

PERENCANAAN GEDUNG PERKANTORAN BERLIANO 10 LANTAI DIKOTA PALU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS

Bernald Durrademantar¹, Soerjandani Priantoro Machmoed^{1*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

E-mail : bernaldadin@gmail.com & soerjandani@uwks.ac.id

(*) Penulis Koresponden

ABSTRAK : Kota Palu adalah ibu kota Provinsi Sulawesi Tengah, dengan wilayah seluas 395,06 kilometer persegi. Menurut BNPB gempa Palu - Donggala pada tahun 2018 dengan magnitudo 7.4. Kota Palu memerlukan perencanaan bangunan yang bisa menahan gaya gempa yang sesuai dengan SNI 1726-2019 dan juga SNI 2847-2019 untuk strukturalnya. Gedung Perkantoran ini menggunakan beton normal dengan kuat tekan 30 MPa dan berat jenis 2400 kg/m³. Sistem penahan gempa yang digunakan pada perencanaan gedung Perkantoran ini yaitu sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Peraturan yang digunakan dalam merencanakan gedung Perkantoran ini yaitu SNI 2847 – 2019, SNI 1726 -2019 dan SNI 1727-2020. Setelah dilakukan analisa dapat disimpulkan bahwa gedung Perkantoran ini menjadi bangunan tahan gempa yang mampu bertahan dari keruntuhan saat terjadi gempa. Simpangan gedung yang terjadi tidak melebihi simpangan izin dan juga struktur gedung ini telah memenuhi persyaratan *strong column weak beam* dengan syarat momen nominal kolom lebih besar dari momen nominal balok yaitu, $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb} = 7200 \text{ kNm} \geq 1101,68 \text{ kNm}$. Pondasi direncanakan dengan menggunakan tiang pancang dengan dimensi 50 cm x 50 cm, sebanyak 5 dan 4 tiang dengan kedalaman 20 m.

KATA KUNCI : Perencanaan Gedung, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Struktur Beton, Struktur Gedung Tahan gempa.

1. PENDAHULUAN

Kota Palu adalah ibu kota Provinsi Sulawesi Tengah, dengan wilayah seluas 395,06 kilometer persegi. Kota Palu dikaruniai dengan unsur alami gunung, pantai, lembah, sungai dan bukit berpadu menjadi suatu hamparan yang utuh. Sebagai ibukota, Kota Palu menjadi titik utama bagi perekonomian Provinsi Sulawesi Tengah. Segala aspek baik itu dari segi pemerintahan, bisnis, industri, maupun transportasi, juga bertitik tumpu di Kota Palu. Namun, Kota palu sering mengalami bencana alam sehingga kegiatan-kegiatan yang biasanya dilakukan secara normal akan terhambat.

Menurut Pujianto, (2007) gempa bumi merupakan salah satu fenomena alam yang dapat disebabkan oleh buatan/akibat kegiatan manusia maupun akibat peristiwa alam. Kota palu tahun 2018 tercatat dalam laporan BNPB pernah mengalami gempa dengan kekuatan 7,4 M. Gempa tersebut mengakibatkan kerusakan yang parah diberbagai sektor. Dalam laporan BNPB, tercatat kerusakan yang terjadi 65.733 unit rumah rusak, 99 unit fasilitas peribadatan, 22 unit fasilitas kesehatan yang diuraikan menjadi 3 rumah sakit, 10 puskesmas, 4 puskesmas pembantu, 5 puskesmas dan sebanyak 662 unit fasilitas pendidikan rusak. Perencanaan struktur tahan gempa diperlukan untuk meminimalisir kegagalan struktur bila

terjadi gempa. Perencanaan gedung Perkantoran Berliano ini menggunakan sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus adalah sistem struktur dimana gaya lateral ditahan oleh struktur yang mempunyai daktilitas penuh. Daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur untuk mengalami simpangan pasca-elastik secara berulang dalam skala besar sehingga dapat berdeformasi dengan tetap mempertahankan kekuatan agar struktur dapat tetap berdiri. Menurut (SNI 2847-2019), SRPMK dirancang untuk memiliki elemen lentur pada balok dan dilengkapi dengan tulangan longitudinal yang difungsikan untuk menahan beban kekuatan gempa yang disebabkan oleh perluasan beton bertulang.

Dengan perencanaan yang mengikuti ketentuan (SRPMK), maka faktor reduksi gaya gempa R bisa diambil sebesar 8, yang artinya bahwa gaya gempa rencana hanya 1/8 dari gaya gempa untuk elastis desain pengambilan nilai $R > 1$ artinya memperhitungkan post-elastic desain, yaitu struktur mengalami kelelahan tanpa kegagalan fungsi. Dalam SNI 1726-2019 tabel 12 tentang faktor R , Ω , C_d untuk sistem pemikul gaya seismik, perencanaan pembangunan gedung tahan

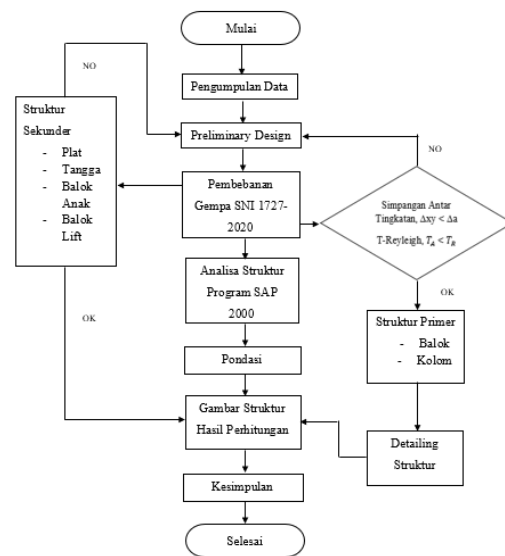
PERENCANAAN GEDUNG PERKANTORAN BERLIANO 10 LANTAI DI KOTA PALU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS

(Bernald Durrademantar, Soerjandani Priantoro Machmoed)

gempa harus memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan dimana untuk daerah dengan resiko gempa rendah bisa menggunakan sistem rangka pemikul momen biasa, sistem rangka pemikul momen menengah atau sistem rangka pemikul momen khusus. Sedangkan untuk daerah dengan resiko gempa menengah menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah atau sistem rangka pemikul momen khusus dan untuk daerah dengan resiko gempa tinggi harus menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus. sistem rangka pemikul momen khusus tidak ada batasan dalam sistem struktur dan tinggi struktur pada kategori desain seismik A, B, C, D, E dan F. sistem rangka pemikul momen menengah memiliki batasan struktur dengan hanya diizinkan pada kategori desain seismik A, B, dan C. Sedangkan sistem rangka pemikul momen biasa memiliki batasan sistem struktur yang hanya diizinkan pada kategori desain seismik A dan B. Sistem rangka pemikul momen khusus mempunyai persyaratan khusus yang harus dipenuhi dimana kolom direncanakan lebih kuat daripada balok (Honarto drr, 2019). Sehingga tujuan dari perencanaan gedung perkantoran 10 lantai di kota Palu dengan struktur beton bertulang adalah menghitung struktur gedung perkantoran 10 lantai dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen untuk mendapatkan dimensi kolom dan balok yang sesuai dengan peraturan SNI 2847-2019, dilakukan pendetailan struktur beton bertulang pada gedung perkantoran 10 lantai dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen yang sesuai dengan peraturan SNI 2847-2019, dan menentukan persyaratan ketahanan gempa menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

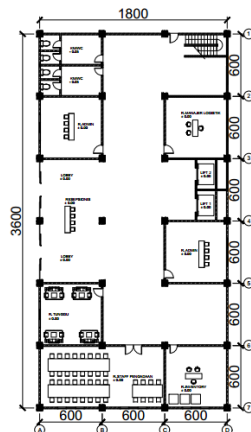
2. METODE PERENCANAAN

Perencanaan struktur gedung “Perkantoran Berliano” dilakukan berdasarkan SNI 2847-2019, Perencanaan tahan gempa mengacu pada SNI 1726-2019, perhitungan beban pada SNI 1727-2020 yang diuraikan dalam bentuk diagram alir (flow chart) seperti dalam Gambar 1.

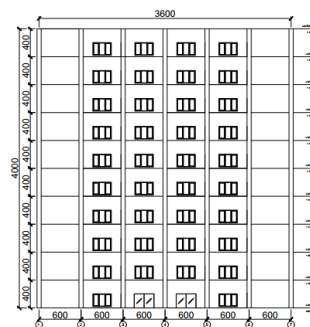


Gambar 1. Diagram Alir

Gedung perkantoran Berliano memiliki panjang 36 meter dan lebar 18 meter seperti pada Gambar 2. Tinggi dari gedung perkantoran berliano 40 meter dengan jumlah 10 lantai dan 1 atap seperti ditampilkan Gambar 3. Gedung perkantoran berliano menggunakan direncanakan struktur beton dengan menggunakan mutu beton $f_c' 30$ Mpa.



Gambar 2. Denah Lantai



Gambar 3. Tampak Depan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preliminary Design

Preliminary desain adalah suatu tahapan analisa untuk memperkirakan dimensi-dimensi struktur awal yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan bantuan aplikasi komputer untuk memperoleh dimensi yang efisien dan kuat (Simbolon et al., 2014). Preliminary desain digunakan untuk mengetahui dimensi yang direncanakan mampu atau tidak dalam menahan beban yang bekerja pada bangunan. Dimensi awal yang sudah didapat, akan dilakukan pemodelan menggunakan program bantu komputer SAP 2000. Hasil pemodelan yang didapat dari program bantu komputer SAP 2000 akan dilakukan analisa terhadap pembebanan dan perletakan yang sudah direncanakan. Jika analisa dan hasil dari program bantu komputer SAP 2000 dimensi komponen struktur tidak dapat menahan beban yang terjadi, maka preliminary desain akan diulang sampai menemukan dimensi yang kuat untuk menahan beban yang terjadi. Dimensi perencanaan awal yang digunakan untuk perencanaan struktur gedung perkantoran Berliano ini adalah kolom menggunakan dimensi 75 cm x 75 cm, balok induk menggunakan dimensi 50 cm x 40 cm dan balok anak menggunakan dimensi 40 cm x 30 cm.

3.2 Struktur Sekunder

Struktur sekunder tidak menjadi komponen utama dalam suatu konstruksi gedung, meskipun begitu struktur sekunder ini tetap mempengaruhi dan menjadi beban untuk struktur utama. Struktur sekunder dirancang hanya untuk menerima lentur akibat gaya gravitasi dan tidak dirancang untuk menerima gaya lateral akibat gempa (Tiasmoro dan Machmoed, 2021).

3.2.1 Perencanaan Pelat

Tebal pelat atap dan pelat lantai rencana digunakan 12 cm dengan mutu beton ($f'c$) = 30 Mpa dan mutu tulangan baja (f_y) = 420 Mpa. Pada pelat atap didapatkan nilai Q_u = 866,65 kg/m². Penulangan tumpuan pelat atap pada arah X adalah D 10 – 300 mm dan pada arah Y adalah D 10 – 300 mm.



Didapatkan nilai Q_u = 1248,8 kg/m² pada pelat lantai. Penulangan tumpuan pelat lantai pada arah X D 10 – 300 mm dan pada arah Y D 10 = 200 mm.

3.2.2 Perencanaan Balok Anak

Balok anak diencanakan menggunakan dimensi 30 x 40 cm, dengan mutu beton ($f'c$) = 30 MPa dan mutu tulangan (f_y) = 420 MPa. Perhitungan gaya dalam balok anak atap didapatkan nilai

Momen_{tumpuan} = 1716,24 kgm, Momen_{lapangan} = 1178,91 dan nilai $V_1=V_2$ = 3146,44 kg. Penulangan balok anak atap sesuai dengan



Gambar 4.

TUMPUAN	
TULANGAN ATAS	5D12
TULANGAN BAWAH	3D12
SENGKANG	2D10-100
LAPANGAN	
TULANGAN ATAS	5D12
TULANGAN BAWAH	3D12
SENGKANG	2D10-150

Gambar 4. Penulangan Balok Anak Atap

Perhitungan gaya dalam balok anak lantai didapatkan Momen_{tumpuan} = 1602,03 kgm, Momen_{lapangan} = 1101,39 kgm dan $V_1=V_2=$ 2937,06 kg. Penulangan balok anak lantai seperti ada

Gambar 5.

TUMPUAN	
TULANGAN ATAS	5D12
TULANGAN BAWAH	3D12
SENGKANG	2D10-100
LAPANGAN	
TULANGAN ATAS	5D12
TULANGAN BAWAH	3D12
SENGKANG	2D10-150

Gambar 5. Penulangan Balok Anak Lantai

3.2.3 Perencanaan Tangga

Tinggi tangga rencana 400 cm tiap lantai, tinggi bordes 200 cm tiap lantai, panjang bordes 200 cm, lebar bordes 230 cm, tinggi injakan 20 cm dan lebar injakan 30 cm. Didapatkan hasil beban plat tangga miring sebesar 969,23 kg/m dan beban plat bordes sebesar 1266,51.

Plat bordes menggunakan tulangan perlu arah X = D 13 – 300 mm dan tulangan susut arah X = D 13 – 300 mm. Tulangan perlu arah Y = D 13 – 75 mm dan tulangan susut arah Y = D 13 – 300 mm. kemudian untuk plat tangga miring tulangan perlu arah X = D 13 – 100 mm dan tulangan susut

PERENCANAAN GEDUNG PERKANTORAN BERLIANO 10 LANTAI DI KOTA PALU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS



(Bernald Durrademantar, Soerjandani Priantoro Machmoed)

arah X = D 13 – 300 mm. Tulangan tarik arah Y = D 13 – 100 mm dan tulangan susut arah Y = D 12 – 300 mm.

3.2.4 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Dimensi rencana balok lift sebesar 30 x 40 cm. Dimensi tulangan utama menggunakan D12 dan tulangan sengkang menggunakan D10. Dalam perencanaan balok penggantung lift menggunakan mutu beton ($f'c$) = 30 Mpa, mutu baja (f_y) = 420 dan selimut beton setebal 40 mm. Dari analisa program bantu komputer didapatkan $V_{terpusat} = 26448$ kg/m, $V_{merata} = 505,6$ kg/m, sehingga $V_{total} = 27964,8$ kg/m, $Momen_{tumpuan} = 8262,81$ kgm dan $Momen_{lapangan} = 14862,32$ kgm.

Dari hasil analisa diperoleh detail penulangan seperti pada **Gambar 6**.

TUMPUAN	
TULANGAN ATAS	7D12
TULANGAN BAWAH	4D12
SENGKANG	2D10-125
LAPANGAN	
TULANGAN ATAS	3D12
TULANGAN BAWAH	5D12
SENGKANG	2D10-150

Gambar 6. Penulangan Balok Penggantung Lift

3.3 Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur ini dilakukan untuk mengidentifikasi beban yang bekerja pada struktur. Beban yang diterima struktur yaitu beban gravitasi dan beban gempa.

3.4 Pembebanan Gravitasi

Beban gravitasi yang terjadi pada suatu struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang bekerja pada setiap lantai. Total beban lantai 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, dan 1 adalah $W_{10} = W_m + W_h = 817812 + 73718 = 891530$ kg. Total beban lantai atap $W_9 = W_m + W_h = 582354 + 22680 = 605034$ kg. Jadi, berat bangunan total adalah $W_{total} = (9 \times 891530) + 605034 = 8628804$ kg.

3.5 Pembebanan Gempa dan Struktur

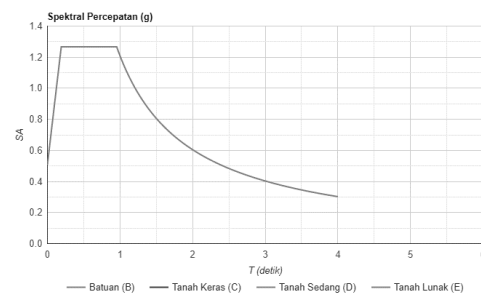
Pembebanan gempa dalam perencanaan gedung perkantoran Berliano ini berdasarkan SNI 1726-2019. Penentuan jenis tanah menggunakan data tanah SPT seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Tanah Kota Palu

No	Thickness (di) (m)	Deskripsi	Value SPT	di / Value SPT
1	1	Clay, brown, sand	5	0,2
2	3	Clay, brown, inorganic, same sand	6	0,5
3	5	Clay, brown, inorganic, trace sand	7	0,72
4	6	Clay, brown, inorganic, medium	10	0,6
5	6	Clay, brown, inorganic, medium	9	0,66
6	9	Sand, grey, medium	14	0,64
			Total	3,32

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n di / ni} = \frac{28}{3,32} = 8,43$$

Dikarenakan Nilai $\bar{N} = 8,43 \leq 15$ maka tanah tersebut termasuk dalam kategori tanah lunak (SE) sesuai dalam SNI 1726-2019. Dengan hasil tersebut, didapatkan tabel nilai respon spektra untuk tanah lunak sesuai dengan **Gambar 7**.



Gambar 7. Respon Spektrum Kota Palu

Periode pendekatan fundamental (T_a), yang dapat dihitung sesuai SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1 dengan rumus sebagai berikut :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Dimana :

$$C_t = 0,0466 \text{ (SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1)}$$

$$X = 0,9 \text{ (SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1)}$$

$h_n = 40$ meter (tinggi bangunan)

$$T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 40^{0,9} = 1,28 \text{ detik}$$

$S_{D1} = 1,209$ didapat koefisien $C_u = 1,4$ (SNI 1726 2019 tabel 17 hal 72) maka :

$$T_a < C_u = 1,28 < 1,4 \text{ (memenuhi)}$$

Untuk pendistribusian gaya gempa (F_i) dapat dihitung sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 7.8.3 dengan rumus :

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i^k}{\sum W_i \cdot Z_i^k} \cdot V$$

Yang dimana :

- F_i = faktor gaya gempa nominal ekuivalen
- W_i = Beban pada lantai ke 1, termasuk juga beban hidup yang sesuai
- Z_i = ketinggian pada lantai ke-i
- V = Beban geser dasar seismik
- k = $T_a \leq 0,5$ maka menggunakan 1, jika $T_a \geq 2,5$ maka menggunakan 2

Namun jika $0,5 \leq T_a \leq 2,5$ maka nilai k perlu ditentukan dengan interpolasi linier dengan rumus: $k = 1 + \frac{1,28 - 0,5}{2,5 - 0,5} \times (2 - 1) = 1,39$

Sehingga nilai F_i pada lantai diketahui sesuai dengan **Tabel 2**.

Tabel 2. Distribusi Beban Gempa

Tinggi Lantai (m)	Berat (Kg)	$w \cdot z^k$	F_i
40	605034	102010098,9	159356,4
36	891530	129836391,8	202825,6
32	891530	110228635,6	172195,1
28	891530	91555750,15	143025,1
24	891530	73897473,04	115439,9
20	891530	57354520,82	89597,1
16	891530	42059367,53	65703,6
12	891530	28196674,69	44047,8
8	891530	16048374,25	25070,1
4	891530	6123494,748	9565,9
Total	8628804	657310781,5	1026827

3.6 Batas Simpangan Lantai

Simpangan rencana harus tidak melebihi dari simpangan antar lantai yang diizinkan untuk dikatakan aman dari gempa. Nilai simpangan

antar lantai dari gedung berlano seperti pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Simpangan Struktur Arah X dan Y

Lantai	Δ		Δa (ijin) (mm)	Keterangan
	Δx (mm)	Δy (mm)		
atap	23,800	20,604	100	AMAN
10	35,476	32,140	100	AMAN
9	48,233	44,702	100	AMAN
8	74,764	56,577	100	AMAN
7	56,524	67,229	100	AMAN
6	80,116	76,318	100	AMAN
5	86,676	83,053	100	AMAN
4	88,318	85,248	100	AMAN
3	78,631	76,739	100	AMAN
2	40,142	39,850	100	AMAN
1	0	0	100	AMAN

Hasil dari **Tabel 3** kemudian dimasukkan ke pada rumus T-rayleigh untuk mengetahui periode gantar alami. Didapatkan hasil T-rayleigh arah X sebagai berikut :

$$T_{rx} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta_x^2}{g \cdot \sum F_i \cdot \delta_x}} = 6,3$$

$$= \sqrt{\frac{372686329,5}{980 \times 7993457,6}}$$

$$= 1,37 \text{ detik}$$

Didapat $T_a < 3,5$ $T_{rx} = 1,28$ detik $< 4,79$ detik (Memenuhi)

Hasil T-rayleigh arah Y sebagai berikut :

$$T_{ry} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta_y^2}{g \cdot \sum F_i \cdot \delta_y}} = 6,3$$

$$= \sqrt{\frac{372686329,5}{980 \times 7993457,6}}$$

$$= 1,37 \text{ detik}$$

Didapat $T_a < 3,5$ $T_{ry} = 1,28$ detik $< 4,79$ detik (Memenuhi).

3.7 Perencanaan Balok Induk

Balok induk rencana pada gedung perkantoran Berliano ini memiliki dimensi 50 x 40 cm, diameter tulangan utama D22 dan diameter tulangan sengkang D16. Balok induk

PERENCANAAN GEDUNG PERKANTORAN BERLIANO 10 LANTAI DI KOTA PALU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS



(Bernald Durrademantar, Soerjandani Priantoro Machmoed)

direncanakan dengan program bantu aplikasi komputer SAP 2000. Dari hasil analisa program bantu komputer SAP 2000 diambil momen terbesar seperti pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Momen Terbesar Balok Induk

Momen Tumpuan	Mu = 29873,11 Kgm
Momen Lapangan	Mu = 4607,9 Kgm
Geser Tumpuan	Vu = 14682,31 Kgm

Setelah melakukan perhitungan, kontrol dan pendetailan sesuai dengan (SNI 2847-2019) pada balok induk diperoleh detail tulangan pada **Gambar 8**.

TUMPUAN	
TULANGAN ATAS	10D22
TULANGAN BAWAH	7D22
SENGKANG	2D16-120
LAPANGAN	
TULANGAN ATAS	3D22
TULANGAN BAWAH	5D22
SENGKANG	2D16-250

Gambar 8. Penulangan Balok Induk

Momen nominal pada daerah tumpuan lebih kecil dari momen nominal yang bekerja ($M_n > (M_n \text{ yang bekerja}) = 566322012,9 \text{ Nmm} > 373413875 \text{ Nmm}$ (memenuhi). Momen nominal pada daerah lapangan didapatkan hasil yang sama yaitu momen nominal lebih kecil dari momen nominal yang bekerja ($M_n > (M_n \text{ yang bekerja}) = 196082964 \text{ Nmm} > 57598750 \text{ Nmm}$ (memenuhi).

3.8 Perencanaan Kolom

Kolom rencana pada gedung Perkantoran Berliano direncanakan menggunakan dimensi 75 x 75 cm, bentang antar kolom 600 cm, tinggi antar kolom 400 cm, diameter tulangan utama D29, diameter tulangan sengkang D16.

Penentuan kolom *sway* atau *non sway* dihitung seperti berikut ;

$$Q = \frac{P_u \times \Delta_o}{V_u \times L_c} < 0,05$$

$$Q = \frac{1825148 \times 5,75}{236198,7 \times 4000} < 0,05$$

$$Q = 0,011 < 0,05$$

maka termasuk kolom *non sway*.

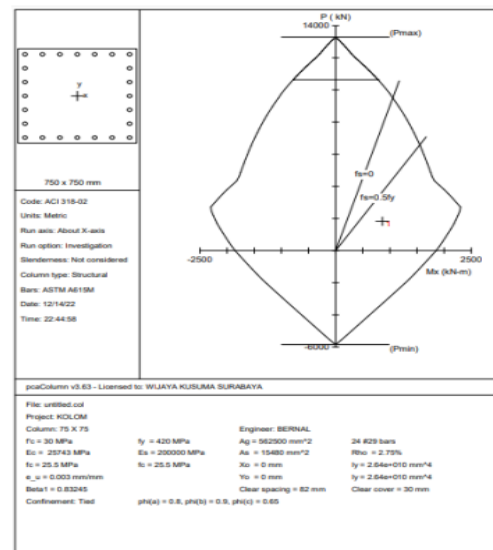
3.8.1 Kelangsingan Kolom

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 34-12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$\frac{0,85 \times 4000}{(0,6 \times 750)} \leq 34-12 \left(\frac{861064,9}{832720,1} \right)$$

$$7,5 \leq 21,59$$

Dengan ini kolom tidak perlu dilakukan *check* kelangsingan.



Gambar 9. Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom dari Output PCA Columnn

3.8.2 Kuat Maksimal Tekan Rencana pada Kolom

Pada komponen struktur non-prategang dengan tulangan sengkang pengikat, gaya aksial terfaktor (P_u) tidak boleh lebih dari $\phi P_n \text{ max}$. Didapatkan hasil $\phi P_n \text{ max} = 12270366 \text{ N} > P_u = 1825148 \text{ N}$ (Output pada SAP 2000) maka diperbolehkan menggunakan gaya P_u hasil output SAP 2000.

3.8.3 Pendetailan Kolom

Mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 18.7.2.1 dan pasal 18.7.5.6 untuk komponen SRPMK yang terkena beban aksial dan lentur harus memenuhi syarat sebagai berikut :

Syarat dari SNI 2847-2019 pasal 18.7.5.6 yaitu ;
Beban aksial tekan terfaktor

$$(P_u) > \frac{A_g f_c}{10}$$

$$(P_u) > \frac{(750 \times 750) \cdot 30}{10}$$

$$1825148 \text{ N} > 1687500 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

Syarat dari SNI 2847-2019 pasal 18.7.2.1

Penampang dengan dimensi terpendek $> 300 \text{ mm}$ (memenuhi). Syarat ini dapat dipenuhi karena

dimensi kolom sendiri lebih dari 300 mm yaitu 750 mm.

3.8.4 Strong Column Weak Beam

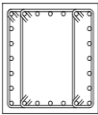
Sesuai dengan filosofi “Capacity Design”, pada pasal SNI 2847-2019 18.7.3.2 diisyaratkan $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$. Perlu untuk diperhatikan bahwa M_{nc} harus dicari gaya aksial terfaktor dengan kombinasi beban kuat lentur terendah, konsisten dengan arah gempa yang akan ditinjau. Untuk persyaratan strong column weak beam yang harus dipenuhi sebagai berikut :

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

$$\left(\frac{4680}{0,65}\right) \geq 1,2 \left(\frac{881,35}{0,8}\right)$$

7200 kNm \geq 1101,68 kNm (memenuhi)

Dengan terpenuhinya persyaratan ini dapat dikatakan bahwa seluruh kolom pada struktur gedung ini termasuk dalam sistem penahan gempa. Penulangan kolom didapatkan seperti pada **Gambar 10**.

KOLOM K1	
TUL. UTAMA	24D29
TUL. GESER	4D16-100
DIMENSI	750 X 750

Gambar 10. Penulangan Kolom

3.9 Perencanaan Hubungan Balok Kolom

Menurut Ali Asroni (2010) balok dan kolom menjadi satu kesatuan yang kokoh dan sering disebut sebagai kerangka (portal) dari suatu gedung. Menurut Rachmat Purwono (2005) integritas menyeluruh Sistem Rangka Pemikul Momen sangat tergantung pada hubungan balok dan kolom. Desain hubungan balok kolom sistem rangka pemikul momen khusus pada tugas akhir ini yaitu mendesain hubungan 4 balok , 3 balok dan 2 balok yang mengekang kolom.

3.9.4 Perencanaan HBK Terkekang 4 Balok

Kolom HBK K1 dan keempat balok induk yang mengekang kolom mengalami gaya geser yang ditentukan oleh tulangan tarik dan tekan balok T1 dan T2 yang dihubungkan ke HBK.

Pada SNI 2847 2019 pasal 18.8.4.1 untuk beton normal, tegangan geser V_n joint tidak boleh

diambil sebagai yang lebih besar dari nilai yang sudah ditetapkan seperti :

Pada joint yang terkekang oleh 4 balok HBK

pada semua 4 muka $1,7\sqrt{f'c'} Aj$

Sehingga besarnya tegangan geser nominal joint V_n :

$$V_n = \phi 1,7 \sqrt{f'c'} Aj$$

$$= 1,7 \sqrt{30} (750 \times 750)$$

$$= 5.237.596,95 \text{ N}$$

$$= 5.237,59 \text{ kN}$$

Pada $V_n > V_{x-x} = 5.237,59 \text{ kN} > 3129,89 \text{ kN}$ sehingga desain HBK 4 balok sudah memenuhi syarat.

3.9.5 Perencanaan HBK Terkekang 3 atau 2 Balok

Ketiga balok induk yang mengekang kolom K1 menghasilkan gaya geser yang ditentukan oleh tulangan tarik dan tekan balok T1 yang dihubungkan ke HBK.

Pada SNI 2847 2019 pasal 18.8.4.1 untuk beton normal, tegangan geser V_n joint tidak boleh diambil sebagai yang lebih besar dari nilai yang sudah ditetapkan seperti :

Pada joint yang terkekang oleh balok-balok pada 3 muka atau 2 muka yang berlawanan $1,2\sqrt{f'c'} Aj$ Sehingga besarnya tegangan geser nominal joint V_n :

$$V_n = 1,2 \sqrt{f'c'} Aj$$

$$= 1,2 \sqrt{30} (750 \times 750)$$

$$= 3697127,26 \text{ N}$$

$$= 3.697,12 \text{ kN}$$

Pada $V_n > V_{x-x} = 3.697,12 \text{ kN} > 1831,94 \text{ kN}$ sehingga desain HBK terkekang 3 atau 2 balok sudah memenuhi syarat.

3.10 Perencanaan Pondasi

Struktur bawah gedung rusunawa harus direncanakan dengan baik supaya tidak mengalami keruntuhan terlebih dahulu sebelum struktur atas (Fauzi dan Khatulistiani, 2020)

3.10.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Kekuatan pada pondasi tiang pancang dapat dihitung berdasarkan SNI 2847-2019 dengan memperhatikan faktor tekuk dan faktor reduksi bahan yang digunakan. Daya dukung pada 1 tiang dapat dilihat berdasarkan kekuatan tiang pancang dan kekuatan pada tempat tiang pancang ditanam. Kekuatan daya dukung tanah harus dihitung dengan memberikan angka keamanan dan efisiensi pada kelompok tiang poer. Pada kekuatan bahan dan kekuatan tanah dapat diambil nilai paling kecil untuk dijadikan acuan dalam menentukan jumlah tiang pancang dalam 1 poer.

PERENCANAAN GEDUNG PERKANTORAN BERLIANO 10 LANTAI DI KOTA PALU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS

(Bernald Durrademantar, Soerjandani Priantoro Machmoed)

3.10.2 Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Kekuatan Bahan

Gedung perkantoran Berliano ini menggunakan tiang pancang dengan dimensi 500 mm x 500 mm, kelas A, berat 652 kg/m, momen nominal (M_n) 9,96 tonm, kuat beban (P_{tiang}) 213,96 ton, kedalaman pancang 6-12 m.

3.10.3 Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Kekuatan Tanah

Daya dukung tanah berdasarkan data penyelidikan tanah sondir. Berdasarkan nilai dari data tanah didapatkan jumlah hambatan pelekat $JHP = 149 \text{ kg/cm}$ dan konus $114,2 \text{ kg/cm}$.

Menurut mayerhof untuk P_{tiang} :

$$P_{tiang} = C_n \times \frac{A}{n_1} + JHP \times \frac{K}{n_2}$$

$$P_{tiang} = 114,2 \times \frac{50 \times 50}{3} + 149 \times \frac{2(50 + 50)}{5}$$

$$= 101126 \text{ kg} \approx 101,126 \text{ Ton}$$

Daya dukung tiang berdasarkan data penyelidikan SPT. Menentukan daya dukung tanah dari hasil SPT menggunakan rumusan berikut; $P_{tiang} = 40 N_i \frac{A}{n}$

$$= 40 \times 11 \times \frac{50 \times 50}{3}$$

$$= 366666,6 \text{ kg} \approx 366,6 \text{ ton}$$

Diambil nilai terkecil dari 2 P_{tiang} , sehingga didapatkan nilai $P_{tiang} = 101,126 \text{ ton}$

3.10.4 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Pondasi

Pada tiang pancang tipe 1 beban yang bekerja berdasarkan jarak pancang ke sumbu netral :

$$P1 = \frac{426,048}{7,5} - \frac{16,37 \times 1,25}{7,5} + \frac{50,31 \times 1,25}{7,5} = 62,46 \text{ ton}$$

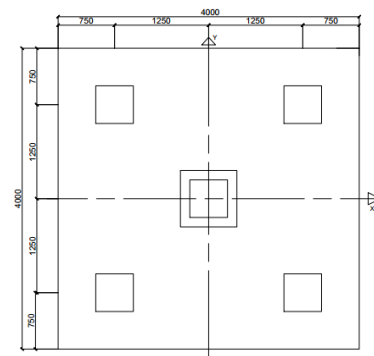
$$P2 = \frac{426,048}{7,5} + \frac{16,37 \times 1,25}{7,5} + \frac{50,31 \times 1,25}{7,5} = 67,9 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{426,048}{7,5} - \frac{16,37 \times 1,25}{7,5} - \frac{50,31 \times 1,25}{7,5} = 45,69 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{426,048}{7,5} + \frac{16,37 \times 1,25}{7,5} - \frac{50,31 \times 1,25}{7,5} = 51,14 \text{ ton}$$

$$P5 = \frac{426,048}{7,5} = 56 \text{ ton}$$

Dengan hasil perhitungan diatas, $P_{max} = P2 = 67,9 \text{ ton} < P_{ijin} = 101,126 \text{ ton}$, maka dengan ini perencanaan kelompok tiang pancang terpenuhi. Denah tiang pancang tipe 1 seperti pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Denah Kelompok Tiang Pancang Tipe 1

Pada tiang pancang tipe 2 beban yang bekerja berdasarkan jarak pancang ke sumbu netral :

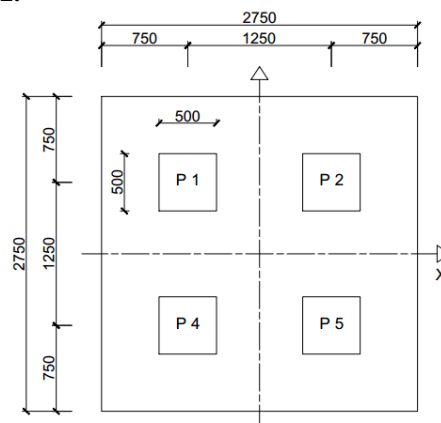
$$P1 = \frac{418,623}{7,5} - \frac{16,37 \times 1,25}{7,5} + \frac{50,31 \times 1,25}{7,5} = 61,47 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{418,623}{7,5} + \frac{16,37 \times 1,25}{7,5} + \frac{50,31 \times 1,25}{7,5} = 66,92 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{418,623}{7,5} - \frac{16,37 \times 1,25}{7,5} - \frac{50,31 \times 1,25}{7,5} = 44,70 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{418,623}{7,5} + \frac{16,37 \times 1,25}{7,5} - \frac{50,31 \times 1,25}{7,5} = 50,15 \text{ ton}$$

Dengan hasil perhitungan diatas, $P_{max} = P3 = 66,92 \text{ ton} < P_{ijin} = 101,126 \text{ ton}$, maka dengan ini perencanaan kelompok tiang pancang terpenuhi. Denah tiang pancang tipe 2 seperti pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Denah Kelompok Tiang Pancang Tipe 2

3.10.5 Perencanaan Pile Cap

Data perencanaan pada perhitungan penulangan pilecap ini sebagai berikut :

Dimensi pilecap = 275 x 275 cm

Tebal pilecap = 90 cm

Dimensi kolom	= 75 x 75 cm
Mutu beton (f_c')	= 30 MPa
Mutu baja (f_y)	= 420 MPa
Diameter tulangan utama	= 22 mm
Selimut beton	= 50 mm

Dari data diatas didapatkan hasil penulangan pada pile cap. Tulangan perlu arah X Digunakan tulangan 13D22 dan jarak antar tulangan adalah 250mm. Tulangan perlu arah Y Digunakan tulangan 13D22 dan jarak antar tulangan adalah 250 mm.

3.10.6 Perencanaan Sloof

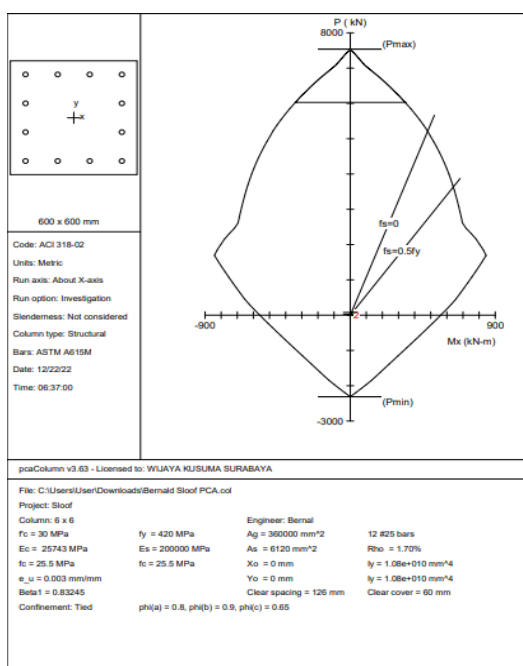
Penulangan lentur pada sloof berdasarkan kondisi pembebanan yang diterima oleh sloof yaitu beban aksial dan lentur, sehingga perencanaan penulangan sloof seperti menghitung penulangan kolom

$$Q_u = 1,4 D = 1,4 \times 1864 = 2.609,6 \text{ kg/m}$$

Momen yang bekerja pada sloof :

$$M_u = \frac{1}{12} \times q_u \times l^2 = \frac{1}{12} \times 2609,6 \times 6^2 = 7828,8 \text{ kgm}$$

Kemudian nilai-nilai diatas dimasukkan ke program PCA Column untuk mengetahui jumlah tulangan yang sesuai dengan momen dan gaya aksial yang diterima oleh sloof. Seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Interaksi Kuat Rencana Sloof

Dari hasil PCA Column didapatkan pemakaian tulangan ulir berdiameter 25 mm sebanyak 12 buah, dengan presentase rasio penulangan sebesar

1,70 % maka dengan desain tulangan tersebut telah memenuhi syarat.

4 KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil *Preliminary Design* dimensi struktur mampu menahan beban yang terjadi.
2. Hasil pendetailan sesuai dengan SNI 2847 – 2019 pasal pasal 18.6.4.1 sampai dengan pasal 18.6.4.6 dan kontrol *strong column weak beam* mampu menahan beban gempa yang terjadi
3. Hasil dari periode pendekatan fundamental sesuai karena tidak melebihi izin dan analisa kontrol simpangan struktur gedung yang terjadi tidak melebihi simpangan izin.

5. UCAPAN TRIMAH KASIH

Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada orangtua dan juga semua pihak yang telah berperan dalam proses penyusunan jurnal ini hingga selesai.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Astroni, Ali, 2010. Balok Dan Pelat Beton Bertulang, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta
- Badan Standardisasi Nasional, 2019, SNI 1726-2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan nongedung, Badan Standardisasi, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2019, SNI 2847-2019, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Badan Standardisasi, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2020, SNI 1727-2020, Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain, Badan Standardisasi, Jakarta.
- Fauzi Abdul dan Khatulistiani Utari. 2020. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Apartemen Lyon di Kota Yogyakarta Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Jurnal Axial Vol. 8. Surabaya : Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
- Honarto, R. J, Handono, B. D, & Pandaleke, R.E. 2019. Perencanaan Bangunan Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Manado. Jurnal Sipil Statik
- Pujianto, 2007. Bahan Kuliah Perencanaan Struktur Tahan Gempa. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

PERENCANAAN GEDUNG PERKANTORAN BERLIANO 10 LANTAI DI KOTA PALU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS

(Bernald Durrademantar, Soerjandani Priantoro Machmoed)

Purwono, Rachmat, Ir. 2005. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, Surabaya : ITS - Press, edisi ke 2

Simbolon, B. S., Soeryamassoeka, S. B., Mock, M., & Saluran, E. (2014). *1. Alumni Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura 2. Dosen Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura 1.*

Tiasmoro Hendra dan Machmoed S.P. 2021. Perencanaan Gedung Apartemen Soedono 10 Lantai Dengan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Menggunakan SRPMK. *Jurnal Axial* Vol. 9. Surabaya : Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.