

PERENCANAAN ULANG BANGUNAN STRUKTUR BAJA RUMAH SAKIT UMUM RATUMBUYSANG DI KOTA MANADO

Stefano Pandaleke

Banu Dwi Handono, Servie O. Dapas

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado

Email: stefanopandaleke@gmail.com

ABSTRAK

Perencanaan ulang bangunan struktur baja Rumah Sakit Umum Ratumbuysang di Kota Manado dilakukan untuk mendapatkan dimensi yang optimal dan efisien dari elemen-elemen strukturnya, sesuai dengan beban rencana agar bangunan tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Metode yang digunakan dalam mendesain atau menganalisa struktur baja pada bangunan ini adalah Direct Analysis Method (DAM), untuk mendapatkan gaya-gaya dalam, sedangkan kapasitas nominal dari penampang dan sambungan-sambungan diperoleh menggunakan metode LRFD atau DFBK sesuai SNI 1729-2015. Pembebanan sesuai dengan SNI 1727-2013 untuk beban gravitasi dan sesuai SNI 1726-2012 untuk beban lateral (gempa). Konfigurasi rangka struktur terdiri dari rangka sistem penahan beban gaya lateral dan rangka sistem penahan beban gravitasi. Elemen struktur menggunakan profil baja yang memenuhi syarat SNI 1729-2015.

Dari hasil disain ulang struktur baja ini maka profil-profil yang digunakan untuk kolom 400 x 400 x 13 x 21, balok 400 x 200 x 8 x 13, Balok anak 300 x 150 x 6.5 x 9, serta sambungannya bervariasi sesuai dengan konfigurasi rangka.

Kata Kunci: *Perencanaan, Struktur Baja, DAM, Gempa, LRFD*

PENDAHULUAN

Latar belakang

Perkembangan yang pesat di Indonesia akhir akhir ini memicu pertumbuhan dan pembangunan, ditambah dengan pertumbuhan penduduk, dibutuhkan pembangunan sarana dan prasarana untuk menunjang kehidupan. Akan tetapi pembangunan sarana dan pra-sarana seringkali terkendala dengan minimnya lahan yang tersedia. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, gedung bertingkat merupakan solusi yang baik untuk meluaskan lahan pembangunan, maka para perencana dibuatlah bangunan bertingkat tingkat tinggi. Namun karena negara Indonesia terletak di antara dua lempeng dunia yang aktif, yaitu Eurasia dan Australia, mengakibatkan negara Indonesia menjadi daerah rawan gempa. Bahkan akhir-akhir ini gempa sering mengguncang Indonesia dalam skala besar, dimana tahun 2018 telah tercatat beberapa gempa besar yang terjadi di Indonesia.

Bangunan yang dibangun pada daerah rawan gempa harus direncanakan mampu bertahan terhadap gempa, terlebih pada struktur bangunan bertingkat tinggi harus mampu menahan gaya-gaya vertikal (beban gravitasi), serta gaya-gaya horizontal (beban gempa) yang nantinya akan digunakan untuk menghitung

dimensi dari elemen-elemen struktur yang diharapkan mampu menahan semua beban yang direncanakan

Kurangnya diterapkan penggunaan struktur baja sebagai struktur utama suatu bangunan, maka perencanaan ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi seluruh perencanaan dalam mendisain struktur baja dimana diketahui bersama bahwa material baja adalah material yang sangat baik, karena mempunyai sifat yang duktil.

Penelitian ini merupakan studi untuk merencanakan bangunan tingkat tinggi dengan struktur baja. Dimana bangunan tingkat tinggi tersebut harus mampu bertahan terhadap gempa yang terjadi.

Rumusan Masalah

Dari latar belakang dapat dirumuskan suatu permasalahan bagaimana dapat mendesain bangunan yang menggunakan struktur baja dengan metode SRMPK untuk mendapatkan penampang yang dapat menahan beban vertikal maupun horizontal serta struktur tersebut memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan sesuai standar yang berlaku di Indonesia. Untuk itu penulis mencoba mendesain ulang bangunan struktur baja yang ada di Manado yaitu Rumah Sakit Umum Ratumbuysang di Kota Manado

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perencanaan ulang ini sebagai berikut:

1. Struktur bangunan yang ditinjau adalah bangunan yang terdiri dari 6 lantai dengan konstruksi struktur baja.
2. Perencanaan meliputi elemen struktur balok dan kolom baja, pelat lantai, dan pondasi beton bertulang serta sambungan balok-kolom.
3. Pelat lantai menggunakan floordeck dan tulangan wiremesh.
4. Analisa perhitungan akibat gaya gempa menggunakan metode analisis response spektrum berdasarkan SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.
5. Perencanaan elemen struktur bangunan menggunakan analisis yang mengacu pada SNI 1729-2015 tentang Persyaratan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung.
6. Untuk Atap direncanakan menggunakan Plat beton.
7. Perencanaan tidak termasuk perencanaan arsitektural.
8. Detail tangga tidak dihitung
9. Detail sambungan lift tidak dihitung
10. Perletakan dianggap terjepit.

Tujuan Penelitian

Tujuan perencanaan ini adalah:

1. Mendapatkan konfigurasi struktur rangka baja yang optimum
2. Mendapatkan dimensi profil baja yaitu kolom dan balok
3. Mendapatkan model-model sambungan serta base plat yang sesuai dengan konfigurasi struktur baja
4. Mendapatkan dimensi serta tulangan dari pondasi, pilecap dan sloof,

Manfaat Penelitian

1. Menjadi referensi dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa menggunakan metode DAM dan metode LRFD.
2. Menjadi referensi dalam perencanaan konstruksi bangunan bertingkat dengan struktur baja tahan gempa.

LANDASAN TEORI

Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Menurut SNI-1726-2012 dalam menentukan kategori risiko bangunan dan faktor keutamaan bangunan bergantung dari jenis pemanfaatan bangunan tersebut. Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e .

Kategori Desain Seismic

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 6.5, struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan. Struktur dengan kategori risiko I, II atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur dengan kategori risiko IV yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} , sesuai Tabel 1 dan Tabel 2

Tabel 1 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2012

Tabel 2 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 < S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 < S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2012

Pemilihan Sistem Struktur

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.2.1, pembagian sistem penahan gaya lateral berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur. Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R, faktor kuat lebih sistem, Ω_o dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , harus digunakan dalam penentuan gaya geser dasar, gaya desain elemen dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Perioda Fundamental Struktur, T

Perioda fundamental struktur, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dan perioda fundamental pendekatan (T_a) yang ditentukan dari persamaan (2). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur, T, diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , yang ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \tag{1}$$

$$T_{max} = C_u T_a \tag{2}$$

Dimana: h_n adalah ketinggian struktur dalam (m); koefisien C_t dan x ditentukan oleh tabel 3; dan koefisien C_u ditentukan oleh Tabel 4.

Tabel 3. Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,90
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: SNI 1726-2012

Tabel 4. Koefisien Batas Atas Perioda yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral disain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,40$	1,40
0,30	1,40
0,20	1,50
0,15	1,60
$\leq 0,10$	1,70

Sumber: (SNI 1726-2012)

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) adalah desain struktur beton bertulang yang memiliki tingkat daktilitas yang tinggi. Dalam SRPMK, berdasarkan SNI 1726-2012 dan ASCE-7, faktor reduksi gaya gempa diambil sebesar 8. Hal ini disebabkan struktur SRPMK didesain memiliki sifat fleksibel dengan daktilitas yang tinggi sehingga bisa direncanakan dengan gaya gempa rencana yang minimum. SRPMK wajib digunakan untuk wilayah yang memiliki resiko gempa tinggi (Kategori desain seismik D, E dan F dalam SNI 1726-2012).

Struktur SRPMK diharapkan mampu menahan siklus repon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Pendetailan dalam SRPMK adalah untuk memastikan respons inelastik dari struktur, dengan mengacu pada prinsip: *Strong-Column/Weak-Beam* yang bekerja menyebar di sebagian besar lantai dan tidak terjadinya kegagalan geser pada balok, kolom dan joint.

Metode Perencanaan Langsung

Metode perencanaan langsung merupakan suatu metode untuk mengatasi keterbatasan analisa struktur elastik yang tidak dapat memperhitungkan stabilitas secara langsung. Pengaruh efek orde kedua sudah diperhitungkan secara langsung sewaktu analisa struktur. Selain itu, pembebanan pada struktur dapat ditentukan lebih akurat karena pengaruh ketidak-sempurnaan batang dan reduksi kekakuan sudah diperhitungkan selama proses analisa struktur.

Metode analisis langsung, yang terdiri dari perhitungan kekuatan perlu menurut pasal C2-SNI 2015 dan perhitungan kekuatan tersedia menurut pasal C3-SNI 2015, boleh dilakukan untuk semua struktur.

Perhitungan stabilitas struktur modern didasarkan anggapan bahwa perhitungan gaya-gaya batang diperoleh dari analisa struktur elastik orde-2, yang memenuhi kondisi keseimbangan setelah pembebanan, yaitu setelah deformasi. Ketidak-sempurnaan atau cacat dari elemen struktur, seperti ketidak-lurusan batang akibat proses fabrikasi atau konsekuensi adanya toleransi pelaksanaan lapangan, akan menghasilkan apa yang disebut efek destabilizing.

Adanya cacat bawaan (*initial imperfection*) mengakibatkan efek *destabilizing*. *Direct Analysis Method (AISC)* atau Metode Perencanaan Langsung (SNI) dapat diselesaikan

dengan dua cara, yaitu: [1] cara pemodelan langsung cacat pada geometri model yang dianalisis, atau [2] memberikan beban notional (beban lateral ekuivalen) dari sebagian prosentasi beban gravitasi (vertikal) yang bekerja.

Adanya leleh setempat (partial yielding) akibat tegangan sisa pada profil baja (hot rolled atau welded) akan mengakibatkan perlemahan kekuatan saat mendekati kondisi batasnya. Kondisi tersebut akan menghasilkan efek destabilizing seperti yang terjadi akibat adanya geometry imperfection. Kondisi tersebut pada Metode perencanaan langsung akan diatasi dengan penyesuaian kekakuan struktur, yaitu memberikan faktor reduksi kekakuan. Nilainya diperoleh dengan cara kalibrasi dengan membandingkannya dengan analisa distribusi plastisitas maupun hasil uji test empiris (Suroveck, and Zienmian, 2005).

Pondasi Sumuran (*Caisson*)

Pondasi sumuran adalah suatu bentuk antara pondasi dangkal dan pondasi dalam yang biasanya digunakan apabila tanah dasar terletak pada kedalaman yang relatif dalam.

Adapun alasan menggunakan pondasi sumuran antara lain adalah:

- Bila tanah keras terletak lebih dari 3 m, sehingga penggunaan pondasi dangkal seperti telapak, pondasi menerus tidak lagi efisien.
- Bila air permukaan tanah agak lebih tinggi.
- Pondasi sumuran menjadi pilihan yang tepat untuk kondisi tanah kerasnya berada pada kedalaman 3 – 5 m

Daya dukung pondasi harus lebih besar dari pada beban yang dipikul oleh pondasi tersebut, sehingga perlu diberikan faktor keamanan.

Pembebanan

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada struktur. Beban dibagi menjadi dua yaitu beban tetap terdiri dari beban mati dan beban hidup. Beban tidak tetap berupa beban gempa (Setiawan, 2016).

Beban Mati

Beban mati adalah beban gravitasi yang berasal dari berat semua komponen gedung/bangunan yang bersifat permanen selama masa layan struktur termasuk pula unsur-unsur tambahan, mesin serta peralatan tetap yang tak terpisahkan dari gedung tersebut.

Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati. Beban hidup atap adalah beban yang diakibatkan pelaksanaan oleh pekerja, peralatan dan material dan selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian.

Beban Gempa

Beban gempa adalah beban dalam arah horizontal dari struktur yang ditimbulkan oleh adanya gerakan tanah akibat gempa bumi, baik dalam arah vertikal maupun horizontal. Dalam perencanaan struktur gedung, arah utama pengaruh gempa rencana harus ditentukan sedemikian rupa sehingga didapat pengaruh gempa rencana terbesar. Untuk menstimulasikan pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap suatu gedung, pengaruh pembebanan gempa ddalam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurusnya dianggap 30%.

Kombinasi Beban

Akibat ada beberapa jenis beban yang bekerja pada suatu struktur maka perlu dirancang mampu memikul beban-beban tersebut seperti beban mati, beban hidup dan beban gempa sesuai SNI Gempa 1726:2012 dan SNI Beton 2847:2013.

Kombinasi beban yang disarankan sebagai berikut:

1. 1,4DL
2. 1,2DL + 1,6LL+ 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2DL + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2DL + 1,0W+ L+ 0,5 (Lr atau R)
5. 1,2DL + 1,0E+ L+ 0,2S
6. 0,9DL + 1,0W
7. 0,9DL + 1,0E

dimana:

- DL = beban mati
- LL = beban hidup
- R = beban hujan, tidak termasuk yang di akibatkan genangan air
- W = Beban angin
- E = Beban gempa

METODOLOGI PERENCANAAN

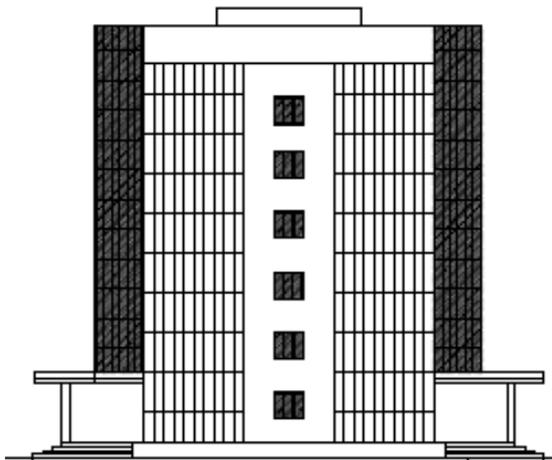
Data Perencanaan

Lokasi, tampak, dan denah.

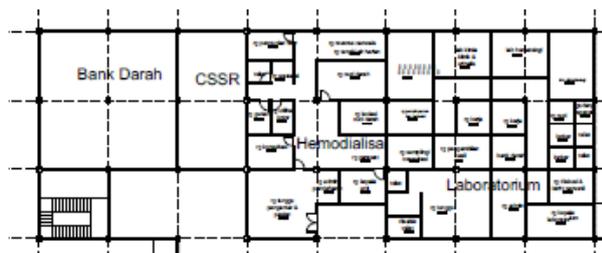
Perencanaan ulang dilakukan pada Gedung yang berlokasi di kota Manado yaitu Gedung Rumah Sakit Ratumbuang, dengan menggunakan Struktur baja berlantai 6 dengan luas tiap lantai $(42 \times 18) \text{ m} = 756 \text{ m}^2$ dan luas total sebesar 4.536 m^2 . Tampak depan, denah, serta lokasinya seperti gambar 1, gambar 2, dan gambar 3.



Gambar 1. Lokasi Gedung RSJ Ratumbuang di Manado



Gambar 2. Tampak Depan



Gambar 3. Denah Bangunan

Data Beban

Dari gambar 3. ditunjukkan bahwa ditiap lantai bangunan tersebut mempunyai fungsi yang berbeda-beda sehingga untuk beban hidup yang bekerja pada bangunan tersebut mengikuti pola pembebanan sesuai dengan aturan yang berlaku yaitu menggunakan SNI 1727-2013 menyangkut pembebanan minimum berikut daftar beban yang digunakan di bangunan ini.

- Ruang koridor, Ruang makan 4.79 kN/m^2
- Lobi 4.79 kN/m^2
- Ruang/ Kamar Pasien 1.92 kN/m^2
- Kantor 2.40 kN/m^2
- Ruang Operasi 2.87 kN/m^2
- Atap 0.96 kN/m^2

Data Material

Material yang digunakan dalam perencanaan ini:

- Baja BJ 37 fy 240 MPa
- Mutu beton untuk $f_c' 25 \text{ MPa}$
- Floordeck yang digunakan menggunakan mengikuti brosur dari Alsun Floordeck.
- Mutu baut sesuai ASTM 36 yaitu A 325.

Data lainnya:

Data lainnya yang digunakan dalam perencanaan adalah:

- Data sondir.
- Gambar arsitektur

Tahapan Perencanaan

Adapun tahapan perencanaan adalah sebagai berikut:

- Pengumpulan data yang diperlukan
- Pradisain berupa pemodelan 3D dengan menggunakan *ETABS V16*,
- Membuat konfigurasi rangka bangunan pada arah x dan arah y dimana sebagian portal dibuat sistem penahan beban lateral dan yang sebagian lagi dibuat sistem penahan beban gravitasi.
- Hitung beban gempa yang digunakan dengan menggunakan respons spektrum sesuai dengan data tanah diambil dari data sondir dan dikonversi ke nilai SPT serta lokasi bangunan, sehingga didapat kondisi tanah, selanjutnya dimasukkan dalam perhitungan beban gempa dalam Analisa struktur.
- Memasukkan beban lainnya seperti beban hidup sesuai fungsi dan beban mati tambahan pada tiap lantai dengan menggunakan

- kombinasi pembebanan yang ada didalam *Etabs* yaitu berdasarkan *AISC*
- Lakukan *auto select* untuk mendapatkan profil yang akan digunakan nanti
 - Periksa/pengecekan terhadap pradisain dengan melihat Simpangan yang terjadi apakah memenuhi atau tidak
 - Gunakan profil yang didapat dari auto run untuk menjadikan patokan dalam penentuan profil yang akan digunakan
 - Hitung kembali tiap elemen profil yang akan digunakan, dimana pembebanan dihitung secara manual dan kekuatan nominal penampang menggunakan metode *LRFD*.
 - Masukkan secara manual profil yang sudah dihitung dan dilakukan pengecekan kedalam *Etabs*
 - Masukkan lagi beban-beban seperti halnya pada tahap sebelumnya
 - Masukkan beban Notional kedalam software yang merupakan syarat dari metode *DAM*.
 - Pengecekan kembali ketentuan-ketentuan yang berlaku, berdasarkan SNI 1726-2012 tentang gempa, seperti pengecekan terhadap periode, simpangan dan torsi Partisipasi Masa dan *Base Shear*
 - Apabila semuanya telah memenuhi, maka lakukan disain kembali secara elementer profil-profil tersebut (balok, kolom) dengan menggunakan gaya-gaya luaran *Etabs*, dan lakukan pengecekan secara manual apakah profil tersebut memenuhi atau tidak.
 - Hitung sambungan-sambungan sesuai konfigurasi rangka struktur
 - Hitung *Base plate* serta kolom pedestal
 - Hitung pondasi dan sloof
 - Buat gambar *Detail Engineering*

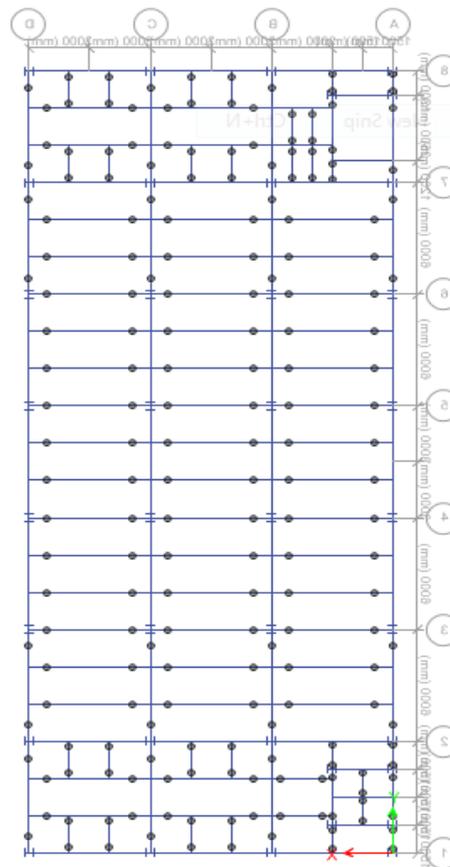
ANALISIS DAN PERENCANAAN

Pemodelan

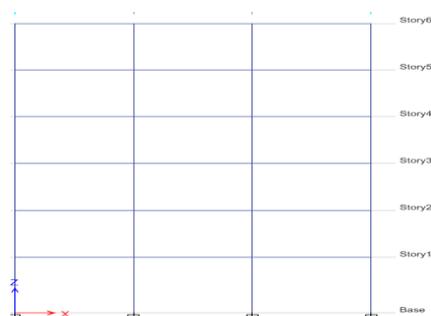
Berdasarkan gambar arsitektur yang terdiri dari denah per lantai dan potongan arah X dan arah Y, dibuatlah model 3D dengan program bantu *ETABS*.

Pembebanan disesuaikan dengan fungsi masing-masing ruang tiap lantai seperti pada gambar 3. Tahapan selanjutnya telah dipaparkan pada bagian sebelumnya.

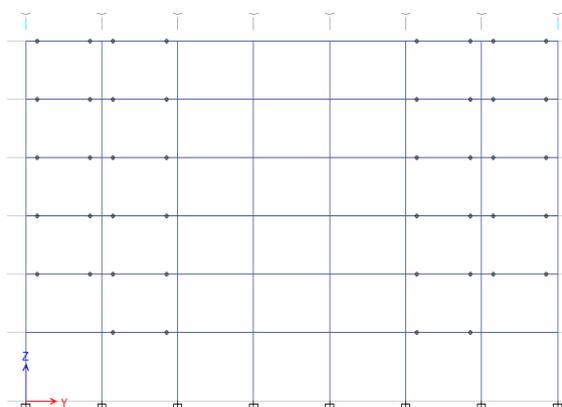
Model konfigurasi denah bangunan tipikal tiap lantai dapat dilihat pada gambar 4. Sedangkan konfigurasi potongan arah X dan arah Y masing-masing dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 4. Konfigurasi Denah Bangunan



Gambar 5. Konfigurasi Potongan Arah X



Gambar 6. Konfigurasi Potongan Arah Y

Desain Respons Spektra

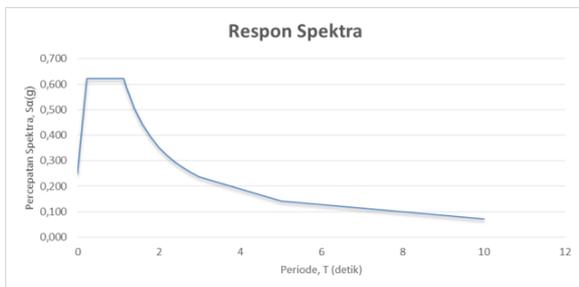
Nilai N-SPT rata-rata berada di bawah < 15 yang berarti tanah termasuk klasifikasi tanah lunak dengan koefisien desain seismic D (Tabel 3, SNI 1726-2012, Pasal 5.3).

Tabel 3. Data Respons Spektrum untuk Tanah Lunak

Variabel	Nilai	Variabel	Nilai
SS (g)	1.036	SM1 (g)	1.06
S1 (g)	0.442	SDS (g)	0.62
FA	0.9	SD1 (g)	0.7
FV	2.4	T0	0.227
SMS (g)	0.93	Ts	1.137

Tabel 4. Data Respon Spektrum untuk Tanah Lunak

T	A
0	0,249
0,228	0,622
1,138	0,622
1,2	0,589
1,4	0,505
1,6	0,442
1,8	0,393
2,0	0,354
2,2	0,321
2,4	0,295
2,6	0,272
2,8	0,253
3,0	0,236
5,0	0,141
10,0	0,071



Gambar 7. Grafik Spektrum Respons Desain Kota Manado

Kontrol Periode Fundamental Struktur (T)

Periode Fundamental Struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (Cu) dari tabel 14 SNI 1726-2012, dan periode fundamental pendekatan (Ta) yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1.

Batas Bawah:

$$T_a (\text{min}) = 0.0724 \times (\text{Tinggi Gedung})^{0.8} = 0.0466 \times (23.5)^{0.8} = 0.90488 \text{ detik}$$

Batas Atas:

$$T_a (\text{max}) = C_u \cdot T_a (\text{min}) = 1.4 \times 0.90488 = 1.2668 \text{ detik}$$

T berdasarkan analisis struktur, Tc = 1,26 detik, sehingga T berada antara batas atas dan batas bawah, jadi digunakan Tc = 1,26 detik

Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan Tabel 5, partisipasi massa sudah lebih besar dari 90%, sehingga telah memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam SNI.

Tabel 5. Partisipasi Massa

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
Modal - 1	1	1.26	5.28%	74.28%
Modal - 1	2	1.215	79.48%	78.5%
Modal - 1	3	0.816	80.69%	81.07%
Modal - 1	4	0.381	81%	92.06%
Modal - 1	5	0.357	92.6%	92.34%
Modal - 1	6	0.246	92.88%	92.56%
Modal - 1	7	0.198	92.94%	96.82%
Modal - 1	8	0.184	97.05%	96.89%
Modal - 1	9	0.131	97.07%	96.89%
Modal - 1	10	0.122	97.1%	98.84%
Modal - 1	11	0.115	98.95%	97.47%
Modal - 1	12	0.085	98.95%	99.16

Sumber: Hasil Pemodelan

Kontrol Base Shear

Dari tabel 6, Gaya geser dasar (base shear) struktur berdasarkan Analisa dinamis sudah lebih besar dari 85% gaya geser dasar statik.

Tabel 6. Kontrol Base Shear

Arah	Base Shear		85%V	Vt<85%V
	Statik	Dinamis		
	V	Vt		
X	82,605	68,694	70,21425	TRUE
Y	79,6034	66,0976	67,66289	TRUE

Kontrol Simpangan

Tabel 7. Kontrol Simpangan

Arah X							
Tingkat	Hn (mm)	Cd	Ie	δen	Δ (mm)	Δa (mm)	Control
6	3800	5,5	1,5	51,24	19,26	57	TRUE
5	3800	5,5	1,5	45,99	27,88	57	TRUE
4	3800	5,5	1,5	38,38	35,12	57	TRUE
3	3800	5,5	1,5	28,80	39,34	57	TRUE
2	3800	5,5	1,5	18,07	38,68	57	TRUE
1	4500	5,5	1,5	7,52	27,59	67,5	TRUE

Arah Y							
Tingkat	Hn (mm)	Cd	Ie	δen	Δ (mm)	Δa (mm)	Control
6	3800	5,5	1,5	55,25	23,61	57	TRUE
5	3800	5,5	1,5	48,81	31,64	57	TRUE
4	3800	5,5	1,5	40,18	38,68	57	TRUE
3	3800	5,5	1,5	29,63	42,51	57	TRUE
2	3800	5,5	1,5	18,04	39,36	57	TRUE
1	4500	5,5	1,5	7,30	26,78	67,5	TRUE

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.3, simpangan yang terjadi harus lebih kecil dari simpangan yang diijinkan. Hasil simpangan antar tingkat berdasarkan analisis program ETABS diperlihatkan pada tabel 7.

Kontrol Torsi

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.4, torsi yang terjadi harus lebih kecil dari torsi yang diijinkan. Hasil torsi antar tingkat berdasarkan analisis program ETABS adalah seperti pada tabel 8.

Tabel 8. Kontrol Torsi

Arah	Lokasi	δmax	δmin	δavg	Ax
		mm	mm	mm	
X	Lantai 6	51,24	43,58	47,41	0,81
	Lantai 5	45,99	38,10	42,04	0,83
	Lantai 4	38,38	30,80	34,59	0,85
	Lantai 3	28,80	22,26	25,53	0,88
	Lantai 2	18,07	13,32	15,69	0,92
Lantai 1	7,52	5,33	6,43	0,95	

Arah	Lokasi	δmax	δmin	δavg	Ay
		mm	mm	mm	
Y	Lantai 6	55,25	55,25	55,25	0,69
	Lantai 5	48,81	48,81	48,81	0,69
	Lantai 4	40,18	40,18	40,18	0,69
	Lantai 3	29,63	29,63	29,63	0,69
	Lantai 2	18,04	18,04	18,04	0,69
Lantai 1	7,30	7,30	7,30	0,69	

Pengecekan Penggunaan Notional

Dari hasil analisa dengan menggunakan ETABS didapat hasil first orde dan Second orde

$$\frac{\text{second orde}}{\text{first orde}} = \frac{1.5}{1.3} = 1.15 < 1.5$$

HASIL PERENCANAAN

Hasil perhitungan struktur baja dengan memperhitungkan beban gempa sebagai beban lateral (gempa) dan beban gravitasi dan dikombinasi dengan syarat – syarat SNI 1726-2012 dan SNI 1729-2015, serta menganalisa gaya dalam dengan menggunakan metode DAM dan perhitungan kapasitas penampang dengan metode LRFD/DFBK maka hasilnya sebagai berikut:

Tabel 9. Pemilihan profil dan kontrol untuk Kolom

Element Struktur	Kontrol		Keterangan
	Tekan	Balok Kolom	
Kolom	$\frac{P_u}{\phi P_n}$	$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \times \frac{M_u}{\phi M_n} < 1$	Lantai 1-6
H 400 x 400 x 13 x 21	0,67 < 1	0,553 < 1	OK

Tabel 9. Pemilihan profil dan kontrol untuk Balok

Element Struktur	Kontrol		Keterangan
	Lentur	Geser	
Balok	$\frac{M_u}{\phi M_n}$	$\frac{V_u}{\phi V_n}$	Lantai 1-6
H 400 x 200 x 8 x 13	0,95 < 1	0,32 < 1	OK

Balok Lateral	Kontrol		Keterangan
	Lentur	Geser	
H 300 x 150 x 6,5 x 9	$\frac{M_u}{\phi M_n}$	$\frac{V_u}{\phi V_n}$	Lantai 1-6
	0,86 < 1	0,25 < 1	OK

Sambungan

Setelah mendapatkan profil yang akan digunakan dalam perencanaan ini, didapatkan sambungan yang akan digunakan diberikan pada tabel 11.

Tabel 11. Kontrol Hasil Perhitungan Sambungan Balok ke Flange Kolom Kaku

Jenis Sambungan	Kontrol			Baut	
	Momen	Geser	Runtuh	Jumlah	Ø (mm)
Balok - Flange	$\frac{M_f}{\phi M_{np}} < 1$	$\frac{V_u}{\phi_n R_n} < 1$	$\frac{V_u}{\phi_n R_n} < 1$	8	33
	0,8 < 1	0,43 < 1	0,2 < 1		

Tabel 12. Kontrol Hasil Perhitungan Sambungan Balok ke web Kolom Kaku

Jenis Sambungan	Kontrol	Wmin (mm)	Baut	
	Geser		Jumlah	Ø (mm)
Balok - Web	$\frac{R_u}{\phi R_n} < 1$	138	4	19
	0,93 < 1			

Tabel 13. Kontrol Hasil Perhitungan Sambungan Balok ke Flange Kolom dan Balok ke Web kolom Tipe Geser

Jenis Sambungan	Kontrol	Baut	
	Geser	Jumlah	Ø (mm)
Balok - Flange	$\frac{R_u}{\phi R_n} < 1$	4 buah	19
	0,93 < 1		

Jenis Sambungan	Kontrol	Baut	
	Geser	Jumlah	Ø (mm)
Balok - Web	$\frac{R_u}{\phi R_n} < 1$	4 buah	19
	0,2 < 1		

Tabel 14. Kontrol Hasil Perhitungan Sambungan Balok Anak ke Balok Tipe Geser

Jenis Sambungan	Kontrol		Baut	
	Geser	Runtuh	Jumlah	Ø (mm)
Balok-Balok lateral	$\frac{R_u}{\phi R_n} < 1$	$\frac{R_u}{\phi R_n} < 1$	2	16
	0,283 < 1	0,38 < 1		

Tabel 15. Kontrol Hasil Perhitungan Sambungan Kolom ke Kolom Tipe Kaku

Jenis Sambungan	Kontrol		
	Momen	Geser	Runtuh
Shear Splice	$M_u < 1$	$R_u < 1$	$R_u < 1$
	ϕM_n	ϕR_n	ϕR_n
	0,1 < 1	0,22 < 1	0,15

Tabel 16. Kontrol Hasil Perhitungan Sambungan Kolom ke Pedestal Base Plate

Jenis Sambungan	Kontrol	
	Tumpu	Geser
Base Plate	$\frac{F_u}{\phi_c F_p} < 1$	$\frac{V_u}{\phi_n R_n} < 1$
	0,37 < 1	0,1 < 1

Shear Connector

Untuk Balok Anak, pada flange dipasang 2 buah shear connector dengan jarak antar connector 353 mm. Sedang untuk balok induk, pada flange dipasang 2 buah shear connector dengan jarak 261 mm antar connector.

Tulangan Wiremesh

Dalam perencanaan ini digunakan floordeck dengan merek ALSUN floordeck, untuk perhitungan pemakaian floordeck dan wiremesh serta tebal plat beton mengikuti spesifikasi yang dikeluarkan oleh pabrik floordeck dalam bentuk brosur (tabel).

Wiremesh yang akan digunakan adalah M8 dengan diameter 7.5 mm. Jarak tulangan per 1 kotak wiremesh adalah 150mm.

Pondasi, Pile Cap dan Sloof

Pondasi, yang digunakan adalah pondasi sumuran dengan tiga jenis pondasi yaitu pondasi tipe 1 yang terletak di tengah pondasi tipe 2 yang terletak di tepi dan pondasi tipe 3 terletak disudut. Untuk pekerjaan sloof terdiri dari satu tipe saja, dikarenakan bentang arah X dan Y sama yaitu 6 m jarak antara kolom.

Sedangkan untuk Pile Cap digunakan 3 tipe mengikuti tipe yang sama dengan pondasi sumuran. Adapun hasilnya terlihat pada tabel-tabel dibawah ini

Tabel 17. Hasil Perhitungan Pondasi Sumuran

No	Jenis Pekerjaan	Ukuran (cm)	Tulangan (mm)		Prosentase (%)
			Lentur	geser	
A	Pondasi Sumuran				
1	Tipe 1	D 100 x 400	Ø12 - 75	Ø10 - 200	0,58
2	Tipe 2	D 90 x 400	Ø12 - 90	Ø10 - 200	0,53
3	Tipe 3	D 90 x 400	Ø12 - 100	Ø10 - 200	0,56

Tabel 18. Hasil Perhitungan Pile Cap dan Sloof

No	Jenis Pekerjaan	Ukuran (cm)	Tulangan (mm)			Keterangan
			Lentur		geser	
			Tarik (As)	Tekan (As)		
A	Pile Cap					
1	Tipe 1	160 x 160 x 45	Ø16 - 125	Ø16 - 250	$\phi V_c > V_u$	Memenuhi
2	Tipe 2	150 x 150 x 40	Ø16 - 150	Ø16 - 300	$\phi V_c > V_u$	Memenuhi
3	Tipe 3	140 x 140 x 40	Ø16 - 200	Ø16 - 350	$\phi V_c > V_u$	Memenuhi
B	Sloof					
	Satu Tipe	300 x 500	3 Ø19	3 Ø19	Ø10 - 100	$\frac{\Delta M}{\phi M_n} < 1$
			2 Ø16	2 Ø16		0,57 < 1

PENUTUP

Kesimpulan

1. Perencanaan ulang struktur baja pada bangunan rumah sakit Ratumbuysang di Manado ternyata memenuhi syarat sesuai dengan SNI SNI 1726-2012 dan SNI 1729-2015 tanpa menggunakan Bresing
2. Profil baja yang digunakan pada balok induk adalah 400 x 200 x 8 x 13 dan profil baja yang digunakan untuk balok pengaku lateral (balok anak) adalah 300 x 150 x 6.5 x 9. Untuk profil baja pada kolom dari lantai 1 sampai dengan lantai 6, menggunakan 400 x 400 x 13 x 21
3. Sambungan yang digunakan pada struktur ini terdiri dari, sambungan Balok ke sayap kolom bersifat kaku (*stiffnes*), sambungan balok ke badan kolom bersifat tidak kaku (*unstiffnes*), sambungan balok ke badan kolom bersifat kaku (*stiffnes*), dan sambungan balok induk ke balok anak bersifat tidak kaku.
4. Sambungan yang digunakan pada tumpuan kolom (*Base plate*) dengan menggunakan kolom pedestal sebesar (710 x 710), Plat tumpu 600 x 600 x 34 mm dan diameter angkur 19 dengan kedalaman angkur 400 mm
5. Pondasi yang digunakan adalah pondasi sumuran terdiri dari 3 tipe masing masing dengan diameter 100 cm, 90 cm dan 80 cm dengan kedalaman 4 m
6. Pondasi yang digunakan adalah pondasi sumuran terdiri dari 3 tipe masing masing dengan diameter 100 cm, 90 cm dan 80 cm dengan kedalaman 4 m

Saran

Adapun hal-hal yang dapat disarankan dari perencana adalah: dapat dilakukan perencanaan ulang dengan menggunakan bresing dan sebaiknya dihitung perbandingan biaya dengan struktur yang telah direncanakan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute Of Steel Construction, 2011, *Steel Construction Manual Fourteenth Edition*. United States of America
- American Institute Of Steel Construction, 2017, *Design Examples Companion to the AISC Steel Construction Manual Version 15.0*. United States of America
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. *Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*, SNI 03-1727-1989. Jakarta, Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2012. Jakarta, Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2013. Jakarta, Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* SNI 1729-2015.
- Dewobroto, Wiryanto., 2016. *Struktur Baja: Perilaku, Analisis & Desain - AISC2010*. Penerbit Jurusan Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan, Jakarta.
- Honarto, R. J., Banu Dwi Handono, Ronny Pandaleke., 2019. *Perencanaan Bangunan Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.2 Februari 2019 (201-208) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Kariso, Patrisko H., Servie O. Dapas, Ronny Pandaleke, 2018. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*, Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.6 Juni 2018 (361-372) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Setiawan, Agus., 2008. *Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD*, Erlangga, Jakarta
- Suroveck, S. E., and Zienmian, R. D., (2005), *The Direct Analysis Method: Bridging the Gap from Linear Elastic Analysis to Advanced Analysis in Steel Frame Design*, Structures Congress, New York