

PERBANDINGAN STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN BAJA PADA GEDUNG ASRAMA BARAK BUJANG POLRESTA JAYAPURA 3 LANTAI MENGGUNAKAN METODE LRFD

Sardiman^{1*}, Ardi Azis Sila^{2*}, dan Milla Dwi Astari^{3*}

^{1*}Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua

^{2,3*}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua

Email: ^{1*}dhimanfath105@gmail.com, ^{2*}ardi.azis.sila@gmail.com, ^{3*}mdwiastari@gmail.com

ABSTRAK

Bangunan barak bujang menjadi subjek yang tepat untuk analisis komparatif antara beton bertulang dan struktur baja, di Kota Jayapura yang merupakan gedung panjang 41 meter dan lebar 11 meter, dimana gedung ini dikhususkan untuk para anggota baru yang akan tinggal di gedung tersebut. Tujuan penelitian ini adalah melakukan perbandingan dua struktur beton bertulang dan baja menggunakan metode LRFD analisis bantuan software SAP2000. Menurut hasil analisis SAP2000, rasio gaya geser beton bertulang dan baja masing-masing adalah 4649.47 kN dan 1.277 kN. Perpindahan rata-rata sambungan struktur beton arah X adalah 6.9152 mm, dan struktur baja adalah 5.7382 mm, Perpindahan sambungan struktur beton arah Y adalah 4.9525 mm, dan perindahan sambungann baja struktur adalah 4.4595 mm. Momen lentur struktur beton dan struktur baja masing-masing sebesar -368,104 kNm dan -32,949 kNm. Karena struktur beton lebih berat daripada struktur baja, gaya geser pondasi dan gaya momen lentur struktur beton lebih besar daripada gaya struktur baja.

Kata kunci : Perbandingan, Struktur Baja , Struktur Beton, LRFD

ABSTRACT

The bachelor barracks building is the right subject for a comparative analysis between reinforced concrete and steel structures, in Jayapura City which is a building with a length of 41 meters and a width of 11 meters, where this building is specifically for new members who will live in the building. The purpose of this research is to compare two reinforced concrete and steel structures using the LRFD analysis method with the help of SAP2000 software. According to the results of the SAP2000 analysis, the shear force ratios of reinforced concrete and steel are 4649.47 kN and 1.277 kN, respectively. The average displacement of the concrete structure in the X direction is 6.9152 mm, and that of the steel structure is 5.7382 mm, The displacement of the concrete structure in the Y direction is 4.9525 mm, and the displacement of the steel structure is 4.4595 mm. The bending moments of concrete structures and steel structures are -368.104 kNm and -32.949 kNm respectively. Because concrete structures are heavier than steel structures, the sound shear forces and bending moment forces of concrete structures are greater than those of steel structures.

Keywords : Comparison, Steel Structure, Concrete Structure, LRFD

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Industri bangunan telah melonjak seiring kemajuan dalam material dan penerapan struktur di era modern saat ini. Komposisi struktur telah berkembang pesat, mengarah pada penciptaan fitur mengesankan yang bermanfaat untuk keperluan bangunan. Insinyur sipil selalu meningkatkan efisiensi perencanaan dan perilaku struktur untuk mencapai hasil yang hemat biaya dan memenuhi standar aspek layanan. Aspek-aspek ini melalui pengembangan berkelanjutan. Sebagai bahan studi perbandingan gedung Barak Bujang yang berlokasi di Jayapura dengan luas wilayah tersebut sekitar $\pm 1.353\text{m}^2$, dimana merupakan asrama polisi POLRESTA Jayapura yang direncanakan menggunakan struktur baja dengan metode LRFD SNI-03-1829.

Menjaga dari kurangnya kekuatan struktural dan mengantisipasi beban berlebih adalah pertimbangan utama yang mendapat banyak perhatian melalui LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Metode ini secara efektif memperhitungkan berbagai faktor seperti kondisi batas, faktor hambatan, dan faktor beban. Secara khusus, faktor resistensi sangat penting untuk memastikan kekuatan struktural yang cukup, sambil mengantisipasi beban berlebih dilakukan dengan menggunakan faktor beban. Pada akhirnya, persamaan yang merangkum pendekatan ini dirumuskan $\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i$.

Kondisi geografis Provinsi Papua yang sebagian besar merupakan dataran tinggi dengan banyaknya gunung, perbukitan serta memiliki banyak sungai menjadi suatu tantangan tersendiri. Sehingga diperlukannya rancangan, pelaksanaan serta pemeliharaan yang diperhitungkan secara akurat dengan tetap memperhitungkan standar pembangunan yang resmi di Indonesia guna menciptakan infrastruktur yang efisien, efektif dan sesuatu dengan fungsinya masing-masing.

Dalam beberapa tahun ini pembangunan di Provinsi Papua sedang gencar-gencarnya dilaksanakan dengan tujuan agar terciptanya pembangunan yang merata. Pada saat ini Kepolisian Resor Kota sedang melakukan pembangunan barak bujang yang berada di kawasan Jalan Ahmad Yani, Kelurahan Gurabesi, Jayapura Utara, Kota Jayapura. Dimana proses pelaksanaan pembangunannya sendiri terdapat berbagai macam kendala yang disebabkan oleh factor geografis seperti terdapat batuan-batuan dalam ukuran besar di area pembangunan, yang dimana menyebabkan proses pembangunan terlambat dari jadwal.

Studi kasus pada penelitian ini yaitu Gedung Barang Bujang Polresta Jayapura. Pada penelitian ini dilakukan analisis perbandingan struktur beton bertulang dengan baja akan tetapi tidak dibahas secara spesifik, dikarenakan adanya kekurangan data-data Sekunder yang dimiliki hanya menggunakan asumsi-asumsi desain tertentu. Palsalnya, Provinsi Papua termasuk wilayah yang dilalui Ring of Fire (wilayah dengan gempa sedang hingga kuat), yang masuk dalam kategori zona seismik 5. Standar analisis ini berpedoman pada tata gempa cara perencanaan ketahan gempa untuk gedung SNI 03-1726-2019 dan metode LRFD SNI-03-1829.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menjaga dari kurangnya kekuatan struktural dan mengantisipasi beban berlebih adalah pertimbangan utama yang mendapat banyak perhatian melalui LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Cara ini secara efektif memperhitungkan berbagai faktor seperti kondisi batas, faktor hambatan, dan faktor beban. Secara khusus, faktor resistensi sangat penting untuk memastikan kekuatan struktural yang cukup, sambil mengantisipasi beban berlebih dilakukan dengan menggunakan faktor beban. Pada akhirnya, persamaan yang merangkum pendekatan ini dirumuskan sebagai berikut:

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

Berbagai kondisi ditunjukkan oleh I, dengan Q_i mewakili efek beban nominal, dan di mana \sum menunjukkan jumlah. Sehubungan dengan beban Q_i yang sedang dievaluasi, γ mewakili faktor beban. Dari batas terluar muncul $\gamma_i Q_i$. Kekuatan elemen yang dihasilkan dikenal sebagai R_n dan mencakup

kekuatan nominal. Ditinjau adalah jenis faktor ketahanan struktur, dilambangkan dengan ϕ . Kekuatan struktural terencana, ϕR_n , adalah kekuatan yang ditunjuk.

Penunjukan komponen atau sistem resistif ditampilkan di sebelah kiri, sedangkan beban yang diperkirakan akan didukung ditampilkan di sebelah kanan untuk memastikan struktur yang aman. Untuk menentukan kekuatan yang dirancang, pengurangan kekuatan (ϕ) dikalikan dengan harga nominal resistensi (R_n) pada sisi kekuatan. Pada sisi beban, jumlah beban terfaktor ($h \sum \gamma_i Q_i$) diperoleh dengan mengalikan berbagai pengaruh beban, seperti beban mati, beban salju, dan beban hidup (Q_i), dengan faktor beban lebih (γ_i).

Perencanaan bangunan sering menggunakan strategi yang dikenal sebagai LRFD, atau Desain Faktor Beban dan Perlawanan. Ini memperhitungkan faktor ketahanan material dan faktor beban, dengan tujuan untuk memastikan bahwa setiap elemen struktural mengalami tekanan di bawah ambang batas yang dianggap diperbolehkan. Sederhananya, kapasitas kekuatan setiap elemen dibagi dengan faktor keamanan harus melebihi beban kerja.

2.1 Gaya Geser

Pengaruh gaya geser statik pada struktur dianalisis secara terpisah pada kedua arah tegak lurus. Gaya lateral statis harus diterapkan ke setiap lantai secara bersamaan selama setiap pemeriksaan. Untuk tujuan analisis, kekuatan lateral tiap lapisan dihitung sebagai berikut:

$$F_x = 0,01W_x$$

F_x gaya geser x yang diterapkan pada tanah, L_x kontribusi beban total (D) dari struktur yang bekerja pada lapisan.

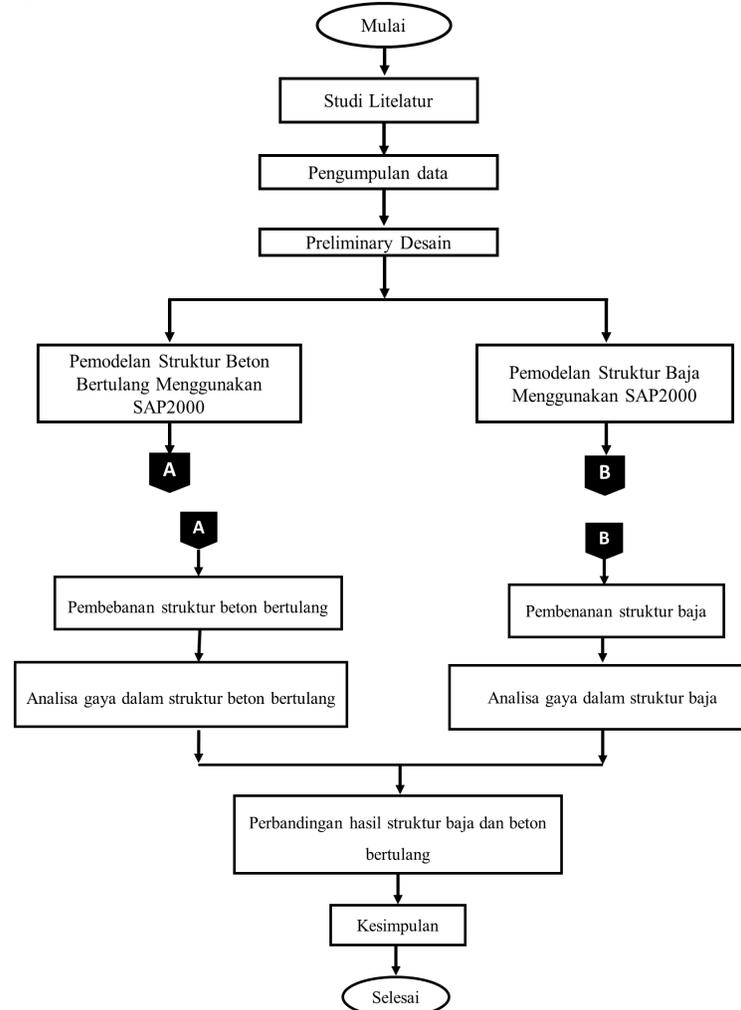
2.2 Berat Seismik Efektif

Bobot seismik efektif struktur (W) harus mewakili semua *dead load* dan beban lain yang tercantum dibawah ini:

1. Tercanngkupinya daerah yang dipakai penyimpanan: sekurang-kurangnya 25 persen beban yang bekerja pada (beban tarik di lantai garasi umum dan tempat parkir terbuka dan beban penyimpanan tidak boleh kelebihan 5 persen dari massa seismik efektif tanah tidak boleh dipertimbangkan).
2. Apabila lantai pemuatan mencakup bagian, bisa diasumsikan lebih besar antara bobot aktual sekat/muatan luas *floor* minimal 0,48 KN/m².
3. Peralatan permanen dari berat operasional total itu sendiri
4. Berat lanskap taman atap dan lahan lainnya serta beban lainnya.

3. METODEOLOGI PENELITIAN

Adapun tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Diagram Alir
(Sumber : Dokumen.Pribadi, 2023)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Informasi Struktur Bangunan

Analisis struktural dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Hasil perhitungan SAP memberikan tiga keluaran struktural: perpindahan umum struktur bangunan, gaya geser alas struktur bangunan, dan momen lentur. Bangunan studi kasus untuk penelitian ini adalah asrama barak bujang polresta jayapura. Berikut ini Tabel 1.

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

Tabel 1 Data Bangunan Baja dan Beton

No	Data Bangunan	
1	Fungsi Gedung	Asrama
2	Tinggi Bagunan	12.25 m
3	Jenis Struktur	Baja & Beton
4	Sistem Struktur	SRPMM & SRMPK
5	Jenis tanah	Tanah Sedang
6	Mutu Beton (f_c)	275 Mpa
7	Mutu Baja (f_y)	370 Mpa
8	Mutu Baja (F_y)	240 Mpa

(Sumber : CV. Muria Skylen,2023)

4.2 *Modeling Struktur Baja dan Beton Bertulang*

Pada dasarnya hasil yang ditampilkan pada program SAP 2000 bukanlah hasil mutlak seperti kondisi real di lapangan akan tetapi masih berupa pendekatan yang dimana intuisi dari seorang engginer memiliki peran besar dalam menghasilkan output yang lebih valid dan dapat dipertanggung jawabkan. Secara garis besar pengguna dituntut melakukan pemodelan yang cukup mempresentasikan kondisi real di lapangan agar hasil dapat dijadikan tolak ukur.

4.3 *Pembebanan*

Beban yang diperhitungkan dalam analisis adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa yang masing-masing didistribusikan ke struktur bangunan utama.

4.4 *Kategori gempa dasar*

Tentukan faktor prioritas bangunan, bangunan itu sendiri berfungsi dalam hal tempat tinggal atau asrama. Kelas Risiko IV Faktor Prioritas Bangunan dan Gempa (I_e) 1,50. Menggunakan program bantuan desain spektra Indonesia terbaru yang tersedia di <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>, klasifikasi situs dan percepatan batuan untuk kota Jayapura ditentukan dan hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 2 *Respon Spectra Desain*

Kelas Situs	Tanah Sedang (SD)
PGA	0.6
SS	1.5
S1	0.6159
TO	0.0947
Ts	0.4736
Sds	1.2000
Sd1	0.5683

(Sumber : rsa.ciptakarya, 2023)

4.5 Perhitungan periode getar

Struktur rangka baja pemikul momen menengah

$$T_a = C_t \times h^2$$

$$T_a = 0,0466 \times 7,42$$

$$T_a = 0,3459 \text{ detik}$$

Struktur rangka beton pemikul momen khusus

$$T_a = C_t \times h^2$$

$$T_a = 0,0466 \times 18,51$$

$$T_a = 0,8626 \text{ detik}$$

4.6 Gaya geser dasar seismik

Struktur rangka beton

$$C_s = SDS/(R/I_e) \cdot 1.2000 / (8/1,0) = 1.5000$$

$$C_{smax} = SD1/T (R/I_e) = 0,5683/1.120(8/1,0) = 0.0634 \text{ (struktur beton)}$$

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

$$C_{smin} = 0,03 < C_s = 0,0634 < C_{smax} = 0,1500$$

$$\text{Jadi nilai (} = 0,0634$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser total V} &= C_s \times W \\ &= 0,0634 \times 24323 \\ &= 1542.77 \text{ kN} \end{aligned}$$

Struktur rangka baja

$$C_s = SDS/(R/I_e) \cdot 1.2000 / (8/1,0) = 0.2400$$

$$C_{smax} = SD1/T (R/I_e) = 0,5683/0,484(8/1,0) = 0.2347 \text{ (struktur baja)}$$

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

$$C_{smin} = 0,03 < C_s = 0,2347 < C_{smax} = 0,2400$$

$$\text{Jadi nilai (} = 0,2347$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser total V} &= C_s \times W \\ &= 0,2347 \times 24323 \\ &= 5709.75 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.7 Perbandingan nilai Geser Dasar Struktur Beton dan Baja

Nilai gaya lateral alas dinamik harus lebih besar dari nilai gaya lateral alas statis. Apabila *value* gaya lateral alas dinamik lebih kecil daripada gaya lateral alas statis, *factor* skala harus dikalikan. Nilai geser dasar dinamis dari hasil analisis SAP2000 ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah ini.

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

Tabel 3 Nilai Gaya Geser dasar Struktur Beton

Base Shear	Dinamik(Vb)	Statik (Vs)	Faktor Skala	kontrol
	Geser Dasar (kN)	Geser Dasar (kN)	Vs/Vb	(Vb) \geq 100%Vs
arah x	4649.47	4586.24	1.0	OK
arah y	4649.67	4586.24	1.0	OK

(Sumber : SAP 2000, 2023)

Tabel 4 Gaya Geser Dasar Struktur Baja

Base Shear	Dinamik(Vb)	Statik (Vs)	Faktor Skala	kontrol
	Geser Dasar (kN)	Geser Dasar (kN)	Vs/Vb	(Vb) \geq 100%Vs
arah x	1673.13	1.277	0.0	OK
arah y	1432.41	1.277	0.0	OK

(Sumber : SAP 2000, 2023)

Penskalaan gaya Vdinamis yang dipersyaratkan oleh SNI 1726:2019, menghasilkan nilai gaya geser dasar yang diperoleh dari tabel tersebut di atas. Nilai ini melampaui Vstatic, menjadikannya lebih besar.

4.8 Perbandingan Joint Displacement Struktur Beton Dan Baja

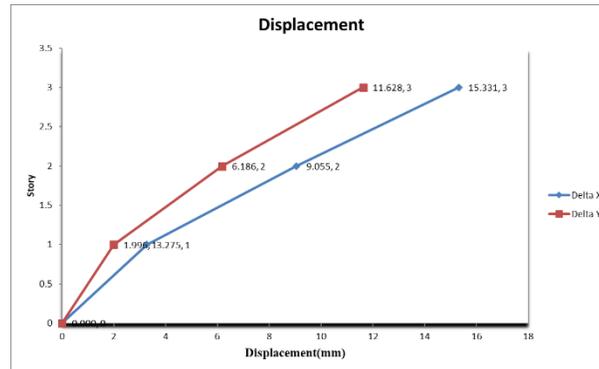
Simpangan antar tingkat didapatkan dari hasil analisis program SAP2000 dengan cara pilih menu *Display - Show Table - Results - Displacement - Joint Displacement*. Untuk detail simpangan antar tingkat beserta tabel dan grafiknya sebagai berikut:

Tabel 5 Joint Displacement Struktur Beton

Story	Displacement	
	δe_x (mm)	δe_y (mm)
3	15.331	11.628
2	9.055	6.186
1	3.275	1.996
0	0.000	0.000

(Sumber : SAP 2000,2023)

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

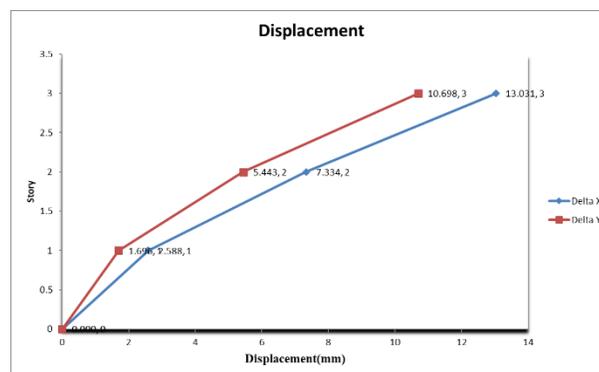


Gambar 2 Grafik Joint Displacement Struktur Beton (Sumber : SAP 2000, 2023)

Tabel 6 Joint Displacement Struktur Baja

Story	Displacement	
	δe_X (mm)	δe_Y (mm)
3	13.031	10.698
2	7.334	5.443
1	2.588	1.696
0	0.000	0.000

(Sumber : SAP 2000, 2023)



Gambar 3 Grafik Joint Displacement Struktur Baja (Sumber : SAP 2000, 2023)

Deviasi lantai desain (Δ) akan ditentukan dengan menghitung perbedaan lendutan pada pusat massa antara permukaan atas dan bawah yang dipertimbangkan. Batasan deviasi tingkat dipersyaratkan oleh SNI gempa 1726:2019 bisa dilihat hasilnya sebagai berikut:

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

Tabel 7 Hasil Perhitungan Simpangan Antar Lantai Struktur Beton

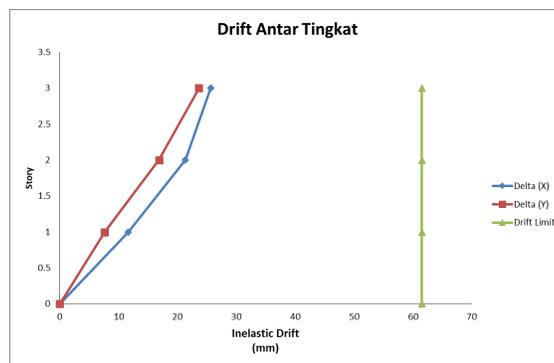
Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		
3	15.331	11.628	6.276	5.442	4000	34.518	29.931	61.538	OK
2	9.055	6.186	5.780	4.190	4000	31.790	23.045	61.538	OK
1	3.275	1.996	3.275	1.996	4000	18.013	10.978	61.538	OK
0	0.000	0.000	0.000	0.000	4000	0.000	0.000	61.538	OK

(Sumber : SAP 2000, 2023)

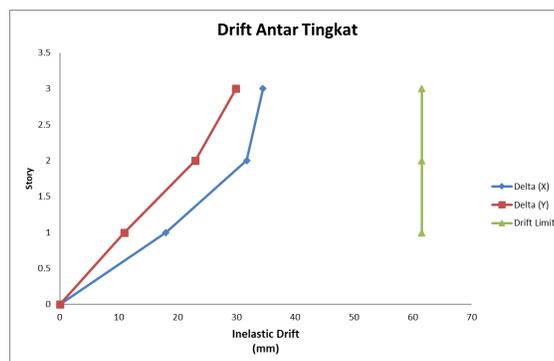
Tabel 8 Hasil Perhitungan Simpangan Antar Lantai Struktur Baja

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		
3	13.031	10.698	5.697	5.255	4000	31.334	28.903	61.538	OK
2	7.334	5.443	4.746	3.747	4000	26.103	20.609	61.538	OK
1	2.588	1.696	2.588	1.696	4000	14.234	9.328	61.538	OK
0	0.000	0.000	0.000	0.000	4000	0.000	0.000	61.538	OK

(Sumber : SAP 2000, 2023)



Gambar 4 Grafik Drift Antar Lantai Struktur Beton



Gambar 5 Grafik Drift Antar Lantai Struktur Baja

Bisa disimpulkan pada tabel 7 dan 8 terlihat bahwa struktur dari keduanya aman mulai dari *story* 1, 2, dan 3. Maka dari itu konstruksi sudah sesuai dengan peraturan saat ini, tidak perlu menambah dimensi kolom struktur beton dan baja.

4.9 Perbandingan *Moment* Lentur

Tabel 9 Element Force - Frame Nomor 22 Struktur Beton Dan Baja

Jenis Struktur	V2 (momen tumpuan)	M3 (momen lapangan)
	(kN)	(kN-m)
Struktur Beton	-484.187	-368.103
Struktur Baja	-0.754	-32.949

(Sumber : SAP 2000, 2023)

Nilai awal yang umum untuk elemen balok dalam konstruksi bangunan merupakan value (gaya geser searah tali api 2) dan value M3 (*moment* lentur di sekitar tali api 3). Hasil yang dapat dibaca secara umum untuk tumbukan adalah P (gaya normal), nilai M2 dan M3 saat merancang rangka pokok dan value V2 dan V3 saat merancang penampang. Terpaut halnya pengukuran sendi (perpindahan atau pergerakan dan reaksi), aksis lokal elemen tubuh atau akar bergantung pada penempatan atau deskripsi elemen itu sendiri.

5. KESIMPULAN

Menurut hasil analisis dengan bantuan *software* SAP 2000 maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perpindahan rata-rata sambungan struktur beton arah X adalah 6.9152 mm, dan struktur baja adalah 5.7382 mm, Perpindahan sambungan struktur beton arah Y adalah 4.9525 mm, dan perpindahan sambungan baja struktur adalah 4.4595 mm.
2. Rasio geser pondasi beton bertulang dan baja masing-masing adalah 4649.47 kN dan 1.277 kN
3. Perhitungan simpangan lantai pada struktur beton dan struktur baja aman berdasarkan SNI 1726-2019 karena memenuhi syarat simpangan ijin, sehingga tidak diperlukan pembesaran dimensi kolom.
4. Momen lentur struktur beton dan struktur baja masing-masing sebesar -368,104 kNm dan -32,949 kNm.

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.

Agus Setiawan., 2008, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1727-2002) PT. Erlangga, Jakarta.

American Institute of Steel Construction (AISC). (2010). Specification for Structural Steel Buildings. Chicago, Illinois: AISC.

American Concrete Institute (ACI). (2014). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary. Farmington Hills, Michigan: ACI.

Applied Technology Council. 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Redwood City, CA: Applied Technology Council. Seismic Safety Commisionsion, (1 November 1996), 334.

Bungale S. Taranath. (2010). Reinforced Concrete Design of Tall Buildings. New York, USA: CRC Press.

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

- Load and Resistance Factor Design (LRFD) for Highway Bridge Superstructures. (2010). Federal Highway Administration (FHWA), U.S. Department of Transportation.
- Salmon, Charles G and John E. Johnson. 1995 . Struktur Baja Desain dan Perilaku 2 Edisi Ketiga. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta
- SNI-1726. 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-1729. 2019. Tata Cara Perencanaan Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Nasional.
- SNI-2847. 2013. Persyaratan Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03 - 1729 - 20 Tentang Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI)
- SNI 1729-2020 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI)
- Stensil. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Sudarsana, I K. 2017. “Evaluasi Kinerja Struktur Rangka Beton Bertulang Tidak Beraturan Dengan PuskimPU. (2022). Desain Spektra Indonesia. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Permukiman.