

Optimalisasi Profil Baja IWF Pada Konstruksi Bangunan Parkir Sepeda Motor 4 Lantai (Studi Kasus Gedung Spazio Tower 2, Surabaya)

Azmi Cindi Santina¹⁾, Safrin Zuraidah²⁾, K. Budi Hastono³⁾

¹⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo
Jl. Semolowaru 84 Surabaya, 60118
Email: azmicindisantina@gmail.com

²⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo
Jl. Semolowaru 84 Surabaya, 60118
Email: safrini@yahoo.com

³⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo
Jl. Semolowaru 84 Surabaya, 60118
Email: budihastono@gmail.com

Abstract

Limited land is a cause way nowadays construction projects tend to build buildings vertically. As for instance is the construction of the 4 floors parking lot of Spazio Tower 2 which uses steel structures. However, that development is considered as not optimal yet, so it is necessary to re-plan the selection of IWF steel profiles in the portal structure (beams and columns) that is able to withstand the loads. In this optimization, the calculation refers to the Structural Steel Buildings Specification (SNI 1729:2015), and the loading refers to the Planning Guidelines of Houses and Buildings Loading (PPURG 1987), and the earthquake loading refers to the Planning Standards of Earthquake Resilience Building Structure (SNI 1726-2002) by using 2D modelings in structural analysis using SAP200. Based on the result of the structural analysis and re-planning a new profil on the construction structure of the 4 floors parking lot, the optimal IWF profile for elongated beam components is 400 x 200 x 7 x 11, transverse beam components using IWF is 350 x 175 x 6 x 9, and in the columns both longitudinal and transverse using IWF is 350 x 350 x 10 x 16. With the percentage of reduction in dimensions of 33% from the existing, 45,1% of nominal factor moments and 2,1% at nominal compressive strength compared to existing condition.

Keywords: steel structure; optimization; nominal moment; compressive strength.

Abstrak

Keterbatasan lahan merupakan penyebab pembangunan pada saat ini dibangun vertikal, begitu pula dengan pembangunan tempat parkir sepeda motor lantai 4 gedung Spazio Tower 2 dengan menggunakan struktur baja. Namun pembangunan tersebut dirasa belum optimal, sehingga perlu direncanakan ulang pemilihan profil baja IWF yang paling optimal pada struktur portal (balok dan kolom) serta tetap dapat menahan beban-beban dalam yang terjadi. Dalam pengoptimalisasian ini perhitungan mengacu pada *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* (SNI 1729:2015), dan pembebanan mengacu pada *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung* (PPURG 1987) serta pembebanan gempa mengacu pada *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung* (SNI 1726-2002) dengan menggunakan permodelan 2D pada analisis struktur menggunakan SAP2000. Berdasarkan hasil analisis struktur dan perencanaan ulang profil baru pada struktur portal pembangunan tempat parkir sepeda motor 4 lantai dihasilkan profil IWF yang optimal untuk komponen balok memanjang menggunakan IWF 400 x 200 x 7 x 11, komponen balok melintang menggunakan IWF 350 x 175 x 6 x 9 dan pada kolom baik memanjang maupun melintang menggunakan IWF 350 x 350 x 10 x 16. Dengan presentase pengurangan pada dimensi sebesar 33% dari eksisting, 45,1 % pada momen nominal terfaktor dan 2,1% pada kuat tekan nominal dibandingkan kondisi eksisting.

Kata kunci : Struktur Baja; Optimalisasi; momen nominal; kuat tekan.

PENDAHULUAN

Pada saat ini pertumbuhan dari sector bisnis yang khususnya di dunia properti dan hunian serta bertambahnya minat dari para pelaku bisnis yang menginginkan suatu properti perkantoran, namun dengan keterbatasan lahan yang ada menyebabkan sulitnya dalam membuat suatu bangunan perkantoran yang sesuai dengan keinginan para pelaku bisnis.

Untuk perkantoran besar keindahan tidak dilihat dari kemegahan gedung, namun tata letak sarana prasarana

gedung juga perlu salah satunya sarana tempat parkir kendaraan. Karena jumlah penghuni gedung Spasio Tower 2 yang cukup banyak yang menggunakan sepeda motor dengan keterbatasan lahan, maka pembangunan tempat parkir sepeda motor 4 lantai dengan konstruksi struktur baja guna menampung kapasitas yang banyak pun dilakukan.

Tujuan perencanaan struktur adalah untuk menghasilkan sebuah struktur yang memenuhi kriteria terhadap kekuatan, kemampuan layanan dan ekonomis.

Pembangunan konstruksi dengan struktur baja merupakan salah satu alternatif untuk pembangunan gedung bertingkat, selain pengerjaannya yang cepat, alat bantu penunjang pemasangan struktur baja pun lebih sederhana. Pembangunan parkiran 4 lantai yang sudah ada dengan menggunakan profil baja IWF untuk struktur portal (kolom dan balok) tersebut dirasa boros dan belum optimal.

Dengan cara mengkaji hitungan struktur bangunan tempat parkir gedung Spazio Tower 2, diharapkan dapat mengetahui besarnya nilai kuat tekan *ultimate* (P_u) yang bekerja pada kolom dan Momen *ultimate* (M_u) pada balok. Besarnya nilai kuat tekan *ultimate* (P_u) akan berpengaruh terhadap kuat tekan nominal terfaktor (ϕP_u), dikarenakan kuat tekan nominal terfaktor (ϕP_u) harus lebih besar dari pada kuat tekan *ultimate* (P_u) agar struktur bangunan tersebut aman. Akan tetapi bila kuat tekan nominal terfaktor (ϕP_u) terlalu besar dari kuat tekan *ultimate* (P_u), maka akan menyebabkan pemborosan pada struktur bangunan tersebut (kolom). Begitu pun sebaliknya dengan balok dimana Momen *ultimate* (M_u) harus lebih kecil dari M_R (Momen rencana terfaktor), sehingga untuk menekan angka pemborosan merencanakan ulang pemilihan profil baja IWF untuk kolom dan balok pun menjadi salah satu alternatifnya.

PERMASALAHAN

1. Berapakah penggunaan profil baja IWF pada struktur portal (kolom dan balok) yang optimal.
2. Bagaimanakah perbandingan dimensi serta nilai momen nominal terfaktor (ϕM_n) dan kuat tekan nominal terfaktor (ϕP_u) profil Baja IWF eksisting dengan momen nominal terfaktor (ϕM_n) dan kuat tekan nominal terfaktor (ϕP_u) profil baja IWF hasil perhitungan baru.

Dengan tujuan untuk mengetahui profil baja IWF yang optimal, serta mengetahui perbandingan dimensi momen nominal terfaktor (ϕM_n) dan kuat tekan nominal terfaktor (ϕP_u) profil Baja IWF eksisting dengan momen nominal terfaktor (ϕM_n) dan kuat tekan nominal terfaktor (ϕP_u) profil baja IWF hasil perhitungan baru.

A. Konstruksi Baja

Konstruksi merupakan objek keseluruhan bangunan yang terdiri dari bagian-bagian struktur, konstruksi baja adalah sebuah konstruksi atau rangka baja yang terdiri dari susunan beberapa batang-batang baja yang disambung pada pertemuan simpul menggunakan baut, las lumer dan juga paku keling.

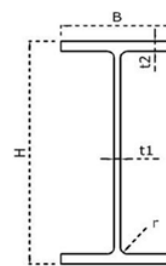
Baja merupakan bahan material bangunan yang sangat kuat dan memiliki keunggulan fleksibilitas dibandingkan struktur rangka beton. Baja dapat dibengkokkan tanpa menjadi patah sehingga banyak dipakai pada bangunan tinggi, bila terjadi dorongan akibat terpaan angin kencang maupun goyangan akibat gempa, maka bangunan struktur baja memiliki toleransi lentur yang lebih baik dibanding struktur beton yang kaku. Kelebihan lainnya adalah tidak akan langsung patah atau retak seperti kaca tetapi secara perlahan menjadi bengkok terlebih dahulu.

Kegagalan struktur pada rangka baja tidak berlangsung tiba-tiba dan jarang sekali ambruk, baja dalam beberapa

kasus menunjukkan kualitas yang lebih baik pada kejadian gempa bumi dibandingkan dengan material bangunan yang lain. Satu sifat baja yang paling penting adalah bahwa terhadap api yang sangat panas ia dapat meleleh, berubah bentuk dan menjadi kehilangan kekuatannya. Pada suhu 500 derajat celsius (930F) struktur baja dapat kehilangan hampir setengah dari kekuatannya, oleh karenanya struktur baja pada bangunan tinggi biasanya diberi pelindung terhadap api berupa lapisan beton (beton komposit) atau disemprot dengan zat pelindung api.

B. Profil Wide Flange

Profil *Wide Flange* adalah profil berpenampang H atau I dengan sumbu simetri ganda, yang dihasilkan dari proses canai panas (*Hot rolling mill*) atau profil tersusun buatan. Baja Profil *WF-beam* memiliki dimensi tinggi badan (H), lebar sayap (B), tebal badan (t_1), tebal sayap (t_2) merata dari ujung hingga pangkal radius (r) dengan penjelasan seperti pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Profil Baja *Wide Flange*.

C. Konsep Optimalisasi

Dalam pelaksanaan pembangunan proyek konstruksi sering mengalami keterlambatan akibat berbagai hal yang menyebabkan terjadinya kerugian materi dan waktu. Oleh karena itu dilaksanakan optimalisasi sumber daya yang ada khususnya sumber daya biaya dan waktu. Adapun tujuan mengoptimalkan suatu proyek adalah agar dapat memperoleh keuntungan yang lebih baik tanpa mengurangi kualitas (mutu) suatu konstruksi. Optimalisasi berasal dari kata dasar optimal yang berarti yang terbaik. Jadi optimalisasi adalah proses pencapaian suatu pekerjaan dengan hasil dan keuntungan yang besar tanpa harus mengurangi mutu dan kualitas dari suatu pekerjaan.

Pengertian optimalisasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah optimalisasi berasal dari kata optimal yang berarti terbaik, tertinggi, jadi optimalisasi adalah suatu proses meninggikan atau meningkatkan.

Pengertian optimalisasi menurut Wikipedia adalah serangkaian proses yang dilakukan secara sistematis yang bertujuan untuk meningkatkan volume dan kualitas grafik kunjungan melalui mesin pencari menuju situs web tertentu dengan memanfaatkan mekanisme kerja atau algoritma mesin pencari tersebut.

Berdasarkan pengertian diatas penulis menyimpulkan pengertian optimalisasi adalah suatu proses yang dilakukan dengan cara terbaik dalam suatu pekerjaan untuk mendapatkan keuntungan tanpa harus mengurangi kualitas pekerjaan.

Yulistri, Andriani. (2017) melakukan penelitian sejenis. Penelitiannya berjudul “*Optimalisasi Profil Baja IWF Pada Bangunan Gudang Konstruksi Gable Frame Berdasarkan SNI 1927-2015*” Hasil penelitiannya memperlihatkan penggunaan profil baja pada bangunan gudang yang dirasa belum optimal, maka perhitungan mengenai penentuan model *gable frame* serta dimensi profil baja agar penggunaannya dapat dioptimalkan. Dengan perhitungan analisa struktur menggunakan panduan SNI 1729:2015. Dengan hasil perhitungan portal tipe 1 adalah 4.771,89 kg, portal tipe 2 adalah 3.348,18 kg, portal tipe 3 adalah 3.682,24 kg, dan portal tipe 4 adalah 10.541,15 kg. Pada portal tipe 2 yang memiliki berat paling kecil sehingga dapat disimpulkan bahwa portal tersebut paling optimal.

D. Beban

- Pembebanan mati dan hidup menggunakan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987)
- Pembebanan gempa menggunakan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2002)

E. Perencanaan Portal

Perencanaan Komponen Lentur (Beam)

1. Pemeriksaan kelangsingan penampang balok terdapat pada SNI 1729-2015

$$\frac{bf}{2 \times tf} \leq \lambda = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{fy}} \quad (1)$$

$$\frac{d}{tw} \leq \lambda = 2,45 \sqrt{\frac{Es}{fy}} \quad (2)$$

2. Pemeriksaan pengaruh tekuk lateral dan kuat lentur berdasarkan SNI 1729-2015

$$L_{bmax} = 0,086 \times iy \times \frac{Es}{fy} \quad (3)$$

$$L_p = 1,76 \times iy \times \sqrt{\frac{Es}{fy}} \quad (4)$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \times \frac{E}{0,7fy} \sqrt{\frac{J_c}{S_x \times r_o} + \sqrt{\left[\frac{J_c}{S_x \times r_o}\right]^2 + 6,76 \left[\frac{0,7fy}{E}\right]^2}} \quad (5)$$

$$r_{ts} = \frac{bf}{\sqrt{12 \left[1 + \frac{1 \times h \times tw}{6bf \times tf}\right]}} \quad (6)$$

$$J_c = 1/3(2bf \cdot tf^3 + dw \cdot tw^3) \quad (7)$$

Cek kekuatan :

$$L_b \leq L_p$$

Maka momen nominal

$$M_n = M_p = Z_x \cdot fy \quad (8)$$

$$L_b > L_p$$

Maka momen nominal

$$M_n = C_b [M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left\{ \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right\}] \leq M_p \quad (9)$$

$$C_b = \frac{12,5 \times M_{max}}{2,5 M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (10)$$

Dengan nilai reduksi lentur $\phi_b = 0,9$ (DFMK) maka rasio kapasitas lentur balok :

$$\text{Rasio momen} = \frac{M_u}{\phi_b \times M_n} < 1 \quad (11)$$

3. Pemeriksaan kekuatan geser balok

$$\lambda_w = \frac{d}{tw} \quad (12)$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{L_E}{d}\right)^2} \quad (13)$$

$$1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{fy}} \quad (14)$$

Karena $\lambda_w \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{fy}}$ maka leleh terjadi pada plat

badan $C_v = 1$

Kuat geaer nominal ditentukan berdasarkan SNI 1729-2015

$$V_n = 0,6 \times fy \times A_w \times C_v = 0,6 \times fy \times (d \times tw) \times C_v \quad (15)$$

Dengan nilai reduksi geser $\phi_s = 0,9$ (DFMK) maka rasio kapasitas geser balok :

$$\text{Rasio shear} = \frac{V_u}{\phi_s \times V_n} < 1 \quad (16)$$

4. Pemeriksaan interaksi lentur dan geser

$$\frac{M_u}{\phi_b \times M_n} + 0,625 \times \frac{V_u}{\phi_s \times V_n} < 1,375 \quad (17)$$

Perencanaan Komponen Tekan (Compression Member)

1. Pemeriksaan kelangsingan penampang kolom

Untuk sayap

$$\frac{bf}{2 \times tf} \leq \lambda = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{fy}} \quad (18)$$

Untuk badan

Jika $C_a \leq 0,125$

$$\frac{d}{tw} \leq \lambda = 2,45 \sqrt{\frac{Es}{fy}} (1 - 0,93 \times C_a) \quad (19)$$

Jika $C_a \geq 0,125$

$$\frac{d}{tw} \leq \lambda = 0,77 \sqrt{\frac{Es}{fy}} (2,93 - C_a) \geq 1,49 \times \sqrt{\frac{Es}{fy}} \quad (20)$$

Dimana $P_y = A_s \times fy$

$C_a = \frac{P_u}{\phi_c \times P_y}$

$$C_a = \frac{P_u}{\phi_c \times P_y} \quad (21)$$

2. Pemeriksaan kelangsingan elemen kolom

Kekuatan kolom terhadap kekuatan aksial kecuali ada gaya lintang yang bekerja dalam bentang kolom tersebut.

$$L_b < L_{bmax}$$

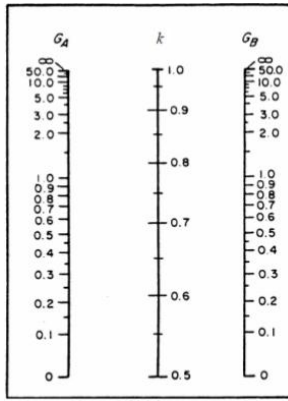
$$L_{bmax} = 0,086 \times iy \times \frac{Es}{fy} \quad (22)$$

3. Pemeriksaan kapasitas aksial kolom

- a) Menentukan panjang efektif kolom

Pada Bab C, pasal C3 SNI 1729-2015, faktor panjang efektif (k) dari semua komponen struktur harus diambil 1 (satu) kecuali nilai yang lebih kecil dapat diterima melalui analisis rasional. Dengan menghitung nilai momen inersia pada kolom maupun balok yang terjadi pada perpotongan yang akan dihitung untuk mendapatkan nilai k pada nomogram seperti berikut :

$$G_A = \frac{\sum (I_A)_r}{\sum (I_A)_b} \quad (24)$$



Gambar 2 Nomograma Portal Tidak Bergoyang

Untuk kolom bergoyang dengan menggunakan *Direct Analysis Method (DAM)*

$$k_x = k_y = 1$$

$$\lambda_x = \frac{k_x \times L_b}{i_x} \quad (25)$$

$$\lambda_y = \frac{k_y \times L_b}{i_y} \quad (26)$$

$$\lambda_y < 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \times \sqrt{\frac{200.000}{240}} \quad (27)$$

Maka mencari nilai \$F_{cr}\$ adalah :

b) Menentukan tegangan lentur kolom

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 E_s}{\lambda_y^2} \quad (28)$$

$$F_{cr} = 0,658 \frac{f_y}{F_{ey}} \times f_y \quad (29)$$

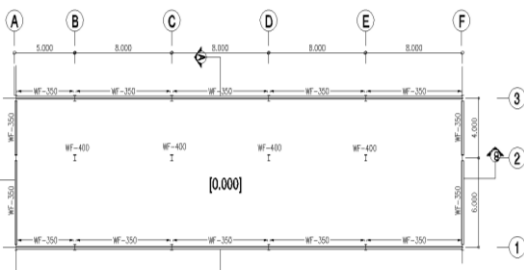
Maka kapasitas aksial kolom adalah :

$$\phi P_n = \phi c \times F_{cr} \times A_s \quad (30)$$

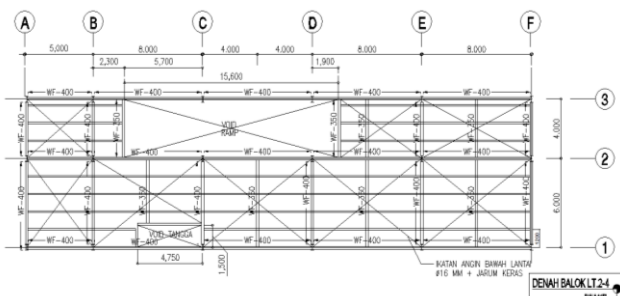
$$\text{Rasio aksial} = \frac{P_u}{\phi P_n} \leq 1 \quad (31)$$

METODE

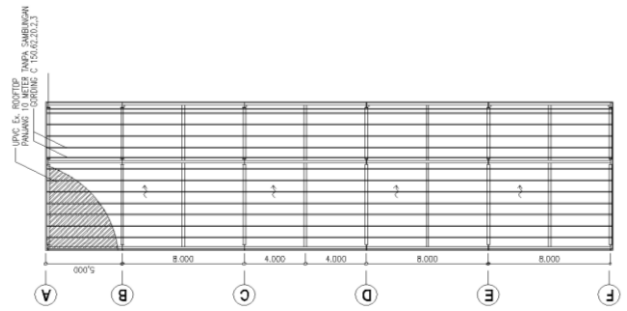
**A. Data Konstruksi
Denah dan potongan**



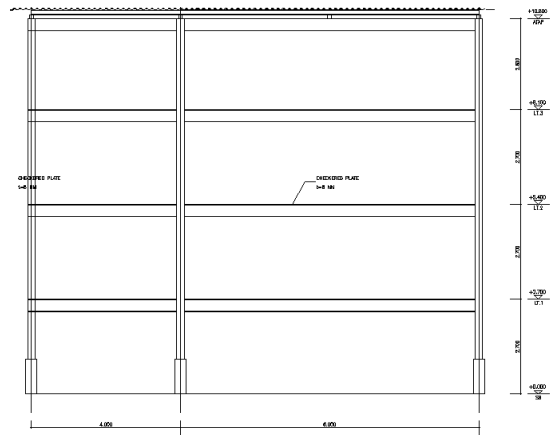
Gambar 3. Denah Lantai 1



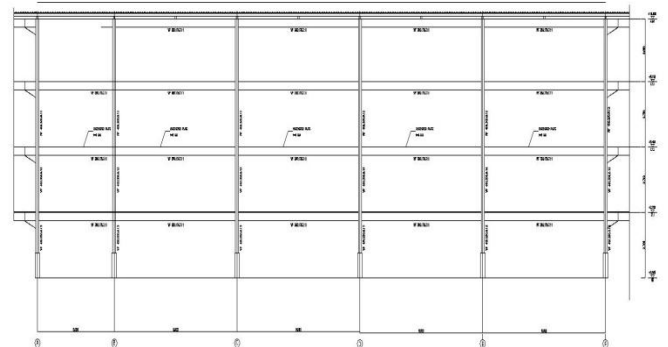
Gambar 4 Denah Lantai 2-4



Gambar 5 Denah Atap



Gambar 6 Potongan A-A



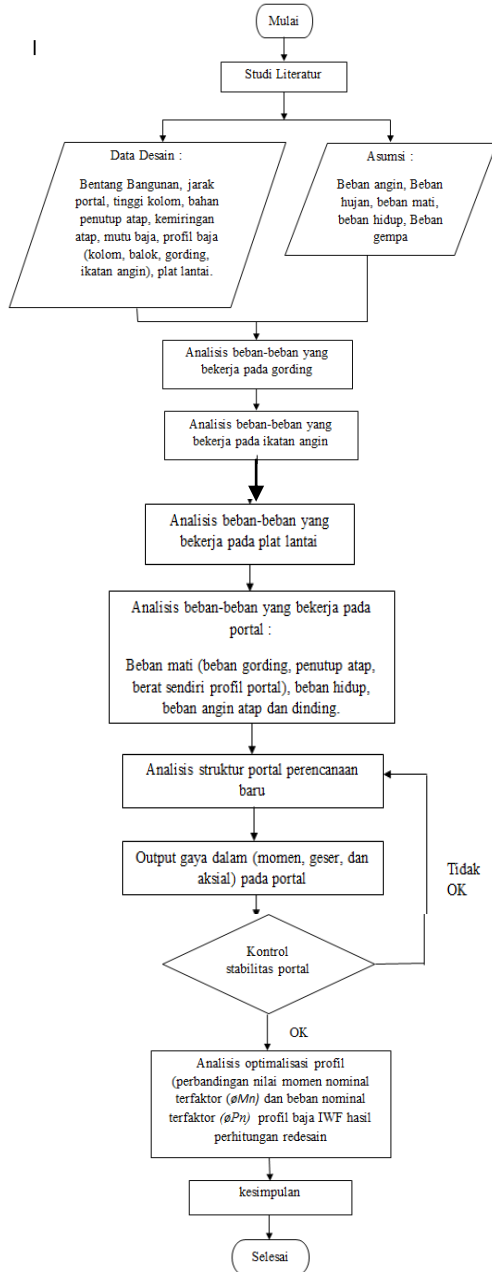
Gambar 7 Potongan B-B

Data-Data Konstruksi

- Penutup atap dari UPVC Ex.Rooftop dengan berat sendiri = 5,5 kg/m²
- Mutu baja yang digunakan Bj-37 dengan tegangan dasar = 1.600 kg/m²
- Tinggi pabrik = 10,8 m
- Beban angin yang diambil = 25 kg/m²
- Tebal plat lantai dua = 12 cm
- Lebar gedung = 10 m
- Panjang gedung = 37 m
- Jarak gording = 0,8 m
- Diameter ikatan angin bawah = ø16
- Variasi jarak balok anak = 2,4 m
- Variasi jarak balok portal = 8 m, 5 m
- Profil balok dan kolom = profil WF
- Profil gording = profil canal
- Profil rangka = Profil L

- Data dimensi profil eksisting
 - Kolom = WF 400 x 400 x 11 x 18
 - Balok memanjang dan melintang = WF 400 x 200 x 8 x 13
 - Gording = C 150 x 65 x 20 x 2,3

B. Diagram Alir



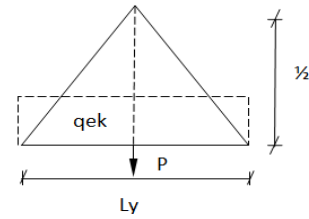
Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Pembebanan

Pembebanan Atap dan Lantai Menggunakan rumus pembebanan segitiga dan trapesium

- Beban segitiga



Gambar 9 Beban segitiga

$$P1 = \frac{1}{2} \cdot q \left(\frac{1}{2} \cdot lx\right)^2 = \frac{1}{8} \cdot q \cdot lx^2$$

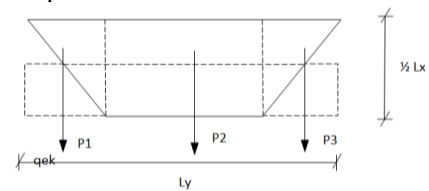
$$R = P1$$

$$\sum M = \text{ke titik 0}$$

$$\frac{1}{8} \cdot q \cdot lx^2 = -P \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot lx\right) + R \cdot \frac{1}{2} \cdot lx + R \cdot \frac{1}{2} \cdot lx$$

$$qek = \frac{1}{3} \cdot q$$

- Beban trapesium



Gambar 10 Beban trapesium

$$P1 = \frac{1}{2} \cdot q \left(\frac{1}{2} \cdot lx\right)^2 = \frac{1}{8} \cdot q \cdot lx^2$$

$$P2 = \frac{1}{2} \cdot lx \cdot q \left(\frac{ly-lx}{2}\right) = \frac{1}{4} \cdot lx \cdot q (ly - lx)$$

$$R = P1 + P2$$

$$\sum M \text{ ke titik 0} = -P1 \left\{ \left(\frac{1/3 \cdot lx}{2}\right) + \left(\frac{ly-lx}{2}\right) \right\} - P2 \left(\frac{ly-lx}{2} \right) + R \cdot \frac{1}{2} \cdot ly$$

$$qek = \frac{1}{2} \cdot q \cdot Lx \left[1 - \left(\frac{1/3 \cdot lx^2}{ly^2}\right) \right]$$

Tabel 1 Beban Merata pada Atap

Atap	Beban mati (kg/m)	Beban Hidup (kg/m)
Melintang Lx=4 m	41,4	2 segitiga x 234,75 = 266,67
Melintang Lx=6 m	41,4	2 segitiga x 156 = 400
Memanjang Ly=8m	1 trapesium x 10,3 = 10,3 + 56,6 = 66,9	1 trapesium x 243,75 = 243,75
Memanjang Ly=5m	1 trapesium x 6,56 = 6,56+56,6 = 63,16	1 trapesium x 156 = 156

Tabel 2 Beban Merata pada Lantai

Lantai	Jenis Beban	Beban mati (kg/m)	Beban Hidup (kg/m)
Melintang Lx=4 m	2 segitiga	2 x 82,6 = 165,2+41,4 = 206,6	2 x 533,34 = 1.066,68
Melintang Lx=6 m	2 segitiga	2 x 124 = 248+41,4 = 289,4	2 x 800 = 1.600
Memanjang Ly=8m	1 trapesium	151,125 + 151,2 + 494,4+56,6 = 853,325	975
Memanjang Ly=5m	1 trapesium	96,72 + 113,4 + 309+56,6 = 656,72	624

Pembebanan Gempa

1. Waktu geser bangunan (t)

Rumus empiris :

$$T_x : T_y = 0,0731 \times H^{3/4}$$

2. Faktor respon gempa (C)

Wilayah gempa 3

Tanah sedang : $T_c = 0,65$ detik

$$A_m = 0,55$$

$$A_r = 0,33$$

$$T_y > T_c : C = \frac{A_r}{T}$$

3. Faktor keutamaan gedung (I) = 1,0 Untuk bangunan umum

4. Dengan sistem SRPMB

$$\mu_m = 2,7 \quad f = 2,8$$

$$R_m = 4,5$$

5. Besar beban geser nominal *static equivalenten* (V)

$$V = \frac{C \times I}{R} \times W_t$$

Tabel 3 Beban Gempa Portal Melintang

Tingkat	Hi (m)	Wi (kg)	Hi x Wi (kgm)	Fix (kg)
4	10,8	5.410,88	58.437,5	957,314
3	8,1	22.192,4	179.758	2.944,78
2	5,4	22.192,4	119.839	1.963,2
1	2,7	22.192,4	59.919,5	981,6

Tabel 4 Beban Gempa Portal Memanjang

Tingkat	Hi (m)	Wi (kg)	Hi x Wi (kgm)	Fiy (kg)
4	10,8	8.772,8	94.746,2	1.543,1
3	8,1	32.955,9	266.943	4.347,4
2	5,4	32.955,9	177.962	2.898,26
1	2,7	32.955,9	88.981	1.449,13

Output hasil SAP2000

Tabel 5 Hasil Rekapitan SAP2000 Profil Eksisting

Profil	Balk					Deflection (m)	Kolom				
	Eksisting	Frame	Comb	Mu (kgf-m)	Vu (kgf)		Frame	Comb	Mu (kgf-m)	Vu (kgf)	P (kgf)
Memanjang	10	DSTL2	14.879	10.920	1.766,80	7,748	42	DSTL2	7.137,5	5.093	13.231
Melintang	5	DSTL2	8.928,70	9.218,29	57,49	3,3	11	DSTL2	4.545,04	3.226,71	21.607,70

Tabel 6 Hasil Rekapitan SAP2000 Profil Baru

Profil Baru	Balk					Deflection (m)	Kolom				
	Frame	Comb	Mu (kgf-m)	Vu (kgf)	P (kgf)		Frame	Comb	Mu (kgf-m)	Vu (kgf)	P (kgf)
Memanjang	10	DSTL2	14.879	10.920	1.766,80	7,748	42	DSTL2	6.510,5	5.005	13.357
Melintang	5	DSTL2	8.957,61	9.087,20	71,65	4,9	11	DSTL2	4.624,02	3.565	21.565,00

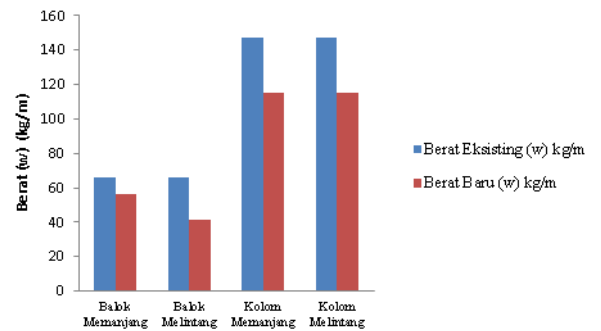
B. Perhitungan Struktur

Tabel 7 Hasil Perhitungan Dan Perbandingan Profil Eksisting dengan Profil Baru

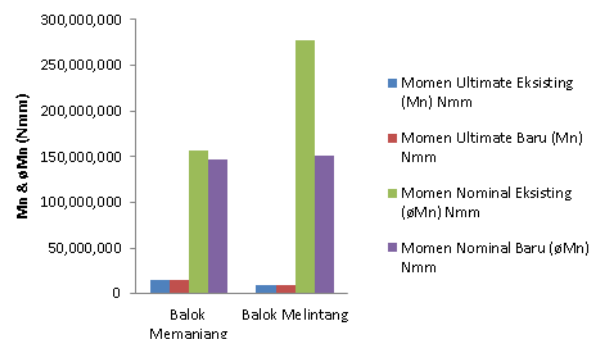
Komponen	Hasil analisa struktur		Presentase perubahan
	Profil Eksisting	Profil Baru	
1. Balok Memanjang			
Dimensi	400x200x8x13	400x200x7x11	
Berat (w)	66 kg/m	56,6 kg/m	16,61%
Momen ultimate (Mu)	14.812.000 Nmm	14.879.000 Nmm	-0,45%
Momen nominal (øMn)	157.427.135,6 Nmm	146.979.732 Nmm	7,11%
Rasio momen	0,094	0,1	6,38%
Kuat geser (Vu)	109.100 N	109.200 N	-0,09%

Komponen	Hasil analisa struktur		Presentase perubahan
	Profil Eksisting	Profil Baru	
1. Balok Memanjang			
Kuat geser Nominal (øVn)	414.720 N	362.880 N	14,29%
Rasio share	0,1763	0,15	17,53%
Interaksi geser dan lentur	0,1315	0,194	-32,22%
Lendutan	6,553 mm	7,748 mm	-18,29%
2. Balok Melintang			
Dimensi	400x200x8x13	350x175x6x9	
Berat (w)	66 kg/m	41,4 kg/m	59,42%
Momen ultimate (Mu)	8.957.610 Nmm	8.957.000 Nmm	0,01%
Momen nominal (øMn)	277.765.632 Nmm	151.720.776 Nmm	83,08%
Rasio momen	0,0322	0,06	-46,33%
Kuat geser (Vu)	9.218.290 N	9.004.190 N	2,38%
Kuat geser Nominal (øVn)	414.720 N	272.160 N	52,38%
Rasio share	0,111	0,165	-32,73%
Interaksi geser dan lentur	0,101	0,163	-38,04%
Lendutan	3,275 mm	4,947 mm	-33,80%
3. Kolom memanjang			
Dimensi	400x400x11x18	350x350x10x16	
Berat (w)	147 kg/m	115 kg/m	27,83%
Kuat tekan ultimate (Pu)	136.990 N	133.570 N	2,56%
Kuat tekan nominal (øPn)	226.188.954 N	224.390,7 N	0,80%
Rasio aksial	0,6	0,6	0,00%
3. Kolom melintang			
Dimensi	400x400x11x18	350x350x10x16	
Berat (w)	147 kg/m	115 kg/m	27,83%
Kuat tekan ultimate (Pu)	216.077 N	133.570 N	61,77%
Kuat tekan nominal (øPn)	240.396,4 N	248.632,3 N	-3,31%
Rasio aksial	0,89	0,87	2,30%

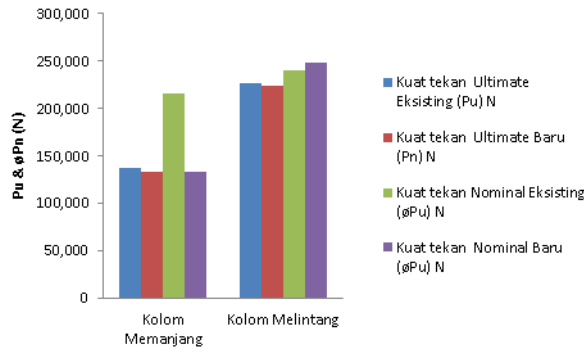
Diagram-diagram perbandingan



Gambar 11 Diagram Perbandingan Berat (w) pada Balok dan Kolom Memanjang serta Melintang Profil Eksisting dan Profil Baru



Gambar 12 Diagram Perbandingan Momen Ultimate (Mn) dan Momen Nominal (øMn) pada Balok Memanjang serta Melintang Profil Eksisting dan Profil Baru



Gambar 13 Diagram Perbandingan kuat tekan Ultimate (Pu) dan kuat tekan Nominal (øPu) pada Kolom Memanjang serta Memanjang

Perbandingan Pegoman Analisa Struktur
Tabel 8 Perbedaan Perhitungan Komponen Struktur untuk Balok

NO	SNI 03-1729-2002	SNI 1729:2015
1.	<p>Pemeriksaan kelangsingan penampang balok :</p> <p>a) Perhitungan λ $\lambda = \frac{L}{r}$</p> <p>b) Perhitungan λ_p $\lambda_p = \frac{17,0}{\sqrt{f_y}}$</p> <p>c) Perhitungan λ_r $\lambda_r = \frac{20,0}{\sqrt{(f_y - f_r)}}$</p> <p>Penampang kompak : $\lambda \leq \lambda_p$</p> <p>Penampang tak kompak : $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$</p> <p>Penampang langsing : $\lambda > \lambda_r$</p>	<p>Pemeriksaan kelangsingan penampang balok :</p> <p>Untuk memenuhi syarat kekompakan</p> <p>a) $\frac{bf}{2xtf} \leq \lambda = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p> <p>b) $\frac{d}{tw} \leq \lambda = 2,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p>
2.	<p>Pemeriksaan pengaruh tekuk lateral :</p> <p>1. Bentang</p> <p>a) Perhitungan L_p $L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p> <p>b) Perhitungan L_r $L_r = r_y \sqrt{\frac{E}{f_y} \left(1 + \sqrt{1 + K_1 \frac{r_y^2}{L^2}} \right)}$</p> <p>Koefisien X_1 dan X_2 $X_1 = \frac{\pi}{L} \sqrt{\frac{EI_x}{E}} \text{ dan } X_2 = \frac{\pi}{L} \sqrt{\frac{EI_y}{E}}$</p> <p>Konstanta positif lengkung $L_c = \frac{1}{2} L_c b^2$</p> <p>Konstanta positif torsi $J = 1/3 (2bf t^3 + dw tw^3)$</p> <p>2. Bentang pendek $L \leq L_p$ Kuat lentur nominal $M_n = M_p = f_y Z = 1,5 f_y S$</p> <p>3. Bentang menengah $L_p < L \leq L_r$ Kuat lentur nominal $M_n = C_b [M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p}] \leq M_p$</p> <p>Faktor pengali momen $C_b = \frac{12,50 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 2 M_e + 4 M_r + 2 M_k}$</p>	<p>Pemeriksaan pengaruh tekuk lateral :</p> <p>$L_b < L_{bmax}$ $L_{bmax} = 0,036 x i_y x \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p> <p>$L_r = 1,76 x i_y x \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p> <p>$L_r = 1,95 r_y x \sqrt{\frac{E}{f_y} \left[\left(\frac{Jc}{5x \cdot h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 f_y}{E} \right)^2 \right]}$</p> <p>$r_u = \frac{bf}{\sqrt{12(1 + \alpha) f_y}}$</p> <p>1. $L_b \leq L_p$ Momen nominal $M_n = M_p = Z_x f_y$</p> <p>2. $L_b > L_p$ Momen nominal $M_n = C_b [M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)] \leq M_p$</p> <p>Faktor pengali momen $C_b = \frac{12,50 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 2 M_e + 4 M_r + 2 M_k}$</p> <p>3. $L_p < L \leq L_r$ Kuat lentur nominal $M_n = C_b [M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p}] \leq M_p$</p>

NO	SNI 03-1729-2002	SNI 1729:2015
3.	<p>Momen bias tekuk $M_r = S(f_y - f_r)$</p> <p>4. Bentang panjang $M_n = M_r \leq M_p$ Momen kritis $M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y J_c} + \frac{(\pi E)^2}{L^2} I_y J_c$</p> <p>Pemeriksaan kuat geser :</p> <p>a) Rika perbandingan h/tw : $\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ dimana $k_1 = 5 + \frac{L}{C_1}$</p> <p>Maka kuat geser nominal $V_n = 0,6 f_y A_w$</p> <p>b) Rika perbandingan h/tw : $1,1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p> <p>Maka kuat geser nominal $V_n = 0,6 f_y A_w \left[1,1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right] \frac{1}{1,37}$</p> <p>$V_n = 0,6 f_y A_w \left[C_v + \frac{1 - C_v}{4,15 \sqrt{1 + \frac{L^2}{C_1^2}}} \right]$</p> <p>dimana $C_v = 1,10 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p> <p>c) Rika perbandingan h/tw : $\frac{h}{t_w} > 1,37 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p> <p>Maka kuat geser nominal $V_n = \frac{0,6 f_y A_w}{1,37}$ atau $V_n = 0,6 f_y A_w \left[C_v + \frac{1 - C_v}{4,15 \sqrt{1 + \frac{L^2}{C_1^2}}} \right]$</p> <p>dimana $C_v = 1,50 \frac{E}{f_y} \frac{1}{\omega}$</p> <p>Pemeriksaan interaksi lentur dan geser : $\frac{M_n}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_n}{\phi V_n} < 1,375$</p>	<p>Pemeriksaan kuat geser : kuat geser nominal $V_n = 0,6 x f_y x A_w x C_v$ $= 0,6 x f_y x (d x t_w) x C_v$</p> <p>a) Rika perbandingan h/tw : $\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ dimana $C_v = 1$</p> <p>b) Rika perbandingan h/tw : $1,1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ maka $C_v = 1,10 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p> <p>c) Rika perbandingan h/tw : $\frac{h}{t_w} > 1,37 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ maka $C_v = 1,50 \frac{E}{f_y} \frac{1}{\omega}$</p> <p>Pemeriksaan interaksi lentur dan geser : $\frac{M_n}{\phi M_n} + 0,625 x \frac{V_n}{\phi V_n} < 1,375$</p>

Tabel 9 Perbedaan Perhitungan Komponen Struktur untuk Kolom

NO	SNI 03-1729-2002	SNI 1729:2015
1.	<p>Pemeriksaan kelangsingan penampang kolom :</p> <p>$\lambda_c = \frac{1,1 k}{\pi r} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$ $\lambda = \frac{Lk}{r_y}$</p> <p>untuk $\lambda_c < 0,25$ maka $\omega = 1$</p> <p>Untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka $\omega = \frac{1,48}{1,6 - 0,6 \lambda_c}$</p> <p>Untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25 \lambda_c^2$</p>	<p>Pemeriksaan kelangsingan penampang kolom :</p> <p>Untuk sayap $\frac{bf}{2xtf} \leq \lambda = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p> <p>Untuk badan Jika $C_a \leq 0,125$ $\frac{d}{tw} \leq \lambda = 2,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} (1 - 0,93 x C_a)$</p> <p>Jika $C_a \geq 0,125$ $\frac{d}{tw} \leq \lambda = 0,77 \sqrt{\frac{E}{f_y}} (2,93 - C_a) \geq 1,49 x \sqrt{\frac{E}{f_y}}$</p> <p>Dimana $P_y = A_s x f_y$ $C_a = \frac{P_u}{\phi_c x P_y}$</p> <p>Pemeriksaan kelangsingan elemen kolom : $L_b < L_{bmax}$ $L_{bmax} = 0,086 x i_y x \frac{E}{f_y}$</p>
2.	<p>Pemeriksaan kelangsingan elemen kolom :</p> <p>Bentang pendek : $L \leq L_p$</p> <p>Bentang menengah : $L_p < L \leq L_r$</p> <p>Bentang panjang : $L > L_r$</p>	<p>Pemeriksaan kelangsingan elemen kolom : $L_b < L_{bmax}$ $L_{bmax} = 0,086 x i_y x \frac{E}{f_y}$</p>
3.	<p>Kuat tekan nominal : 1. Faktor tekuk (Kc)</p>	

NO	SNI 03-1729-2002	SNI 1729:2015
	<p>a) Kolom dengan ujung-ujung yang ideal : Jepit-jepit : $K_c = 0,5$ Jepit-sendi : $K_c = 0,7$ Jepit-rol : $K_c = 1,0$ Sendi-sendi : $K_c = 1,0$ Jepit-bebas : $K_c = 2,0$ Sendi-rol : $K_c = 2,0$</p> <p>b) Kolom merupakan bagian dari suatu portal :</p> <p>Dengan mempergunakan nomogram</p> $G_A = \frac{\sum (A_c)_c}{\sum (A_c)_b}$ <p>Tegangan kritis, F_{cr}, yang ditentukan sebagai berikut :</p> $F_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$ <p>$\phi_c = 0,85$ Maka kuat tekan kolom : $N_n = N_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega}$</p> $\frac{N_u}{\phi N_n} + \left\{ \frac{M_{ux}}{\phi b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b \cdot M_{ny}} \right\}$	<p>Kuat tekan nominal : Untuk kolom bergoyang dengan menggunakan <i>Direct Analysis Method</i> (DAM) $K_x = k_y = 1$</p> $\lambda = \frac{k \cdot L_b}{r}$ <p>Tegangan kritis, F_{cr}, yang ditentukan sebagai berikut :</p> <p>(a) Bila $\frac{kL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ $F_{cr} = [0,658 \frac{F_y}{F_e}] F_y$</p> <p>(b) Bila $\frac{kL}{r} \geq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ $F_{cr} = 0,877 F_e$</p> <p>$\phi_c = 0,90$ Maka kapasitas aksial kolom adalah : $\phi P_n = \phi_c \times F_{cr} \times A_s$</p>

KESIMPULAN & SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa struktur pada pengoptimalisasian profil baja IWF bangunan parkir sepeda motor 4 lantai struktur baja, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan profil baja IWF yang optimal pada komponen balok memanjang menggunakan IWF 400 x 200 x 7 x 11 dan komponen balok melintang menggunakan IWF 350 x 175 x 6 x 9, sedangkan pada komponen kolom baik melintang maupun memanjang menggunakan IWF 350 x 350 x 10 x 16.
2. Pada dimensi terjadi pengurangan sebesar 33% dari profil eksisting, sedangkan momen nominal terfaktor (ϕMn) terjadi pengurangan sebesar 45,1% dari profil eksisting dan terjadi pengurangan sebesar 2,1% pada kuat tekan nominal terfaktor (ϕPu) dari profil eksisting.

Saran

1. Untuk mendapatkan hasil dari gaya-gaya dalam yang lebih lengkap maka perlu dilakukan analisa struktur dengan menggunakan portal 3D.
2. Untuk dapat memperkuat hasil optimalisasi selain menghitung struktur portal, perlu juga dilakukan perencanaan ulang sambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *SNI 1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. 289 hlm.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 03-1729-2015 Tata cara Perencanaan Struktur Baja untuk Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. 217 hlm.

Badan Standardisasi Nasional. 1987. *PPURG 1987 Tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. 39 hlm.

Departemen Dan Prasarana Wilayah. 2002. *SNI - 1726-2002 Tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Dan Prasarana Wilayah. 69 hlm.

Gunawan, Rudy. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta: Kanisius.

Herubroto, Purwanto, MM, Ir. 2015. *Teori, Soal dan Penyelesaian Struktur Baja I*. Surabaya: Fakultas Teknik Universitas Dr. Soetomo Surabaya.

Surya, Yovi. 2015. *Kajian Struktur Baja sebagai Alternatif Review Design Struktur Beton Bertulang (Studi Kasus pada Gedung LPTK FT UNY)*. (Jurnal). Universitas Negeri Yogyakarta . 21 hlm.

Wahardani, Kusuma, Inees. 2016. *Perencanaan Ulang Struktur Baja Menggunakan Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729-2015)*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Yuliastri, Ardini. 2017. *Optimalisasi Profil Baja IWF Pada Bangunan Gudang Konstruksi Gable Frame Berdasarkan SNI 1927-2015*. (Jurnal). Universitas Lampung . 22 hlm.