

# PERANCANGAN ULANG GEDUNG DINAS PENDIDIKAN YOGYAKARTA MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS

Imam Agung Baskoro<sup>1</sup>, Harsoyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: [imam.a.baskoro@gmail.com](mailto:imam.a.baskoro@gmail.com)

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: [harsoyo@uii.ac.id](mailto:harsoyo@uii.ac.id)

**Abstract:** *Steel structure is a multi-use structure that is lightweight and has high tensile strength. The Yogyakarta Education Office building is reinforced concrete structures, it was redesigned using steel structures with the special moment resisting frames system method (SMRFS). This system is a structural component that is able to carry the force due to earthquake loads and is planned to bear bending. It is expected that the SMRFS steel structure design results in a safe and earthquake-resistant structure analysis that meets strong column weak beam concept, in addition it is expected that the budget plan for the SMRFS steel structure still meets the steel structure price standards in general. Yogyakarta Education Office Building consists of 4 floors and 1 basement. Floors reviewed using steel structures are floors 1-4. Steel calculations and connection planning using SNI 1729: 2015 and SNI 7860: 2015. The analysis using software analysis SAP2000 v14.0.0. Earthquake load is equivalent to SNI 1726: 2012. Shop drawing and volume calculation using Tekla Structures 21.1. Calculation of Cost Budget Plan using iBuild software. From the result of the analysis, the steel structures meets the SCWB (Strong Column Weak Beam) concept and meets the deviation requirements, the P-Delta effect and the absence of torsional irregularities. The Profile used for this steel structure is column: IWF 600x300 and H350x350, main beam: IWF500x200 (span 10 m), IWF450x200 (span 8 m), IWF400x200 (span 7 m), IWF350x175 (span 5,5 m), IWF300x150 (IWF300x150 (span 3,6 m) , secondary beam: IWF 350x175 (span 8 m), IWF 250x125 (span 5,5 m and 3,6 m. Judging from the heavy side, steel structure is 39% lighter than reinforced concrete structures, but from the economic side of reinforced concrete structures is 30,1 % more efficient compared to steel structures.*

**Keywords:** *steel structure, srpmk, sap2000, earthquake, high rise building, tekla*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di era modern ini, pemasaran material baja telah berkembang secara luas. Hal ini dikarenakan seiring penemuan proses pengolahan baja yang efisien di pertengahan abad-19 yang membuat harga produksi baja menjadi lebih murah dibandingkan produksi baja sebelumnya. Karena hal itu, tidak jarang para owner dan insyiner sipil kini mulai beralih untuk menggunakan struktur

baja konvensional sebagai struktur utama bangunan. Struktur baja sendiri memiliki keunggulan bila dibandingkan dengan beton bertulang, di antaranya adalah struktur baja memiliki kuat tarik yang tinggi, lebih ringan dan waktu pelaksanaan yang lebih cepat. Karena kuat tarik yang tinggi ini struktur baja bersifat daktail, sehingga mampu menerima gaya dalam jumlah besar. Tetapi, untuk biaya pelaksanaan struktur baja akan lebih mahal dibandingkan dengan beton bertulang, oleh karena itu diperlukan

penelitian tentang struktur baja guna menambah wawasan bagi kalangan praktisi dan masyarakat umum. dengan mengambil studi kasus pada gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta.

Dalam penelitian ini, desain ulang gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta dengan struktur baja dirancang dengan menggunakan metode SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus). Hal ini dikarenakan, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dapat dipakai untuk daerah dengan risiko gempa tinggi dan Wilayah Yogyakarta berada di zona gempa tinggi tersebut. Pada gedung ini terdapat bentang sepanjang 10 m, sehingga dengan penggunaan profil baja diharapkan didapatkan desain profil yang jauh lebih kecil dibandingkan menggunakan struktur beton. Selain itu, diharapkan dengan penelitian ini dapat diketahui profil struktur baja yang aman pada objek gedung yang diteliti serta mengetahui seberapa layak bangunan baja dapat direalisasikan melihat dari segi keamanan struktur dan RAB (Rencana Anggaran Biaya).

## 1.2 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dimensi profil baja serta detail sambungan yang dapat memenuhi konsep desain kapasitas untuk mencapai kondisi “*Strong Column Weak Beam*” dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian serupa mengenai desain ulang gedung maupun analisis pada struktur baja sudah pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian tersebut dilakukan oleh Pideksa (2011), Sampakang, dkk (2013) dan Sudarsana, dkk (2015). Hasil dan kesimpulan dari beberapa tersebut dijadikan sebagai bahan acuan dalam penelitian ini.

Dalam penelitian Pideksa (2011) membahas tentang desain ulang gedung gedung D'Soya Hotel sebagai struktur beton bertulang menjadi struktur baja dengan metode Sistem

Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Perencanaan yang dilakukan hanya perhitungan struktur portal utama. Dalam kebutuhan fungsi ruang, terdapat kebutuhan ruang terbuka yang luas dengan bentang balok utamanya hingga mencapai 10 meter. Hasil dari penelitian ini diperoleh dimensi profil yang mengacu pada *AISC Manual of Steel Construction LRFD* vol.1,2<sup>nd</sup> dan vol.2,2<sup>nd</sup> dan kebutuhan profil dengan bentang 10 m menggunakan WF 450x300.

Dalam penelitian Sampakang, dkk (2013) merencanakan gedung BPJN XI berupa model struktur, dimensi penampang struktur dan gaya dalam yang diperlukan untuk memenuhi kriteria perencanaan sistem rangka pemikul momen khusus pada komponen balok-kolom, serta menentukan lokasi sendi plastis pada balok untuk perencanaan sambungan agar tercapainya konsep *strong column weak beam*. Penelitian ini juga merencanakan sambungan digunakan model sambungan *bolted flange plate moment connection*.

Dalam penelitian Sudarsana, dkk (2015) membahas analisis struktur baja untuk gedung beraturan sebanyak enam buah model. Adapun keenam model tersebut terdiri atas 3 buah model struktur SRPMK dan 3 buah model SRBE dengan tingkat yang bervariasi, yaitu tingkat rendah (4 lantai), tingkat menengah (7 lantai) dan tingkat tinggi (10 lantai). Analisis yang dilakukan meliputi analisis linear untuk menghitung gaya-gaya dalam elemen struktur dan analisis *nonlinear static pushover* untuk mengevaluasi kinerja struktur yang telah didesain agar didapatkan level kinerjanya mencapai *life safety*.

## 3. LANDASAN TEORI

### 3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen adalah salah satu sistem struktur yang dirancang guna menahan beban gempa rencana. Menurut Pawirodikromo (2012) sistem struktur pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan

beban lateral yang timbul akibat gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. SRPM merupakan salah satu pilihan sewaktu merencanakan sebuah bangunan tahan gempa dengan ciri-ciri sebagai berikut.

1. Beban lateral khususnya gempa disalurkan melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom. Jadi, peranan kolom, balok dan sambungan balok-kolom disini sangatlah penting.
2. Tidak menyertakan dinding geser. Walaupun terdapat dinding, dinding geser tidak didesain untuk menahan beban lateral.
3. Tidak menggunakan bresing (*bracing*). Pada struktur baja, penggunaan bresing kadang sangat diperlukan terutama pada arah sumbu lemah kolom. Dalam hal ini, bangunan tersebut dapat dianalisis sebagai SRPM pada arah sumbu kuat kolom, dan sistem bresing pada arah lainnya.

### 3.2 Komponen Struktur Daktilil Tinggi

Profil baja struktural untuk komponen struktur daktilil sedang dan komponen tinggi harus memiliki sayap menerus tersambung ke badan atau badan-badan atau kata lain profil baja menggunakan IWF atau sejenisnya. Pada struktur daktilil tinggi, kedua sayap harus terbreis lateral atau penampang melintang komponen struktur terbreis torsional (lihat Gambar 1). Breising komponen struktur balok daktilil tinggi harus memiliki spasi maksimum dengan Persamaan 1 dan 2 berikut.

$$L_b = 0,08 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (1)$$

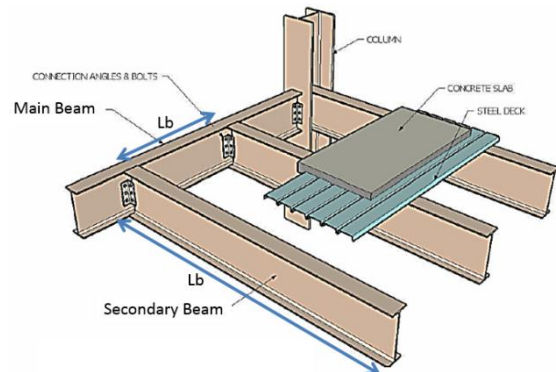
$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2)$$

dengan  $L_b$  = batas panjang tanpa pengaku lateral (mm),  $L_p$  = batas panjang plastis  $r_y$  = radius *gyration* (mm),  $E$  = Modulus elastis baja = 200000 Mpa.

Persyaratan kapasitas momen plastis adalah  $L_b \leq L_p$ , maka:

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (3)$$

dengan  $M_n$  = Momen nominal untuk profil kompak (Nmm),  $M_p$  = Momen plastis (Nmm),  $F_y$  = Tegangan leleh (MPa),  $Z_x$  = Modulus penampang plastis (MPa)



Gambar 1 Batas Panjang Tanpa Pengaku Lateral

### 3.3 Breising Khusus pada Lokasi Sendi Plastis

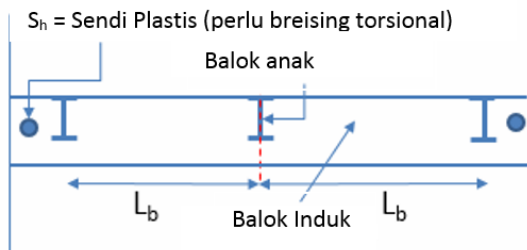
Breising khusus harus ditempatkan berdekatan dengan lokasi sendi plastis (lihat Gambar 2). Untuk balok baja struktural, breising tersebut harus memenuhi persyaratan berikut.

1. Kedua sayap balok harus terbreis lateral atau penampang melintang komponen struktur harus terbreis torsional.
2. Kekuatan perlu breising torsional (*IWF beam*) yang tersedia berdekatan dengan sendi plastis harus menggunakan Persamaan 2.4.
3. Kekakuan breising yang diperlukan harus memenuhi persyaratan pada Lampiran 6 SNI 7860:2015. Spesifikasi untuk breising lateral atau breising torsional dari balok dengan  $C_d = 1,0$ , maka kekuatan lentur ekspektasi balok harus menggunakan Persamaan 2.5.

$$P_u = 0,06 R_y F_y Z \quad (4)$$

$$M_r = M_u = R_y F_y Z \quad (5)$$

dengan  $h_o$  = Jarak antara titik berat sayap (mm),  $R_y$  = Rasio tegangan leleh minimum,  $Z$  = Modulus penampang plastis ( $\text{mm}^3$ ),  $C_d$  = Koefisien sehubungan dengan kekakuan breis relatif dan kurvatur.



**Gambar 2** Bresing Torsional di Dekat Sendi Plastis

dengan  $S_h$  = Jarak sendi plastis (mm) (jarak minimal  $2d$  / atau  $3b_f$  tanpa pengaku),  $d$  = Tinggi profil balok (mm),  $L_b$  = Batas panjang tanpa pengaku lateral (mm),  $b_f$  = Lebar sayap balok (mm).

### 3.4 Sambungan Balok-Kolom SRPMK

Sambungan balok kolom SRPMK harus mengikuti parameter berikut ini.

1. Lokasi sendi plastis
2. Momen maksimum yang mungkin terjadi di lokasi sendi plastis ditentukan oleh kekuatan bahan, strain hardening, kekangan setempat, perkuatan atau kondisi sambungan lainnya.
3. Parameter mekanisme leleh pada pelat sayap kolom
4. Konfigurasi baut, yang akan ikut menentukan mekanisme kelelahan kekuatan batas sambungan terhadap sobek pelat, tekuk pada pelat.

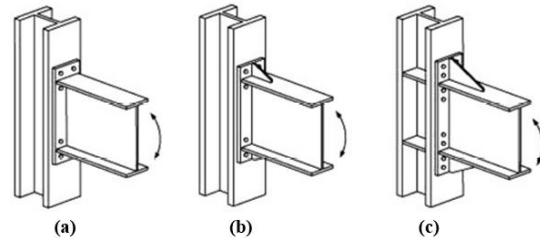
Kuat perlu sambungan harus ditentukan menggunakan efek pembebanan gempa  $E_{mh}$  seperti pada Persamaan 2.6 berikut ini.

$$E_{mh} = 2[1,1R_yM_p]/L_h \quad (6)$$

dengan  $E_{mh}$  = Efek Gaya Horizontal (N),  $L_h$  = Jarak antara lokasi sendi plastis (mm).

Sambungan yang digunakan berpedoman pada SNI 7972:2013 yaitu menggunakan

jenis sambungan pelat ujung diperpanjang tanpa pengaku dan diperkaku dengan baut. Jenis sambungan ini ada 3 tipe seperti pada Gambar 3 berikut.



**Gambar 3** Sambungan Pelat Ujung Diperpanjang: (a) 4 baut tanpa pengaku, 4E; (b) 4 baut dengan pengaku; (c) 8 baut dengan pengaku, 8ES

Penentuan penggunaan tipe sambungan pada Gambar 3 berdasarkan pada pembatasan parametrik prakualifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1** Pembatasan Parametrik pada Prakualifikasi

Parameter	4 baut Tanpa pengaku (4E)		4 baut dengan pengaku (4ES)		8 baut dengan pengaku (4ES)	
	Maks (mm)	Min (mm)	Maks (mm)	Min (mm)	Maks (mm)	Min (mm)
$t_{bf}$	19	10	19	10	25	14
$b_{bf}$	235	152	229	152	311	190
$d$	400	349	610	349	914	457
$t_p$	57	13	38	13	64	19
$b_p$	273	178	273	178	381	229
$g$	152	102	152	83	152	127
$P_{fi}, P_{fo}$	114	38	140	44	51	41
$P_b$					95	89

### 3.5 Kontrol Strong Column Weak Beam (SCWB)

*Strong Column weak beams* merupakan prinsip desain pada saat kolom didesain lebih kuat dari balok. Apabila terjadi kerusakan, maka balok akan mengalami rusak terlebih dahulu dibandingkan dengan kolomnya, sehingga bangunan tidak langsung mengalami keruntuhan. Cara mengontrol SCWB memenuhi syarat dapat

dilihat pada Persamaan 7 sampai Persamaan 9 berikut.

$$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} > 1 \quad (7)$$

Dengan besarnya  $M_{pc}$  dan  $M_{pb}$  berdasarkan DFBK adalah sebagai berikut.

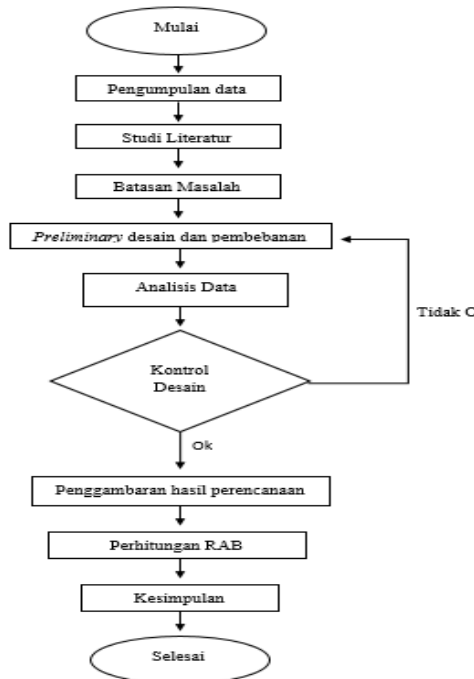
$$\sum M_{pc} = \sum Z_c (F_{yc} - P_{uc}/A_g) \quad (8)$$

$$\sum M_{pb} = \sum (1,1 R_y F_{yb} Z_b + M_{uv}) \quad (9)$$

dengan  $\sum M_{pc}$  = Jumlah momen kolom dibagian bawah dan atas sambungan pada pertemuan as kolom dan as balok,  $\sum M_{pb}$  = Jumlah momen balok pada pertemuan balok dan kolom,  $A_g$  = luas penampang bruto kolom ( $mm^2$ ),  $F_{yc}$  = Tegangan leleh penampang kolom (MPa),  $F_{yb}$  = Tegangan leleh penampang balok (MPa),  $P_{uc}$  = Gaya aksial tekan terfaktor pada kolom (N).

#### 4. METODE PENELITIAN

Secara garis besar, alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut.

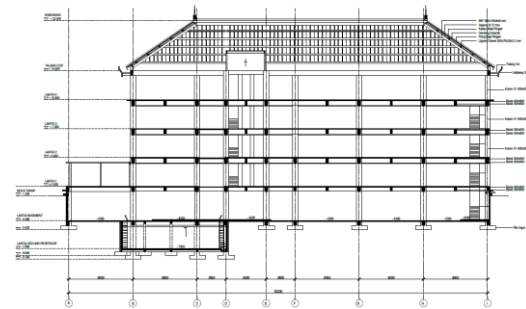


Gambar 4 Bagan Alir Perancangan Gedung

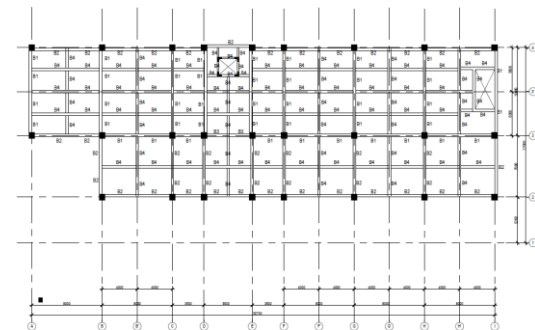
Tujuan dari bagan alur penelitian tersebut adalah sebagai berikut

- Studi Pustaka/Literatur, merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan pengetahuan-pengetahuan mengenai topik yang diangkat.
- Pemodelan dan analisis menggunakan bantuan program analisis struktur *SAP2000 v.14* untuk menghitung gaya-gaya yang dihasilkan dan perhitungan persyaratan menggunakan *Ms.Excel*.
- Penggambaran gambar kerja dan pembacaan volume menggunakan bantuan *software Tekla Structures 21*.
- Perhitungan RAB menggunakan bantuan *software iBuild*.

Tampak dan denah gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta yang akan didesain ulang dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 berikut.



Gambar 5 Portal Tampak Samping



Gambar 6 Denah Balok dan Kolom Lantai

## 5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Konfigurasi Bangunan

Konfigurasi bangunan Dinas Pendidikan Yogyakarta yang direesain ulang menggunakan struktur baja adalah sebagai berikut.

1. Jenis bangunan : Gedung Bertingkat
2. Jenis Struktur : Baja
3. Fungsi gedung : Kantor
4. Lokasi : Yogyakarta
5. Tinggi elevasi : 20,625 m
6. Jumlah Lantai : 5 lantai

### 5.2 Data Material

Data material yang digunakan pada perencanaan struktur baja adalah sebagai berikut

1. Mutu profil baja menggunakan BJ41 ( $F_y = 250$  MPa dan  $F_u = 410$  MPa).
2. Mutu profil pelat sambung menggunakan BJ41 ( $F_y = 250$  MPa dan  $F_u = 410$  MPa).
3. Mutu baut menggunakan baut A325.
4. Pelat lantai menggunakan pelat komposit dengan *floordeck* merek ALSUN FD600.
5. Jenis tanah yang digunakan adalah tanah sedang.

### 5.3 Analisis Gempa

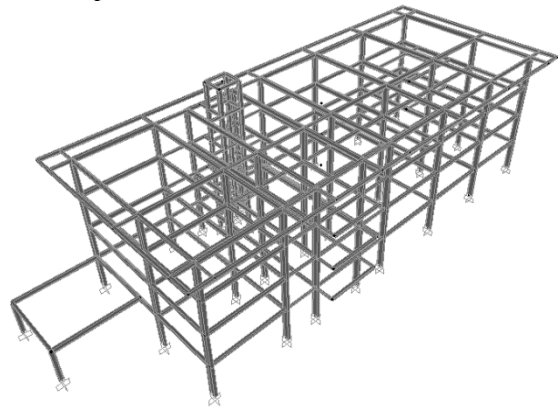
Pembebanan gempa menggunakan metode statik ekuivalen dikarenakan jumlah tingkat gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta  $\leq 10$  lantai (40 m), apabila setelah menggunakan metode ini muncul ketidakberaturan torsi, maka metode harus menggunakan analisis dinamik. Perhitungan pembebanan gempa yang dilakukan dibebankan pada struktur baja yang ditinjau dari lantai 1 s/d lantai 4. Distribusi vertikal gaya gempa dan gempa lateral sesuai dengan SNI 1726:2012 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Distribusi Vertikal Gaya Gempa dan Gaya Gempa Lateral

elevasi (m)	$W_x$ (T)	$h^k$	$W \cdot h^k$	$C_{vx}$ (%)	$F_x$ (T)
17,2	3,714	2,800	3,293	12,231	0,002
14,4	231,232	3,600	4,405	1018,633	0,139
10,8	471,841	3,600	4,405	2078,576	0,284
7,2	471,841	3,600	4,405	2078,576	0,284
3,6	486,307	3,600	4,405	2142,301	0,292

### 5.4 Pengecekan Hasil Desain

Pada penelitian ini, analisis struktur menggunakan bantuan *SAP2000*. Pemodelan struktur baja pada *SAP2000* dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7 Struktur baja 3 dimensi gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta menggunakan *SAP2000*

Dari perhitungan struktur menggunakan *SAP2000* didapatkan hasil desain meliputi pengaruh struktur terhadap faktor perbesaran torsi, simpangan antar lantai dan efek P-delta. Hasil desain pada gedung baja Dinas Pendidikan Yogyakarta adalah sebagai berikut.

#### 5.4.1 Faktor Pembesaran Torsi

Faktor pembesaran torsi dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut.

**Tabel 3 Faktor Pembesaran Torsi Arah X**

elevasi (m)	$\delta U_{x1}$	$\delta U_{x2}$	$\delta x_e$	$\delta_{max/avg}$	$A_x$	Cek ( $A_x < 1$ )
	(m)	(m)	(m)	(m)		
14,4	0,033	0,033	0,033	1,002	0,6968	OK
10,8	0,030	0,029	0,030	1,002	0,6977	OK
7,2	0,022	0,022	0,022	1,004	0,6992	OK
3,6	0,011	0,010	0,011	1,005	0,7019	OK

**Tabel 4 Faktor Pembesaran Torsi Arah Y**

elevasi (m)	$\delta U_{x1}$	$\delta U_{x2}$	$\delta x_e$	$\delta_{max/avg}$	$A_x$	Cek ( $A_x < 1$ )
	(m)	(m)	(m)	(m)		
14,4	0,010	0,013	0,011	1,115	0,8632	OK
10,8	0,009	0,011	0,009	1,116	0,8653	OK
7,2	0,006	0,007	0,007	1,117	0,8662	OK
3,6	0,002	0,003	0,003	1,119	0,8696	OK

Berdasarkan hasil diatas struktur tidak terjadi perbesaran torsi ( $A_x < 1$ ), sehingga struktur gedung termasuk kategori tanpa ketidak beraturan torsi.

#### 5.4.2 Simpangan Antar Lantai

Defleksi dan Simpangan antar lantai dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6 berikut.

**Tabel 5 Defleksi dan Simpangan Antar Lantai Arah X**

Elevasi (m)	H	$\delta x_e$	$\delta x_e$	$\Delta$	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
14,4	3600	33,079	181,935	16,803	90	OK
10,8	3600	30,024	165,132	42,042	90	OK
7,2	3600	22,38	123,09	65,241	90	OK
3,6	3600	10,518	57,849	57,849	90	OK

**Tabel 6 Defleksi dan Simpangan Antar Lantai Arah Y**

Elevasi (m)	H	$\delta x_e$	$\delta x_e$	$\Delta$	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
14,4	3600	12,681	69,746	10,511	90	OK
10,8	3600	10,77	59,235	18,486	90	OK
7,2	3600	7,409	40,749	24,129	90	OK
3,6	3600	3,022	16,621	16,621	90	OK

Berdasarkan hasil diatas simpangan yang terjadi masih dibawah simpangan maksimum ( $\Delta \leq \Delta a/\rho$ ), sehingga struktur masih dikatakan aman.

#### 5.4.3 Koefisien Stabilitas

Koefisien stabilitas akibat pengaruh P-Delta effect dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8 berikut.

**Tabel 7 Koefisien Stabilitas Arah X Profil Desain**

Elevasi (m)	$\Delta_i$	Pui	$V_i$	$\theta$	$\theta_{maks}$	$\theta < 0,1 ; \theta < \theta_{maks}$
	(mm)	(KN)	(KN)			
14,4	16,8025	3732,579	152,964	0,02071	0,09091	OK
10,8	42,042	10515,8	461,383	0,04839	0,09091	OK
7,2	65,241	16611,74	769,802	0,07110	0,09091	OK
3,6	57,849	23236,91	1087,675	0,06242	0,09091	OK

**Tabel 8 Koefisien Stabilitas Arah Y Profil Desain**

Elevasi (m)	$\Delta_i$	Pui	$V_i$	$\theta$	$\theta_{maks}$	$\theta < 0,1 ; \theta < \theta_{maks}$
	(mm)	(KN)	(KN)			
14,4	10,5105	3732,579	152,964	0,01295	0,09091	OK
10,8	18,4855	10515,8	461,383	0,02128	0,09091	OK
7,2	24,1285	16611,74	769,802	0,02630	0,09091	OK
3,6	16,621	23236,91	1087,675	0,01793	0,09091	OK

Berdasarkan SNI 1726:2012, bahwa geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul oleh pengaruh pengaruh P-delta tidak disyaratkan untuk diperhitungan bila koefisien stabilitas ( $\theta$ ) masih kurang dari 1.

#### 5.5 Pengecekan Komponen Struktur SRPMK

Pengecekan komponen struktur SRPMK meliputi komponen balok dan kolom berdasarkan SNI 1729:2015 dan SNI 7860:2015. Pengecekan komponen struktur SRPMK adalah sebagai berikut.

##### 5.5.1 Balok

Perhitungan persyaratan struktur balok berdasarkan momen dan gaya geser yang terjadap terhadap momen dan gaya geser yang tersedia dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10 berikut.

**Tabel 9 Rekapitulasi Persyaratan Momen Balok**

Tipe Balok	$M_{u\ max}$	$\Phi M_n$	$M_u < \Phi M_n$
	(KNm)	(KNm)	
IWF 500X200	586,282	750,321	AMAN
IWF 450X200	341,6181	364,835	AMAN
IWF 400X200	196,225	289,339	AMAN
IWF 350X175	125,9532	189,191	AMAN
IWF 300X150	87,0639	117,467	AMAN

**Tabel 10 Rekapitulasi Persyaratan Gaya Geser Balok**

Tipe Balok	$V_{u\ max}$	$\Phi V_n$	$V_u < \Phi V_n$
	(KN)	(KN)	
IWF 500X200	606,875	675,000	AMAN
IWF 450X200	359,980	546,750	AMAN
IWF 400X200	286,930	432,000	AMAN
IWF 350X175	210,742	330,750	AMAN
IWF 300X150	172,468	263,250	AMAN

Selain persyaratan diatas, struktur balok pada portal baja berfungsi sebagai balok-kolom sehingga perlu diperhitungkan gaya aksial lentur yang terjadi pada balok seperti pada Tabel 11 berikut.

**Tabel 11 Rekapitulasi Persyaratan Gaya Aksial Balok dengan Bresing Lateral di luar sendi plastis**

Tipe Balok	Lb	$P_u = V_u$	$\Phi P_n$	Aksial lentur $\leq 1$
	(mm)	(KN)	(KN)	
IWF 500X200	2300	621,125	2212,545	0,971
IWF 450X200	200	360,991	2175,616	1,000
IWF 400X200	2100	298,717	1689,357	0,764
IWF 350X175	200	208,385	1418,721	0,821
IWF 300X150	200	168,705	1050,490	0,739

Berdasarkan tiga persyaratan diatas bahwa struktur balok masih dikatakan aman dalam memikul beban yang terjadi.

### 5.5.2 Kolom

Pengecekan persyaratan struktur kolom berdasarkan gaya aksial terjadi terhadap gaya aksial tersedia dapat dilihat pada Tabel 12 berikut.

**Tabel 12 Rekapitulasi Persyaratan Gaya Aksial Kolom**

Tipe Kolom	Lokasi	$P_u$	$\Phi P_n$	$P_u < \Phi P_n$
		(KN)	(KN)	
IWF 600X300	Eksterior	1281,441	3381,83	AMAN
IWF 600X300	Interior	1725,99	3445,554	AMAN

Selain itu dilakukan pemeriksaan interaksi aksial-lentur. Perhitungan interaksi aksial-lentur pada kolom dengan gaya tekan terbesar adalah pada Tabel 13 berikut.

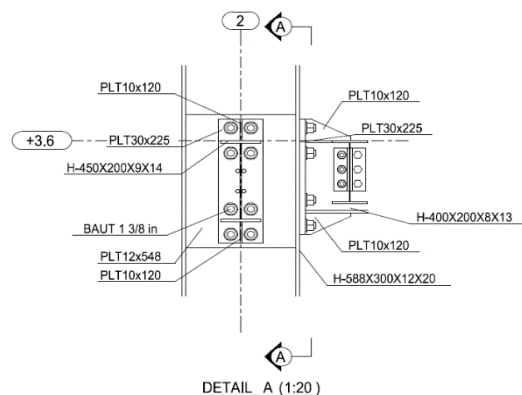
**Tabel 13 Rekapitulasi Persyaratan Aksial-Lentur Kolom**

Tipe Balok	Lokasi	Lb	Aksial lentur $\leq 1$
		(mm)	
IWF 600X300	Eksterior	3600	0,736
IWF 600X300	Interior	3600	0,765

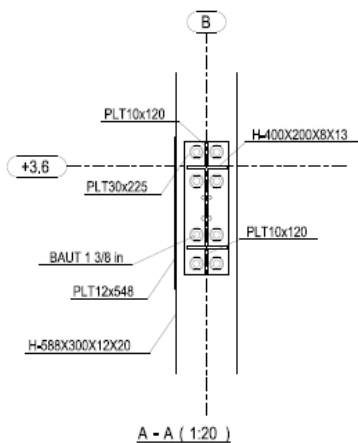
Berdasarkan hasil perhitungan diatas bahwa kolom masih memenuhi persyaratan.

### 5.6 Sambungan pada struktur SRPMK

Sambungan antara balok-kolom mengacu pada SNI 7972:2013. Sambungan hasil desain menggunakan sambungan pelat ujung diperkaku dengan 4 baut (4ES) seperti pada Gambar 8 berikut.







**Gambar 8 Desain Sambungan Balok-Kolom dengan tipe 4ES**

### 5.7 Periksa Rasio Momen Kolom dan Momen Balok

Rasio momen kolom dan balok digunakan untuk mengontrol komponen struktur memenuhi syarat *Strong Column weak beams* berdasarkan SNI 7860:2015. Perhitungan rasio momen kolom dan balok dilakukan pada kolom internal yang menerima gaya aksial terbesar. Hasil cek SCWB pada daerah kolom-balok tersebut adalah sebagai berikut.

$$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} > 1$$

$$\frac{1382,534}{1304,58} > 1$$

1,059 > 1, (*STRONG COLUMN WEAK BEAM*)

Dari hasil perhitungan diatas bahwa profil kolom IWF600X300 masih memenuhi persyaratan SCWB, sehingga profil tidak perlu diperbesar.

### 5.8 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya yang dihitung pada perencanaan ulang Gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta ini adalah rencana pekerjaan pemasangan struktur kolom dan

balok baja. Harga material yang digunakan adalah harga material tahun 2018. Analisa Harga Satuan pada penelitian ini mengacu pada SNI 7393:2008, SNI 7394:2008 dan SNI 2837:2008. Rencana anggaran biaya untuk struktur baja Gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta adalah sebesar Rp 10.933.594.600. Nilai tersebut lebih besar dari rencana anggaran biaya struktur beton bertulang sebesar Rp 7.745.700.000. Hal ini dikarenakan biaya kebutuhan material baja lebih besar dibandingkan dengan beton bertulang, akan tetapi pelaksanaan struktur baja akan lebih cepat dibandingkan struktur beton bertulang.

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang bisa didapatkan adalah sebagai berikut.

1. Profil untuk gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta dengan struktur baja metode SRPMK adalah sebagai berikut.
  - a. Balok induk: IWF500x200 (bentang 10 m), IWF450x200 (bentang 8 m), IWF400x200 (bentang 7 m), IWF350x175 (bentang 5,5 m), IWF300x150 (bentang 3,6 m).
  - b. Balok anak: IWF 350x175 (bentang 8 m), IWF 250x125 (bentang 5,5 m dan 3,6 m).
  - c. Kolom: IWF600x300 dan IWF350x350.
  - d. Pada balok IWF 500x200 terjadi momen yang cukup besar sehingga perlu ada penambahan pelat berupa *cover plate* selebar 150 mm dan tebal 16 mm pada sayap atas dan bawah balok untuk memenuhi persyaratan  $M_p$  (Momen Plastis).
  - e. Kolom pedestal perlu diperbesar dikarenakan dimensi *base plate* ( $B \times N$ ) yang digunakan sebesar 500 x 800 mm, sehingga kolom beton bertulang pada *basement* perlu

diperbesar minimal menjadi 600 x 900 mm.

- f. Meninjau dari sisi berat sendiri gedung, struktur portal baja memiliki berat lebih ringan yaitu sebesar 1664,934 T dibandingkan dengan struktur portal beton bertulang, yaitu sebesar 4283,23 T.
2. Rencana anggaran biaya untuk struktur baja Gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta adalah sebesar Rp 10.933.594.600. Nilai tersebut lebih besar 30,1 % dari rencana anggaran biaya struktur beton bertulang sebesar Rp 7.647.700.000.

## 6.2 Saran

Pada penelitian ini dan berdasarkan kesimpulan diatas, didapatkan beberapa hal yang dapat dijadikan sebagai suatu bahan perbaikan atau pelengkap dalam penelitian selanjutnya. Saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut.

1. Perlu adanya parameter pembanding yang lebih luas dan spesifik dalam menganalisis perbandingan antara material baja dengan material beton bertulang dalam suatu struktur gedung, seperti waktu pelaksanaan konstruksi, dengan tinjau peraturan yang berlaku.
2. Perlu adanya struktur pembanding dengan penggunaan *bracing* pada seluruh struktur portal baja dalam perancangan ulang, sehingga struktur pembanding dianalisis sebagai suatu struktur portal tidak bergoyang.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Pideksa, T.A. 2011. *Alternatif Penggunaan Struktur Rangka Baja pada Gedung D'Soya Hotel Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*. Jawa Timur: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UPN "VETERAN".
- Sampakang, dkk. 2013. *Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Komponen Balok-Kolom dan Sambungan Struktur Baja Gedung*

- BPJN XI. *Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.10:653-663*. Manado
- Sudarsana, dkk. 2015. *Analisis Perbandingan Efisiensi Struktur Baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik pada Level Kinerja Yang Sama*. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 1 (SeNaTS 1)*. Bali. 25 April.
- Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Indarto, Himawan, dkk. 2013. *Aplikasi SNI Gempa 1726:2012 for Dummies*. Semarang: UNNES.
- Badan Standarisasi Nasional. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Sambungan Terprakualifikasi untuk Rangka Momen Khusus dan Menengah Baja pad Aplikasi Seismik*. Jakarta: BSN.