - \phi = \phi$$

$$= 87882,72 < 0,33 \sqrt{f'_c} b w d = 274221,161 = \text{OK!}$$

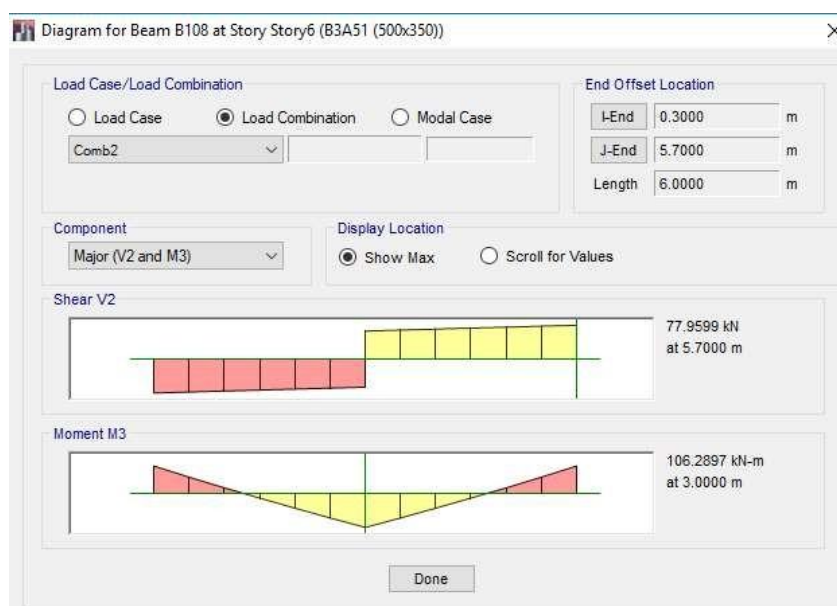
jika digunakan $d_b = 10\text{mm}$, maka jarak ditentukan dari nilai yang terkecil antara :

- $S1 = A_v f_y d / V_s = 157(400)(440,5) / 274221,161 = 100,880 \text{ mm}$
- $S2 = d/2 = 440,5/2 = 220,25 \text{ mm}$
- $S3 = A_v f_y d / V_s = 157(400)(440,5) / (0,35 \times 350) = 512,653 \text{ mm}$
- $S4 = 600 \text{ mm}$

Jadi dipilih, $S=200 \text{ mm}$ dipasang D10-200

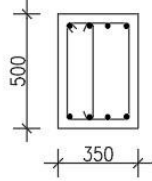
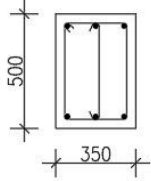
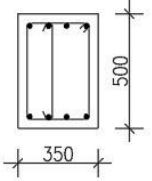


Gambar 7. Detail Balok Lantai 6 (B-108)



**Gambar 8. Nilai Geser Maksimum Pada Balok B-108 (500x350)
(Perencanaan Tulangan Tumpuan Menggunakan Besi)**

**Tabel 6. Desain Tulangan Balok Hasil Perhitungan
(Perencanaan Tulangan Tumpuan Menggunakan Besi)**

B3A5-1 (350x500)		
TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
		
4 D19	3 D19	4 D19
4 D19	3 D19	4 D19
3D10-100	3D10-200	3D10-100
D10-100	D10-150	D10-100

Perhitungan tulangan Kolom

Desain Dengan Metode (Code : SNI 2847-2019)

Data Perencanaan : Kolom C-41 (600x800) Story 6

h	=	800 mm	Øt	=	22 mm
b	=	600 mm	Øs	=	13 mm
d'	=	40 mm	d	=	726 mm
f _c	=	29,05 Mpa	K=	350	Hxs = 3800 mm
f _y	=	400 Mpa			
β ₁	=	0,85 (f _c < 30Mpa)			
j	=	0,85 Koef lengan momen			
φ	=	0,9 Faktor Reduksi Momen			
f _{ys}	=	400 Mpa			

□ Untuk tumpuan diperoleh = 861,70 kN.m (dari

□ Pu = 271,91 kN (dari ETABS)

1. Cek dimensi (SNI Pasal 18.7.2)

SNI Pasal 18.7.2.1 kolom – kolom harus memenuhi a) dan b)

a) Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.

b) Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4

□ Dimensi terkecil penampang

= 600 > 300 = OK!

□ Perbandingan b/h

$$= 600 / 800 = 0,75 > 0,4 = \text{OK!}$$

SNI Pasal 18.7.2.4 Tulangan longitudinal

18.7.4.1 Luas tulangan longitudinal A_u tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak lebih dari $0,06A_g$.

$$P_u = 271.91 \text{ kN}$$

$$0,3A_g f_c = 0,3(600)(800)(29.05)$$

$$= 4.183.200 \text{ N} = 4183 \text{ kN}$$

$$P_u < 0,3A_g f_c !!!$$

$$\frac{A_{st}}{A_g} = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{A_{st}}{A_g}$$

2. Tulangan transversal

Tabel 18.7.5.4 -Tulangan transversal untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul momen khusus.

Tabel 7. Syarat Tulangan Transversal

Tulangan transversal	Kondisi	Persamaan yang berlaku
$A_{ch}/s b_c$ untuk segitiga pengekang persegi	$P_u \leq 0,3 A_g f_c$ dan $f_c' \leq 70 \text{ MPa}$	Terbesar antara (a) dan (b) $0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{yt}} \quad (a)$ $0,09 \frac{f_c'}{f_{yt}} \quad (b)$
	$P_u > 0,3 A_g f_c$ atau $f_c' > 70 \text{ MPa}$	Terbesar antara (a), (b) dan (c) $0,2 k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \quad (c)$



Gambar 9. Contoh penulangan transversal pada kolom dengan $P_u > 0,3A_g f_c$ atau $f_c' > 70 \text{ mpa}$

$$b_c = 520 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = 520 \times 520 = 374.400 \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \times h = 480000 \text{ mm}^2$$

$$x_i = (600 - 2(40) - 2(13) - 22) / 3 = 157,333 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = \frac{29.05}{175} + 0.6 = 0.166 + 0.6 = 0.766 \rightarrow 1$$
$$\begin{aligned} \bar{z}_1 &= \frac{29.05}{175} + 0.6 = \frac{29.05}{175} + 0.6 = 0.766 \rightarrow 1 \\ \bar{z}_2 &= \frac{24}{24 - 2} = 1.09 \end{aligned}$$

- 1/4 dimensi terkecil komponen struktur = $1/4(600) = 150$ mm
- 6 kali diameter tulangan memanjang = $6(22) = 132$ mm

$$W_2 = 100 + \left[\frac{350 - 157.333}{3} \right] = 164,222 \rightarrow 150\text{mm}$$

$$\frac{\Delta \sigma}{\sigma} = \frac{\Delta \sigma}{\sigma} (0.0169) = 520(0.0169) = 3.196 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Maka digunakan sengkang tertutup dan ikat silang berdiameter 13 mm, maka dibutuhkan 3 kaki D13 ($A_s = 397,955 \text{ mm}^2$) OK!

1. Gaya geser V_e harus diambil dari gaya geser yang berhubungan dengan sendi plastis di kedua ujung kolom

$$\mathbb{E}[\mathbb{I}_n] = \frac{\mathbb{P}[\text{all } \mathbb{I}_n \text{ are } \leq n] + \mathbb{P}[\text{all } \mathbb{I}_n \text{ are } \leq n-1]}{\mathbb{P}[\mathbb{I}_n \leq n]}$$

Nilai Mpr untuk kolom ditentukan dengan menganggap kuat tarik pada tulangan sebesar minimum $1,25f_y$ dan faktor reduksi $\phi = 1$

$$2. \quad V_u = \frac{\sum V_{u1} + \sum V_{u2}}{2}$$

$$V_u = \frac{(194.444 + 194.444)}{2} = 194.444 \text{ kN}$$

3. V_e tidak boleh kurang dari gaya geser terfaktor hasil analisis, $V_e = 175 \text{ kN}$

Dari ketiga nilai V_e di atas, diambil $V_e = 175 \text{ kN}$. Selanjutnya dengan mengasumsikan kuat geser yang disumbangkan oleh beton, $V_c = 0$, maka :

$$V_u = V_c + V_s$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{194.444 \cdot 10^3}{400 \cdot 726} = 6,696 \text{ kN} = 6.695,74 \text{ N}$$

Untuk $s = 100 \text{ mm}$, maka $A_v = 6,696 (100) = 669,6 \text{ mm}^2$

Sudah disediakan sengkang tertutup dari ikat silang, 7 kaki D13 - 100 mm ($A_{sh} = 928,665 \text{ mm}^2$)

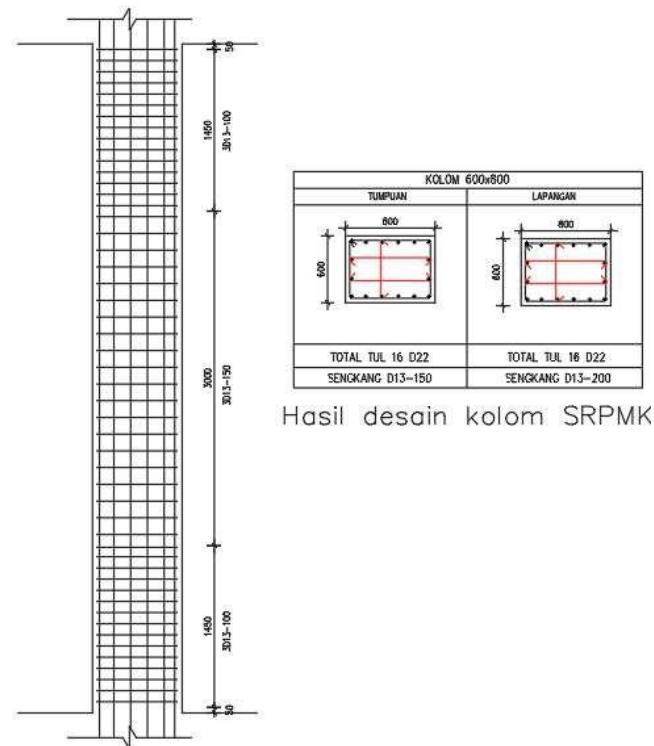
untuk daerah di luar l_0 , maka nilai V_c ditentukan berdasarkan persamaan :

$$V_c = \phi \left(0,17 f_c' A_g + \frac{A_{sh} f_y}{s} \right)$$

Nilai N_u , diambil dari nilai gaya aksial terfaktor terkecil pada kolom didesain yaitu 6.695 kN, sehingga :

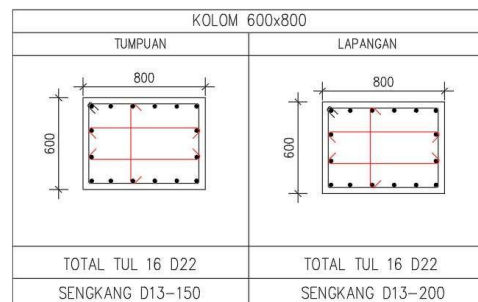
$$\phi = 0,17 \cdot 1 + \frac{6.696 \cdot 1000}{14 \cdot 600 \cdot 800} (1,0) = 29,05 \cdot 600 \cdot 726 = 796.811,04 = 796,81 \text{ kN}$$

Karena V_c sudah melebihi $V_u (=175 \text{ kN})$ di luar panjang l_0 , maka pada daerah di luar l_0 , dipasang tulangan sengkang dengan jarak $d/2 = 726/2 = 363 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$. Namun persyaratan jarak tulangan transversal di luar daerah l_0 menyatakan bahwa jarak antar tulangan tidak boleh melebihi 150 atau $6d_b (\approx 150 \text{ mm})$. Sehingga dapat dipasang tulangan dengan jarak maksimal 150 mm.

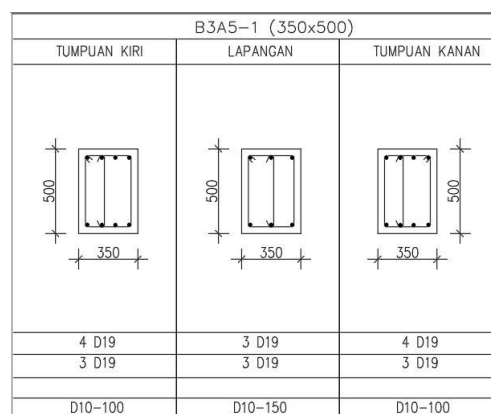


Gambar 10. Gambar desain tulangan kolom SRPMK

Desain Hubungan Balok kolom (Joint)



Gambar 11. Desain Tulangan Kolom (SRPMK)



Gambar 12. Desain Tulangan Balok (SRPMK)

1. Luas efektif join, A_j

Tinggi joint = h

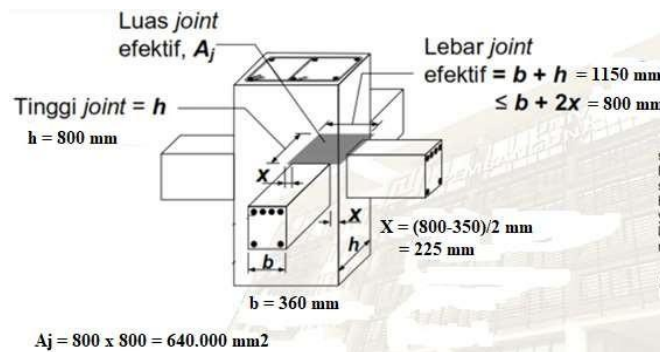
$h = 800 \text{ mm}$ $b = 350 \text{ mm}$

$x = (800 - 350)/2 \text{ mm} = 225 \text{ mm}$

Lebar Joint Efektif = $b + h = 1150 \text{ mm}$

$\leq b + 2x = 800 \text{ mm}$

$A_j = 800 \times 800 = 640,000 \text{ mm}^2$



Gambar 13. Desain Area Joint

2. Tulangan Transversal

SNI Pasal 18.8.3.2 Bila pada keempat sisi joint terdapat balok yang merangka kepadanya dan bila lebar dari setiap balok tersebut setidaknya tiga perempat lebar kolom maka jumlah tulangan yang diperlukan SNI Pasal 18.7.5.4 diizinkan untuk direduksi setengahnya, dan spasi yang disyaratkan SNI Pasal 18.7.5.3 diizinkan untuk ditingkatkan hingga 150 mm dalam ketinggian balok h yang terendah yang merangka pada joint tersebut

- Terdapat empat buah balok yang merangka pada keempat sisi HBK
- Lebar balok ($=350$) menutupi $3/4$ lebar kolom ($=3/4 \times 800 = 600 \text{ mm}$)

Jumlah tulangan transversal dapat diambil $1/2$ dari kebutuhan tulangan transversal pada daerah sendi plastis kolom.

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0.5 \cdot 3.19 = 1.595 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jarak tulangan transversal boleh diambil 150 mm, sehingga

$$A_{sh} = 150 (1.595) = 239,25 \text{ mm}^2$$

Dipasang 2 kaki D13 ($A_{sh} = 265,33 \text{ mm}^2$) dengan jarak 150 mm

3. Kuat Geser

Nilai M_{pr} dihitung sebagai berikut : Untuk tulangan 4D19 di sisi atas

$$M_{pr} = A_s (1.25f_y) (d-a/2) = 231013958,8 \text{ N.mm} = 231,014 \text{ kN.m}$$

Untuk tulangan 4D19 di sisi bawah

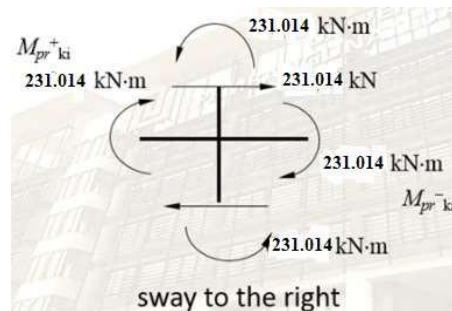
Nilai M_{pr} dihitung sebagai berikut :

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1133,54}{1000 \cdot 1000} = 0,00113354$$

$$M_{pr} = A_s (1.25f_y) (d-a/2) = 231013958,8 \text{ N.mm} = 231,014 \text{ kN.m}$$

Karena kolom dianggap memiliki kekakuan yang sama, maka faktor distribusi DF, Diambil sebesar 0,5 dan momen yang timbul pada kolom di atas HBK adalah :

$$M_c = 0,5 (231,014 + 231,014) = 231,014 \text{ kN.m}$$



Gambar 14. Gaya Geser Pada Kolom

Gaya geser dari kolom sebelah atas adalah sebesar :

$$V_{kolom} = \frac{231,014 + 231,014}{6} = 77 \text{ kN}$$

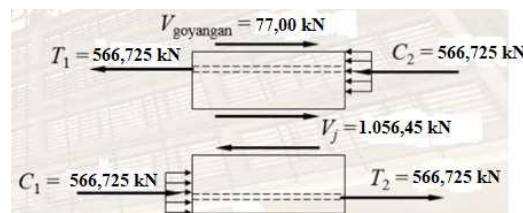
Luas tulangan atas adalah 4D19 ($A_s = 1133,54 \text{ mm}^2$), sehingga gaya yang bekerja pada tulangan atas pada sebelah kiri HBK adalah :

$$T_1 = 1,25A_sF_y = 1.25 (1133.54) (400) = 566.725 \text{ N} = 566,725 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada beton di sisi kiri HBK, sebesar :

$$C_1 = T_1 = 566,725 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya tekan yang bekerja pada beton di sisi kiri HBK, sebesar : } T_2 = C_2 = 566,725 \text{ kN}$$



Gambar 15. Gaya Geser Pada Joint

Selanjutnya dengan meninjau keseimbangan gaya dalam arah horizontal diperoleh :

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{goyang} = 1.056,45 \text{ kN}$$

Kuat geser HBK yang dikekang keempat sisinya adalah :

$$V_n = 1,7\sqrt{f_c A_j} = 1,7\sqrt{29,05(640000)} = 5.864.108,05 \text{ N} = 5.864,11 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0.85 V_n = 0.85(5864,11) = 4.984,49 \text{ kN} > V_j = \text{OK!}$$

Jadi dimensi pada HBK mencukupi, dan dipasang 5kaki D13 dengan jarak 150 mm pada daerah hubungan balok-balok-kolom.



Gambar 16. Desain Tulangan Joint (SRPMK)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari desain bangunan 7 lantai dengan system rangka pemikul momen khusus di Bale endah Kabupaten Bandung berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 didapatkan :

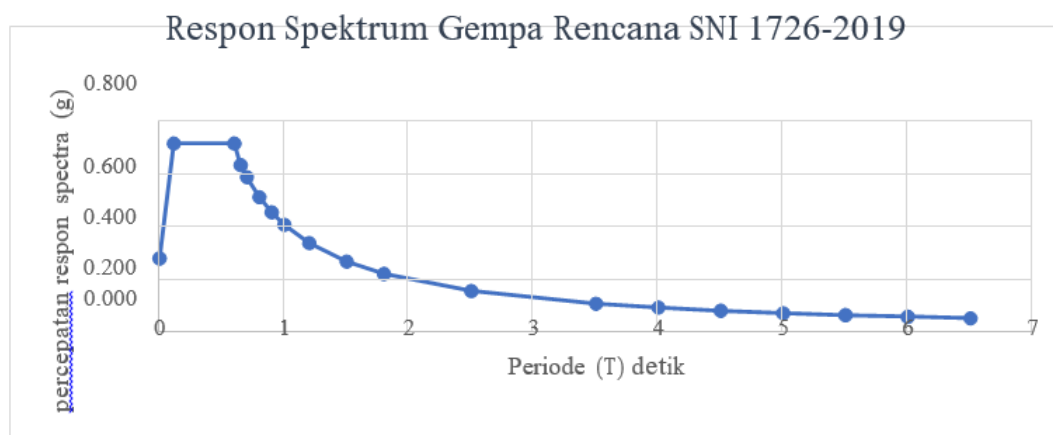
- 1) Direncanakan bangunan 7 lantai di Bale endah Kabupaten Bandung dengan kondisi tanah sedang (SD) yang menggunakan system rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dengan parameter desain sebagai berikut :

Tabel 8. Parameter Desain Sistem Struktur Rencana

Parameter Respon Spektra		
Kategori Resiko		IV
Faktor Keutamaan Gempa	I_e	1,5
Klasifikasi Situs		SD (tanah sedang)
Percepatan Gempa MCE terpetakan periode pendek	S_S	0,988 g
Percepatan Gempa MCE terpetakan periode 1 detik	S_1	0,387 g
Faktor Amplikasi periode pendek	F_a	1,105
Faktor Amplikasi periode 1 detik	F_v	1,626
Percepatan Periode Pendek ($S_{ms} = F_a \times S_S$)	S_{MS}	1,092
Percepatan Periode Pendek ($S_{ms} = F_a \times S_1$)	S_{M1}	0,629
Percepatan desain periode pendek ($SDS = 2/3 S_{MS}$)	SDS	0,728
Percepatan desain periode pendek ($SD1 = 2/3 S_{M1}$)	$SD1$	0,42
Parameter Periode	$T_0 = 0,2 SD1/SDS$	T_0 0,115
	$T_s = SD1/SDS$	T_s 0,576

Parameter Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus		
Faktor Koefisien Modifikasi Respon	R	8
Faktor Kuat Lebih Sistem	Cd	5,5
Faktor Pembesaran Defleksi	Ω_0	3

Didapatkan desain beban gempa dengan metode respon spectra sebagai berikut :



**Gambar 17. Grafik Respon Spektra Kabupaten Bandung (Bale Endah)
Tanah Sedang (SD)**

2) Didapatkan hasil analisis struktur dengan bantuan program ETABS dan dapat diketahui perilaku struktur akibat pembebanan gempa, sebagai berikut.

a. Hasil Analisa Perilaku Struktur

Tabel 9. Kesimpulan Analisis Struktur

Pengecekan Perilaku Struktur	status	Keterangan
Rasio Partisipasi Modal Massa	Ok	Dua mode pertama bergerak secara translasi dan jumlah ragam getar > 90% untuk setiap arah. Simpangan Antarlantai (Story Drift) Ok Story drift
Simpangan antar lantai (Story Drift)	Ok	Story drift untuk arah X dan Y tidak melebihi story drift izin yakni 1% dari tinggi lantai = 40mm
P-Delta	Ok	Koefisien stabilitas (θ) tidak melebihi (θ_{maks}) sebesar 0,09 untuk arah X dan Y
Eksentrisitas dan Torsi	Ok	$\delta_{max} < 1,2$ δ_{avg} struktur termasuk kategori tanpa ketidakberaturan torsi
Story Shear	Ok	Nilai story shear dengan redundansi 1,3 ($\rho=1,3$) lebih besar dari 35% V Base Shear pada masingmasing arah

- 3) Berikut adalah ringkasan dari hasil desain komponen struktur bangunan ini dapat dilihat dari table berikut :

Tabel 10. Desain Tulangan Balok

Tipe	Lokasi	Tulangan		Sengkang		Confinement	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
B 3A5-1 (350 x 500)	Top	4 D 19	3 D 19				
	Bottom	4 D 19	3 D 19	D10-100	D10-150	3D10-100	3D10-200
B 35-1 (300 x 500)	Top	4 D 19	2 D 19				
	Bottom	3 D 19	3 D 19	D10-100	D10-100		
B 45-1 (300 x 400)	Top	4 D 19	3 D 19				
	Bottom	3 D 19	3 D 19	D10-100	D10-125		
B 23-2 (200 x 300)	Top	3 D 16	2 D 16				
	Bottom	3 D 16	3 D 16	D10-75	D10-200		

Tabel 11. Desain Tulangan Kolom

Tipe	Story	Tulangan Longitudinal	Tulangan Sengkang		Tulangan Confinement	
			Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
K1 (1000x8000)	Lantai 1	24 D22	D13 - 150	D13 - 200	7D 13 - 100	7D 13 - 150
	Lantai 2	24 D22	D13 - 150	D13 - 200	7D 13 - 100	7D 13 - 150
	Lantai 3	24 D22	D13 - 150	D13 - 200	7D 13 - 100	7D 13 - 150
K1A (800x600)	Lantai 4	16 D22	D13 - 150	D13 - 200	3D 13 - 100	3D 13 - 150
	Lantai 5	16 D22	D13 - 150	D13 - 200	3D 13 - 100	3D 13 - 150
	Lantai 6	16 D22	D13 - 150	D13 - 200	3D 13 - 100	3D 13 - 150
	Lantai 7	16 D22	D13 - 150	D13 - 200	3D 13 - 100	3D 13 - 150

Tabel 12. Desain Tulangan Hubungan balok dan kolom (Joint)

Tipe	Tulangan Longitudinal	Tulangan Sengkang	Tulangan Confinement
Joint	16 D22	D13 - 150	3D 13 - 150

Saran

Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan dalam desain penyambungan bangunan baru dan bangunan lama sebagai berikut :

- 1) Sebaiknya pembangunan dilaksanakan pada waktu yang bersamaan agar komponen struktur menjadi satu kesatuan yang utuh.
- 2) Dalam laporan ini, beban lateral yang ditinjau hanyalah beban gempa. Namun, ada beban lateral lainnya seperti beban angin perlu dilibatkan pada pengerjaan pemodelan.

- 3) Dalam desain struktur bangunan ini masih terdapat kemungkinan bahwa dimensi penampang yang digunakan pada elemen-elemen struktur belum optimal. Iterasi untuk optimalisasi membutuhkan waktu yang lama dan mengulang proses desain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, A., & Suhendi, D. (2020). *Evaluasi kekuatan sambungan balok-kolom pada gedung bertingkat menggunakan angkur*. Jurnal Teknik Sipil, 45(2), 203-215.
- Arief, M., & Hamid, S. (2018). *Perancangan sambungan struktur baja pada gedung bertingkat*. Jurnal Struktur dan Konstruksi, 39(1), 56-67.
- Budi, H. R., & Rahayu, S. (2016). *Pengaruh penggunaan material alternatif terhadap efisiensi struktur bangunan*. Jurnal Konstruksi dan Manufaktur, 14(3), 120-131.
- Budiono, B., Dewi, N. T. H., Kristalya, M., Manik, S., Lionita, C., & Ong, E. H. K. (2017). *Contoh desain bangunan tahan gempa dengan sistem rangka pemikul momen khusus dan sistem dinding struktur khusus di Jakarta*. Bandung: Penerbit ITB.
- Darmawan, I. P., & Raharjo, P. (2019). *Metode perencanaan struktur bangunan tahan gempa dengan menggunakan program analisis struktur*. Jurnal Teknik Struktur, 27(4), 98-111.
- Harsono, A., & Permana, R. (2020). *Kinerja struktur bangunan terhadap gaya gempa dengan menggunakan material precast*. Jurnal Teknik Konstruksi, 32(2), 135-146.
- Kurniawan, B. (2018). *Desain struktur baja dan beton bertulang pada gedung tahan gempa*. Jurnal Struktur dan Bangunan, 15(3), 87-100.
- Prasetyo, M., & Nugroho, A. (2019). *Perancangan sambungan balok dengan sistem penguat angkur pada gedung bertingkat*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 22(2), 222-234.
- Rahman, A., & Kusuma, H. (2021). *Analisis efisiensi waktu dan biaya pada penggunaan material alternatif dalam konstruksi gedung*. Jurnal Teknologi Konstruksi, 17(4), 60-72.
- Setiawan, A. T., & Hidayat, I. (2020). *Pengaruh penggunaan angkur pada sambungan struktur beton bertulang terhadap kekuatan dan kestabilan bangunan*. Jurnal Konstruksi, 13(2), 75-87.
- Siahaan, M. F., & Astuti, W. (2021). *Penggunaan beton precast pada sambungan balok-kolom gedung bertingkat*. Jurnal Teknologi Bangunan, 29(1), 40-52.
- SNI 1726-2019. (2019). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2052-2017. (2017). *Baja tulangan beton*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2847-2019. (2019). *Persyaratan beton struktur untuk bangunan gedung*. Badan Standardisasi Nasional.

Zulkifli, E. (n.d.). *Makalah perencanaan bangunan gedung tahan gempa penggunaan software ETABS*. Bandung: FTSL ITB Prodi Teknik Sipil.