

Perbandingan Berat Material Baja Pada Perencanaan Struktur Baja Sistem Rangka Pengaku Eksentris (SRPE) dengan Sistem *Staggered Truss Frames* (STF) pada Apartemen Purimas Surabaya

Ilham Pratama Budiono, Endah Wahyuni dan Isdarmanu

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: endah@ce.its.ac.id

Abstrak—Pemilihan suatu sistem struktur baja penahan gempa tentunya memerhatikan bagaimana cara membuat struktur bangunan baja menjadi ringan dan kuat. Sistem rangka pengaku eksentris (SRPE) dan *staggered truss frames* (STF) merupakan beberapa contoh dari sistem penahan gempa pada struktur baja. Apartemen Purimas Surabaya merupakan bangunan 14 lantai yang dimodifikasi dengan menggunakan SRPE dan STF untuk dibandingkan berat material struktur utamanya pada kedua sistem tersebut. Dalam Studi ini, dilakukan perencanaan struktur baja dengan SRPE meliputi perencanaan struktur sekunder, primer dan pondasi yang mengacu pada PPIUG 1983, SNI 03-1729-2002, SNI 1729:2015, SNI 1726:2012, SNI 2847:2013 dan lain-lain. Berat material struktur hasil dari perencanaan tersebut dibandingkan dengan hasil perencanaan STF pada studi “Studi Perilaku *Staggered Truss Framing Systems* pada Gedung Apartemen Purimas Surabaya”. Berdasarkan analisis dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu: pelat atap dan lantai HCS 15 cm, balok *link* WF400.200.8.13, bresing WF200.200.9.14, kolom CFT 400.400.14, balok induk WF300.200.7.10. Sambungan struktur utama direncanakan sebagai sambungan mutu tinggi dengan baut yang telah disesuaikan. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak diameter 60 cm dengan kedalaman 30 m dengan 3 tipe *pilecap*. Berat material struktur utama pada SRPE sebesar 1105 ton, sedangkan pada STF didapatkan 763 ton.

Kata Kunci—Struktur Baja, Gempa, Sistem Rangka Pengaku Eksentris, *Staggered Truss Frames*, Bangunan Apartemen.

I. PENDAHULUAN

GEMPA tektonik merupakan guncangan dari dalam bumi baik di darat maupun laut yang diakibatkan karena adanya pergeseran lempeng tektonik secara mendadak. Gempa tektonik memiliki resiko besar pada suatu daerah yang dilewati oleh lempeng tektonik. Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik terbesar di dunia yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik yang bergerak dan saling mendesak satu sama lain. Indonesia telah mengalami ribuan gempa bumi dan ratusan tsunami pada rentang empat ratus tahun terakhir [1]. Sebagai contoh gempa tektonik terbesar yang terjadi di beberapa daerah Indonesia hingga saat ini adalah gempa bumi Aceh dan Sumatera Utara yang diikuti dengan tsunami terjadi pada Desember 2004, dan gempa bumi Sumatera Barat terjadi pada September 2009. Semua gempa yang terjadi

tersebut menimbulkan ribuan korban jiwa, kerugian materiil, dan bangunan mengalami rusak berat.

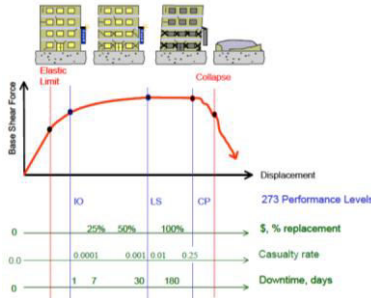
Perencanaan bangunan tahan gempa sangat penting diterapkan di Indonesia yang merupakan salah satu daerah dengan resiko bencana gempa yang cukup besar dalam beberapa dekade mendatang. Dengan adanya perencanaan bangunan tahan gempa tersebut, maka diharapkan dapat mencegah kegagalan struktur, bahkan jumlah korban jiwa ketika gempa terjadi. Oleh karena itu, dalam merencanakan bangunan tahan gempa harus mengutamakan keselamatan dan kenyamanan orang yang berada pada bangunan tersebut. Material dan sistem struktur merupakan hal utama yang diperlukan dalam perencanaan konstruksi bangunan tahan gempa.

Pada perencanaan struktur bangunan baja terdapat berbagai macam sistem struktur pemikul beban / gempa pada gedung bertingkat yang digunakan diantaranya adalah Sistem Rangka Pengaku Eksentris (SRPE) dan *Staggered Truss Frame* (STF). Pada studi perencanaan dan perbandingan ini akan dilakukan modifikasi pada struktur gedung apartemen Purimas Surabaya. Gedung yang sebelumnya dimodifikasi dengan menggunakan sistem struktur *Staggered Truss Frame* (STF) pada studi “Studi Perilaku *Staggered Truss Framing Systems* pada Gedung Apartemen Purimas Surabaya”, akan direncanakan dengan menggunakan sistem rangka pengaku eksentris (SRPE).

Tujuan dari studi ini adalah merencanakan struktur bangunan baja dengan sistem Sistem Rangka Pengaku Eksentris (SRPE) meliputi perencanaan struktur utama, sekunder, dan pengaku yang sesuai dengan pembebanan bangunan tahan gempa. Adanya perencanaan sistem struktur Sistem Rangka Pengaku Eksentris (SRPE) kemudian dibandingkan dengan sistem struktur *Staggered Truss Frame* (STF) dari hasil penelitian sebelumnya maka didapat berat total struktur utama apartemen Purimas Surabaya yang paling minimum.

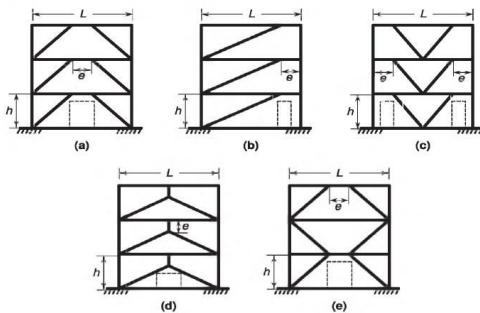
II. TINJAUAN PUSTAKA

Beban gempa yang akan ditanggung oleh struktur atau elemen struktur tidak selalu dapat diramalkan dengan tepat sebelumnya, maka dalam tahap perencanaan, seorang perencana dituntut untuk dapat memahami perancangan struktur tahan gempa dalam mendesain bangunan.



Gambar 1. Ilustrasi Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Sumber: ATC 58)

Sistem struktur SRPE merupakan struktur baja penahan gaya lateral yang merupakan gabungan antara konsep daktilitas dan disipasi energi yang baik dari desain *Moment-Resisting Frames* (MRF) dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi dari desain *Concentrically Braced Frames* (CBF). SRPE memiliki elastisitas tinggi, respons inelastis stabil pada muatan lateral siklis, daktilitas dan kapasitas disipasi energi yang besar [2].



Gambar 2. Tipe Konfigurasi SRPE (Sumber: Bruneau,1998)

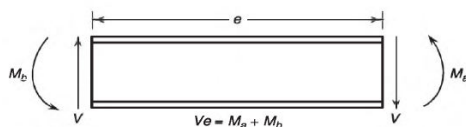
Gaya yang terjadi pada Gambar 3 menunjukkan *free-body diagram* dari sebuah *link*. Dengan mengabaikan gaya aksial yang terjadi dan interaksi antara momen dan geser pada *link*, kedua momen tumpuan M_a dan M_b telah mencapai keadaan plastis, M_p . Gaya geser pada tumpuan juga dalam keadaan plastis, V_p . Momen plastis dan kapasitas geser pada *link* tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$M_p = Z_x \cdot f_y \tag{2.1}$$

$$V_p = \tau_y A_{lw} \tag{2.2}$$

Keterangan:

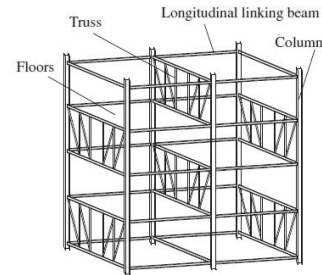
- M_p = Momen plastis penampang
- Z_x = Modulus plastis penampang
- f_y = Tegangan leleh penampang
- $\tau_y = 0,6F_y$ (AISC 2010) ; $0,55F_y$ (CSA 2009)
- $A_{lw} = (d-2t_f) \cdot t_w$, untuk bentuk -I
- $= 2(d-2t_f) \cdot t_w$, untuk bentuk penampang boks
- V_p = Gaya geser plastis penampang
- d = Tinggi penampang
- t_f = Tebal *flens*
- t_w = Tebal *web*



Gambar 3. Free body Diagram dan gaya pada Link.

(Sumber: Bruneau,1998)

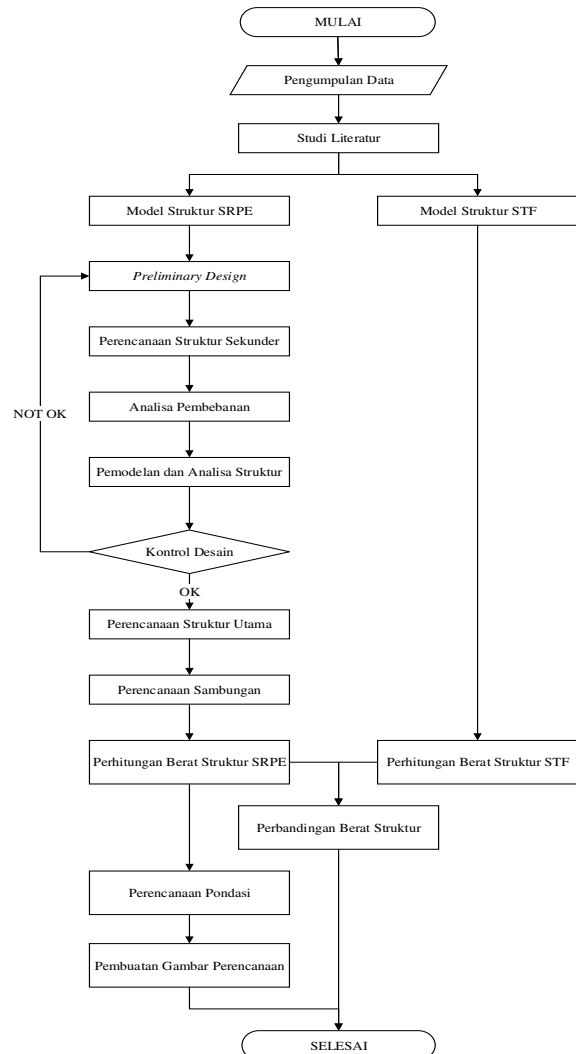
Sistem *Staggered Truss Framing* (STF) atau kerangka batang tersusun secara berselang-seling awalnya dikembangkan oleh Massachusetts Institute Of Technology (MIT). Sistem *Staggered Truss Framing* menjadi efektif apabila digunakan untuk bangunan dengan tinggi menengah yaitu antara 5 sampai 25 lantai, contohnya apartemen, hotel, motel, rumah sakit, serta struktur lain yang menggunakan tinggi antar lantai yang rendah [3]. Bentuk STF dapat dilihat pada Gambar 4 [4].



Gambar 4. Staggered Truss Framing Systems (Sumber : Zhou dkk, 2008).

III. METODOLOGI

Urutan penyelesaian Studi ini dapat dilihat pada bagan alir dibawah ini:



Gambar 5. Diagram Alir Penyelesaian Studi.

Direncanakan sebuah gedung perkantoran 26 lantai dengan data- data sebagai berikut:

- Nama gedung : Apartemen Purimas
- Lokasi :
- Fungsi gedung : Gedung Apartemen
- Panjang gedung : 44 m
- Lebar gedung : 13,85 m
- Jumlah tingkat : 14 tingkat
- Tinggi gedung : 43,3 m (13 lantai + atap)
- Tinggi lantai dasar : 4,3 m
- Tinggi antar lantai : 3 m
- Zona gempa : 3
- Struktur utama : baja Sistem Rangka Pengaku Eksentris (SRPE), komposit baja dan beton (kolom)
- Pelat atap & lantai : *Prestressed Precast Concrete tipe Hollow Core Slab*
- Mutu beton (f'c) : 45 MPa
- Mutu baja : BJ 41

IV. PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

A. Pelat Atap dan Pelat Lantai

Pelat lantai atap dan lantai perkantoran direncanakan menggunakan pelat beton pracetak pratekan *Hollow Core Slab* dengan lebar 1200 mm. Hasil perhitungan struktur pelat ini tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi dan Penulangan Pelat

Elemen Pelat	Beban Berguna (kg/m ²)	Bentang (m)	Tebal Pelat (cm)	Tulangan PC Wire
Atap	286	6	15	14 Ø5
Lantai	415	6	15	16 Ø5

Tabel 2. Dimensi Tangga

Elemen	Profil / Material yang Digunakan
Pelat Anak Tangga	Bondek SUPER FLOOR DECK , tebal plat = 9 cm, tanpa tulangan negatif
Pelat Bordes	Bondek SUPER FLOOR DECK , tebal plat = 9 cm, tulangan negatif Ø 10-300
Balok Utama Tangga	WF 200x150x6x9
Balok Penumpu Tangga	WF 200x150x6x9

B. Perencanaan Tangga dan Bordes

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain.

Data Teknis Tangga:

- Mutu baja (BJ-41) :
 - fy = 250 MPa,
 - fu = 410 MPa
- Tinggi antar lantai = 300 cm
- Tinggi bordes (y) = 150 cm
- Panjang tangga (x) = 300 cm
- Lebar tangga = 145 cm
- Lebar bordes = 175 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 cm
- Tinggi injakan (t) = 15 cm
- Jumlah tanjakan (n) = 10 buah
- Jumlah injakan = n-1 = 9 buah

C. Perencanaan Balok Penggantung Lift

Balok Penggantung Lift direncanakan menerima beban dari lift penumpang berdasarkan spesifikasi pada brosur sebagai berikut:

- Tipe lift : *Luxen*
- Merk : HYUNDAI ELEVATOR
- Kapasitas : 10 Orang / 700 kg
- Lebar pintu : 800 mm
- Dimensi ruang sangkar
 - Internal : 1400 x 1250 mm²
 - Eksternal : 1460 x 1405 mm²
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 1 Car: 1850 x 1850 mm²
- Dimensi ruang mesin : 2000 x 3600 mm²
- Beban reaksi ruang mesin : R₁ = 4200 kg
R₂ = 2700 kg
- Balok penggantung lift: WF 300 x 150 x 6,5 x 9

V. KONTROL HASIL ANALISIS STRUKTUR

A. Kontrol Partisipasi Massa

Partisipasi massa harus menyertakan jumlah ragam terkombinasi minimal 90% dari massa aktual yang berasal dari masing-masing arah horizontal dan orthogonal yang ditinjau [5].

Tabel 3. Kontrol Nilai Partisipasi Massa

OutputCase	Steptype	StepNum	SumUX	Sum UY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
Modal	Mode	4	0.904	0.747
Modal	Mode	5	0.904	0.908

B. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Perkiraan periode alami fundamental (Ta) dalam detik, harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$Ta = Ct \cdot hn^x ; Ct = 0,0731 ; x = 0,75 ; hn = 43.3m$$

$$Ta = 0,0731 \cdot 43.3^{0.75} = 1.234 \text{ detik}$$

Dengan nilai SD1 = 0,5, maka Cu = 1,4

Sehingga periode sruktur yang diijinkan adalah :

$$T = Ta \cdot Cu = 1.234 \cdot 1,4 = 1.73 \text{ detik}$$

Tabel 4. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

TABLE: Modal Periods And Frequencies

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	1.71	0.437
MODAL	Mode	2	1.51	0.473
MODAL	Mode	3	1.45	0.687
MODAL	Mode	4	0.75	1.329
MODAL	Mode	5	0.25	1.442
MODAL	Mode	11	0,24	4.083
MODAL	Mode	12	0,2	5.037

Dari tabel tersebut didapat periode maksimum Tc = 1.73 detik. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai periode tersebut lebih besar dari periode

struktur yang diijinkan ($T_c < C_u \cdot T_a$). Jadi, analisis struktur apartemen Purimas Surabaya menggunakan $T = 1.71$ detik.

C. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam dinamik (V_t) harus lebih besar 85% dari gaya geser dasar statik (V) atau ($V_{dinamik} \geq 0,85 V_{statik}$) [5].

Tabel 5.
Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Ket	$V_{dinamik}$ (kg)	V_{statik} (kg)	$V_{dinamik} \geq V_{statik}$
RSX	187128.5	196224.52	Not OK
RSY	199303.5		OK

Karena hasil pada arah X tidak memenuhi maka simpangan antar lantai harus diperbesar dengan faktor skala $0,85 \frac{C_s \cdot W}{v}$.

Untuk simpangan arah X harus dikalikan:

$$0,85 \frac{C_s \cdot W}{v} = 0,85 \times \frac{0,027 \times 8550088}{187128.5} = 1.04$$

D. Kontrol Simpangan (Drift)

Gempa menyebabkan struktur bertingkat rawan terhadap terjadinya simpangan horizontal (*Drift*). Dan apabila simpangan horizontal ini melebihi syarat aman yang telah ditentukan maka gedung akan mengalami keruntuhan [5].

Tabel 6.
Kontrol Simpangan Arah-X Gempa Arah X

Lantai	h_i (mm)	δ_{ex} (mm)	δ_x (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	$\Delta a/\rho$ (mm)	Cek $\Delta \leq \Delta a/\rho$
14 (Atap)	3000	50.9	203.6	9.6	60	60	OK
13	3000	48.5	194	12	60	60	OK
12	3000	45.5	182	13.2	60	60	OK
11	3000	42.2	168.8	14.4	60	60	OK
10	3000	38.6	154.4	15.6	60	60	OK
9	3000	34.7	138.8	15.6	60	60	OK
8	3000	30.8	123.2	16	60	60	OK
7	3000	26.8	107.2	16.4	60	60	OK
6	3000	22.7	90.8	16.4	60	60	OK
5	3000	18.6	74.4	16	60	60	OK
4	3000	14.6	58.4	15.2	60	60	OK
3	3000	10.8	43.2	15.2	60	60	OK
2	3000	7	28	14.4	60	60	OK
1	4300	3.4	13.6	13.6	86	86	OK

Tabel 7.
Kontrol Simpangan Arah-Y Gempa Arah Y

Lantai	h_i (mm)	δ_{ex} (mm)	δ_x (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	$\Delta a/\rho$ (mm)	Cek $\Delta \leq \Delta a/\rho$
14 (Atap)	3000	50.9	203.6	9.6	60	60	OK
13	3000	48.5	194	12	60	60	OK
12	3000	45.5	182	13.2	60	60	OK
11	3000	42.2	168.8	14.4	60	60	OK
10	3000	38.6	154.4	15.6	60	60	OK
9	3000	34.7	138.8	15.6	60	60	OK
8	3000	30.8	123.2	16	60	60	OK
7	3000	26.8	107.2	16.4	60	60	OK
6	3000	22.7	90.8	16.4	60	60	OK
5	3000	18.6	74.4	16	60	60	OK
4	3000	14.6	58.4	15.2	60	60	OK
3	3000	10.8	43.2	15.2	60	60	OK
2	3000	7	28	14.4	60	60	OK
1	4300	3.4	13.6	13.6	86	86	OK

VI. PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER

A. Link

Balok *link* direncanakan menggunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13. Hasil dari output program bantu struktur diperoleh gaya dalam sebesar:

$$e = 100 \text{ cm} < 1,6 \cdot M_p / V_p = 117.02 \text{ cm}$$

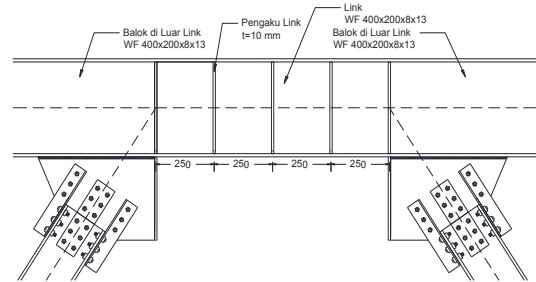
$$\alpha = 0,024 \text{ radian} < \alpha \text{ maks} = 0,08 \text{ radian}$$

$$V_u = 35905.7 \text{ kg} < \phi V_n = 41188.4 \text{ kg}$$

Untuk pengaku dengan panjang *link* $< 1,6 \cdot M_p / V_p$, harus direncanakan memiliki pengaku antara. Untuk $\alpha = 0,03$ radian maka:

$$S = 336 - \left(\frac{0,024 - 0,02}{0,08 - 0,02} \right) \cdot (336 - 160) = 324.27 \text{ mm} = 32.4 \text{ cm}$$

Dipasang pengaku antara dengan jarak 25 cm.



Gambar 5. Elemen Link dan Pengaku

B. Balok diluar Link

Balok *link* direncanakan menggunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13. kuat perlu balok yang terletak diluar *link* harus ditentukan berdasarkan gaya- gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *link* sebesar $R_y \cdot V_n$ [6].

Kontrol interaksi geser lentur yang terjadi:

$$\frac{M_u}{\phi \cdot M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi \cdot V_n} \leq 1,375$$

$$1.369 \leq 1,375 \dots \text{OK}$$

C. Bressing

Bressing direncanakan menggunakan profil WF 200 x 200 x 9 x 14. Berdasarkan Pasal 15.13.6.1, kuat kombinasi- aksial- dan lentur perlu pada batang bracing harus sebesar $1,25 R_y V_n$ [6].

$$V_u = 1,25 \cdot R_y \cdot V_n = 1,25 \times 1,5 \times (0,6 \times 2549,29 \times (402 \times 1,3) \times 0,8) = 85809.1 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tekan} = P_u \text{ tarik} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{85809.1}{0.832} = 103129.7 \text{ kg}$$

Bressing tekan

$$P_{max} = 1.1 \cdot R_y \cdot F_y \cdot A_g / \omega = 1.1 \times 1.5 \times 2549.29 \times 135 / 1.34 = 153686.6 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0.85 \times 153686.6 = 130633.6 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_u = 103129.7 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

Bressing tarik

$$N_n = F_y \cdot A_e = 2549.29 \times 50.72 = 212065.4 \text{ kg}$$

$$\phi_c N_n = 0.75 \times 212065.4 = 159049 \text{ kg}$$

$$\phi_c N_n > P_u$$

$$159049 \text{ kg} > 103129.7 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

D. Balok Induk

Balok induk direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 7 x 10 . Dari output program bantu struktur diperoleh gaya dalam yang dipakai dalam desain adalah:

$$M_u = 5302.3 \text{ kgm} < \phi M_n = 16542.3 \text{ kgm} \dots \text{OK}$$

$$V_u = 4613.17 \text{ kg} < \phi V_n = 27945.3 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

$$f^o = 0.085 \text{ cm} < f_{ijin} = 1.667 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

E. Kolom

Perhitungan kolom dihitung sebagai elemen komposit. Kolom direncanakan menggunakan profil HSS 400 × 400 × 14 dengan kontrol kuat nominal penampang sebagai berikut:

Rumus Interaksi [7]:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0,586 > 0,2 \rightarrow \text{Interaksi 1}$$

Kontrol Interaksi “Balok – Kolom”

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

$$0,586 + \frac{8}{9} \left(\frac{18139,62}{67377,73} + \frac{6662,56}{67377,73} \right) \leq 1,0$$

$$0,949 < 1 \dots \text{OK}$$

Hasil seluruh perhitungan struktur primer akan disajikan pada tabel 8.

Tabel 8.
Hasil Perhitungan Struktur Primer

Elemen	Dimensi
Link X	WF 400 × 200 × 8 × 13
Link Y	WF 400 × 200 × 8 × 13
Balok Diluar Link X	WF 400 × 200 × 8 × 13
Balok Diluar Link Y	WF 400 × 200 × 8 × 13
Bresing Arah X	WF 200 × 200 × 9 × 14
Bresing Arah Y	WF 200 × 200 × 9 × 14
Balok Induk Memanjang	WF 300 × 200 × 7 × 10
Balok Induk Melintang	WF 300 × 200 × 7 × 10
Kolom	HSS 400 × 400 × 14

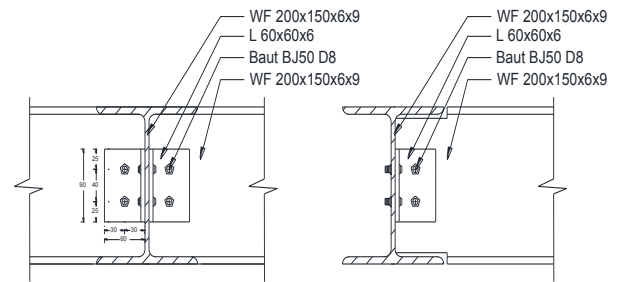
VII. PERENCANAAN SAMBUNGAN

A. Sambungan Struktur Sekunder

Pada perencanaan sambungan, direncanakan baut dengan mutu BJ50 dan pelat penyambung profil siku dengan mutu BJ41. Baut direncanakan hanya memikul beban geser yang berasal dari struktur sekunder. Perhitungan sambungan dianggap sebagai sendi. Hasil perhitungan sambungan struktur sekunder terlampir pada tabel 9.

Tabel 9 Sambungan Struktur Sekunder

Elemen	Profil Siku	D (mm)	n (jb)
Balok utama tangga penumpu	B. Utama	L60.60.6	8
Balok penumpu tangga	B. Penumpu	L60.60.6	8
Balok penumpu tangga	B. Penumpu	L60.60.6	10
Balok kolom	Sisi kolom	Las Sudut	Las 3 nn



Gambar 6. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Penumpu Tangga

B. Sambungan Struktur Primer

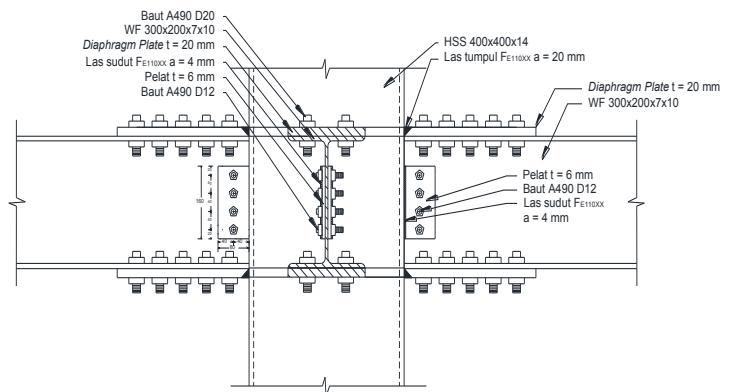
Pada perencanaan sambungan, direncanakan baut dengan mutu A325 dan A490, Mutu las FE_{70XX} dan FE_{110XX}, dan pelat penyambung mutu BJ-41. Sambungan pada struktur primer direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser Pu dan momen Mu. Hasil perhitungan sambungan struktur primer tersaji pada tabel 10.

Tabel 10.
Sambungan Struktur Primer

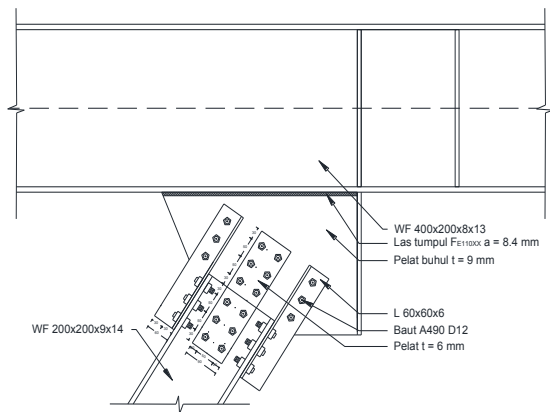
Elemen	D badan (mm)	n badan (buah)	D sayap (mm)	n sayap (buah)
Balok diluar Link X dan Kolom	12	4	20	24
Balok diluar Link Y dan Kolom	12	4	20	24
Bresing dan Balok	12	6	12	12
Balok Induk dan Kolom	12	4	20	20

Antar Kolom Las tumpul sudut 1,6 cm

Kolom - Base Plate T Plat = 40 mm n angkur 8M20



Gambar 7. Sambungan Kolom dan Balok Induk.



Gambar 7. Sambungan Bresing dan Balok.

VIII. PERBANDINGAN BERAT MATERIAL SISTEM STRUKTUR

Berat material struktur baja dengan SRPE (Sistem Rangka Pengaku Eksentris), dan sistem STF (Staggered Truss Frames) dihitung berdasarkan perencanaan pada studi.

Tabel 11. Berat Total Struktur SRPE dan STF

SRPE		STF	
Lantai	Berat (kg)	Lantai	Berat (kg)
1	103356.1	1	86748.7
2	77060.0	2	63750.8
3	77060.0	3	50265.2
4	77060.0	4	50265.2
5	77060.0	5	50265.2
6	77060.0	6	50265.2
7	77060.0	7	50265.2
8	77060.0	8	50265.2
9	77060.0	9	50265.2
10	77060.0	10	50265.2
11	77060.0	11	50265.2
12	77060.0	12	50265.2
13	77060.0	13	50265.2
Atap	77060.0	Atap	59520.8
Total Struktur	1105135.74	Total Struktur	762936.90

Berat total struktur utama sistem rangka pengaku eksentris lebih besar dari berat total struktur utama sistem *staggered truss frames* dengan selisih sebesar 342198.84 kg = 342.2 ton.

IX. PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH

A. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi yang digunakan pada perencanaan gedung perkantoran berasal dari tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton dengan spesifikasi adalah sebagai berikut:

Perhitungan pondasi dalam berdasarkan rumus [8]. Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah

$$P_v = \frac{V}{n} + \frac{M_x y}{\sum y^2} + \frac{M_y x}{\sum x^2}$$

$$= \frac{413328.47}{6} + \frac{13499.92 \times 1.2}{5.76} + \frac{13464.7 \times 0.6}{2.16}$$

$$= 75440.756 \text{ kg}$$

$$= 75.44 \text{ ton} < P_{ijin \text{ grup}} = 94.697 \text{ ton} \dots \text{OK}$$

B. Perencanaan Poer

Poer dikontrol terhadap geser pons yang terjadi. Untuk penulangan lentur, poer dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Dan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan tulangan berdasarkan rumus [9].

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

- Penulangan Arah X

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d'$$

$$= 0.0018 \times 3600 \times 887.5 = 5751 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s} = \frac{5751}{490.87} = 11.7158 \approx 12 \text{ buah}$$

$$s = \frac{(3600 - 2 \times 75 - 25)}{(12 - 1)} = 306.818 \text{ mm}$$

$$s_{\text{pakai}} = 300 \text{ mm}$$

- Penulangan Arah Y

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d'$$

$$= 0.002 \times 2400 \times 912.5 = 4446.24 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s} = \frac{4446.24}{490.87} = 9.06 \approx 10 \text{ buah}$$

$$s = \frac{(2400 - 2 \times 75 - 25)}{(10 - 1)} = 247.22 \text{ mm}$$

$$s_{\text{pakai}} = 240 \text{ mm}$$

C. Perencanaan Kolom Pedestal

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d'$$

$$= 0.0116 \times 700 \times 640 = 5196.8 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan utama 20D20 (dipasang merata 4 sisi)

$$A_s = 6283.185 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 5196.8 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

X. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berat total material struktur utama pada perencanaan modifikasi apartemen Purimas Surabaya menggunakan sistem rangka pengaku eksentris didapatkan 1105.136 ton, sedangkan pada modifikasi menggunakan sistem *staggered truss frames* didapatkan 762.937 ton. Hal tersebut menunjukkan bahwa berat material struktur utama pada modifikasi menggunakan sistem *staggered truss frames* lebih ringan sebesar 342.2 ton.

B. Saran

Diharapkan dilakukan studi yang mempelajari tentang perbandingan perilaku antara system struktur SRPE dengan STF lebih dalam sehingga dapat menjadi dasar pertimbangan pemilihan alternatif sistem penahan gempa pada perencanaan struktur bangunan baja

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Aydan, "Seismic and Tsunami Hazard Potential in Indonesia with a special emphasis on Sumatra Island," *J. Sch. Mar. Sci. Technol.*, vol. 6, no. 3, pp. 19-38, 2008.
- [2] M. Bruneau, C. M. Uang, and R. Sabelli, *Ductile Design of Steel Structures*. USA: Mc Graw Hill, 1998.
- [3] Wahyuni, Isdarmanu, and Irawan., "Pemakaian Sistem Staggered Truss Framing (STF) sebagai penahan beban gempa pada Rumah Susun," Surabaya, 2012.
- [4] X. Zhou, Y. He, L. Xu, and Q. Zhou, "Thin-Walled Structures. Experimental Study and Numerical Analyses on Seismic Behaviors of Staggered-Truss System under Low Cyclic Loading," 2008.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1726:2012 Tata Cara

- Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung,” Jakarta, 2012.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1729-2015 : Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural,” Jakarta, 2015.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung,” Jakarta, 2002.
- [8] H. Wahyudi, *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS, 1999.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2847-2013 : Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung,” Jakarta, 2013.