

Analisa Perhitungan Struktur Baja Menggunakan Program ETABS

Hendra Tri Nugroho*, Suhendra, M. Nuklirullah

Program Studi Teknik Sipil Universitas Batanghari Jambi

*Correspondence email: nugrohohendra01031@gmail.com

Abstrak. Terintegrasi nya sistem komputerisasi pada hampir keseluruhan tahapan pembangunan struktur menjadikan proses pembangunan struktur menjadi lebih praktis dan efisien, kini hampir setiap proses tahapan pembangunan gedung dapat dilakukan lebih cepat berkat banyaknya teknologi yang tersedia, sebagaimana dapat dilihat pada tahap perencanaan atau penggambaran struktur yang saat ini tidak lagi dilakukan dengan cara manual semenjak munculnya program komputer berbasis CAD *Computer Aided Drawing*. Hal serupa juga terjadi pada pekerjaan review struktur yang telah dipermudah dengan banyaknya program rekayasa struktur yang tersedia. Hadir nya program-program tersebut tentu nya sangat membantu kerja engineer dalam melakukan proses *review* suatu rencana struktur, kecepatan dan keakuratan perhitungan serta kemampuan nya dalam menyimpan data dalam jumlah besar dapat menghemat waktu pekerjaan serta meminimalisir terjadi nya *human error* yang kerap terjadi. Mengingat bangunan pasar merupakan pusat perniagaan maka dirasa perlu dilakukan analisa terhadap desain struktur nya serta melakukan optimalisasi desain bila memungkinkan. Analisa dilakukan dengan menggunakan bantuan program ETABS yang merupakan salah satu program rekayasa struktur buatan CSI yang juga pengembang dari program SAP2000.

Kata Kunci: struktur baja; analisa perhitungan struktur baja; program rekayasa struktur; ETABS.

PENDAHULUAN

Dalam proses pembangunan bangunan gedung, faktor keselamatan dan kelayakan adalah aspek terpenting yang harus dipenuhi. Pemerintah Indonesia sendiri memberlakukan peraturan yang cukup ketat terkait hal ini sebagaimana dapat dilihat pada Pasal III.3.1.a.i PERMENPU NO:29/PRT/M/2006 Tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung yang berbunyi:

“Setiap bangunan gedung, strukturnya harus direncanakan dan dilaksanakan agar kuat, kokoh dan stabil dalam memikul beban/kombinasi beban dan memenuhi persyaratan keselamatan (safety), serta memenuhi faktor kelayakan (serviceability) selama umur layan yang direncanakan dengan mempertimbangkan fungsi bangunan gedung, lokasi, keawetan dan kemungkinan pelaksanaan konstruksinya”.

Selain faktor keselamatan dan kelayakan, bangunan gedung yang difungsikan sebagai fasilitas umum harus desain agar mudah dipelihara. Banyaknya jumlah pengguna gedung tersebut tentunya meningkatkan probabilitas kerusakan pada komponen-komponen gedung. Oleh alasan tersebut saat ini banyak kita jumpai bangunan-bangunan gedung dengan intensitas penggunaan tinggi menggunakan material yang mudah dipelihara yaitu baja, selain menawarkan kemudahan proses perawatan, baja juga memberikan kemudahan proses pengerjaan dan perakitan. Mengingat bangunan yang dijadikan sebagai studi kasus adalah bangunan pasar yang merupakan pusat perniagaan maka dirasa perlu dilakukan analisa terhadap desain struktur nya. Analisa dilakukan guna mengetahui kapasitas struktur terhadap beban yang bekerja pada struktur bangunan pasar Aurduri dengan bantuan program ETABS.

METODE

Metode analisis yang digunakan adalah metode deskriptif dimana penelitian yang dilakukan adalah guna menjelaskan tentang pengoperasian perangkat lunak ETABS sebagai alat bantu perhitungan struktur baja pada studi kasus yang ditinjau. Penjelasan meliputi prosedur pengoperasian program, proses modeling, proses analisa, pemeriksaan kapasitas element dan pelaporan.

Data Pekerjaan

Tabel 1. Daftar profil baja yang digunakan

Profil	Fungsi Profil	h (mm)	b (mm)	tf (mm)	tw (mm)	R (mm)
IWF 300.150.9	Kolom	300	150	9	6.5	13
IWF 250.125.9	Balok & Rafter	250	125	9	6	12
IWF 150.75.7	Profil kuda-kuda	150	75	7	5	11
CNP 150.65.3,2	Gording	150	65	3,2	3,2	5,9

Sumber: Tabel profil baja Gunung Garuda

Tabel 2. Sifat Mekanis Baja

Properti Material			
Modulus Elastis	E	200000	MPa
Modulus Geser	G	77200	MPa
Rasio Poisson	μ	0,3	
Densitas Berat		7850	Kg/m ³
Koefisien Perpanjangan Thermal	α	$12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	
Tegangan Putus Minimum	F_u	410	MPa
Tegangan Leleh Minimum	F_y	250	MPa
Regangan Minimum		18	%

Sumber SNI 1729-2015



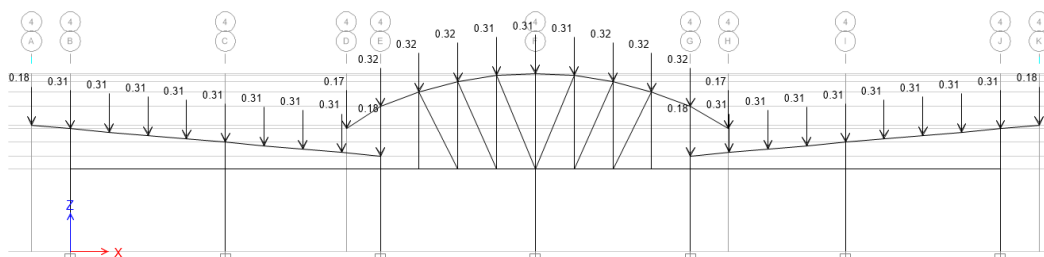
Gambar 1. Label mutu material pada profil di lapangan

Data Beban

Pada program ETABS, beban diklasifikasikan dalam beberapa tipe kasus pembebanan namun pada tugas akhir ini penerapan beban hanya dilakukan dengan cara *linear static* dan tipe *response spectrum*. Adapun beban-beban yang akan diterapkan pada struktur antara lain:

Beban Mati DL & SIDL

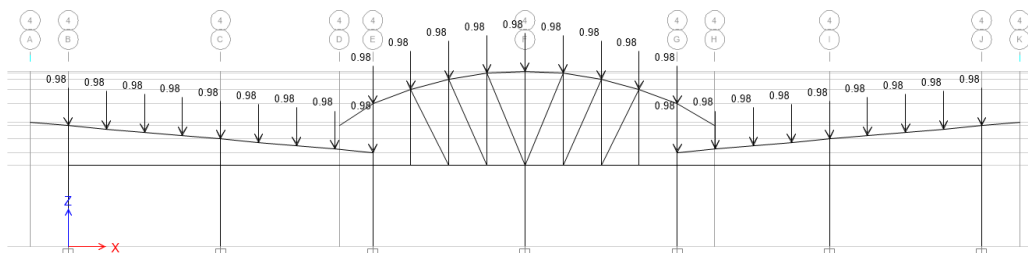
Beban mati yang timbul akibat berat sendiri komponen struktur dihitung secara otomatis oleh program dengan mendefinisikan faktor pengali berat sendiri ketika melakukan penyesuaian *load pattern*. Sedangkan beban mati tambahan SIDL yang timbul akibat beban penutup atap dan talang diinput sebagai beban titik pada tiap-tiap join rangka atap.



Gambar 2. Penerapan beban mati, SIDL

Beban hidup LL

Beban hidup LL yang diterapkan merupakan beban hidup yang timbul akibat proses konstruksi atau proses perawatan gedung. Beban hidup yang timbul akibat pekerja dan peralatan konstruksi pada saat proses pengerjaan atau perawatan diambil sebesar 0.98 KN.



Gambar 3. Penerapan beban hidup, LL

Beban Hujan

Beban hujan ditentukan sebesar $(40 - 0.8\alpha)$ dimana α adalah sudut kemiringan atap dalam derajat dengan ketentuan beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 Kg/m² dan boleh diabaikan bila kemiringan atap lebih besar dari 50o. Sebagaimana beban akibat penutup atap, juga akan dikonversikan sebagai beban terpusat pada titik buhul.

Beban Angin W

- a. Kecepatan angin. Mengacu pada data BMKG dan BPS untuk kota jambi diambil sebesar 13.95 km/h
- b. Tipe Exposure

Tabel 3. Exposure type

Exposure	α	Zg (m)	\hat{a}	\hat{b}	\bar{a}	\bar{b}	c	l (m)	\bar{e}	Zmin (m)
B	7,0	365,78	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	37,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

Sumber: SNI 1727: 2013

Keterangan: Z_{min} = tinggi minimum yang dapat menjamin tinggi ekuivalen z yang lebih besar dari 0,6 h. atau Z_{min} untuk bangunan gedung dengan $h \leq z_{min}$ maka z harus diambil sebesar Z_{min} .

c. Faktor Topografi (Kzt)

Pada kondisi topografi yang bukan merupakan gunung atau perbukitan nilai Kzt boleh diambil sebesar 1 (SNI 1727-2013-26.8.2).

d. Faktor efek tiupan angin Gust factor

Gust Factor dihitung dengan persamaan

Pers. 1

$$Gf = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7 \cdot g_Q \cdot I_z \cdot Q}{1 + 1,7 \cdot g_v \cdot I_z} \right)$$

Dimana g_Q dan g_v harus diambil sebesar 3,4. (SNI 1727-2013 26.9.4), Intensitas turbulensi (I_z) dihitung dengan persamaan:

Pers. 2

$$I_z = c \left(\frac{10}{z} \right)^{1/6}$$

Dimana nilai c dan z diambil dari tabel tipe exposure, sedangkan nilai response latar belakang (Q) dihitung dengan persamaan:

Pers. 3

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \left(\frac{B + h}{Lz} \right)^{0,63}}}$$

Dimana skala panjang integral turbulensi (Lz) dihitung dengan persamaan:

Pers. 4

$$L_z = l \left(\frac{z}{10} \right)^\epsilon$$

- 1) Nilai l dan ϵ adalah konstanta dari tipe exposure.
- 2) B: Dimensi horizontal bangunan gedung diukur tegak lurus terhadap arah angin (m).
- 3) h: tinggi rata-rata atap bangunan atau tinggi struktur lain, kecuali tinggi bagian terbawah atap yang digunakan untuk sudut atap yang kurang dari atau sama dengan 10°. Sehingga diperoleh nilai faktor efek tiupan angin *Gust Factor* sebesar 0.84.
- e. Faktor arah angin (Kd)
Faktor arah angin wind directionality factor diambil sebesar 0.85 berdasarkan tabel berikut:

Tabel 4. Faktor Arah Angin (K_d)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin (K _d)
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Cladding Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	
Cerobong asap, Tangki dan Struktur yang sama	0,90
Segi empat	0,95
Segi enam	0,95

Sumber: (26.6-1 SNI 1727-2013)

- f. Koefisien tekan eksternal (C_p)

Tabel 5. Koefisien tekan eksternal (C_p)

Segmen	C _p		
	Di seperempat sisi angin datang	Pusat setengah	Di seperempat sisi angin pergi
Atap lengkung	- 0,90	-0,09	- 0,50
Atap miring	- 0,90	-0,06	- 0,50

Sumber: data olahan 2018

Beban Gempa

Proses perhitungan beban gempa akan dianalisa oleh program ETABS dengan cara mendefinisikan fungsi Response Spectrum berdasarkan data spectral percepatan di permukaan dari gempa *Risk-Targeted Maximum Consider Earthquake* dengan probabilitas keruntuhan bangunan 1% dalam 50 tahun. Dari laman desain spektra indoensia untuk wilayah kota jambi, diperoleh data sebagai berikut:

- 1. *Short spectral acceleration* (SS) : 0,221
- 2. *Spectral acceleration* periode 1.0 detik (S1) : 0,175
- 3. *Site class* : E (Tanah lunak)
- 4. *Long-Period Transition Period* (TL) : 4 Detik
- 5. *Scale Factor*

$$Eq_x (U1) : 1,0 \times g \times I_e / R$$

$$: 3,270$$

$$Eq_y (U2) : 0,3 \times g \times I_e / R$$

$$: 0,981$$

Metode Perhitungan.

ETABS menyediakan dua pilihan metode perhitungan yaitu metode *Load Resistance Faktor Design* (LRFD) dan metode *Allowable Stress Design* (ASD). Beberapa tahun terakhir metode desain struktur baja mulai beralih ke metode perhitungan beban ter faktor atau LRFD karena dianggap lebih rasional.

Secara umum suatu struktur yang didesain menggunakan metode LRFD dikatakan aman apabila memenuhi persyaratan

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i \cdot Q_i$$

Dimana nilai tahanan rencana ϕR_n harus lebih besar atau sama dengan tegangan akibat beban terfaktor $(\sum \gamma_i \cdot Q_i)$

Adapun faktor kombinasi beban yang disyaratkan dalam perhitungan LRFD adalah:

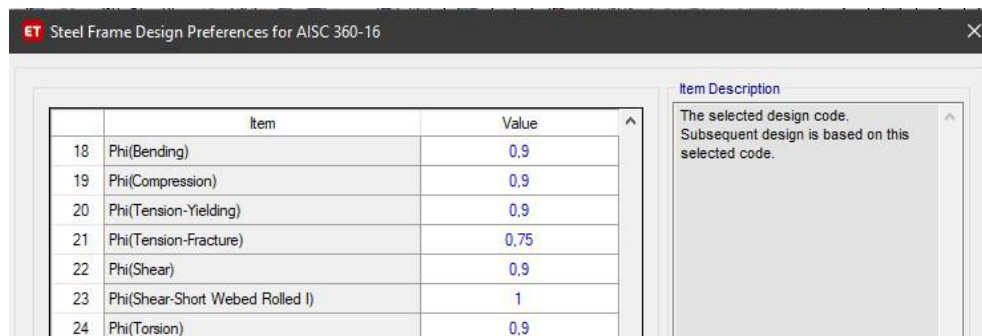
- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)
- 1,2 D + 1,6 (Lr atau S atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2 D + 1,0W + L + 0,5 (Lr atau R)
- 1,2 D + 1,0 E + L
- 0,9 D + 1,0W
- 0,9 D + 1,0 E

Di dalam konsep LRFD, nilai tahanan nominal penampang harus dikalikan dengan faktor reduksi sebagai berikut:

Tabel 6. Faktor reduksi desain LRFD

Komponen Struktur	Faktor Reduksi ϕ
Lentur	0,9
Axial Tekan	0,9
Axial Tarik	
- Tarik Leleh	0,9
- Tarik Fraktur	0,75
Geser	0,9

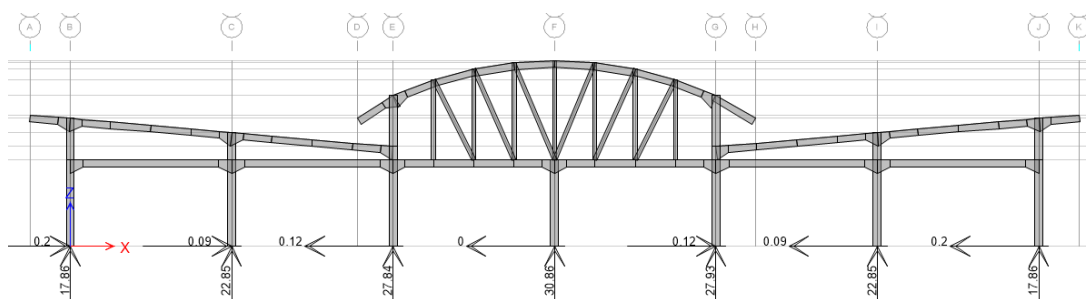
Sumber SNI 1729-2015



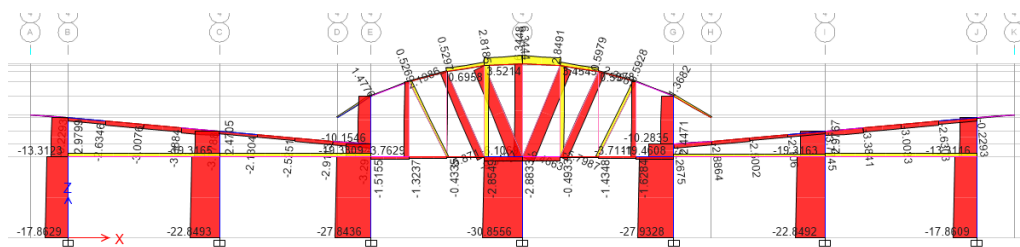
Gambar 4. Penyesuaian faktor reduksi desain LRDF ETABS

HASIL DAN PEMBAHASAN

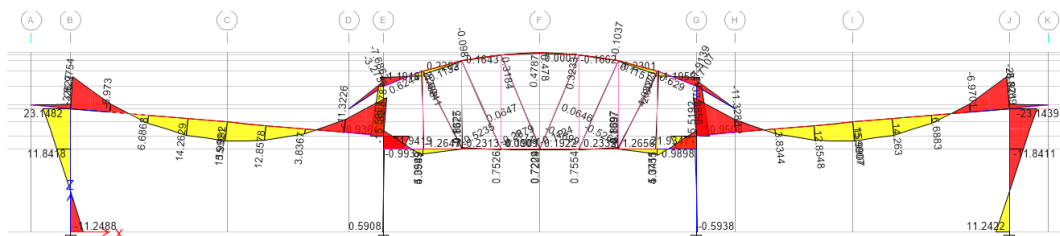
Dari hasil *run analysis* terhadap model struktur yang dibebani dengan kombinasi beban terfaktor, reaksi tumpuan terbesar terjadi pada kombinasi 1.2D+1.6R+0.5W.



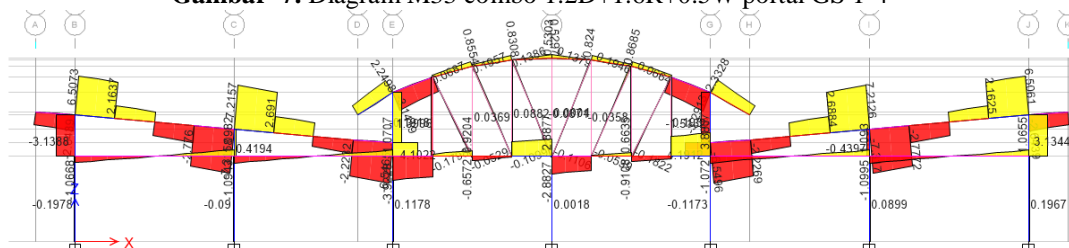
Gambar 5. Base joint result combo 1.2D+1.6R+0.5W portal GS 1-4



Gambar 6. Axial force combo 1.2D+1.6R+0.5W portal GS 1-4

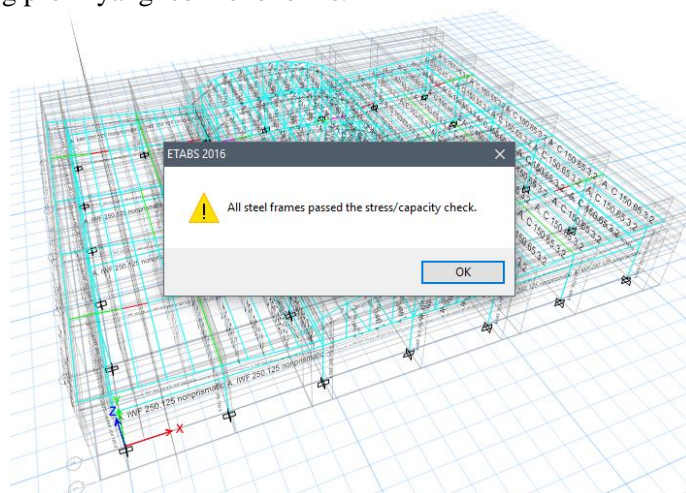


Gambar 7. Diagram M33 combo 1.2D+1.6R+0.5W portal GS 1-4



Gambar 8. Diagram S22 combo 1.2D+1.6R+0.5W portal GS 1-4

Selanjutnya dilakukan pemeriksaan kapasitas penampang profil terhadap tegangan ultimate yang terjadi. Pada tahap pemeriksaan profil yang dilakukan, diketahui bahwa keseluruhan penampang profil rencana berhasil melewati pengecekan kapasitas/tegangan yang disyaratkan sehingga percobaan optimalisasi profil perlu dilakukan untuk memperoleh penampang profil yang lebih ekonomis.



Gambar 9. 3D view D/C ratio graphic profil rencana

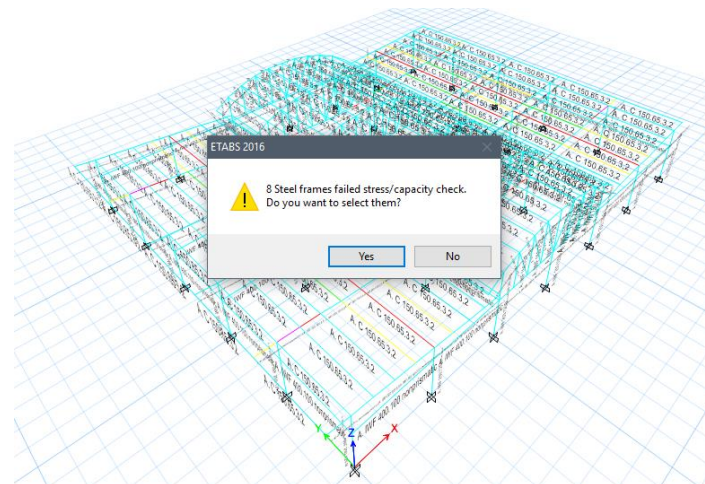
Dicoba optimalisasi dengan menggunakan konfigurasi profil berikut:

Tabel 7. Daftar profil baja optimalisasi

Profil	Fungsi Profil	h (mm)	b (mm)	tf (mm)	tw (mm)	R (mm)
IWF 250.125.9	Kolom	250	125	9	6	12
IWF 200.100.8	Balok & Rafter	200	100	8	5,5	11
IWF 150.75.7	Profil kuda-kuda	150	75	7	5	11
CNP 150.65.3,2	Gording	150	65	3,2	3,2	5,9

Sumber: Tabel profil baja Gunung Garuda

Dari percobaan optimalisasi penampang profil yang dilakukan dengan menurunkan satu grade penampang elemen balok dan kolom menunjukkan 8 frame gagal melewati pemeriksaan kapasitas tegangan. Kegagalan terjadi pada komponen lentur dimana besar momen nominal (Mn) yang dihasilkan pada desain tekuk torsi lateral lebih kecil dari besar momen ultimate yang terjadi.



Gambar 10. 3D view D/C ratio graphic optimalisasi profil

Tabel 8. Design report profil optimalisasi

Nama	Loc. (m)	Section	Pu (kN)	ϕPnc (kN)	Mu (kN.m)	ϕMn (kN-m)	Vu (kN)	ϕVn (kN)
B80	0,00	200.100	9,33	14,53	13,65	8,62	13,17	295,95
B83	1,51	200.100	3,61	14,50	0,32	7,33	0,07	148,50
B87	1,50	200.100	9,44	14,53	13,59	8,62	13,12	295,95
B69	0,00	200.100	7,84	558,74	29,96	105,58	12,99	295,95
B72	1,51	200.100	6,80	199,45	13,27	44,57	1,36	148,50
B76	1,50	200.100	5,58	558,74	24,69	105,59	12,20	295,95
D7	0,00	200.100	0,29	539,70	7,09	102,87	7,66	295,95
B50	1,50	200.100	10,84	481,82	0,23	44,59	0,07	148,50
D8	1,50	200.100	0,51	465,51	4,91	43,86	7,41	148,50

Sumber: ETABS 2016 data 2018

Mengacu pada hasil tersebut maka optimalisasi profil dengan menurunkan satu tingkat section index profil tidak dapat dilakukan. Maka dicoba untuk melakukan optimalisasi profil menggunakan profil dengan section index yang sama namun dengan dimensi berbeda. Dicoba optimalisasi menggunakan profil baja sebagai berikut:

Tabel 9. Daftar profil baja optimalisasi 2

Profil	Fungsi Profil	h (mm)	b (mm)	tf (mm)	tw (mm)	R (mm)
IWF 300.150.9	Kolom	298	149	8	5.5	13
IWF 250.125.9	Balok & Rafter	248	124	8	5	12
IWF 150.75.7	Profil kuda-kuda	150	75	7	5	11
CNP 150.65.3,2	Gording	150	65	3.2	3.2	5.9

Sumber: Tabel profil baja Gunung Garuda

Pada percobaan optimalisasi ke tiga diperoleh hasil bahwa keseluruhan profil berhasil melewati proses pemeriksaan kapasitas tegangan.

Tabel 10. Design report profil optimalisasi 2

Nama	Loc. (m)	Section	Pu (kN)	ϕPnc (kN)	Mu (kN.m)	ϕMn (kN-m)	Vu (kN)	ϕVn (kN)
B80	0,00	250.125	10,24	29,36	15,44	15,69	14,22	293,27
B83	1,51	250.125	2,97	29,32	0,67	12,81	0,02	184,14
B87	1,50	250.125	10,35	29,36	15,38	15,69	14,17	293,27
B69	0,00	250.125	8,41	731,56	32,40	182,27	14,39	293,27
B72	1,51	250.125	7,29	386,41	15,79	75,66	1,81	184,14
B76	1,50	250.125	5,95	731,56	26,28	182,27	13,32	293,27

D7	0,00	250.125	0,80	731,56	7,32	178,70	7,73	293,27
B50	1,50	250.125	10,57	678,44	0,45	75,70	0,04	184,14
D8	1,50	250.125	1,06	663,71	4,68	74,64	1,91	184,14

Sumber: ETABS 2016 data 2018

Dilakukan perbandingan kuantitas guna mengetahui seberapa besar penghematan yang diperoleh bila struktur yang dibangun menggunakan profil optimalisasi.

Tabel 11. Perbandingan profil rencana vs optimalisasi 2

Fungsi	Dimensi Profil		Berat Sendiri		Deviasi Berat (kg)
	Existing	Optimalisasi	Existing (kg)	Optimalisasi (kg)	
Kolom	300x150x9	298x149x8	6.085	5.274	811,333
Balok & Rafter	250x125.9	248x124x8	16.638	15.324	1.313,63
Rangka Kuda-kuda	150x75x7	150x75x7	3.846	3.846	-
Gording	150x65x3,2	150x65x3,2	6.518	6.518	-

Sumber: Data olahan 2018

SIMPULAN

1. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan program ETABS, tegangan yang terjadi keseluruhan profil existing pada struktur bangunan pasar rakyat kompleks perumahan Aurduri 2 masih memenuhi syarat tegangan leleh yang diizinkan.
2. Penggunaan profil optimalisasi dapat menghemat penggunaan profil baja hingga 2.124,96kg sehingga dapat menjadikan pembangunan struktur tersebut lebih ekonomis.

Saran

1. Bangunan pasar merupakan sarana publik yang dapat mengakibatkan kerugian yang sangat besar bilamana terjadi kegagalan struktur sehingga sangat disarankan untuk melakukan perhitungan yang matang dalam proses perencanaan nya.
2. Mengingat penggunaan material baja profil yang cenderung mahal maka sangat disarankan dalam melakukan perencanaan struktur baja untuk melakukan perhitungan yang matang guna mendapatkan elemen-elemen struktur yang ekonomis namun tetap dengan faktor keamanan yang memadai.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setiawan, 2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRDF (Sesuai SNI 03-1729-2002), Jakarta.
- Anugrah Pamungkas, Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, Yogyakarta.
- CSI, Inc., 2016 Welcome to ETABS 2016 Integrated Building Design Software, USA.
- CSI, Inc., 2016, Steel Frame Design Manual AISC 360-10 for ETABS 2016, USA.
- Eng. Makar Nageh, 2007. How to Model and Design High Rise Building Using ETABS Program, Cairo.
- Robert Ritherman, 2016 Connection The Earthquake Engineering Research Institute Oral History Series, Oakland California.
- SNI 1727-2013, 2013. Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain. Jakarta.
- SNI 1729-2015, 2015. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. Jakarta
- Wiryanto Dewobroto, 2016. Komputer Rekayasa Struktur dengan SAP2000. Jakarta.