

ALTERNATIF DESAIN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT ROYAL 7 LANTAI SURABAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA DENGAN ANALISIS AUTODESK ROBOT

Rian Rivaldo Markus¹⁾, Ir. Bantot Sutriyono, M. Sc²⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945,
Surabaya, Indonesia

Email: rianmarkus011200@gmail.com

²⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945,
Surabaya, Indonesia

Email: bantot_s@yahoo.co.id

Abstract

The need for facilities and infrastructure is very large, one of which is the health sector. And the availability of land in the city of Surabaya is getting less and less, this is the reason why building in the city of Surabaya is built multi-story as an example in the construction of the Royal Surabaya Hospital. The construction project of the Royal Surabaya Hospital building has a building area of $\pm 1,920$ m², consisting of 6 floors and 1 roof. In this project, it was previously designed with a reinforced concrete structure and then redesigned using a WF steel structure. In the preparation of this final project, reviewing alternative steel structure designs using seismic provisions for steel buildings SNI 7860: 2020 and calculation of deviations using Autodesk Robot structure analysis with loading referring to SNI 1726: 2019. For design purposes, a nominal load should be taken based on the load set by the loading planning guidelines for houses and buildings PPIUG 1987. Based on the results of an alternative study of the structural design of Royal Surabaya Hospital using a profile steel structure, it can be concluded as follows: From the calculation of the material price of the steel beam-column structure of Rp.7,307,850,000 and the volume of the material price of the existing concrete beam-column structure Rp.8,332,012,800, it can be concluded that the steel structure is more economical than the existing concrete structure with a price difference of Rp.651,500,000 and a percentage of 8%.

Keywords: Alternative Design, Hospital Building, Steel Structure

Abstrak

Kebutuhan akan sarana dan prasarana sangat besar, salah satunya adalah bidang kesehatan. Dan ketersediaan lahan Kota Surabaya semakin semakin sedikit, hal ini menjadi penyebab mengapa bangunan di Kota Surabaya dibangun bertingkat sebagai contoh pada pembangunan RS Royal Surabaya. Proyek pembangunan gedung RS Royal Surabaya memiliki luas bangunan ± 1.920 m², terdiri dari 6 lantai dan 1 atap. Pada proyek ini sebelumnya didesain dengan struktur beton bertulang selanjutnya didesain ulang menggunakan struktur baja WF. Dalam penyusunan tugas akhir ini, mengkaji alternatif desain struktur baja menggunakan ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja SNI 7860:2020 dan perhitungan simpangan menggunakan analisis struktur Autodesk Robot dengan pembebanan mengacu pada SNI 1726:2019. Untuk tujuan desain, beban nominal harus diambil berdasarkan beban yang ditetapkan oleh pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung PPIUG 1987. Berdasarkan hasil studi alternatif desain struktur RS Royal Surabaya menggunakan struktur baja profil dapat disimpulkan sebagai berikut: Dari perhitungan berat harga material struktur balok-kolom baja Rp.7.307.850.000 dan volume harga material struktur balok-kolom beton existing Rp.8.332.012.800 maka dapat di simpulkan struktur baja lebih ekonomis dibandingkan dengan struktur existing beton dengan selisih harga Rp.651.500.000 dan persentase 8%.

Kata Kunci: Alternatif Desain, Gedung Rumah Sakit, Struktur Baja

1. PENDAHULUAN

Surabaya yang menjadi Kota terbesar saat ini di Indonesia setelah kota Jakarta, dikenal sebagai pusat perdagangan, industri, dan Pendidikan. Berdasarkan data dari DKB semester kedua pada 2020 penduduk Surabaya mencapai 2.970.730 jiwa (Antaraneews.com, 2021). Kebutuhan akan sarana dan prasarana sangat besar, salah satunya di bidang kesehatan. Dan ketersediaan lahan Kota Surabaya semakin sedikit, hal ini menjadi penyebab mengapa bangunan di Kota Surabaya dibangun bertingkat sebagai contoh pada pembangunan RS Royal Surabaya.

Proyek pembangunan gedung RS Royal Surabaya memiliki luas bangunan ±1.920 m², terdiri dari 6 lantai dan 1 atap. Pada proyek ini Sebelumnya menggunakan struktur beton bertulang dan selanjutnya akan didesain ulang menggunakan struktur baja WF. Dimana dapat disadari bahwa perubahan tambahan dari beton bertulang menjadi baja akan berpengaruh terhadap struktur lain sebagai contoh plat lantai dan pondasi. Tentu saja biaya akan berubah pada pengerjaan proyek tersebut. Dari sini perlu dilakukan analisis rasio struktur beton bertulang terhadap struktur baja agar dapat diketahui keunggulan dan kelemahan daripada masing-masing struktur. Secara umum, bangunan baja lebih baik daripada bangunan beton, hal ini disebabkan karena baja memiliki sifat daktil yang tinggi. Dalam ekspansi, baja juga dapat di sesuaikan, tidak mudah patah, kualitas dan kuat tarik seragam dan cepat untuk dibangun. Dalam hal pengembangan, baja mudah beradaptasi, serbaguna, hemat ruang, kualitas yang belum tertandingi kuat tariknya, aman, hemat energi, dan bisa didaur ulang.

Menganalisis dan mendesain ulang struktur proyek RS Royal Surabaya 7 lantai ini diharapkan dapat mengetahui nilai beban ultimate (Pu) yang bekerja terhadap struktur kolom dan beban ultimate (Mu) pada struktur balok. Nilai dari beban ultimate (Pu) yang bekerja pada struktur kolom berpengaruh pada besarnya nilai beban nominal terfaktor (Pn) disebabkan oleh nilai beban nominal terfaktor (Pn) lebih besar daripada beban ultimate (Pu) Agar struktur pada gedung tersebut dikatakan aman. Jika nilai dari beban nomina faktor (Pn) terlampaui besar daripada nilai beban ultimate (Pu) maka efisiensi akan terjadi. Begitu juga pada struktur balok jika nilai dari momen nominal terfaktor (Mn) terlalu besar daripada nilai momen ultimate (Mu) akan ada pemborosan. Penataan untuk masalah ini adalah melalui desain ulang struktur balo-kolom menggunakan struktur baja WF untuk efisiensi struktur.

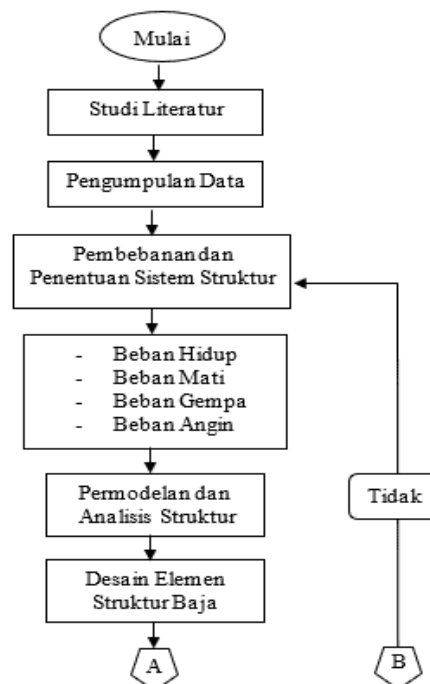
Perangkat lunak *Autodesk* sebenarnya merupakan bagian dari rangkaian perangkat lunak simulasi perusahaan yang disebut Simulasi Autodesk, ini adalah program Profesional Analisis Struktural Robot, yang digunakan untuk analisis konstruksi tingkat lanjut. Program ini menghitung model struktural dan struktur profesional dalam tiga dimensi dengan berkomunikasi dengan rangkaian perangkat lunak *Autodesk Revit*. Dalam menganalisis struktur, menggunakan Robot Structural Analysis Profesional merupakan salah satu software aplikasi analisis struktur yang relatif baru dan dirancang untuk mempermudah proses perhitungan pembebanan struktur dan reaksi pada tumpuan hanya dengan

menggunakan bagian dan dimensi setiap komponen dalam struktur, dan mempermudah analisis gempa (Wahidin, 2012). *Robot Structural Analysis Profesional* dapat memberikan hasil yang cepat, tepat dan mampu memberi informasi secara cepat mengenai masalah pada struktur yang didesain supaya meningkatkan efisiensi dan produktivitas pengguna, sehingga memudahkan pengguna dalam mentransfer informasi atau data saat melakukan perencanaan.

Dalam penyusunan tugas akhir ini mengkaji alternatif desain struktur baja menggunakan Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja SNI 7860:2020, untuk perhitungan simpangan menggunakan analisis struktur *Robot Structural Analysis Profesional* dengan pembebanan mengacu pada SNI 1726:2019. Untuk tujuan desain, beban nominal harus diambil berdasarkan beban yang ditetapkan oleh pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung PPIUG 1987.

2. METODE PENELITIAN

Berikut adalah metode perencanaan alternative desain RS Royal Surabaya:



Gambar 1. Diagram Alir
Sumber: Data Peneliti (2022)

Hasil dari penyusunan tersebut kemudian akan menghitung tingkat harga antara beton dengan baja. Biaya volume beton di peroleh dengan cara menggalikan volume pekerjaan beton (m³) dengan hergabeton (m³). Dan harga baja diperoleh dengan menggalikan berat material struktur baja dengan harga kg baja. Dapatkan persentase Selisih harga dengan cara :

$$\frac{\text{Harga Beton} - \text{Harga Baja}}{\text{Harga Baja}} \times 100\%$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data struktur RS. Royal Surabaya yang digunakan untuk alternatif desain pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Tipe : Rumah Sakit
- Lokasi : Jl. Rungkut Industri no.1 Surabaya
- Fungsi gedung : Rumah Sakit
- Panjang gedung : 64 m
- Lebar gedung : 30 m
- Jumlah lantai : 7 Lantai
- Jarak antar kolom: 8 m
- Total tinggi Gedung: 24,10 m
- Tinggi antar lantai : Lt 1 – 6 = 4 m
- Profil kolom : KC 700 x 300 x 13 x 24
- Profil balok : B1 = I 600 x 190 x 16 x 35
B2 = I 450 x 175 x 13 x 26
BA = I 250 x 125 x 7,5 x 12,5
- Pelat lantai Panel : Tebal = 125 mm
Panjang = 2470 mm
- Kategori Zona Gempa : Type E
- Jenis gempa : Tanah Lunak

3.1. Permodelan Struktur

Pada sub-bab ini akan dijelaskan bagaimana proses *running* analisa struktur pada software *Robot Structural Analysis Profesional*. Permodelan yang akan dilakukan adalah struktur atas meliputi kolom, balok, pelat lantai dan dak atap.

Tabel 1. *Output Analysis Column Software Autodesk Robot*

Member	Section	Material	Lay (cm)	Laz (cm)	Ratio	Case
Column_5	ok KC 700.300.13.24	SS400	400	400	0,04	D1
Column_6	ok KC 700.300.13.24	SS400	400	400	0,04	D1
Column_7	ok KC 700.300.13.24	SS400	400	400	0,04	D1
Column_8	ok KC 700.300.13.24	SS400	400	400	0,04	D1
Column_9	ok KC 700.300.13.24	SS400	400	400	0,04	D1

Sumber: Data Peneliti (2022)

Tabel 2. *Output Analysis Beam Software Autodesk Robot*

Member	Section	Material	Lay (cm)	Laz (cm)	Case
50 Beam_50	ok B1 600.190.16.35	SS400	29.98	190.90	1 DL
51 Beam_51	ok B1 600.190.16.35	SS400	29.98	190.90	1 DL
52 Beam_52	ok B1 600.190.16.35	SS400	29.98	190.90	1 DL
53 Beam_53	ok B1 600.190.16.35	SS400	29.98	190.90	1 DL
54 Beam_54	ok B1 600.190.16.35	SS400	29.98	190.90	1 DL
55 Beam_55	ok B1 600.190.16.35	SS400	29.98	190.90	1 DL

Sumber: Data Peneliti (2022)

3.2. Analisis Hasil Simpangan (*Story Drift*)

Menurut peraturan SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1 simpangan antar lantai desain (Δ) tidak diijinkan lebih besar dari simpangan antar lantai izin (Δ_a) misalnya terdapat pada tabel 20 dalam SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1 Halaman 88 yang mengacu dalam kategori risiko struktur. Pada system struktur pemikul gaya gempa yang terdiri dari rangka momen, yang didesain untuk kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai desain (Δ)

tidak boleh melebihi ρ untuk keseluruhan tingkat. Dengan $\rho = 1,3$ untuk kategori desain seismik D, E, atau F.

Tabel 3. Hasil simpangan Antar Lantai RSAP

Story	Ux	Uy	Max Ux	Max Uy	Min Ux	Min Uy
3/1	16	185	4,05	0,19	-9	136
3/2	-441	-245	10,33	0,5	-37269	-35725
3/3	-814	-154	17,05	0,79	-5712	-8678
3/4	-2602	1987	24,86	1,11	-46332	-46171
3/5	-5201	-1985	32,33	1,13	-9162	-9906
3/6	-5830	-2149	38,66	0,86	-10178	-10846
4/1	0	-16	15	2,55	-16	-48
4/2	-4	-89	1298	6,31	-1354	-1990
4/3	-28	-176	1209	12,47	-1336	-1673
4/4	-89	-164	5384	18,67	-5572	-4878
4/5	-103	-172	200	23,86	-406	-778
4/6	-26	-74	245	26,12	-297	-616

Sumber: Data Peneliti (2022)

- a. Simpangan pusat massa δx (mm) ditentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$\delta x = \frac{Cd \times \delta x_e}{I_e}$$

Dengan :

Cd = Faktor pembesaran simpangan lateral

δx = Simpangan di tingkat-x

I_e = Faktor keutamaan gempa

Diketahui :

Cd = 5,5

I_e = 1,5

h_x = 4

Δ_a = 0,010 h_x

Δ_a = 0,010 $\times 4$

Δ_a = 0,04

ρ = 1,3

$$\frac{\Delta_a}{\rho} = \frac{0,04}{1,3} = 0,031 \text{ m}$$

- Simpangan Arah X

1. Simpangan pada tingkat 1 (Δ_1)

$$\Delta x_1 = \frac{Cd \times \delta x_e}{I_e} = \frac{5,5 \times (0,0041 - 0)}{1,5} = 0,0232 \text{ m}$$

2. Simpangan pada tingkat 2 (Δ_2)

$$\Delta x_2 = \frac{Cd \times \delta x_e}{I_e} = \frac{5,5 \times (0,0103 - 0,0041)}{1,5} = 0,0274 \text{ m}$$

3. Simpangan pada tingkat 3 (Δ_3)

$$\Delta x_3 = \frac{Cd \times \delta x_e}{I_e} = \frac{5,5 \times (0,0171 - 0,0103)}{1,5} = 0,0286 \text{ m}$$

4. Simpangan pada tingkat 4 (Δ_4)

$$\Delta x_4 = \frac{Cd \times \delta x_e}{I_e} = \frac{5,5 \times (0,0249 - 0,0171)}{1,5} = 0,0246 \text{ m}$$

5. Simpangan pada tingkat 5 (Δ_5)

$$\Delta x_5 = \frac{Cd \times \delta x_e}{I_e} = \frac{5,5 \times (0,0323 - 0,0249)}{1,5} = 0,0230 \text{ m}$$

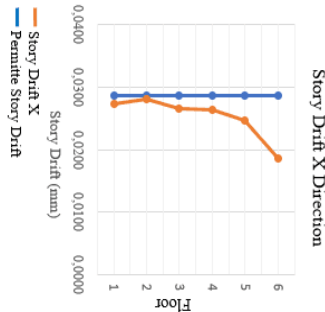
6. Simpangan pada tingkat 6 (Δ_6)

$$\Delta x_6 = \frac{Cd \times \delta x_e}{I_e} = \frac{5,5 \times (0,0387 - 0,0323)}{1,5} = 0,0149 \text{ m}$$

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan *Story Drift* Arah X

Story	Hx	δ_{xe}	$x_{en}-\delta_{xen}$	Δx	$\Delta a/\rho$	Cek
6	4	0,0387	0,0063	0,0232	0,0287	OKE
5	4	0,0323	0,0075	0,0274	0,0287	OKE
4	4	0,0249	0,0078	0,0286	0,0287	OKE
3	4	0,0171	0,0067	0,0246	0,0287	OKE
2	4	0,0103	0,0063	0,023	0,0287	OKE
1	4	0,0041	0,0041	0,0149	0,0287	OKE

Sumber: Data Peneliti (2022)



Gambar 2. *Story Drift* Arah X
 Sumber: Data Peneliti (2022)

• Simpangan Arah Y

1. Simpangan pada tingkat 1 ($\Delta 1$)

$$\Delta y_1 = \frac{Cd \times \delta_{xe}}{Ie} = \frac{5,5 \times (0,0026 - 0)}{1,5} = 0,0083 \text{ m}$$

2. Simpangan pada tingkat 2 ($\Delta 2$)

$$\Delta y_2 = \frac{Cd \times \delta_{xe}}{Ie} = \frac{5,5 \times (0,0063 - 0,0026)}{1,5} = 0,0190 \text{ m}$$

3. Simpangan pada tingkat 3 ($\Delta 3$)

$$\Delta y_3 = \frac{Cd \times \delta_{xe}}{Ie} = \frac{5,5 \times (0,0125 - 0,0063)}{1,5} = 0,0277 \text{ m}$$

4. Simpangan pada tingkat 4 ($\Delta 4$)

$$\Delta y_4 = \frac{Cd \times \delta_{xe}}{Ie} = \frac{5,5 \times (0,0187 - 0,0125)}{1,5} = 0,0226 \text{ m}$$

5. Simpangan pada tingkat 5 ($\Delta 5$)

$$\Delta y_5 = \frac{Cd \times \delta_{xe}}{Ie} = \frac{5,5 \times (0,0239 - 0,0187)}{1,5} = 0,0138 \text{ m}$$

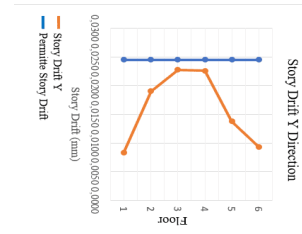
6. Simpangan pada tingkat 6 ($\Delta 6$)

$$\Delta y_6 = \frac{Cd \times \delta_{xe}}{Ie} = \frac{5,5 \times (0,0261 - 0,0239)}{1,5} = 0,0094 \text{ m}$$

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan *Story Drift* Arah Y

Story	Hy	δ_{xe}	$x_{en}-\delta_{xen}$	Δy	$\Delta a/\rho$	Cek
6	4	0,0261	0,0023	0,0083	0,0245	OKE
5	4	0,0239	0,0052	0,019	0,0245	OKE
4	4	0,0187	0,0062	0,0227	0,0245	OKE
3	4	0,0125	0,0062	0,0226	0,0245	OKE
2	4	0,0063	0,0038	0,0138	0,0245	OKE
1	4	0,0026	0,0026	0,0094	0,0245	OKE

Sumber: Data Peneliti (2022)



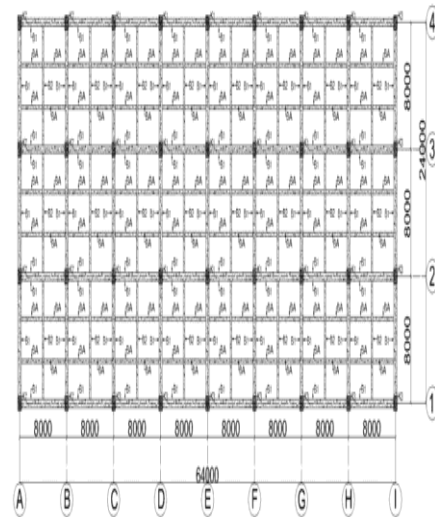
Gambar 3. *Story Drift* Arah Y
 Sumber: Data Peneliti (2022)

3.3. Perhitungan Volume dan Harga Material

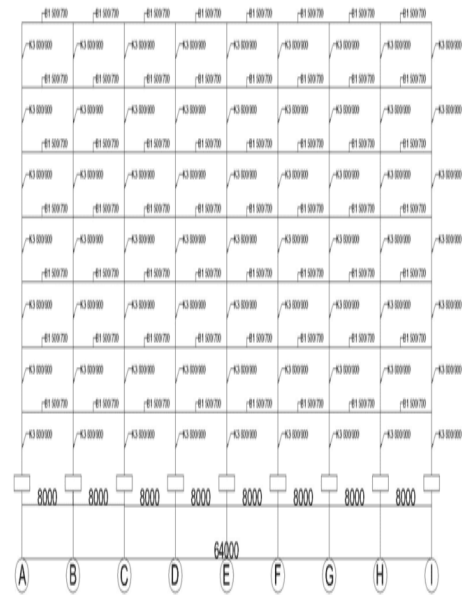
- Perhitungan volume Balok dan kolom Gedung existing

Dimensi penampang struktur sebagai berikut:

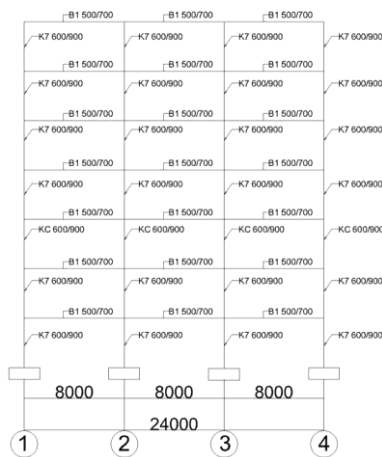
- Kolom K3 = 600 x 900 mm
- Kolom K1 = 600 x 900 mm
- Kolom K7 = 600 x 900 mm
- Balok Induk B1 = 500 x 700 mm
- Balok B2 = 250 x 500 mm
- Balok Anak BA = 250 x 400 mm



Gambar 3. Denah Kolom dan Balok Beton Existing
 Sumber: Data Peneliti (2022)



Gambar 4. Tampak Samping Kolom dan Balok Beton Existing
 Sumber: Data Peneliti (2022)



Gambar 5. Tampak Depan Kolom dan Balok Beton Existing
 Sumber: Data Peneliti (2022)

- Perhitungan volume material dan harga material

Perhitungan volume material struktur existing (Beton) dilakukan untuk memperoleh total volume beton pada bangunan tersebut. Dan material yang digunakan dalam perhitungan ini diambil harga dari CV. Mitra Solusi Konstruksi (Beton K300 Nfa Rp.1.270.000), perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 6. Perhitungan Volume Dan Harga Material Existing (Beton)

Komponen Struktur Beton	Lt 1 (m3)	Lt 2 (m3)	Lt 3 (m3)	Lt 4 (m3)	Lt 5 (m3)	Lt atap (m3)	Jumlah vol. (m3)
K3 600x900	91,2	91,2	91,2	91,2	91,2	91,2	547,2
K1 600x900	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	345,6
K7 600x900	38,4	38,4	38,4	38,4	38,4	38,4	230,4
B1 500x700	215,04	215,04	215,04	215,04	215,04	215,04	1290,24
B2 250x500	230,4	230,4	230,4	230,4	230,4	230,4	1382,4
BA 250x400	460,8	460,8	460,8	460,8	460,8	460,8	2764,8
Total Volume Material =							6560,64

Sumber: Data Peneliti (2022)

Biaya bangunan existing beton bertulang :

Total biaya existing beton = (Total volume balok + kolom) x (harga beton m3)

Total volume dari balok dan kolom = 6560,64

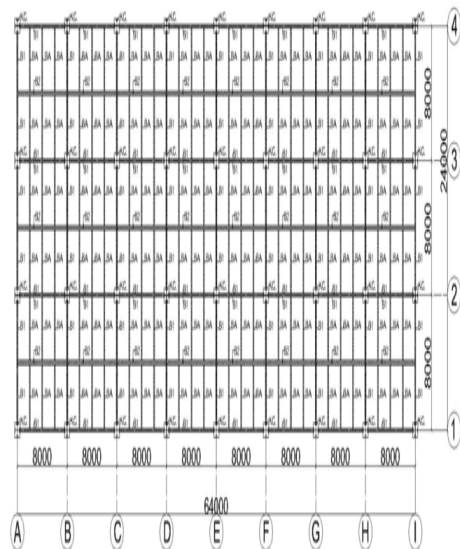
Biaya beton = Rp.1.270.000

Total biaya = (6560,64) x (Rp.1.270.000)

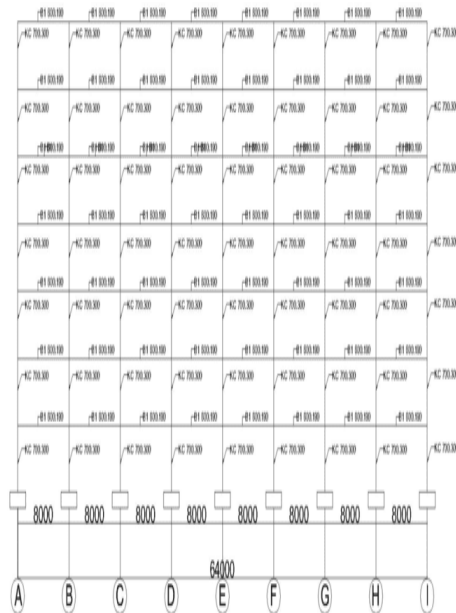
= Rp.8.332.012.800

3.4. Perhitungan Berat profil baja balok dan kolom

- Dimensi penampang struktur sebagai berikut:
 - Kolom KC (King Cross) = 700.300.13.24 mm
 - Balok Induk B1 = 600.190.16.35 mm
 - Balok B2 = 450.250.8.13 mm
 - Balok Anak BA = 250.150.7,5.12,5 mm

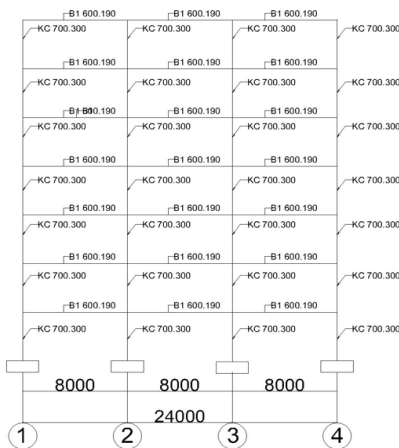


Gambar 6. Denah Kolom dan Balok Alternatif Desain
 Sumber: Data Peneliti (2022)



Gambar 7. Tampak Samping Kolom dan Balok Alternatif Desain

Sumber: Data Peneliti (2022)



Gambar 8. Tampak Depan Kolom dan Balok Alternatif Desain

Sumber: Data Peneliti (2022)

- Perhitungan berat l dan harga material
Perhitungan berat material alternatif desain struktur baja dilakukan untuk memperoleh total volume beton pada bangunan tersebut. Dan material yang digunakan dalam perhitungan ini diambil harga dari CV. Mitra Solusi Konstruksi (MSK), maka perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 7. Perhitungan Berat Harga Material Alternatif Desain

Komponen Struktur Baja	Lt 1 (kg/m)	Lt 2 (kg/m)	Lt 3 (kg/m)	Lt 4 (kg/m)	Lt 5 (kg/m)	Lt atap (kg/m)	Berat (kg/m)
Berat KC 700x300	144	144	144	144	144	144	864
Berat WF 600x190	344	344	344	344	192	192	1760
Berat WF 450x175	192	192	192	192	192	192	960
Berat WF 250x125	384	384	384	384	384	384	2304
Total Berat Material =							5744

Sumber: Data Peneliti (2022)

- Biaya struktur baja:
Total Berat = (Volume material) x (harga kg/m)
KC 700 x 300 x 13 x 24 = (864) x (Rp.2.000.000) = Rp.1.728.000.000
B1 = I 600 x 190 x 16 x 35 = (1760) x (Rp1.685.000) = Rp.2.965.600.000
B2 = I 450 x 175 x 13 x 26 = (960) x (Rp.1.280.000) = Rp1.228.800.000
BA I= 250 x 125 x 7,5 x 12,5 = (2304) x (Rp.460.000) = Rp1.059.840.000
Total biaya alternatif desain struktur baja:
= profil x biaya baut 10%
= Rp.6.982.240.000 x 10%
= Rp.7.680.464.000.

3.5. Perbandingan Biaya Mateial

Dari hasil perencanaan kemudian akan menghitung level harga antara beton dengan baja. Harga beton di peroleh dengan menggalikan volume pekerjaan beton dengan pekerjaan beton (m3). Dan harga baja diperoleh dengan menggalikan volume pekerjaan baja dengan harga kg pekerjaan baja. Dapatkan persentase Selisih harga dengan cara:

$$\frac{\text{harga beton} - \text{harga baja}}{\text{harga baja}} \times 100 \%$$

$$\frac{8.332.012.800 - 7.680.464.000}{7.680.464.000} \times 100 \% = 8\%$$

peresentase hasil antara bangunan existing beton dan alternatif desain baja adalah 8%.

Selisih volume dan harga kedua struktur yang digunakan adalah Rp.8.332.012.800 - Rp.7.680.464.000 = Rp.651.548.000 dibulatkan ≈ Rp.651.500.000

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan pada material struktur balok dan kolom baja diperoleh harga (Rp.7.307.850.000), dan struktur balok dan kolom beton existing dengan harga (Rp. 8.332.012.800). Maka dapat disimpulkan bahwa biaya konstruksi bangunan baja lebih ekonomis dibandingkan dengan bangunan beton existing.dengan selisih harga Rp.651.500.000 dengan perentase 8%.

5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih penulis ucapkan kepada :

1. Tuhan YME,
2. Orang tua yang selalu mendukung,
3. PT. MKU Surabaya yang memberikan data proyek RS Royal Surabaya

DAFTAR PUSTAKA

- Alternatif, S., Struktur, P., Rsu, G., Ponorogo, D., Sistem, M., Pemikul, R., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Malang, U. I. (2021). Studi alternatif perencanaan struktur baja gedung rsu darmayu ponorogo dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Sni 1726:2019, 8, 254.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). SNI 7972:2020 Sambungan Terprakualifikasi untuk Rangka Momen Khusus. Standar Nasional Indonesia, 8.
- Baja, M. S. (2021). Studi alternatif perencanaan struktur gedung rsi unisma menggunakan struktur baja. 10(2), 66–80.
- Fambudi, I. O. F., Sutriyono, B., Trimurtiningrum, R., & Rochmah, N. (2021). Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik Dengan Struktur Baja Tahan Gempa. *Extrapolasi*, 17(1), 30–43. <https://doi.org/10.30996/exp.v17i1.3616>
- Pamujianto, S. L. (2021). Perencanaan Biaya Dan Waktu Pada Pembangunan Hotel 7 Lantai Berbasis Metode Building Information Modelling (BIM).