

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Kantor DPW Nasdem Menggunakan Struktur Baja Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Structure Design Modification of DPW Nasdem Office Building using Steel Special Moment Resisting Frame)

Putri Aru Anjani, Radinal Bakri, Yoga C. V. Tethool

Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Papua
Email: y.tethoo@unipa.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima 25 Feb, 2023

Direvisi 27 Feb, 2023

Disetujui 28 Feb, 2023

Kata Kunci:

Gempa bumi
baja
SRPMK

ABSTRACT

Manokwari is a District located at the junction of three main plates forming the earth's crust, namely the Pacific Plate. This makes Manokwari Regency prone to earthquakes. Therefore, building planning must be designed with the concept of earthquake-resistant buildings. Steel material is one type of material that is often used for planning earthquake-resistant building structures because it has high strength and lightweight properties that it is good for earthquake-resistant buildings. One of the methods often used in the planning of earthquake-resistant steel structures is the special moment resisting frame system (SMRF). This structural system is used because it has full ductility that it can survive in areas with a high earthquake risk. This planning modification was carried out at the DPW NasDem Office building by changing the main structure in the form of reinforced concrete using a steel structure with a special moment resisting frame system (SMRF). Based on the calculation and analysis, the results were obtained, namely: the dimensions of the secondary beam are IWF 300x150x6.5x9, the main beam 1 IWF 350x250x9x14, the main beam 2 IWF 300x200x9x14, the column dimensions KC 450x200x9x14 (floors 1-3), KC 400x200x8x13 (floors 4-5), and KC 350x175x7x11 (elevator columns). Floor slabs are 12 cm thick and 10 cm thick for roofing plates. The SRMF joint design uses a high-quality bolt (A325) with the quality of the BJ41 joint plate and the planning results meet the requirements.

ABSTRAK

Kabupaten Manokwari berada pada pertemuan tiga lempeng utama pembentuk kerak bumi, yaitu lempeng Pasifik. Hal ini menyebabkan Kabupaten Manokwari rawan terjadi gempa bumi. Oleh sebab itu, perencanaan bangunan harus dirancang dengan konsep bangunan tahan gempa. Material baja merupakan salah satu jenis material yang sering digunakan untuk perencanaan struktur bangunan tahan gempa karena memiliki kekuatan yang tinggi dan sifat yang ringan sehingga baik untuk bangunan tahan gempa. Salah satu metode yang sering digunakan dalam perencanaan struktur baja tahan gempa adalah sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Sistem struktur ini digunakan karena memiliki daktilitas penuh sehingga mampu bertahan pada daerah dengan resiko gempa tinggi. Modifikasi perencanaan ini dilakukan pada gedung Kantor DPW NasDem Manokwari dengan mengubah struktu utama berupa beton bertulang menggunakan struktur baja dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Dari perhitungan dan analisis diperoleh hasil yaitu: dimensi balok anak adalah IWF 300x150x6,5x9, balok induk 1 IWF 350x250x9x14, balok induk 2 IWF 300x200x9x14, dimensi kolom KC 450x200x9x14 (lantai 1-3), KC 400x200x8x13 (lantai 4-5), KC 350x175x7x11 (kolom lift). Tebal pelat lantai 12 cm dan tebal 10 cm untuk pelat atap. Desain sambungan SRPMK menggunakan baut mutu tinggi (A325) dengan mutu pelat sambungan BJ41 dan hasil perencanaan memenuhi persyaratan.

Koresponden:

Yoga C. V. Tethool
Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Papua

Email: y.tethool@unipa.ac.id

1. PENDAHULUAN**1.1. Latar Belakang**

Gempa bumi merupakan bencana alam berupa getaran atau guncangan di permukaan bumi akibat adanya pelepasan energi di dalam kerak bumi secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik [7]. Sebagai wilayah yang berada pada pertemuan tiga lempeng utama pembentuk kerak bumi, membuat Indonesia berpotensi tinggi mengalami gempa bumi. Kabupaten Manokwari merupakan salah satu wilayah yang berada di bagian timur Indonesia yang rawan terjadi gempa bumi. Hal ini karena wilayah Manokwari termasuk pada pertemuan tiga lempeng utama pembentuk kerak bumi tepatnya pada lempeng pasifik yang bergerak di sekitar Samudera Pasifik hingga utara Papua [6]. Salah satu dampak dari gempa bumi adalah dapat meruntuhkan bangunan. Hal ini dapat menyebabkan jatuhnya korban jiwa dan membuat kerugian material. Oleh sebab itu, perencanaan bangunan harus dirancang dengan konsep bangunan tahan gempa.

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, sangat penting mempertimbangkan pemilihan jenis material struktur yang digunakan karena penggunaan material struktur akan sangat berpengaruh terhadap beban-beban yang diterima oleh struktur tersebut termasuk beban gempa, dimana gaya gempa yang terjadi berbanding lurus dengan massa bangunan. Material baja merupakan salah satu jenis material yang sering digunakan untuk perencanaan struktur bangunan tahan gempa karena memiliki kekuatan yang tinggi dan sifat yang ringan sehingga memungkinkannya mengurangi ukuran struktur dan berat struktur itu sendiri.

Salah satu sistem struktur yang sering digunakan dalam perencanaan struktur baja tahan gempa adalah sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Sistem struktur ini merupakan sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Sistem ini memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan pada daerah dengan resiko gempa tinggi.

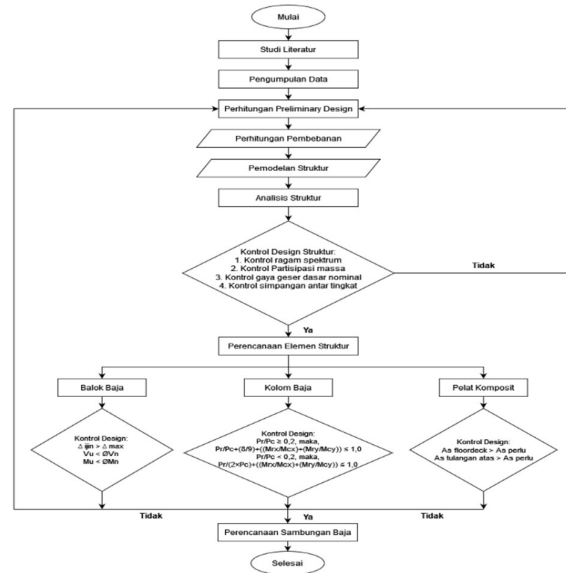
Penelitian ini dilakukan pada gedung Kantor DPW NasDem yang terletak di jalan Trikora Sowi 4, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat. Gedung ini merupakan bangunan kantor yang terdiri atas 3 lantai dengan struktur bangunan berupa beton bertulang. Gedung ini akan dimodifikasi menggunakan struktur baja dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan dilakukan penambahan jumlah lantai pada gedung ini yang awalnya 3 lantai menjadi 5 lantai.

1.2. Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan maksud sebagai alternatif dalam merencanakan struktur gedung tahan gempa menggunakan perkuatan struktur baja dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dimensi elemen struktur yang aman digunakan pada objek penelitian serta mengetahui hasil dari perencanaan sambungan yang digunakan.

2. METODE

Secara garis besar, alur penelitian ini dapat dilihat pada gambar flowchart penelitian berikut ini.



Gambar 1. Flowchart penelitian

2.1. Konfigurasi Bangunan

Gedung Kantor DPW NasDem sendiri diketahui terdiri atas 3 lantai dengan struktur bangunan berupa struktur beton bertulang. Gedung ini akan dimodifikasi menggunakan struktur baja untuk kemudian dimodelkan dan dianalisis menggunakan alat bantu berupa *software ETABS v19*. Data perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

- 1) Lokasi = Jl. Trikora Sowi 4, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat
- 2) Tipe bangunan = Gedung kantor
- 3) Jenis struktur = Baja
- 4) Panjang bangunan = 27 meter
- 5) Lebar bangunan = 15 meter
- 6) Tinggi elevasi = 22,5 meter
- 7) Jumlah lantai = 5 lantai
- 8) Kelas situs tanah = tanah sedang

2.2. Data Material

- 1) Mutu profil baja = BJ 41 ($f_y = 250$ MPa; $f_u = 410$ MPa)
- 2) Mutu beton = $f'_c = 21,7$ MPa
- 3) Mutu tulangan = $f_y = 320$ MPa
- 4) Mutu baut = A 325 (baut mutu tinggi)
- 5) Mutu pelat sambungan = BJ 41 ($f_y = 250$ MPa; $f_u = 410$ MPa)

2.3. Peraturan Perencanaan

Peraturan perencanaan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (ANSI/AISC 360-16, IDT), SNI 1729-2020.
- 2) Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2020).
- 3) Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung (SNI 1726-2019).
- 4) Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD), SNI 2847-2019 dan SNI 2847-2013.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Preliminary Design

Preliminary design atau perencanaan pendahuluan ini dilakukan untuk memperkirakan dimensi awal elemen-elemen struktur yang akan digunakan. Berdasarkan hasil analisis *trial and error* melalui program Etabs didapatkan dimensi profil baja dan pelat yang akan digunakan sebagai berikut.

Tabel 1. Dimensi profil baja

Name	Depth of	Flange	Thickness		Corner	Sectional	Unit Weight
	Section	Width	Web	Flange	Radius	Area	
	H	B	t ₁	t ₂	r	A	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m
Kolom King Cross 1	450	200	9,0	14	18,00	193,52	152
Kolom King Cross 2	400	200	8,0	13	16	168,24	132,0
Kolom King Cross 3	350	175	7,0	11	14	126,28	99,2
Balok Induk 1	340	250	9,0	14	20	101,50	79,7
Balok Induk 2	298	201	9,0	14	18	83,36	65,4
Balok Anak	300	150	6,5	9	13	37,66	29,6

Tabel 2. Dimensi pelat

Nama	Ketebalan (mm)
Pelat atap	100
Pelat lantai	120

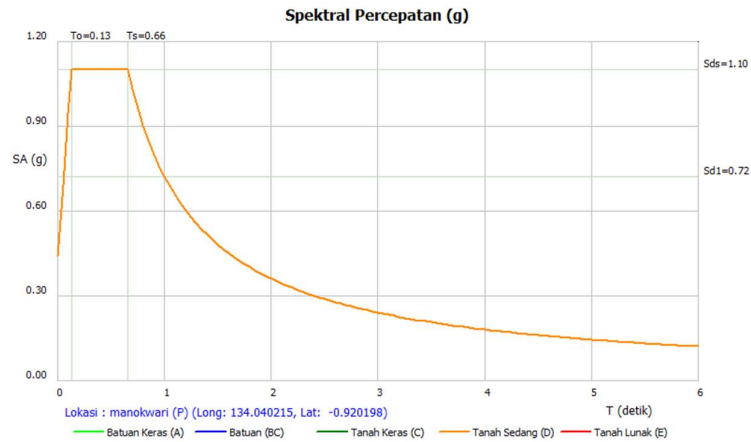
3.2. Pembebanan Struktur

Beban-beban yang diperhitungkan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut.

- 1) Berat sendiri struktur, beban ini meliputi balok, kolom, dan pelat yang digunakan. Berat sendiri struktur akan dihitung otomatis melalui program Etabs.
- 2) Beban mati tambahan yang meliputi berat keramik dan spesi, ducting mekanikal, plafond dan penggantung, lapisan waterproofing, dinding, dan partisi. Beban ini dihitung berdasarkan SNI 1720-2020, Tabel C3.1-1. Total beban mati tambahan yang bekerja pada pelat lantai sebesar = 1,44 kN/m², sedangkan yang diterima oleh pelat atap sebesar = 0,39 1,44 kN/m². Untuk dinding diperoleh berat senilai = 10 kN/m² dan untuk beban partisi hasilnya = 2,28 kN/m²
- 3) Beban hidup, yaitu beban luasan yang dihitung berdasarkan fungsi ruang. Fungsi ruang yang terdapat pada gedung ini adalah koridor lantai dasar = 4,79 kN/m², koridor diatas lantai dasar = 3,83 kN/m², ruang kantor = 2,4 kN/m², gudang = 11,97 kN/m², ruang pertemuan = 4,79 kN/m², ruang arsip = 7,18 kN/m², hall serbaguna = 4,79 kN/m², balkon = 4,79 kN/m² dan pelat atap = 0,96 kN/m². Beban ini dihitung berdasarkan SNI 1727-2020, Tabel 4.3-1.
- 4) Beban gempa dianalisis menggunakan metode dinamik respons spektrum dan metode statik ekuivalen. Analisis beban gempa dinamik respons spektrum dilakukan berdasarkan data puskim.co.go.id. Nilai parameter respons spektrum yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Parameter desain seismik

Parameter	Nilai
PGA (g)	0,654
PGAm (g)	0,719
CRs	0,000
CRl	0,000
Ss (g)	1,653
S1 (g)	0,637
TL (detik)	10,000
Fa	1,000
Fv	1,700
Sms (g)	1,653
Sm1 (g)	1,084
Sds (g)	1,102
Sd1 (g)	0,722
T0 (detik)	0,131
Ts (detik)	0,655



Gambar 2. Grafik respons spektrum desain berdasarkan data puskim

Analisis beban gempa statik ekuivalen adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan periode fundamental struktur
 Dari hasil Analisa program ETABS diperoleh waktu getar struktur $T = 1,042$ detik. Berdasarkan perhitungan manual nilai T_a minimum = 0,874 detik dan nilai T_a maksimum = 1,224 detik. Karena T_a minimum < T_a Etabs < T_a maksimum, maka periode fundamental struktur yang digunakan adalah **$T = 1,042$ detik**.
- b. Menentukan koefisien respons seismik
 Koefisien respons seismik ini dihitung berdasarkan SNI 1726—2019 pasal 7.8.1.1. Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai C_s tambahan = 0,0398; C_s minimum = 0,048; C_s hitungan = 0,087; dan C_s maksimum = 0,138. Nilai C_s yang digunakan adalah C_s hasil hitungan sebesar 0,087 karena C_s hitungan terletak pada interval C_s minimum dan C_s maksimum.
- c. Perhitungan gaya geser dasar seismik (beban gempa statik ekuivalen)
 Gaya geser dasar seismik akan dihitung berdasarkan SNI 1726-2019, Pasal 7.8.1
 $V = C_s W$
 Dengan C_s adalah koefisien respons seismik dan W adalah berat seismik efektif.
 Berat bangunan yang dihitung secara otomatis melalui program ETABS diperoleh berat total struktur adalah **578941,14 kg = 5789,4114 kN**.
 $V = C_s \times W = 0,087 \times 5789,4114 \text{ kN} = 501,693 \text{ kN/detik}$
- d. Perhitungan distribusi gaya gempa
 Beban gempa rencana untuk masing-masing arah harus dianggap 100% sesuai sumbu koordinat yang ditinjau dan 30% untuk arah tegak lurusnya.

Tabel 4. Distribusi vertikal gaya gempa dan distribusi horizontal gaya gempa

Lantai	Tinggi (m)	Berat (kN)	Wh^k	$Wh^k / \sum Wh^k = (C_{vx})$	Force Fx (kN)	Story Shear Vx (kN)
Level 7	22,5	28	14161	0,015	7,457	7,457
Level 6	20	1006	402427	0,422	211,922	219,379
Level 5	16	1141	291974	0,306	153,756	373,135
Level 4	12	1079	155368	0,163	81,818	454,953
Level 3	8	1099	70362	0,074	37,053	492,006
Level 2	4	1150	18395	0,019	9,687	501,693
Total		5503	952686	1,000	501,693	

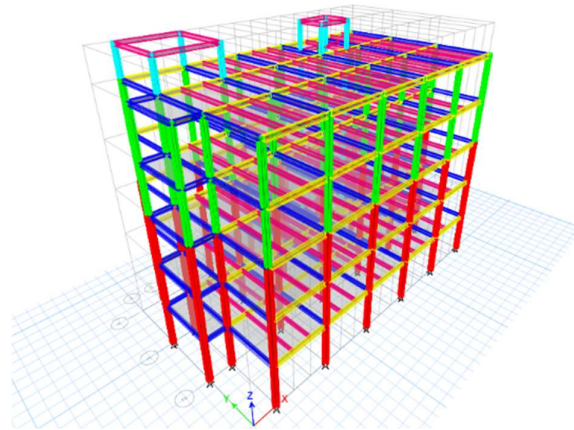
Tabel 5. Perhitungan arah gempa 100% arah yang ditinjau dan 30% arah tegak lurus

Lantai	Force Fx (kN)	30% Force Fx (kN)
Level 7	7,457	2,237

Level 6	211,922	63,577
Level 5	153,756	46,127
Level 4	81,818	24,545
Level 3	37,053	11,116
Level 2	9,687	2,906

3.3. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur ini dilakukan dengan menggunakan *software Etabs v19*. Struktur dimodelkan dengan menggunakan rangka baja dengan pelat komposit.



Gambar 3. Pemodelan struktur gedung 3D dengan program Etabs

3.4. Analisis Struktur

1) Analisis ragam respons spektrum

Dari hasil analisis etabs diperoleh bahwa nilai waktu getar alami struktur ada yang melebihi dari 15%, maka digunakan metoda Akar Jumlah Kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares atau SRSS*).

Tabel 6. Perhitungan selisih periode (ΔT) setiap mode

Mode	Period sec	ΔT (%)
1	1,042	14,683
2	0,889	6,862
3	0,828	63,285
4	0,304	12,171
5	0,267	7,116
6	0,248	35,887
7	0,159	8,805
8	0,145	5,517
9	0,137	14,599
10	0,117	7,692
11	0,108	11,111
12	0,096	-

2) Kontrol partisipasi massa

Berdasarkan hasil analisis etab diperoleh, partisipasi massa arah-X telah mencapai 93,12% pada mode ke-2 dan untuk arah-Y sebesar 90,21% pada mode ke-1. Maka dapat disimpulkan bahwa analisis partisipasi massa telah memenuhi syarat minimum 90% pada SNI 1726-2019, pasal 11.2.3.1.

Tabel 7. Participating mass ratios

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period sec	SumUX	SumUY
Modal	1	1,042	0,0000	0,9021
Modal	2	0,889	0,9312	0,9024
Modal	3	0,828	0,9346	0,9249
Modal	4	0,304	0,9346	0,9802

Modal	5	0,267	0,9855	0,9802
Modal	6	0,248	0,9856	0,9809
Modal	7	0,159	0,9857	0,9934
Modal	8	0,145	0,9943	0,9934
Modal	9	0,137	0,9948	0,9938
Modal	10	0,117	0,9965	0,9944
Modal	11	0,108	0,9968	0,996
Modal	12	0,096	0,9968	0,9984

3) Kontrol gaya geser dasar nominal, V (*Base Shear*)

Berdasarkan hasil analisis Etabs pada Tabel 6, diperoleh nilai gaya geser dinamik pada arah-Y, V_{dinamik} sebesar 463,264 kN kurang dari nilai gaya geser statik sebesar 469,472 kN. Karena $V_{\text{dinamik}} < V_{\text{statik}}$, maka gaya geser nominal perlu dikalikan dengan faktor koreksi V/V_t .

Tabel 8. Base reaction analisis awal

TABLE: Base Reactions		
Output Case	FX	FY
	kN	kN
EQx	496,0546	0
EQy	0	469,4717
RSx	541,5258	147,273
RSy	156,9726	463,264

Faktor koreksi:

$$\text{Arah X} = \frac{V}{V_t} = \frac{496,055}{541,526} = 0,92$$

$$\text{Arah Y} = \frac{V}{V_t} = \frac{469,472}{463,264} = 1,01$$

Tabel 9. Base reaction setelah dikalikan faktor koreksi

TABLE: Base Reactions		
Output Case	FX	FY
	kN	kN
EQx	502,1502	0
EQy	0	475,2407
RSx	556,7212	138,7394
RSy	175,741	508,0599

Berdasarkan hasil analisis etabs setelah dikalikan dengan faktor koreksi, diperoleh nilai gaya geser nominal $V_{\text{dinamik}} > V_{\text{statik}}$, maka hasil tersebut telah memenuhi persyaratan SNI 1726-2019, pasal 7.9.1.4.1.

4) Kontrol simpangan antar tingkat (*drift*)

Dari hasil analisis perhitungan batas simpangan antar tingkat pada tabel 8 dan tabel 9 di bawah, dapat diketahui bahwa analisis struktur telah memenuhi persyaratan SNI 1726-2019 Pasal 7.12.1, dimana simpangan antar tingkat yang didesain (Δ) tidak melebihi simpangan antar tingkat yang diizinkan (Δ_a).

Tabel 10. Kontrol batas simpangan antar tingkat arah-X

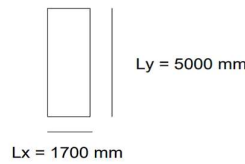
Story	X-Dir mm	Perpindahan mm	Story Drift mm	Story Drift Izin Δ_a	Story Drift $< \Delta_a$
Level 7	25,564	0,308	1,694	45	OK
Level 6	25,256	1,976	10,868	80	OK
Level 5	23,28	3,329	18,310	80	OK
Level 4	19,951	4,215	23,183	80	OK
Level 3	15,736	5,483	30,157	80	OK
Level 2	10,253	10,253	56,392	80	OK
Level 1	0	0,000	0,000	80	OK

Tabel 11. Kontrol batas simpangan antar tingkat arah-Y

Story	Y-Dir mm	Perpindahan mm	Story Drift mm	Story Drift Izin Δa	Story Drift < Δa
Level 7	35,508	-0,725	-3,987	45	OK
Level 6	36,233	2,867	15,769	80	OK
Level 5	33,366	4,804	26,422	80	OK
Level 4	28,562	6,281	34,546	80	OK
Level 3	22,281	8,339	45,865	80	OK
Level 2	13,942	13,942	76,681	80	OK
Level 1	0	0,000	0,000	80	OK

3.5. Perencanaan Elemen Struktur

3.5.1. Perencanaan pelat dak dan lantai



Gambar 4. Contoh pelat yang ditinjau

Persyaratan pelat satu arah:

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} > 2$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{5000}{1700} = 2,941 \text{ (pelat satu arah)}$$

Syarat tebal pelat berdasarkan SNI 2847-2013; Pasal 9.5.3.3; Hal: 72, adalah sebagai berikut:

1. Ketebalan pelat minimum

$$h_{min} = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{5000 \left(0,8 + \frac{250}{1400} \right)}{36 + 9 \times 2,941} = 78,3246 \text{ mm}$$

2. Ketebalan pelat tidak boleh kurang dari 90 mm

3. Ketebalan pelat maksimum

$$h_{min} = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36} = \frac{5000 \left(0,8 + \frac{250}{1400} \right)}{36} = 135,9127 \text{ mm}$$

Karena tebal pelat minimum senilai 78,3246 mm kurang dari batas persyaratan ketebalan pelat yang dianjurkan, yaitu 90 mm, maka digunakan tebal pelat rencana yaitu 100 mm untuk pelat dak dan 120 mm untuk pelat lantai, dimana nilainya tidak melebihi batas ketebalan maksimum pelat, yaitu 135,9127 mm.

Tabel 12. Perencanaan dimensi pelat

Pelat	Lx mm	Ly mm	h _{min} mm	h _{maks} mm	h _{rencana} mm
Dak	1700	5000	78,3246	135,9127	100
Lantai	1700	5000	78,3246	135,9127	120

Tabel 13. Rekapitulasi persyaratan tulangan pelat

Pelat	Tebal floordeck mm	Tulangan atas mm	As tulangan bawah		As tulangan atas		Kontrol As pakai > As perlu
			As perlu mm	As floordeck mm	As perlu mm	As pakai mm	
Dak	8	Ø10-150	344,5	980,1	437,5	523,3	OK
Lantai	8	Ø10-100	432	980,1	525	785	OK

Tabel 14. Rekapitulasi hasil design baut

Pelat	Tebal	Diameter baut	Jumlah baut	Jarak antar baut
	mm	mm	bh	cm
Dak	100	16	18	27,78
Lantai	120	16	18	27,78

3.5.2. Perencanaan balok

Perhitungan struktur balok harus memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya adalah persyaratan lendutan, kuat geser, dan kuat momen lentur. Dari hasil analisis etabs pada balok induk 1, diperoleh gaya-gaya sebagai berikut.

$$M_u = 160 \text{ kN}$$

$$V_u = 152,62 \text{ kN}$$

$$\Delta_{\max} = 2,683 \text{ mm} = 0,268 \text{ cm}$$

Kontrol lendutan

Lendutan ijin:

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{200}{360} = 0,556 \text{ cm}$$

Cek syarat:

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,556 \text{ cm} > \Delta_{\max} = 0,268 \text{ cm} \quad \text{Ok, memenuhi syarat}$$

Kontrol kuat geser

$$V_n = 0,6 \times f_y \times (d \times t_w) \times C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 250 \times (340 \times 9) \times 1,00 = 459000 \text{ N} = 459 \text{ kN}$$

Cek kemampuan penampang:

$$\phi \times V_n \geq V_u$$

$$1,00 \times 459 \geq 152,62$$

$$459 \text{ kN} \geq 152,62 \text{ kN} \quad \text{Ok, memenuhi syarat}$$

Kontrol kuat momen lentur

Cek penampang kompak dan non-compact

Untuk sayap:

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{250}{2 \times 14} = 8,93$$

$$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,7$$

$$\lambda_r = 1,00 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,00 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 28,3$$

$$\lambda = 8,93 \leq \lambda_p = 10,7 \leq \lambda_r = 28,3 \quad \text{profil sayap tergolong Kompak}$$

Untuk badan:

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{272}{9} = 30,22$$

$$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106$$

$$\lambda_r = 5,70 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,70 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 161$$

$$\lambda = 30,22 \leq \lambda_p = 106 \leq \lambda_r = 161 \quad \text{profil badan tergolong Kompak}$$

Cek momen kapasitas

Pelelehan (Yield)

$$M_n = M_p = Z_x \times f_y$$

$$M_n = M_p = 1360000 \text{ mm}^3 \times 250 \text{ N/mm}^2 = 340 \text{ kN.m}$$

Tekuk Torsi Lateral (LTB)

$$L_b = 200 \text{ cm} = 2 \text{ m} \quad (\text{dipakai jarak tumpuan} = 2 \text{ m})$$

$$L_p = 298,68 \text{ cm} = 2,987 \text{ m}$$

$$L_r = 936,25 \text{ cm} = 9,36 \text{ m}$$

$$L_b = 2 \text{ m} \leq L_p = 2,987 \text{ m}$$

Karena $L_b \leq L_p$, maka keadaan batas Tekuk Torsi Lateral tidak berlaku. Jadi nilai yang diambil sebagai momen nominal adalah akibat dari Pelelehan (Yield).

$$M_n = M_p = 340 \text{ kN.m}$$

Cek kemampuan penampang:

$$\phi \times M_n \geq M_u$$

$$0,90 \times 340 \geq 160,73$$

340 kN.m \geq 160,73 kN.m Ok, memenuhi syarat

Tabel 15. Rekapitulasi persyaratan lendutan pada balok

Code	Dimensi balok	Δ_{max}	Δ_{ijin}	$\Delta_{max} < \Delta_{ijin}$
		cm	cm	cm
Balok induk 1	WF 350 x 250 x 9 x 14	0,268	0,556	Memenuhi syarat
Balok induk 2	WF 300 x 150 x 9 x 14	0,109	0,694	Memenuhi syarat
Balok anak	WF 300 x 150 x 6,5 x 9	1,39	0,91	Memenuhi syarat

Tabel 16. Rekapitulasi persyaratan kuat geser pada balok

Code	Dimensi balok anak	V_u	ϕV_n	$\phi \times V_n \geq V_u$
		kN	kN	kN
Balok induk 1	WF 350 x 250 x 9 x 14	152,62	459,0	Memenuhi syarat
Balok induk 2	WF 300 x 150 x 9 x 14	98,86	402,3	Memenuhi syarat
Balok anak	WF 300 x 150 x 6,5 x 9	65,07	292,5	Memenuhi syarat

Tabel 17. Rekapitulasi persyaratan kuat momen lentur pada balok anak

Code	Dimensi balok anak	M_u	ϕM_n	$\phi \times M_n \geq M_u$
		kN.m	kN.m	kN.m
Balok induk 1	WF 350 x 250 x 9 x 14	160,73	340,0	Memenuhi syarat
Balok induk 2	WF 300 x 150 x 9 x 14	138,93	217,0	Memenuhi syarat
Balok anak	WF 300 x 150 x 6,5 x 9	74,54	84,7	Memenuhi syarat

3.5.3 Perencanaan kolom

Sebagai struktur yang menerima gaya tekan, membuat kolom rentan mengalami tekukan. Selain menerima gaya tekan, struktur kolom juga menerima gaya lentur. Untuk itu, perhitungan struktur kolom harus memenuhi persyaratan interaksi gaya aksial dan momen lentur. Dari hasil perhitungan pada kolom King Cross 1, diperoleh nilai-nilai sebagai berikut.

$$P_r = 1564,3347 \text{ kN}$$

$$P_c = 2592,6 \text{ kN}$$

$$M_{rx} = 140,9198 \text{ kN.m}$$

$$M_{ry} = 92,5418 \text{ kN.m}$$

$$M_{cx} = 361,3 \text{ kN.m}$$

$$M_{cy} = 353,7 \text{ kN.m}$$

Klasifikasi nilai P_r/P_c :

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1564,3347}{2592,6} = 0,60338 > 0,2$$

Karena nilai $P_r/P_c > 0,2$, maka rumus interaksi yang digunakan adalah

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{1564,3347}{2592,63} + \frac{8}{9} \left(\frac{140,9198}{361,3} + \frac{92,5418}{353,7} \right) \leq 1,0$$

$$0,9725 \leq 1,0 \quad \text{Ok, memenuhi syarat}$$

Tabel 18. Rekapitulasi perhitungan kolom

Tipe kolom	Lokasi	Interaksi gaya aksial lentur ≤ 1
King Cross 1 (400 x 200 x 8 x 13)	Lantai 1 - 3	0,9725
King Cross 2 (400 x 200 x 8 x 13)	Lantai 4 - 5	0,5644
King Cross 3 (350 x 175 x 7 x 11)	Kolom lift	0,985

3.6 Sambungan Struktur SRPMK

Perencanaan sambungan pada penelitian ini menggunakan sambungan baut mutu tinggi dengan tipe baut A325 dengan mutu pelat sambung BJ 41. Perhitungan sambungan sebagai berikut.

3.6.1 Sambungan balok anak dengan balok induk

Sambungan balok anak dengan balok induk direncanakan menggunakan baut diameter 16 mm dengan pelat siku L70 x 70 x 7. Digunakan 2 buah baut pada badan balok induk dan 2 buah baut pada badan balok anak.

Kontrol kekuatan sambungan:

$$V_u = 86,13 \text{ kN}$$

$$V_n = 82,656$$

Jumlah baut yang dibutuhkan:

$$n = V_u / \phi V_n = 86,13 / 82,656 = 1,04 \approx 2 \text{ buah}$$

Kekuatan baut:

$$n \times \phi V_n \geq V_u$$

$$2 \times 82,656 \geq 86,13$$

$$165,312 \text{ kN} \geq 86,13 \text{ kN} \text{ (Ok, memenuhi)}$$

Kontrol kekuatan pelat siku:

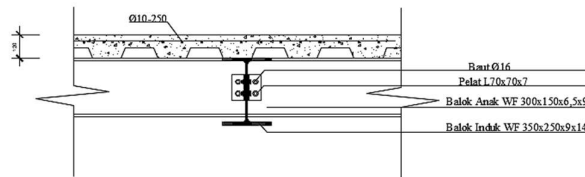
Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$2\phi V_n = 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) = 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 410 \times 1498) = 552762 \text{ N} = 552,76 \text{ Kn}$$

Kekuatan pelat penyambung:

$$2\phi V_n \geq V_u$$

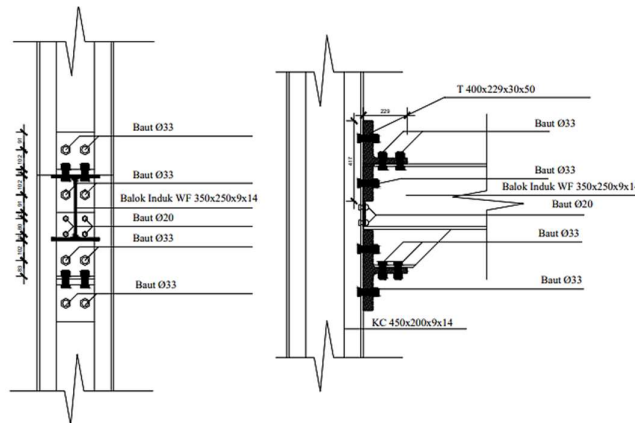
$$552,76 \text{ kN} \geq 86,13 \text{ kN} \text{ (Ok, memenuhi)}$$



Gambar 5. Sambungan balok anak dengan balok induk

3.6.2 Sambungan balok induk dengan kolom

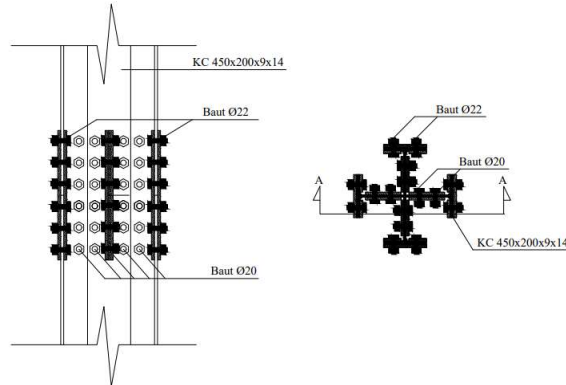
Hasil desain sambungan menggunakan 2 buah baut Ø20 mm pada sayap kolom dan badan balok, 2 buah baut Ø30 mm pada badan pelat T dan sayap balok, dan 2 buah baut Ø33 mm pada sayap kolom dan sayap pelat T.



Gambar 6. Sambungan balok induk dengan kolom

3.6.3 Sambungan antar kolom

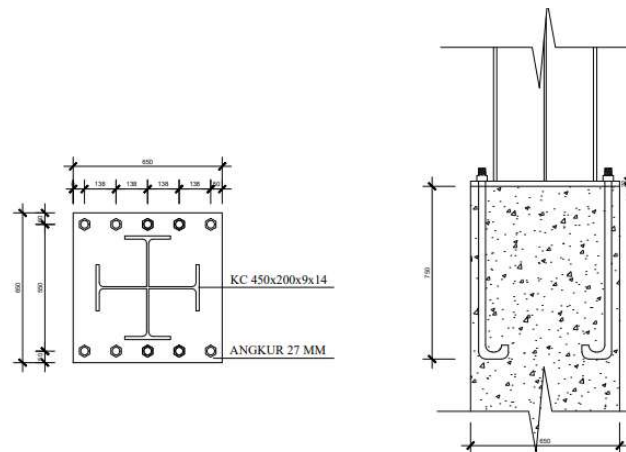
Sambungan antar kolom menggunakan baut diameter 22 mm pada sayap kolom sebanyak 6 buah dengan tebal pelat penyambung 15 mm. Untuk sambungan baut pada badan kolom digunakan baut diameter 20 mm sebanyak 6 buah dengan tebal pelat 20 mm.



Gambar 7. Sambungan antar kolom

3.6.4 Sambungan *base plate*

Sambungan *base plate* menggunakan dimensi pelat 650 mm x 650 mm dengan tebal 22 mm, diameter angkur 27 mm sebanyak 5 buah di sisi atas dan 5 buah di sisi bawah pada arah-x dan panjang angkur 750 mm. Pada arah-y tidak terjadi gaya tarik sehingga tidak perlu memasang ankur.

Gambar 8. Sambungan *base plate*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- A. Dimensi elemen struktur yang aman digunakan pada Gedung Kantor DPW NasDem adalah berikut:
 - Balok anak menggunakan profil IWF 300 x 150 x 6,5 x 9
 - Balok induk untuk bentang memanjang (arah-x) menggunakan profil IWF 350 x 250 x 9 x 14, sedangkan untuk balok induk arah melintang (arah-y) digunakan profil IWF 300 x 200 x 9 x 14
 - Kolom lantai 1, lantai 2 dan lantai 3 digunakan profil King Cross 450 x 200 x 9 x 14, sedangkan untuk lantai 4 dan lantai 5 digunakan profil King Cross 400 x 200 x 8 x 13, dan untuk kolom pada lift digunakan profil King Cross 350 x 175 x 7 x 11
 - Pelat lantai dan pelat atap menggunakan floordeck setebal 0,8 mm dengan tebal pelat lantai 120 mm dan pelat atap setebal 100 mm
- B. Hasil desain sambungan berdasarkan perhitungan telah aman dan memenuhi persyaratan dengan menggunakan sambungan baut dan dimensi pelat sambung sebagai berikut:
 - Sambungan balok anak dengan balok induk direncanakan menggunakan 2 buah baut diameter 16 mm dengan pelat siku L70 x 70 x 7
 - sambungan menggunakan 2 buah baut Ø20 mm pada sayap kolom dan badan balok, 2 buah baut Ø30 mm pada badan pelat T dan sayap balok, dan 2 buah baut Ø33 mm pada sayap kolom dan sayap pelat T.

- Sambungan antar kolom menggunakan baut diameter 22 mm pada sayap kolom sebanyak 6 buah dengan tebal pelat penyambung 15 mm. Untuk sambungan baut pada badan kolom digunakan baut diameter 20 mm sebanyak 6 buah dengan tebal pelat 20 mm
- Sambungan *base plate* menggunakan dimensi pelat 650 mm x 650 mm dengan tebal 22 mm, diameter angkur 27 mm sebanyak 5 buah di sisi atas dan 5 buah di sisi bawah pada arah-x dan panjang angkur 750 mm. Pada arah-y tidak terjadi gaya tarik sehingga tidak perlu memasang ankur.

REFERENSI

- [1] BSN, 2013. *SNI 2847-2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta: BSN.
- [2] BSN, 2019. *SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. Jakarta: BSN.
- [3] BSN, 2019. *SNI 2847-2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD)*. Jakarta: BSN.
- [4] BSN, 2020. *SNI 1727-2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Jakarta: s.n.
- [5] BSN, 2020. *SNI 1729-2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (ANSI/AISC 360-16, IDT)*. Jakarta: s.n.
- [6] Pratomo, R. A. & Rudiarto, I., 2013. Permodelan Tsunami dan Implikasinya Terhadap Mitigasi Bencana di Kota Palu. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 9(2), pp. 174-182.
- [7] Zachari, M. Y. & Taruallo, G., 2020. Analisis Struktur Baja Tahan Gempa dengan Sistem SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) Berdasarkan SNI 1729:2015 dan SNI 1726:2012. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, Volume 1(2), pp. 9-16.