

KLASIFIKASI LEVEL DAKTILITAS BAJA PROFIL BERDASARKAN SNI 7860:2020 STUDI KASUS BANGUNAN 10 LANTAI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Margeritha Agustina Morib*, Iwan Wikana, Berkat Saloman Zalukhu,
Samuel Salimu

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta
Jl. Solo KM. 11,1, Purwomartani, Kalasan, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55571

*Email: margerithaagustina@ukrimuniversity.ac.id

Abstrak

Sistem struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) baja tidak memiliki batasan tinggi struktur pada kategori desain gempa apapun. Sistem ini mensyaratkan tingkat daktilitas tinggi pada semua elemen struktur untuk memastikan kegagalan struktur tidak terjadi akibat instabilitas tekuk baik tekuk lokal maupun tekuk torsi lateral. Kegagalan struktur ditandai dengan terbentuknya sendi plastis di ujung-ujung balok saat momen plastis terlampaui. Tantangan untuk menentukan profil yang tepat dan memenuhi persyaratan seismic sesuai SNI 7860:2020 dicoba pada studi kasus bangunan 10 lantai SRPMK baja berlokasi di Kecamatan Patuk, Gunung Kidul. Lokasi ini dipilih karena merupakan lokasi dengan tingkat kegempaan tertinggi di DIY. Perhitungan daktilitas dilakukan pada berbagai profil baja di pasaran untuk ASTM A36 dan ASTM A913M. Hasilnya menunjukkan bahwa sebagian profil memenuhi syarat daktilitas pada sayap dan badan dan sebagian lainnya hanya memenuhi persyaratan pada sayap. Baja dengan fy rendah (ASTM A36) memiliki lebih banyak profil yang memenuhi syarat dari pada baja dengan fy tinggi (ASTM A913M). Hasil perancangan menunjukkan seluruh balok memenuhi syarat daktilitas tinggi dengan demand capacity ratio terbesar 99 %. Profil kolom terpilih juga telah memenuhi syarat daktilitas tinggi dengan demand capacity ratio terbesar 75%. Persyaratan column beam ratio terkecil adalah $1,03 > 1$ sehingga memenuhi syarat SCWB.

Kata kunci: baja, daktilitas, gempa, SCWB, SRPMK

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah rawan gempa karena terletak di antara dua lempeng dunia yang aktif yaitu Eurasia dan Australia. Namun begitu pertumbuhan pembangunan gedung tinggi di Indonesia secara khusus DIY terus meningkat akibat banyaknya pengunjung yang datang dan menetap di wilayah tersebut. Gedung tinggi relatif fleksibel dalam menahan gaya gempa akibat periode struktur panjang dengan frekuensi rendah. Frekuensi percepatan puncak gempa di DIY terukur pada rentang 1,25 Hz sampai 7,14 Hz sehingga lebih berbahaya untuk gedung berlantai rendah dan menengah dengan periode kurang dari 0,8 detik (Margeritha, Telaumbanua & Gulo, 2023). Kerusakan pada gedung tinggi lebih dominan diakibatkan oleh simpangan antar lantai (*interstory drift*) yang tidak terkendali dengan baik. Penentuan wilayah kegempaan berdasarkan respon percepatan spektral gempa tertarget sesuai FEMA P-154 menunjukkan bahwa wilayah DIY berada pada daerah gempa cukup tinggi sampai sangat tinggi (ATC, FEMA, 2015). Spektrum respons desain kota Yogyakarta mengalami peningkatan signifikan pada kelas situs SE, SD dan SC dari peta gempa SNI 2012 ke Peta Gempa 2017 (Sungkono, 2019). 27 Mei 2006 terjadi gempa bumi di Yogyakarta berkekuatan 5,6 SR selama

52 detik dengan kedalaman pusat gempa kurang dari 10 km di bawah Kota Bantul. Gempa ini mengakibatkan lebih dari 206 ribu rumah rusak ringan dan total kerusakan mencapai Rp.29 triliun (Nugroho, 2019). Pengukuran periode dan frekuensi puncak gempa pada 7 kecamatan di DIY berdasarkan peningkatan percepatan gempa periode 0,2 detik (S_s) sebesar 0,1 g disajikan pada Tabel 1.

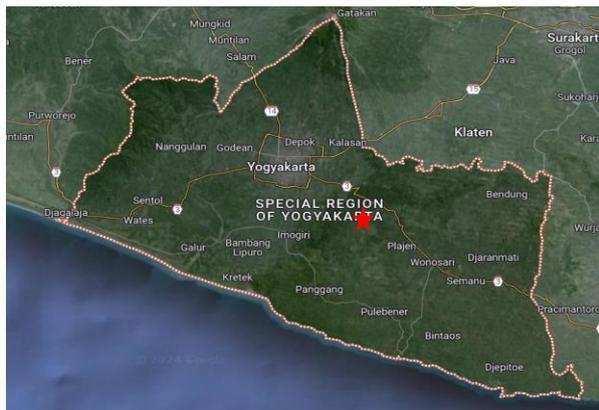
Tabel 1
Periode dan frekuensi gempa di DIY

Kecamatan	Hasil RSA Kecamatan			
	Periode (detik)		Frekuensi (Hz)	
	T_0	T_s	F_0	F_s
Samigaluh	0,16	0,8	6,25	1,25
Pakem	0,15	0,77	6,67	1,3
Gamping	0,15	0,77	6,67	1,3
Pakualaman	0,15	0,76	6,67	1,32
Saptosari	0,15	0,77	6,67	1,3
Pleret	0,14	0,71	7,14	1,41
Patuk	0,14	0,7	7,14	1,43

Sumber: (Morib et al., 2023)

Besarnya beban gempa yang diterima struktur dipengaruhi oleh parameter percepatan puncak batuan dasar periode pendek (S_s) dan periode 1 detik (S_1). Tabel 1 menunjukkan bahwa

frekuensi gempa terbesar berlokasi di Patuk, Gunung Kidul sesuai Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Patuk, DIY
(<https://earth.google.com>)

Perencanaan gedung tinggi di wilayah dengan tingkat seismik tinggi memerlukan perhatian khusus dalam hal beban gempa rencana, kategori resiko bangunan, faktor keutamaan struktur, klasifikasi situs, kategori desain gempa dan pemilihan sistem struktur yang tepat sesuai SNI 1726:2019 (BSN, 2019).

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) merupakan sistem struktur yang banyak dipilih. Untuk struktur dengan tingkat daktilitas tinggi dapat menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) baik menggunakan material beton bertulang maupun baja. SRPMK merupakan sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial (Tajunnisa et al., 2014). Sistem ini pada dasarnya memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan di zona resiko gempa tinggi.

Daktilitas merupakan kemampuan struktur berdeformasi pasca-elastik yang secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga gedung tetap berdiri meskipun berada dalam kondisi menuju keruntuhan (Nuraga et al., 2022).

Struktur gedung harus direncanakan menggunakan sistem penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing yang khusus dan mempunyai daktilitas penuh. Pembangunan gedung tinggi pasti akan memilih bahan konstruksi yang memiliki keunggulan dari material lain. Material baja sudah umum digunakan untuk berbagai konstruksi baik untuk bangunan gedung bentang panjang, jembatan maupun menara telekomunikasi. Baja memiliki

sifat daktilitas yang tinggi, karena suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan tarik yang cukup besar sebelum terjadi keruntuhan (Zachari and Turuallo, 2020). Baja memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi (*strenght to weight ratio*), sehingga dapat digunakan untuk struktur yang memerlukan kekuatan tinggi dengan bobot yang lebih ringan (Azwan et al., 2020).

Perencanaan bangunan gedung baja diatur dalam SNI 1729:2020, SNI 7860-2020, SNI 7972:2020 dan SNI 8369:2020. SNI ini merupakan adopsi identic dari AISC 360-16, AISC 341-16, AISC 358-16 dan AISC 303-16. SNI 7860 merupakan peraturan khusus yang membahas ketentuan seismik bagi bangunan baja dan SNI 7972 membahas tentang perencanaan sambungan terpraktualifikasi bagi SRPM khusus dan menengah.

Perencana dituntut agar dapat merencanakan struktur yang tetap kuat saat terjadi gempa besar. Bangunan tidak langsung mengalami keruntuhan tetapi diijinkan untuk mengalami kerusakan struktural di daerah-daerah yang direncanakan sebagai *fuse* berupa terbentuknya sendi plastis di ujung-ujung balok (Nada et al., 2023). Sistem perencanaan menggunakan konsep *capacity design* yaitu Desain Faktor Beban Ketahanan (DFBT) dengan pertimbangan kemungkinan terjadinya *overload* dengan memberikan factor beban dan kemungkinan *understrength* dengan menerapkan faktor ketahanan terhadap kekuatan nominal sesuai persamaan 1 (BSN, 2020b)

$$R_u \leq \phi R_n \quad (1)$$

dengan :

R_u : kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBT

R_n : kekuatan nominal

ϕ : faktor ketahanan

ϕR_n : kekuatan desain

Profil baja yang tersedia di pasaran tidak otomatis memenuhi persyaratan daktilitas. Agar bangunan benar-benar berperilaku daktail maka struktur direncanakan sedemikian rupa sehingga kondisi inelastis hanya terjadi pada titik-titik tertentu yang telah direncanakan dan dapat diantisipasi dengan baik. Pada saat yang sama, titik-titik tersebut juga berfungsi sebagai tempat untuk menyerap energi (*energy dissipation*) sementara bagian-bagian lain dari struktur tetap elastis. Kerusakan akan terjadi secara lokal,

terisolir, dan mudah dideteksi serta mudah diperbaiki (Dewobroto, 2018). Pada daerah-daerah inelastis inilah persyaratan daktilitas menjadi sangat penting. Perencanaan bangunan gedung baja struktural perlu memperhatikan ketentuan seismik untuk pemilihan profil balok dan kolom tahan gempa yang harus memenuhi persyaratan daktilitas tinggi seperti yang disyaratkan dalam Tabel D1.1 SNI 7860:2020 baik untuk sayap maupun badan. Untuk bangunan baja tahan gempa yang mengandalkan konsep *capacity design*, ada perbedaan persyaratan antara SNI 1729:2020 dan SNI 7860:2020 dalam menentukan bentang bersih tanpa pengekang L_b dan persyaratan penampang kompak dan non kompak untuk *highly ductile member* (λ_{hd}) dan *moderately ductile member* (λ_{md}). Konsep *capacity design* memerlukan kepastian akan bagian lemah yang terkendali (*fuse* yang mengalami inelastis) dan bagian kuat yang tetap berperilaku elastis. Bagian lemah yang terkendali dalam code masuk bagian yang disebut “*protected zone*” atau “zona terlindung”. Bagian tersebut harus menggunakan material, yang tidak hanya memenuhi ketentuan minimum tetapi juga ada kepastian batas maksimumnya (Dewobroto, 2018). Penggunaan mutu baja ASTM A36 dan ASTM A913M karena memiliki kandungan karbon yang rendah kurang dari 0,3 persen. Sangat lembut mudah dibentuk, diproses dan dilas (‘Pack Carburizing’, 2018)

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan profil daktil sesuai tabel profil baja di pasaran Indonesia yang memenuhi syarat daktilitas dengan *demand/capacity ratio* yang efektif dan efisien menggunakan studi kasus bangunan gedung 10 lantai di wilayah Patuk, Yogyakarta berdasarkan SNI 7860:2020.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Deskripsi Gedung

Gedung yang digunakan dalam studi kasus ini adalah gedung 10 lantai menggunakan material baja yang berlokasi di Kecamatan Patuk, DIY. Data umum gedung sebagai berikut.

Fungsi gedung	: Hotel
Lokasi	: Kecamatan Patuk, DIY
Sistem rangka	: SRPMK
Klasifikasi situs	: Tanah Sedang (SD)
Panjang gedung arah x	: 36 m
Panjang gedung arah y	: 32 m
Tinggi antar lantai	: 4 m
Jarak antar kolom pada arah x	: 6 m
Jarak antar kolom pada arah y	: 8 m

Mutu baja ASTM A36 (f_y)	: 250 Mpa
Mutu baja ASTM A913M (f_y)	: 345 Mpa

2.2 Penentuan Dimensi Profil

Penentuan dimensi profil bertujuan untuk mengestimasi dimensi awal elemen-elemen struktur pada konstruksi bangunan yang direncanakan baik pelat lantai, balok dan kolom agar tidak terjadi penentuan elemen struktur yang berulang-ulang.

2.2.1 Persyaratan elemen struktur

Keruntuhan lokal perlu dicegah dengan cara memastikan bahwa tidak terjadi kegagalan prematur akibat instabilitas atau tekuk (*buckling*). Untuk elemen balok, ini berarti harus menghindari tekuk lokal (*local buckling*) dan tekuk torsi-lateral (*lateral torsional buckling*). Penampang harus memenuhi kriteria kompak atau non-kompak berdasarkan rasio lebar-tebal elemen sayap dan rasio tinggi-tebal elemen badan. Penampang dikategorikan sebagai kompak jika mampu menahan beban hingga mencapai kondisi plastis (M_p) (Sartika Siregar, Panjaitan and Simbolon, 2020). Penampang ini dipilih pada struktur penahan gempa untuk memastikan bahwa bagian inelastis dari balok dapat berperan sebagai sendi plastis saat terkena beban gempa yang berulang (*siklik*).

Berdasarkan SNI 7860:2020, persyaratan profil tidak boleh melampaui persyaratan lebar terhadap tebal (b / t) pada sayap profil dan $\frac{h}{t_w}$ pada badan profil untuk komponen struktur daktil tinggi dan menengah. Persyaratan tersebut harus dipenuhi terlebih dahulu untuk melakukan analisis lanjutan. Persyaratan komponen untuk sayap profil I, kanal, dan T gilas atau tersusun, kaki profil siku tunggal atau ganda dengan pemisah, kaki bebas sepasang profil siku terhubung menerus disajikan pada Tabel 2 sedangkan persyaratan untuk badan disajikan pada Tabel 3 (BSN, 2020a).

Tabel 2
Persyaratan komponen sayap profil I, C, T dan L

Rasio lebar terhadap tebal	
Daktil tinggi λ_{hd}	Daktil sedang λ_{md}
$0,32\sqrt{E/F_y}$	$0,40\sqrt{E/F_y}$

Tabel 3
Persyaratan komponen badan I, C, T dan L

Rasio lebar terhadap tebal	
Daktil tinggi λ_{hd}	Daktil sedang λ_{md}
$1,57\sqrt{E/R_yF_y}$	$1,57\sqrt{E/R_yF_y}$

2.2.2 Persyaratan komponen struktur daktail tinggi

Pertambahan lateral harus ditempatkan berdekatan dengan lokasi sendi plastis terekspektasi. Pembreisan diberikan pada kedua sayap balok atau penampang melintang komponen struktur harus terbreis dengan pembreisan torsional titik. Kekuatan perlu pembreisan lateral dari masing-masing sayap harus sesuai persamaan 2. Kekuatan perlu pembreisan torsional yang tersedia yang berdekatan dengan sendi plastis harus sesuai persamaan 3. Kekakuan pembreisan yang diperlukan untuk pembreisan lateral atau pembreisan torsional balok dengan $C_d = 1,0$ dan dengan kekuatan lentur balok yang diperlukan harus memenuhi persamaan 4. Pembreisan komponen struktur daktail tinggi harus memiliki spasi maksimum sesuai persamaan 5.

$$P_r = 0,06R_y f_y Z / (\alpha_s h_0) \tag{2}$$

$$M_{r1} = 0,06R_y f_y Z / \alpha_s \tag{3}$$

$$M_{r2} = R_y f_y Z / \alpha_s \tag{4}$$

$$L_b = 0,095r_y E / (R_y F_y) \tag{5}$$

dengan :

h_0 : jarak antara titik berat sayap (mm)
 α_s : 1,0 (faktor penyesuaian tingkat gaya DFBT)

R_y : rasio kekuatan leleh terekspektasi terhadap kekuatan leleh minimum terspesifikasi

F_y : rasio kekuatan leleh terekspektasi terhadap kekuatan leleh minimum terspesifikasi

Z : modulus penampang plastis terhadap sumbu lentur (mm^3)

L_b : panjang antara titik-titik yang terbreis terhadap perpindahan lateral sayap tekan atau terbreis terhadap puntir penampang (mm)

r_y : radius girasi komponen individual terhadap sumbu lemah (mm)

Kekuatan perlu pada kolom-kolom rangka pemikul momen ditentukan berdasarkan persamaan 6, persamaan 7 dan persamaan 8.

$$\frac{\sum M'_{pc}}{\sum M'_{pb}} > 1 \tag{6}$$

$$\sum M'_{pc} = \sum Z_c (f_{yc} - \frac{\alpha_s P_r}{A_g}) \tag{7}$$

$$\sum M'_{pb} = \sum (M_{pr} + \alpha_s M_v) \tag{8}$$

dengan :

$\sum M'_{pc}$: jumlah dari proyeksi kekuatan lentur nominal kolom (Nmm)

$\sum M'_{pb}$: jumlah dan proyeksi kekuatan lentur terekspektasi dari balok pada lokasi sendi plastis pada sumbu kolom (Nmm)

A_g : luas bruto kolom (mm^2)

f_{yb} : tegangan leleh minimum balok terspesifikasi (MPa)

f_{yc} : tegangan leleh minimum kolom terspesifikasi (MPa)

M_{pr} : momen maksimum yang mungkin terjadi pada lokasi sendi plastis (Nmm)

M_v : momen tambahan akibat pembesaran gaya geser pada lokasi sendi plastis (Nmm)

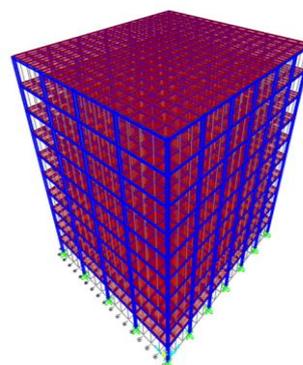
P_r : kuat tekan perlu

Z_c : modulus penampang plastis kolom terhadap sumbu lentur (mm^3)

Setelah profil memenuhi persyaratan, maka perhitungan lebih lanjut dapat dilakukan. Namun, jika profil yang dipilih tidak daktail maka perlu mengganti profil sesuai dengan permasalahan yang ditemukan. Setelah seluruh profil balok dan kolom sudah memenuhi persyaratan maka pemodelan dapat dilanjutkan.

2.3 Pemodelan Gedung

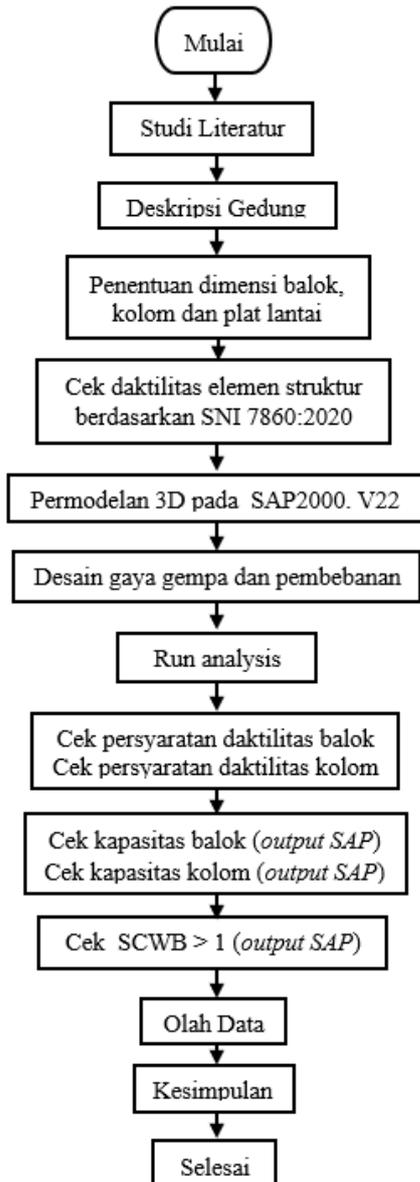
Pemodelan gedung menggunakan program SAP2000 v22. Peraturan pembebanan pada SAP 2000 menggunakan ASCE 7-16 sesuai dengan SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020, sedangkan untuk desain baja sesuai dengan AISC 360-16 dengan mempertimbangkan persyaratan seismik. Model 3D struktur disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model 3D struktur gedung

2.4 Flowchart Penelitian

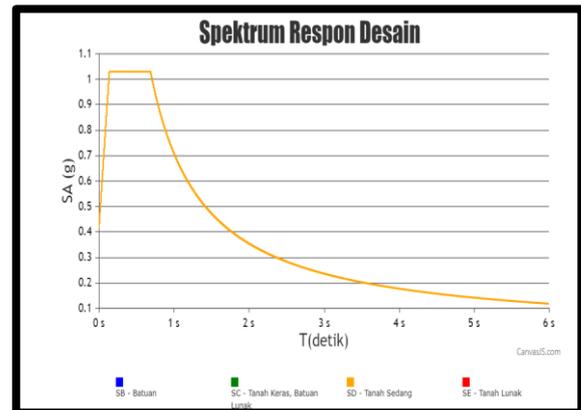
Adapun *flowchart* penelitian yang menggambarkan proses desain secara umum dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3 Flowchart penelitian

2.5 Pembebanan dan kombinasi beban

Pembebanan pada struktur meliputi beban mati (DL) yang merupakan berat sendiri struktur dihitung otomatis oleh SAP dan beban mati tambahan (SID) yang melekat pada struktur sebesar 155 kg/m². Beban hidup (LL) sesuai fungsi hotel ditetapkan sebesar 250 kg/m². Kurva respon spektrum desain untuk perhitungan beban gempa di lokasi Patuk, Gunung Kidul sesuai GPS -7.8519327 LS dan 110.4849541 BT diperoleh melalui aplikasi RSA Puskim 2021 yaitu $S_s = 1,5$ g dan $S_1 = 0,6136$ g disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Spektrum respon desain patuk, gunung kidul (SD)

Kombinasi beban yang digunakan sesuai dengan kombinasi DFBT pada SNI 1727:2020 dengan menambahkan beban gempa vertikal dan horizontal baik statik ekuivalen maupun beban gempa dinamik menggunakan respon spektrum setelah melalui tahap penskalaan gaya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan baja profil sesuai ASTM A36 dengan nilai $f_y = 250$ Mpa dan ASTM A913 M dengan $f_y = 345$ MPa menunjukkan bahwa sebagian profil di pasaran Indonesia memiliki daktilitas tinggi pada sayap maupun badan profil. Sebagian lainnya menunjukkan bahwa sayap profil memenuhi syarat daktilitas tinggi dan menengah namun namun badan profil tidak memenuhi syarat. Baja profil sesuai ASTM A36 dan ASTM A913M sampai dengan profil WF 400.400.45.70 masih memenuhi syarat daktilitas tinggi dan menengah, sedangkan mulai profil WF 450.200.9.12 ke atas memiliki kapasitas tinggi namun tidak memenuhi persyaratan daktilitas.

Penentuan dimensi profil pada penelitian ini untuk balok dan kolom direncanakan memenuhi syarat daktilitas kemudian kapasitas bresing dan jarak antar bresing dihitung untuk memenuhi persamaan (2) sampai (5) untuk persyaratan daktilitas tinggi. Profil balok yang diperoleh untuk material ASTM A36 dan ASTM A913M semuanya memenuhi syarat daktilitas tinggi. Hasilnya disajikan pada Tabel 4. Profil terpilih diambil dari Tabel Profil Konstruksi Baja oleh Ir. Rudy Gunawan. Balok BI-X menggunakan profil WF 200.200.10.16, balok BI-Y menggunakan profil WF 300.200.9.14 sedangkan untuk balok anak BA untuk arah X dan Y menggunakan profil WF 200.200.10.16.

Tabel 4
Profil balok sesuai persyaratan daktil

KODE	$\frac{b}{t}$	$\frac{h}{t_w}$	P_r (KN)	M_{r1} (KNm)	M_{r2} (KNm)	L_b (m)
ASTM A36						
BI-X	6,3	16,8	0,267	0,049	0,818	2,59
BI-Y	7,1	30,2	0,149	0,043	0,71	2,42
BAX-y	6,3	16,8	0,267	0,049	0,818	2,59
ASTM A913M						
BI-X	6,3	16,8	0,270	0,049	0,827	2,57
BI-Y	7,1	30,2	0,150	0,043	0,720	2,38
BAX-y	6,3	16,8	0,270	0,049	0,827	2,57

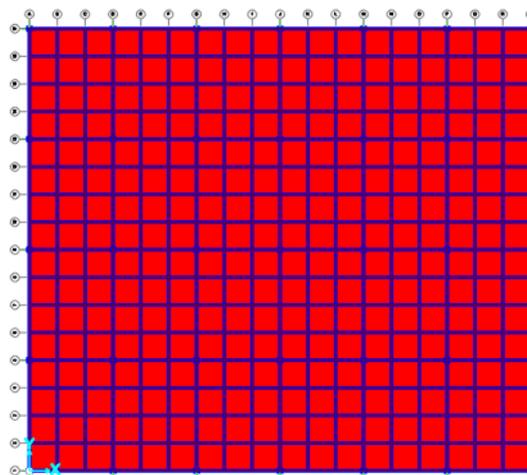
Balok yang telah memenuhi persyaratan daktilitas, kemudian dihitung kapasitasnya dalam menahan gaya aksial (P_n), momen pada arah sumbu lemah (M_{2-2}) dan momen pada arah sumbu kuat (M_{3-3}) kemudian dihitung *demand capacity ratio* untuk menahan kombinasi aksial dan lentur sesuai persamaan H1-1a atau H1-1b SNI 1729:2020. Perhitungan *demand capacity ratio* dilakukan secara otomatis menggunakan program SAP 2000 dengan keseluruhan parameter telah disesuaikan dengan SNI yang berlaku. Hasil perhitungan kapasitas balok disajikan pada Tabel 5. Denah balok disajikan pada Gambar 4.

Tabel 5
Hasil Perhitungan Kapasitas balok

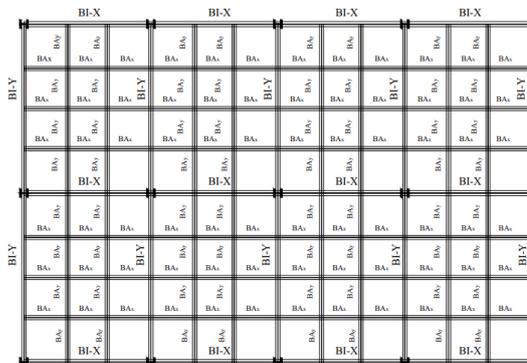
KODE	P_n (KN)	M_{2-2} (KNm)	M_{3-3} (KNm)	$\frac{D}{C}$ <i>ratio</i>
ASTM A36				
BI-X	505,46	0,083	105,84	98,8%
BI-Y	509,15	0,472	157,49	99%
BAX-y	112,58	0,596	22,74	19,5%
ASTM A913M				
BI-X	525,7	0,094	112,81	78%
BI-Y	545,01	0,529	164,43	77%
BAX-y	204,44	0,036	15,09	11%

Tabel 5 menunjukkan bahwa penggunaan baja profil dengan mutu yang lebih tinggi (ASTM A913M) memberikan hasil *D/C ratio* lebih rendah. Untuk ukuran profil yang sama, penggunaan mutu tinggi menyebabkan baja yang digunakan semakin boros dalam arti kapasitas yang disediakan terlalu besar jika dibandingkan kebutuhannya. Baja profil ASTM A36 lebih tepat digunakan untuk bangunan gedung 10 lantai yang direncanakan, karena memenuhi syarat daktilitas dengan material baja sangat ekonomis. Balok anak menggunakan WF 200.200.10.16 memberikan nilai *D/C ratio* yang rendah 19,5% dan 11% (sangat boros). Namun untuk mengubah

profil menjadi lebih kecil menyebabkan nilai L_b menjadi semakin kecil untuk memenuhi persyaratan daktil tinggi sehingga secara keseluruhan perlu semakin banyak profil yang digunakan. Denah bangunan yang telah disesuaikan dengan persyaratan daktil tinggi disajikan pada Gambar 5 a dan Gambar 5b.



Gambar 5a. Denah Balok
(tipikal lt.1 s/d lt 10)



Gambar 5b. Denah Balok
(tipikal lt.1 s/d lt 10)

Perencanaan kolom menghasilkan kolom K1 menggunakan profil WF 300.300.60.60, kolom K2 menggunakan profil WF 300.300.45.45, sedangkan kolom K3 menggunakan profil WF 300.300.30.30. Kolom K1, K2 dan K3 merupakan profil tersusun agar memenuhi syarat daktil tinggi pada sayap dan badan untuk baja profil ASTM A36 dan ASTM A913M. Kolom K1 adalah kolom dari lantai 1 sampai lantai 4, kolom K2 digunakan pada lantai 5 sampai lantai 8 sedangkan kolom K3 digunakan pada dua lantai teratas yaitu lantai 9 dan lantai 10. Profil kolom yang memenuhi persyaratan daktil tinggi disajikan pada Tabel 6. Hasil perhitungan kapasitas kolom serta *demand capacity ratio* kolom disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6
Profil kolom sesuai persyaratan daktilitas

KO	$\frac{b}{t}$	$\frac{h}{t_w}$	P_r (KN)	M_{r1} (KNm)	M_{r2} (KNm)	L_b (m)
ASTM A36						
K1	2,5	3,0	2,68	0,644	10,73	3,87
K2	3,3	4,7	1,88	0,48	7,99	3,78
K3	5,0	8,0	1,17	0,32	5,27	3,71
ASTM A913M						
K1	2,5	3,0	2,72	0,65	10,86	3,82
K2	3,3	4,7	1,9	0,485	8,1	3,74
K3	5,0	8,0	1,18	0,32	5,33	3,67

Tabel 7
Hasil perhitungan kapasitas kolom

KODE	P_n (KN)	M_{2-2} (KNm)	M_{3-3} (KNm)	$\frac{D}{C}$ ratio
ASTM A36				
K1	4545,11	180,85	10	75%
K2	2641,61	142,86	1,99	63,4%
K3	821	68,16	0,983	39,3%
ASTM A913M				
K1	5170,68	181,34	11,198	61,65%
K2	3044	143,30	2,22	51,5%
K3	1002,21	67,86	0,931	32%

Perhitungan kapasitas kolom menunjukkan bahwa kolom K1 memiliki nilai D/C ratio terbesar yaitu 75 %. Penggunaan profil tersusun memberikan hasil lebih ekonomis jika dibandingkan dengan profil di pasaran. Untuk memenuhi persyaratan daktilitas tinggi, profil baja di pasaran yang bisa digunakan untuk elemen kolom pada bangunan rencana adalah WF 400.400 dengan berbagai variasi tebal sayap dan badan yang tersedia. Kolom tidak terlalu memerlukan tinggi profil yang besar, melainkan lebih menekankan pada tebal sayap dan badan kolom.

Sistem struktur SRPMK menerapkan prinsip *strong column weak beam*. Hasil perhitungan SCWB sesuai persamaan (6) dipengaruhi oleh M_{pr} yang adalah momen maksimum yang mungkin terjadi pada lokasi sendi plastis. Nilai M_{pr} tergantung pada sistem sambungan terpraktualifikasi rangka momen khusus dan menengah yang dipilih dan digunakan pada struktur sesuai SNI 7972:2020. Pemeriksaan SCWB dari software SAP 2000 dilakukan dengan mengubah data *beam column ratio* (B/C ratio) hasil analisa menjadi *column beam ratio* (C/B ratio) dengan hasil > 1 disajikan pada Tabel 8. B/C ratio dan C/B ratio menjadi faktor penentu akhir dari nilai ekonomis suatu kolom. Meskipun D/C ratio tidak terlalu besar namun konsep SCWB mensyaratkan C/B ratio > 1 .

Tabel 8

Hasil pengecekan SCWB

KODE	$\frac{B}{C}$ ratio	$\frac{C}{B}$ ratio
ASTM A36		
K1	68%	1,47
K2	81%	1,23
K3	97%	1,03
ASTM A913M		
K1	64%	1,5
K2	79%	1,26
K3	96,4%	1,04

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan bangunan 10 lantai yang telah dilakukan, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

- Profil balok baja untuk ASTM A36 dan ASTM A913M adalah sebagai berikut:
 BI-X : WF 200 x 200 x 10 x 16
 BI-Y : WF 300 x 200 x 9 x 14
 BAx-y : WF 200 x 200 x 10 x 16
- Profil kolom baja untuk ASTM A36 dan ASTM A913M adalah sebagai berikut:
 K1 : WF 300 x 300 x 60 x 60
 K2 : WF 300 x 300 x 45 x 45
 K3 : WF 300 x 300 x 30 x 30
- Keseluruhan profil balok memenuhi syarat daktilitas tinggi dan memenuhi D/C ratio dengan hasil yang sangat ekonomis. Profil kolom menggunakan profil tersusun yang memenuhi syarat daktilitas tinggi memberikan hasil lebih optimal jika dibandingkan dengan profil yang tersedia di pasaran.
- Hasil klasifikasi profil baja di pasaran Indonesia menunjukkan bahwa sebagian profil memiliki daktilitas tinggi pada sayap maupun badan profil. Sebagian lainnya menunjukkan bahwa sayap profil memenuhi syarat daktilitas tinggi dan menengah namun badan profil tidak memenuhi syarat.
- Penggunaan mutu baja yang lebih tinggi menyebabkan D/C ratio menurun artinya kapasitas baja meningkat meskipun gaya yang terjadi akibat beban tetap. Pemilihan mutu baja yang tepat dapat menghemat biaya struktur secara keseluruhan.
- B/C ratio lebih menentukan hasil akhir perancangan kolom untuk memastikan SCWB terpenuhi.

DAFTAR PUSTAKA

- ATC, FEMA (2015) 'Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: FEMA 154 and FEMA 155 updates', ATC, FEMA, 2015 [Preprint], (January).

- Available at:
<https://doi.org/10.4231/D3M90238V>.
- Azwan, Faisal and Setya Budi, G. (2020) 'Analisis Struktur Baja Gedung Perkuliahan 7 Lantai Dengan Ketentuan Desain Kekuatan Izin (DKI)', *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, pp. 1–8.
- BSN (2019) 'Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung', *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia*, (8), p. 254.
- BSN (2020a) 'Ketentuan siesmik untuk bangunan gedung baja struktural', (8), pp. 1–336.
- BSN (2020b) 'Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727: 2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur', *Badan Standarisasi Nasional 1727:2020*, (8), pp. 1–336.
- Dewobroto, W. (2018) 'Prospek dan Permasalahan Bangunan Baja Tahan Gempa', (66), pp. 1–32.
- Margeritha, Telaumbanua & Gulo (2023) 'Pengaruh Peningkatan Percepatan Gempa Periode Pendek (Ss) Terhadap Struktur Bangunan 10 dan 30 Lantai di Daerah Istimewa Yogyakarta', 01(01), pp. 8–17.
- Nada, I.M. *et al.* (2023) 'Pengisi', 12(1), pp. 45–52.
- Nugroho, S.C. (2019) 'Pusat Studi Gempa Bumi Di Kabupaten Bantul', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), p. 4.
- Nuraga, K. *et al.* (2022) 'Analisis Daktilitas Struktur Gedung Rangka Beton Bertulang Dengan Metode Analisis Pushover', *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, 4(2), pp. 98–105. Available at:
<https://doi.org/10.38043/telsinas.v4i2.3342>.
- 'Pack Carburizing' (2018) *Steel Heat Treating Fundamentals and Processes*, pp. 560–564. Available at:
<https://doi.org/10.31399/asm.hb.v04a.a0005765>.
- Sartika Siregar, D., Panjaitan, S. and Simbolon, R.H. (2020) 'Analisa Pengaku (Stiffener) Pada Balok Baja Iwf Akibat Torsional Buckling', *Cetak) Buletin Utama Teknik*, 15(2), pp. 1410–4520.
- Sungkono, K.K. (2019) 'Respon Spektra Gempa Kota Yogyakarta, Surakarta Dan Semarang Berdasarkan Peta Gempa Sni 2012 Dan Peta Gempa 2017', *JUTEKS: Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), p. 39. Available at:
<https://doi.org/10.32511/juteks.v4i1.304>.
- Tajunnisa, Yuyun, Chadaffi, M. and Ramadhaniawan, V. (2014) 'Perbandingan Evaluasi Kinerja Bangunan Gedung Tahan Gempa antara Metode SRPMM dan SRPMK SRPMK (Sistem Rangka Pemikul ditentukan dari peninjauan gaya daerah yang ditentukan pada SNI', *Jurnal APLIKASI*, 12(1), pp. 1–16.
- Zachari, M.Y. and Turuallo, 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*, pp. 9–16. Available at:
<https://doi.org/10.22487/renstra.v1i2.24>.