

KOMPARASI HASIL JOINT DISPLACEMENT, BASE SHEAR DAN BENDING MOMENT ANTARA STRUKTUR BETON BERTULANG DAN STRUKTUR BAJA

Oleh: Hery Kristiyanto¹, Muhammad Ryan Iskandar¹, Hanif Rizky Jauhari³
E-mail: heryjogja90@gmail.com¹, muhammad.ryan01@gmail.com²

Abstrak: Baja memiliki beberapa keunggulan dibandingkan beton bertulang, diantaranya beban struktur yang lebih ringan, namun baja memerlukan perlakuan khusus pada saat pemasangan dan memerlukan faktor keamanan yang lebih tinggi. Tujuan penelitian adalah melakukan komparasi hasil joint displacement, base shear dan bending moment antara struktur rangka beton bertulang dan struktur rangka baja yang dianalisis dengan program SAP2000.

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan perbandingan joint displacement pada struktur beton arah X rata-rata 47,74 mm atau lebih besar dari struktur baja dengan rata-rata 39,63 mm, sedangkan untuk arah Y pada struktur beton rata-rata 49,04 mm atau lebih kecil dari struktur baja dengan rata-rata 60,46 mm. Base shear untuk struktur beton dan struktur baja berturut-turut -2.279,04 kN dan -1.646,88 kN. Bending moment untuk struktur beton dan struktur baja, masing-masing -348,85 kNm dan -266,04 kNm. Base shear dan bending moment struktur beton lebih besar dari pada struktur baja diantaranya karena struktur beton lebih berat dari struktur baja.

Kata kunci : joint displacement, base shear, bending moment, struktur beton, struktur baja

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perancangan struktur bangunan adalah merencanakan bangunan melalui berbagai variabel agar diperoleh hasil yang bermanfaat sesuai fungsinya. Perencanaan struktural tidak hanya memperhatikan aspek struktural, tetapi juga aspek ekonomi dan estetika. Dalam hal ini desain struktur merupakan tindak lanjut dari denah arsitektur, karena menentukan apakah suatu bangunan dengan desain tertentu dapat berdiri. Rencana beban merupakan data utama yang digunakan untuk merencanakan elemen struktur (seperti beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa). Salah satu tahapan penting dalam perencanaan struktur bangunan, yaitu pemilihan jenis material yang akan digunakan. Selama ini material tersebut telah dikenal dunia konstruksi berupa baja, beton bertulang dan kayu.

Sebagian besar bangunan di Indonesia merupakan struktur rangka beton bertulang (SRBB) yang dapat mengalami deformasi dan retak akibat beban kerja. Baja memiliki beberapa keunggulan dibandingkan beton, salah satunya diantaranya membuat beban struktur lebih ringan, namun baja memerlukan perlakuan khusus pada saat pemasangan dan memiliki faktor keamanan yang lebih tinggi. Dalam penelitian ini dilakukan komparasi hasil analisis SAP2000 pada struktur beton dan struktur baja.

¹⁾ adalah staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

1.2. BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi di kota Yogyakarta
2. Perencanaan didasarkan pada SNI 2847-2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung, SNI 1729-2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, dan SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain.
3. Prototipe bangunan gedung kuliah 5 lantai, berbentuk persegi panjang 27 m x 15 m, dengan tinggi 18 m.
4. Kolom beton dan baja berukuran masing-masing 500x500 mm dan 400x400 mm, sedangkan balok beton dan baja berukuran masing-masing 300x500 mm dan 175x500 mm

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah melakukan komparasi hasil pergeseran titik buhul (joint displacement), gaya geser dasar (base shear) dan momen lentur (bending moment) antara struktur rangka beton bertulang dan struktur rangka baja yang dianalisis dengan program SAP2000.

2. LANDASAN TEORI

Struktur adalah kumpulan komponen-komponen, diantaranya adalah balok dan kolom yang tersusun secara teratur, berfungsi untuk memikul dan meneruskan beban-beban dengan aman ke tanah melalui pondasi.

4.1. Struktur Rangka Pemikul momen

Menurut SNI 1726:2012 pasal 3.53, sistem rangka pemikul momen adalah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur.

Menurut SNI 2847-2013, beton adalah sebuah bahan penyusun struktur bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat, air, dan pengikat semen. Bentuk paling umum biasanya adalah beton semen Portland, yang terdiri dari campuran agregat mineral (biasanya kerikil atau batu pecah dan pasir), semen, dan air.

Tulangan yang digunakan harus tulangan ulir, kecuali untuk tulangan spiral atau baja prategang diperkenankan tulangan polos dan tulangan yang mengandung *stud* geser berkepala, baja profil struktural, pipa baja, atau tabung baja dapat digunakan sesuai dengan persyaratan pada Standar ini. Serat baja ulir tidak menerus dapat digunakan hanya untuk menahan geser dengan kondisi yang ditetapkan.

Baja adalah logam paduan dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Material baja unggul jika ditinjau dari segi kekuatan, kekakuan dan daktilitasnya. Tinjauan dari segi kekuatan, kekakuan dan daktilitas sangat cocok dipakai mengevaluasi struktur yang diberi pembebanan.

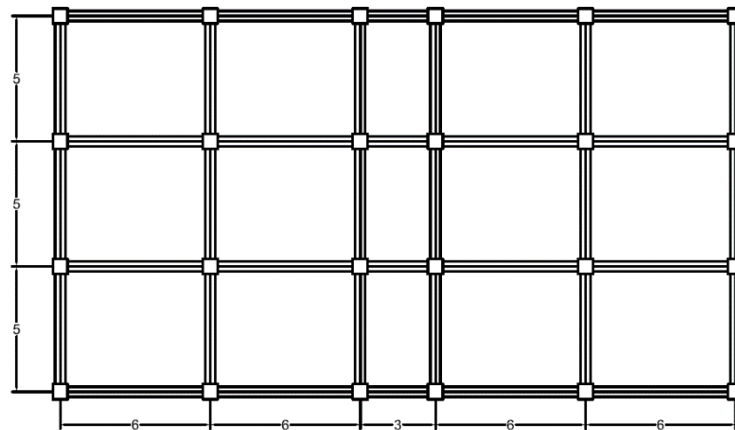
4.2. Analisis beban gempa

Beban adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi (SNI 1727-2013). Jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan gedung ini adalah beban vertikal dan beban horisontal. Pada analisa gaya-gaya dalam struktur utama dilakukan pembebanan dengan beberapa kombinasi pembebanan yang sesuai dengan ketentuan dalam SNI 1727-2013.

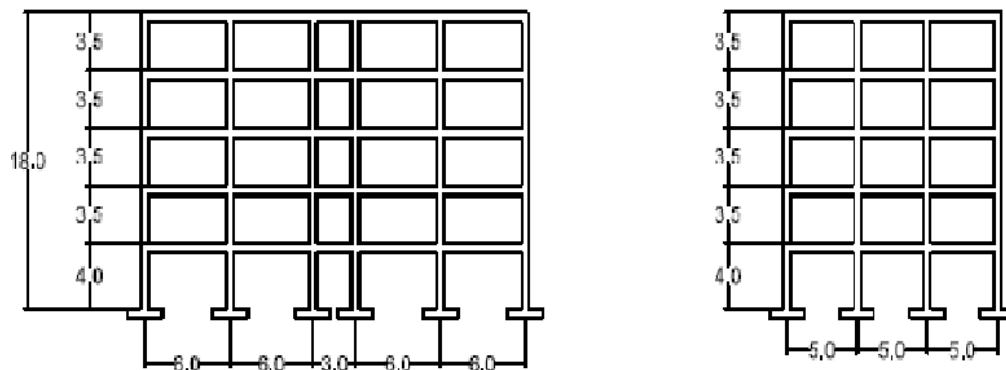
Analisis harus menggunakan metode yang rasional yang didasarkan pada prinsip-prinsip mekanika teknik dan harus mempertimbangkan semua sumber deformasi dan tahanan. Asumsi-asumsi mengenai kekakuan, kekuatan, redaman, dan sifat (properties) lainnya dari komponen dan sambungan yang dianalisis harus berdasarkan data pengujian yang disetujui atau standar referensi.

3. METODOLOGI DAN PENELITIAN

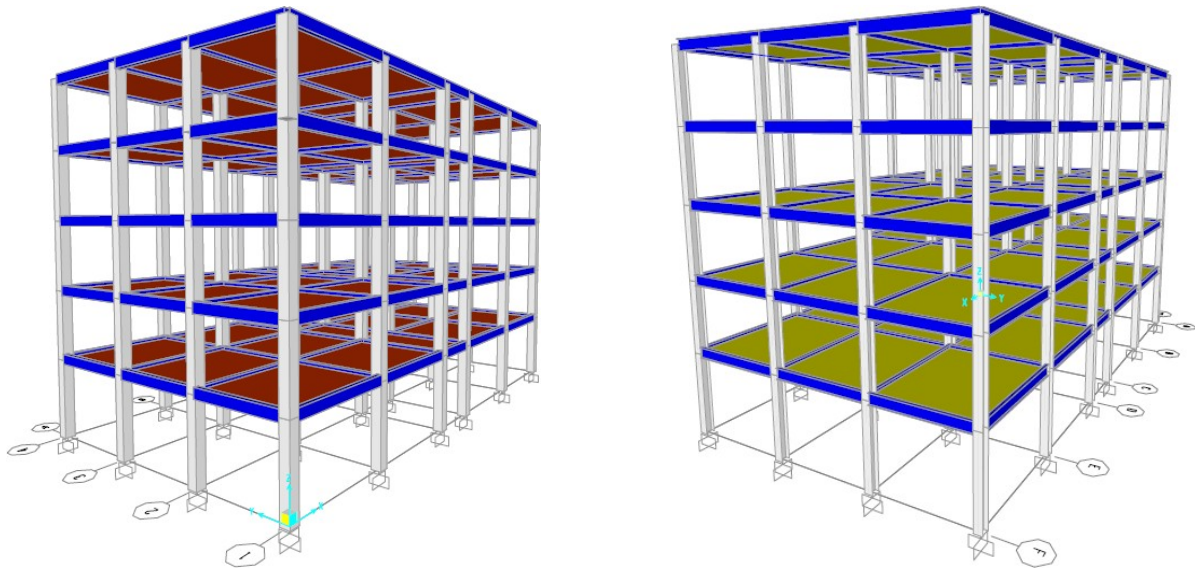
Data Pada penelitian ini dilakukan pada bangunan perkuliahan dengan struktur bangunan gedung beton mutu beton f_c' 30 MPa dan baja profil I mutu BJ 34. Gedung lima lantai dengan luas 15 x 27 m tinggi 18 m, lokasi berada di Yogyakarta dengan katagori resiko gempa II yang berdiri diatas tanah sedang.



Gambar 1. Denah struktur rangka tampak atas



Gambar 2. Struktur rangka arah X dan Y



Gambar 3. Struktur beton dan struktur baja dalam 3 dimensi

Dalam menganalisis elemen struktur bangunan yang ditinjau, beban gempa dianggap sebagai beban statis ekuivalen pada tiap lantainya. Dalam sub-bab ini diuraikan mengenai prosedur statis ekuivalen untuk mendapatkan distribusi gaya lateral gempa tiap lantainya:

1. Periode fundamental struktur (T)

Periode fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan (T_a). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur (T), diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan (T_a).

2. Gaya geser
3. Distribusi gaya geser

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan software SAP 2000 versi 14. Dari hasil perhitungan SAP akan diperoleh hasil output kedua struktur tersebut yaitu besar perpindahan (*joint displacement*) struktur gedung, gaya geser dasar struktur gedung (*Base Shear*), dan momen lentur.

4.1. Data Struktur Bangunan

Dari tahapan perencanaan didapatkan data struktur bangunan gedung :

1. Jenis struktur : Beton dan Baja
2. Mutu beton $f_c' = 30$ MPa, untuk baja tulangan $f_y = 400$ MPa, dan tulangan sengkang $f_{ys} = 240$ MPa
3. Baja profil I atau WF : kolom dan balok menggunakan BJ 34 dengan tegangan tarik (f_u) 340 MPa, tegangan leleh (f_y) 210 MPa dan modulus elastisitas $E_s = 200.000$ MPa
4. Jumlah lantai 5, tinggi gedung 18 m dan luas 27 m x 15 m.

5. Dimensi balok dan kolom beton masing-masing 300x500 mm dan 500x500 mm, sedangkan balok dan kolom baja masing-masing 175x500x7x11 mm dan 400x400x13x21 mm

4.2. Perhitungan berat gempa efektif

a. Struktur rangka beton

$$\begin{aligned} \text{Berat beban mati total (Wd)} &= 4.351,63 + (3 \times 4.192,49) + 2.972,18 \\ &= 19.901,27 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reduksi beban hidup total (WI)} &= 708,75 + (3 \times 708,75) + 283,50 \\ &= 3.118,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat seismic efektif (W)} &= \text{Berat beban total (Wd)} + \text{Reduksi beban hidup total (WI)} \\ &= 19.901,27 \text{ kN} + 3.118,50 \text{ kN} \\ &= 23.019,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Struktur rangka baja

$$\begin{aligned} \text{Berat beban mati total (Wd)} &= 3.572,18 + (3 \times 3.435,73) + 2.379,16 \\ &= 16.258,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reduksi beban hidup total (WI)} &= 708,75 + (3 \times 708,75) + 283,50 \\ &= 3.118,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat seismic efektif (W)} &= \text{Berat beban total (Wd)} + \text{Reduksi beban hidup total (WI)} \\ &= 16.258,54 \text{ kN} + 3.118,50 \text{ kN} \\ &= 19.377,04 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.3. Analisis statik ekuivalen

1. Katagori gempa dasar

Menentukan faktor keutamaan gedung, bangunan sendiri berfungsi sebagai ruang perkuliahan. Menurut tabel 2.7 kategori resiko bangunan IV dan menurut tabel 2.8 faktor keutamaan gempa (I_e) 1,50. Untuk mengetahui klasifikasi situs dan percepatan batuan pada wilayah yang ditentukan yaitu kota Yogyakarta menggunakan program bantu desain spektra Indonesia yang terbaru, bisa diakses pada situs: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> didapatkan hasil :

Tabel 1. Respon desain spektra

Kelas Situs	Tanah sedang (SD)
PGA	0,4905
Ss	1,1070
S1	0,5070
TL	6
T0	0,16
Ts	0,78
Sds	0,78
Sd1	0,61

2. Perhitungan periode getar

a. Struktur rangka beton pemikul momen

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \cdot h_n^x \\ T_a &= 0,0466 \times 180,9 \\ &= 0,628 \text{ detik} \end{aligned}$$

b. Struktur rangka baja pemikul momen

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \cdot h_n^x \\ T_a &= 0,0724 \times 180,8 \\ &= 0,731 \text{ detik} \end{aligned}$$

3. Gaya dasar seismik

a. Struktur rangka beton

$$C_s = S_{DS}/(R/I_e) = 0,77/(8/1,0) = 0,096$$

$$C_{smax} = S_{D1}/T(R/I_e) = 0,5/0,628(8/1,0) = 0,099 \text{ (struktur beton)}$$

$$C_{smin} = 0,044 \times SDS \times I_e \geq 0,01 = 0,044 \times 0,77 \times 1,0 = 0,03 > 0,01$$

$$C_{smin} = 0,03 < C_s = 0,096 < C_{smax} = 0,099$$

Jadi nilai $C_s = 0,099$

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser total } V &= C_s \times W \\ &= 0,099 \times 23\,019,77 \\ &= 2\,278,97 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Struktur rangka baja

$$C_s = S_{DS}/(R/I_e) = 0,77/(8/1,0) = 0,096$$

$$C_{smax} = S_{D1}/T(R/I_e) = 0,5/0,731(8/1,0) = 0,085 \text{ (struktur baja)}$$

$$C_{smin} = 0,044 \times SDS \times I_e \geq 0,01 = 0,044 \times 0,77 \times 1,0 = 0,03 > 0,01$$

$$C_{smin} = 0,03 < C_s = 0,096 > C_{smax} = 0,085$$

Jadi nilai $C_s = 0,085$

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser total } V &= C_s \times W \\ &= 0,085 \times 19\,377,04 \\ &= 1\,647,05 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Distribusi gaya geser

Dari perhitungan distribusi gaya geser diperoleh hasil :

Tabel 2. Distribusi beban lateral tiap lantai struktur beton.

Lantai ke	h_i	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_i \times h_i^k$	C_{vx}	F_i
5	18	19,152	3.255,68	62.352,75	0,24	555,12
4	14,5	15,428	4.901,24	75.616,30	0,30	673,20
3	11	11,704	4.901,24	57.364,09	0,22	510,70
2	7,5	7,98	4.901,24	39.111,88	0,15	348,21
1	4	4,256	5.060,38	21.536,98	0,08	191,74
			23.019,77	255.981,99		

Tabel 3. Distribusi beban lateral tiap lantai struktur baja

Lantai ke	h_i (m)	h_i^k	w_i (kN)	$w_i \times h_i^k$	C_{vx}	F_i
5	18	20,088	2.662,66	53.487,61	0,24	391,14
4	14,5	16,182	4.144,48	67.066,05	0,30	490,44
3	11	12,276	4.144,48	50.877,69	0,23	372,05
2	7,5	8,37	4.144,48	34.689,34	0,15	253,67
1	4	4,464	4.280,93	19.110,07	0,08	139,75
			19.377,049	225.230,76		

Prosedur kombinasi 100% gaya untuk satu arah ditambah 30 persen gaya:

Tabel 4. Beban lateral searah sumbu X dan Y struktur beton

Lantai ke	F_i	Ex (kN)			Ey (kN)		
		100%X	30%Y	100%X+30%Y	100%Y	30%X	100%Y+30%X
5	555,12	555,12	166,535	721,65	555,12	166,535	721,65
4	673,20	673,20	201,96	875,16	673,20	201,96	875,16
3	510,70	510,70	153,211	663,92	510,70	153,211	663,92
2	348,21	348,21	104,462	452,67	348,21	104,462	452,67
1	191,74	191,74	57,5222	249,26	191,74	57,5222	249,26

Tabel 5. Beban lateral searah sumbu X dan Y struktur baja

Lantai ke	F _i	Ex (kN)			Ey (kN)		
		100%X	30%Y	100%X+30%Y	100%Y	30%X	100%Y+30%X
5	391,14	391,14	117,34	508,48	391,14	117,34	508,48
4	490,44	490,44	147,13	637,57	490,44	147,13	637,57
3	372,05	372,05	111,62	483,67	372,05	111,62	483,67
2	253,67	253,67	76,10	329,78	253,67	76,10	329,78
1	139,75	139,75	41,92	181,67	139,75	41,92	181,67

5. Analisis menggunakan program SAP 2000

Untuk menampilkan hasil analisis I output pada layar SAP2000 deformasi, reaksi tumpuan, gaya batang, dst., dilakukan dengan cara klik display – show table. Pada pilihan joint.

a. Perbandingan hasil perpindahan (*joint displacement*)

	Joint Text	Output Case Text	Case Type Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
▶	140	Ex	LinStatic	14,950619	4,584121	-0,152181	-0,001465	0,004964	0,000004297
	140	Ey	LinStatic	4,497604	15,253475	-0,18457	-0,004985	0,001446	-0,00000303
	141	Ex	LinStatic	34,444686	10,593884	-0,248838	-0,001484	0,004954	-0,00000109
	141	Ey	LinStatic	10,330645	35,319529	-0,301898	-0,005032	0,001449	0,0000005931
	142	Ex	LinStatic	51,983386	16,021717	-0,308566	-0,00121	0,004042	-0,000002854
	142	Ey	LinStatic	15,590129	53,414479	-0,37427	-0,004102	0,001184	0,000002021
	143	Ex	LinStatic	64,891993	20,016472	-0,338362	-0,000786	0,002612	-0,000003076
	143	Ey	LinStatic	19,465199	66,723537	-0,410273	-0,002658	0,000768	0,000002261
	144	Ex	LinStatic	72,413853	22,338887	-0,348771	-0,000439	0,00151	-0,000005222
	144	Ey	LinStatic	21,715866	74,476149	-0,422748	-0,001517	0,000431	0,000004082

Gambar 4. Hasil output program SAP joint displacement struktur beton

	Joint Text	Output Case Text	Case Type Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
▶	140	Ex	LinStatic	11,993795	6,511771	-0,150114	-0,001731	0,004053	0,000000915
	140	Ey	LinStatic	3,606703	21,679838	-0,193562	-0,005713	0,001224	-0,000004782
	141	Ex	LinStatic	28,189603	13,690859	-0,245126	-0,001571	0,004205	-0,000001907
	141	Ey	LinStatic	8,454878	45,637135	-0,312519	-0,005199	0,001265	0,000002299
	142	Ex	LinStatic	43,043311	19,829382	-0,303719	-0,001245	0,003473	-0,000004096
	142	Ey	LinStatic	12,910177	66,102529	-0,383842	-0,004111	0,001047	0,00000207
	143	Ex	LinStatic	54,122056	24,191954	-0,332863	-0,000762	0,002296	-0,000001984
	143	Ey	LinStatic	16,23429	80,639249	-0,417661	-0,002524	0,000691	0,000002413
	144	Ex	LinStatic	60,793272	26,463718	-0,343012	-0,000368	0,001414	-0,000008855
	144	Ey	LinStatic	18,233861	88,225422	-0,428266	-0,001212	0,000425	0,000002354

Gambar 5. Hasil output program SAP joint displacement struktur baja

Tabel 6. Joint displacement struktur beton

Lantai	OutputCase	Joint	U1	U2	U3
	Text	Text	mm	mm	mm
1	Ex	140	14,950619	4,584121	-0,152181
	Ey	140	4,497604	15,253475	-0,184570
2	Ex	141	34,444686	10,593884	-0,248838
	Ey	141	10,330645	35,319529	-0,301898
3	Ex	142	51,983386	16,021717	-0,308566
	Ey	142	15,590129	53,414479	-0,374270
4	Ex	143	64,891993	20,016472	-0,338362
	Ey	143	19,465199	66,723537	-0,410273
5	Ex	144	72,413853	22,338887	-0,348771
	Ey	144	21,715866	74,476149	-0,422748

Tabel 7. Joint displacement struktur baja

Lantai	OutputCase	Joint	U1	U2	U3
	Text	Text	mm	mm	mm
1	Ex	140	11,993795	6,511771	-0,150114
	Ey	140	3,606703	21,679838	-0,193562
2	Ex	141	28,189603	13,690859	-0,245126
	Ey	141	8,454878	45,637135	-0,312519
3	Ex	142	43,043311	19,829382	-0,303719
	Ey	142	12,910177	66,102529	-0,383842
4	Ex	143	54,122056	24,191954	-0,332863
	Ey	143	16,23429	80,639249	-0,417661
5	Ex	144	60,793272	26,463718	-0,343012
	Ey	144	18,233861	88,225422	-0,428266

Penentuan simpangan antar lantai desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Batas simpangan lantai diatur dalam SNI gempa :

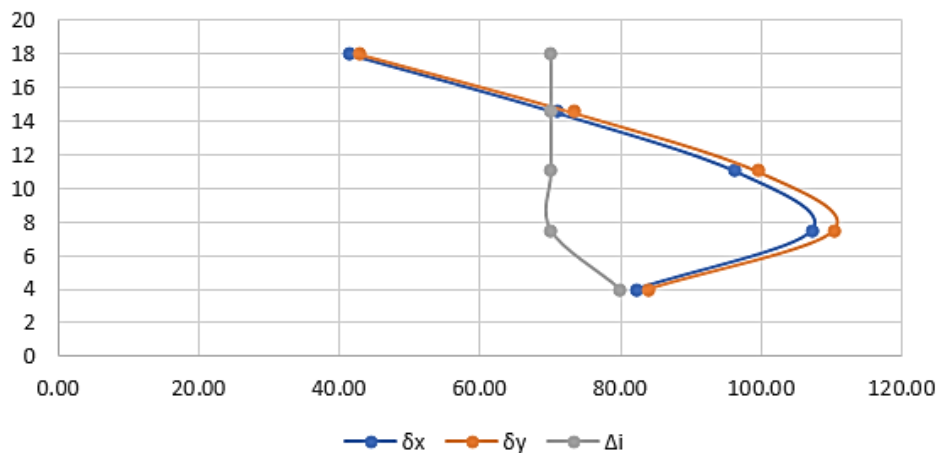
$$\delta = \frac{(\delta e_2 - \delta e_1) \times Cd}{l} < \Delta_a \rightarrow \Delta_a = 0,020 \text{ hx (Tabel 16. SNI 1726 - 1712)}$$

Tabel 8. Hasil perhitungan simpangan antar lantai struktur beton

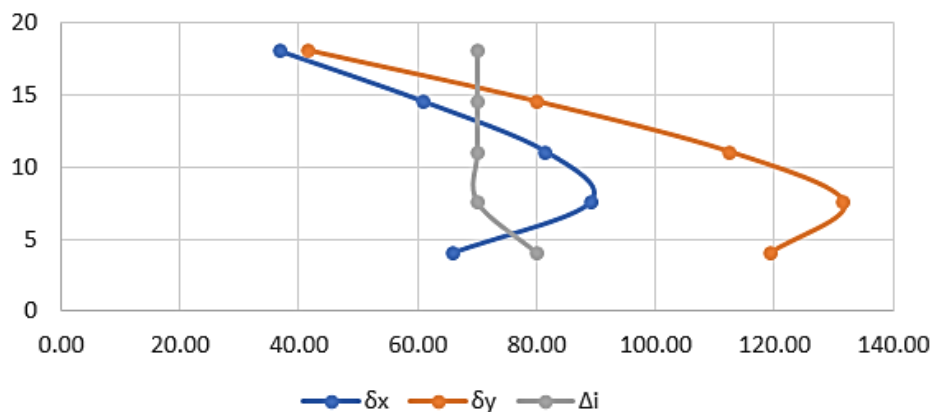
Lantai	h_x m	δe_x mm	δe_y mm	δx mm	δy mm	$\Delta_i x$ mm	$\Delta_i y$ mm	Keterangan
5	18,000	72,41	74,48	41,37	42,64	70	70	aman
4	14,500	64,89	66,72	71,00	73,20	70	70	tidak aman
3	11,000	51,98	53,41	96,46	99,52	70	70	tidak aman
2	7,500	34,44	35,32	107,22	110,36	70	70	tidak aman
1	4,000	14,95	15,25	82,23	83,89	80	80	tidak aman

Tabel 9. Hasil perhitungan simpangan antar lantai struktur baja

Lantai	h_x (m)	$\delta e x$ (mm)	$\delta e y$ (mm)	δx (mm)	δy (mm)	$\Delta i x$ (mm)	$\Delta i y$ (mm)	Keterangan
5	18,000	60,79	88,23	36,69	41,72	70	70	aman
4	14,500	54,12	80,64	60,93	79,95	70	70	tidak aman
3	11,000	43,04	66,10	81,70	112,56	70	70	tidak aman
2	7,500	28,19	45,64	89,08	131,77	70	70	tidak aman
1	4,000	11,99	21,68	65,97	119,24	80	80	tidak aman



Gambar 6. Grafik simpangan antar lantai struktur beton



Gambar 7. Grafik simpangan antar lantai struktur baja

Dari hasil perhitungan tersebut pada struktur beton pada lantai 5 struktur beton aman, lantai 4 tidak aman, lantai 3 tidak aman, lantai 2 tidak aman, dan lantai 1 aman. Sedangkan untuk struktur beton untuk lantai 5 aman, lantai 4 tidak aman lantai 3 tidak aman, lantai 2 tidak aman, lantai 1 aman, kedua struktur masih melebihi simpangan ijin. Karena struktur tidak memenuhi syarat peraturan yang berlaku maka diperlukan pembesaran dimensi kolom untuk struktur beton dan struktur baja.

b. Perbandingan gaya geser (base shear)

	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobaX m
▶	Ex	LinStatic	-2279,04	-683,76	000000001892	8625,96	-28750,32	7862,04	0
	Ey	LinStatic	-683,76	-2279,04	000000004696	28750,32	-8625,96	-25638,84	0

Gambar 8. Hasil output program SAP base reaction struktur beton

	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobaX m
▶	Ex	LinStatic	-1646,88	-494,16	000000001185	6211,92	-20704,56	5680,44	0
	Ey	LinStatic	-494,16	-1646,88	000000000132	20704,56	-6211,92	-18526,68	0

Gambar 9. Hasil output program SAP base reaction struktur baja.

Tabel 10. Gaya geser (base reaction)

Jenis struktur	Ex (kN)		Ey (kN)	
	X	Y	Y	X
Struktur rangka beton	-2.279,04	-683,76	-2.279,04	-683,76
Struktur rangka baja	-1.646,88	-494,16	-1.646,88	-194,16

c. Perbandingan momen tumpuan dan momen lapangan

	Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m
▶	1	0	COMB1	Combination	-676,192	-11,514	-8,317	-0,0189	-10,9817
	1	2	COMB1	Combination	-659,392	-11,514	-8,317	-0,0189	5,653
	1	4	COMB1	Combination	-642,592	-11,514	-8,317	-0,0189	22,2876
	1	0	COMB2	Combination	-705,724	-13,66	-10,063	-0,0213	-13,2916
	1	2	COMB2	Combination	-691,324	-13,66	-10,063	-0,0213	6,8349
	1	4	COMB2	Combination	-676,924	-13,66	-10,063	-0,0213	26,9615
	1	0	COMB3	Combination	-353,582	73,482	41,488	-0,0923	152,4735
	1	2	COMB3	Combination	-339,182	73,482	41,488	-0,0923	69,4974
	1	4	COMB3	Combination	-324,782	73,482	41,488	-0,0923	-13,4787
	1	0	COMB4	Combination	-516,235	58,473	-7,881	-0,1315	-10,3308
	1	2	COMB4	Combination	-501,835	58,473	-7,881	-0,1315	5,4314
	1	4	COMB4	Combination	-487,435	58,473	-7,881	-0,1315	21,1937
	1	0	COMB5	Combination	-800,614	-82,95	-10,045	0,0928	-13,3434
	1	2	COMB5	Combination	-786,214	-82,95	-10,045	0,0928	6,7463
	1	4	COMB5	Combination	-771,814	-82,95	-10,045	0,0928	26,8359
	1	0	COMB6	Combination	-963,267	-97,959	-59,414	0,0537	-176,1477
	1	2	COMB6	Combination	-948,867	-97,959	-59,414	0,0537	-57,3197
	1	4	COMB6	Combination	-934,467	-97,959	-59,414	0,0537	61,5083
	1	0	COMB7	Combination	-320,282	36,242	81,049	0,0182	284,3759
	1	2	COMB7	Combination	-305,882	36,242	81,049	0,0182	122,2781

Gambar 10. Hasil output program SAP element forces frames struktur beton

Element Forces - Frames

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m
	1	0	COMB1	Combination	-452,092	-8,624	-5,234	-0,0001418	-6,919
	1	2	COMB1	Combination	-447,468	-8,624	-5,234	-0,0001418	3,5481
	1	4	COMB1	Combination	-442,843	-8,624	-5,234	-0,0001418	14,0152
	1	0	COMB2	Combination	-502,055	-10,146	-6,135	-0,000171	-8,1127
	1	2	COMB2	Combination	-498,092	-10,146	-6,135	-0,000171	4,1582
	1	4	COMB2	Combination	-494,128	-10,146	-6,135	-0,000171	16,4291
	1	0	COMB3	Combination	-235,783	52,905	29,749	-0,0005448	90,25
	1	2	COMB3	Combination	-231,819	52,905	29,749	-0,0005448	30,7515
	1	4	COMB3	Combination	-227,855	52,905	29,749	-0,0005448	-28,747
	1	0	COMB4	Combination	-360,363	42,731	-5,664	-0,0006907	-7,4574
	1	2	COMB4	Combination	-356,399	42,731	-5,664	-0,0006907	3,87
	1	4	COMB4	Combination	-352,435	42,731	-5,664	-0,0006907	15,1974
	1	0	COMB5	Combination	-557,837	-60,958	-5,37	0,0003858	-7,1314
	1	2	COMB5	Combination	-553,873	-60,958	-5,37	0,0003858	3,6087
	1	4	COMB5	Combination	-549,909	-60,958	-5,37	0,0003858	14,3487
	1	0	COMB6	Combination	-682,417	-71,132	-40,783	0,0002399	-104,8389
	1	2	COMB6	Combination	-678,454	-71,132	-40,783	0,0002399	-23,2728
	1	4	COMB6	Combination	-674,49	-71,132	-40,783	0,0002399	58,2932
	1	0	COMB7	Combination	-203,158	24,922	58,773	-0,00004888	170,1585
	1	2	COMB7	Combination	-199,194	24,922	58,773	-0,00004888	52,6133

Record: 1 of 65880

Add Tables... Done

Gambar 11. Hasil output program SAP *element forces frames* struktur baja.

Tabel 11. Momen tumpuan dan lapangan

Jenis struktur	V2 (momen tumpuan)	M3 (momen lapangan)
Struktur rangka beton	132,58	-348,85
Struktur rangka baja	156,81	-266,88

Pada gedung, bacaan output yang biasa dipakai pada elemen balok antara lain adalah nilai V2 (gaya geser arah sumbu 2) dan nilai M3 (momen lentur memutar sumbu 3). Sedangkan untuk kolom maka output yang lazim dibaca adalah pada nilai P (gaya aksial.), M2 dan M3 untuk perencanaan tulangan utama, serta nilai V2 dan V3 untuk perencanaan sengkang. Berbeda dengan bacaan pada joint (pergeseran / *displacement* dan reaksi), sumbu lokal pada elemen frame / batang tergantung dari penempatan / penggambaran elemen itu sendiri.

Dari hasil perhitungan program SAP 2000, momen lentur frame nomor 71 pada struktur beton dan baja masing -348,85 kNm dan -266,88 kNm. Momen lentur beton lebih besar dari baja diantaranya karena struktur beton lebih berat dari pada struktur baja.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Bedasarkan analisis dengan program SAP200 diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. *Joint displacement* pada struktur beton arah X rata-rata 47,74 mm atau lebih besar dari pada struktur baja dengan rata-rata 39,63 mm, sedangkan untuk arah Y pada struktur beton rata-rata 49,04 mm atau lebih kecil dari pada struktur baja dengan rata-rata 60,46 mm.
2. Gaya geser dasar (*base shear*) pada struktur beton dan struktur baja berturut-turut sebesar -2.279,04 kN dan -1.646,88 kN, hal tersebut karena struktur beton lebih berat yang menyebabkan beban gempa semakin besar.

3. Momen lentur (*bending moment*) pada struktur beton di dapatkan dengan nilai -348,85 kNm lebih besar dibandingkan struktur baja dengan nilai -266,88 kNm pada balok frame nomer 71.
4. Perhitungan simpangan lantai pada struktur beton dan struktur baja tidak aman berdasarkan SNI 1726-2012 karena melebihi simpangan ijin, sehingga diperlukan pembesaran dimensi kolom.

5.2. DAFTAR PUSTAKA

- Ardi A. S. dan Adri R., 2019, Analisis Perbandingan Struktur Baja dan Struktur Beton Akibat Gempa Kuat (Studi Kasus Gedung Hotel Fame Jayapura), Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Yapis Papua, Papua.
- Afif, 2016, Perencanaan Struktur Baja Bangunan Atas Gedung Air Traffic Control Tower Bandara Samarinda Baru, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang, Malang.
- BSN, 2013, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung Berdasarkan, SNI 2847-2013.
- BSN, 2015, Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural Berdasarkan, SNI 1729-2015.
- BSN, 2013, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung Berdasarkan, SNI 1726-2012.
- BSN, 2013, Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain, SNI 1727:2013.
- Dewobroto W., 2000, Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP200 Edisi Baru, PT Elex Media Komputindo, Jakarta
- Edward G., Nawy, P.E., Dr, 1998, Beton Bertulang, PT. Refika Aditama, Bandung.
- Nur R. A, 2010, Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton dengan Analisa Pushover menggunakan Program SAP 2000, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Napolea B. M, 2016, Studi Perencanaan Struktur Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Bangunan Gedung Serba Guna Widya Bhakti Jl. Ijen Kota Malang, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Institut Teknologi Nasional Malang, Malang.
- Satyarno I., 2012, Belajar SAP 2000 seri 1, Zamil Publishing, Yogyakarta