

PERENCANAAN ULANG GEDUNG PENUNJANG MEDIK RUMAH SAKIT BHAYANGKARA SARTIKA ASIH DENGAN KONSEP BANGUNAN HIJAU

Ira Puspitasari¹⁾, Ridhwan Muhammad Fauzan Rahmatullah²⁾, Denny Adi Prasetyo³⁾

Konstruksi Bangunan, Politeknik TEDC Bandung^{1),2),3)}

Email: eera.civilundip@gmail.com¹⁾, ridhwanfauzan5@gmail.com²⁾, dennyadi@poltektedc.ac.id³⁾

Abstrak

Fasilitas infrastruktur merupakan suatu hal yang sangat berpengaruh pada kehidupan manusia. Dalam perkembangannya tentu muncul dampak baik dan buruk. Salah satu dampak buruk yang ditimbulkan adalah pemanasan global (Global Warming). Untuk menekan dampak buruk yang ditimbulkan maka diperlukan suatu konsep baru yang tetap memerhatikan lingkungan. Gedung Penunjang Fasilitas Medik di Rumah Sakit Kartika Asih Bandung direncanakan dengan menerapkan konsep bangunan hijau. Gedung ini direncanakan untuk menambahkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam sumber energinya. Sistem PLTS ini direncanakan diterapkan dibagian atap. Dari hasil perhitungan area atap, ditentukan jumlah panel surya yang dipasang sebanyak 250 unit dan membutuhkan 33 unit inverter. Dan ternyata pemasangan sistem ini memengaruhi struktur pelat atap. Dalam perencanaannya, gedung ini menggunakan struktur rangka baja untuk kolom dan baloknya. Pada bagian atap digunakan atap pelat beton bertulang. Dalam perencanaannya, bangunan ini terletak pada daerah tanah lunak dengan sistem struktur yang digunakan yaitu Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) mengacu pada daerah wilayah gempa 4. perhitungan beban gempa menggunakan statik ekuivalen yang bekerja pada bagian portal. Analisis perhitungan gaya – gaya dalam dihitung secara manual dan bantuan SAP2000 versi 14.0.0. Perencanaan portal menggunakan metode LRFD untuk menentukan profil yang digunakan. Setelah dilakukan perhitungan, ditemukan dimensi balok anak menggunakan profil WF 200x200, kolom menggunakan profil 400x400 dan balok induk menggunakan profil WF 400x200 dan 350x350.

Kata Kunci : Bangunan Hijau, Struktur Baja, SAP2000, Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

Abstract

The infrastructure facility makes a major difference in human life. Its progression has definitely been for good and for bad. One of the bad effects is global warming. For repressing the harmful effects requires a new concept that remains environmental. The medical facility support building at the medical center in Bandung is still on its way to implementing the concept of green building. The building is planned to add solar power systems to its energy source. This Solar system is planned to apply on the roof. According to the roof's calculations, the number of solar panels should be installed at 250 units and require 33 units inverter. The installation of this system eventually affected the structure of roof plates. The building's inner design involves a steel framing structure for columns and beams. Reinforced concrete slab roof is used. The structure of the Structure Of Order Bearers Special Moments (SRPMK) referred to the area of the earthquake 4. The earthquake load calculations used an equatorial static that works on the portal passage. Style-counting analyzer in manually counted and of sap2000 version 14.0.0. Portal planning uses Load Resistance Factor Design (LRFD) method to determine the profile used. After calculations were made, it was found that the dimensions of the secondary beam contained wf 200x200, the columns used the 400x400 profile and the main beam used the wf 400x200 and 350x350 profiles.

Keyword : Green Building, Steel Structure, SAP2000, Solar System Power

I. PENDAHULUAN

Pemanasan global (*Global Warming*) merupakan suatu kondisi yang menunjukkan terjadinya peningkatan suhu di permukaan bumi yang bisa mengakibatkan terjadinya perubahan iklim. Pemanasan global yang terjadi dikarenakan peningkatan kadar gas rumah kaca seperti (CO₂, CH₄, NO_x, SO_x, dan CFC) yang umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia (Karyono, 2010).

Perkembangan jumlah penduduk berdampak pada meningkatnya pembangunan gedung

bertingkat di perkotaan, terutama kota – kota besar. Bahkan, terkadang pembangunan tersebut mengalihkan fungsi ruang, dari ruang terbuka menjadi ruang terbangun. Undang – undang No. 26 Tahun 2007 tentang penataan ruang mensyaratkan kota harus memiliki ruang terbuka hijau minimal sebesar 30% dari total luas kota secara keseluruhan. Bandung merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang aktivitas manusia di dalamnya cukup kompleks. Jumlah penduduk yang terus bertambah dari tahun ke tahun mengakibatkan bertambahnya jumlah fasilitas – fasilitas penunjang dimana hal ini

pun menyebabkan terjadinya kenaikan suhu yang cukup signifikan salah satunya adalah fasilitas kesehatan.

Melihat dari data yang diterbitkan oleh BPS kota Bandung tahun 2019 suhu rata - rata di kota Bandung tercatat diangka 22,87 derajat Celcius, lalu melonjak menjadi 25,69 derajat Celcius pada tahun 2020. Hal ini terjadi karena terjadinya tren Pemanasan Global yang terjadinya di Indonesia. Kondisi perkotaan, seperti semakin banyaknya pemukiman, berkurangnya pohon, asap kendaraan serta pabrik sangat berkontribusi dalam terjadinya efek rumah kaca yang kemudian menyebabkan pemanasan global (Mujtahiddin, 2021).

Dari permasalahan diatas maka diperlukan suatu konsep yang dimana kebutuhan infrastruktur untuk perkembangan negeri ini dapat terpenuhi disamping itu dampak negatif yang dihasilkan dapat ditekan.

Green Building dibangun dengan perencanaan energi modern. Selain dari sisi desain yang dipertimbangkan untuk memanfaatkan sinar matahari sehingga mengurangi penggunaan lampu, pada atap gedung dapat dipasang panel surya yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Kemudian pemilihan material yang digunakan pun dipilih yang tidak membahayakan lingkungan baik jangka pendek maupun jangka panjang.

Perencanaan rumah sakit dengan memerhatikan faktor lingkungan sangat diperlukan untuk diterapkan pada kondisi saat ini. Oleh karenanya konsep green building perlu diperhatikan dalam perencanaannya. Dengan begitu masalah yang timbul dalam beberapa waktu terakhir ini dapat teratasi. Konsep green building ini memiliki beberapa manfaat diantaranya bangunan lebih tahan lama, hemat energi, lebih nyaman ditinggali, serta lebih sehat bagi penghuni.

Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mengetahui bagaimana merencanakan suatu bangunan dengan memerhatikan ketentuan – ketentuan sebagai berikut :

1. Memahami aspek – aspek dalam merencanakan bangunan berkonsep green building mengacu pada Green Building Council Indonesia.
2. Memahami cara memodelkan struktur bangunan menggunakan software SAP2000 v 14.
3. Memahami cara merencanakan struktur atas gedung yang mengacu pada spesifikasi bangunan baja struktural (SNI – 03 – 1729 – 2019).

II. LANDASAN TEORI

Pembebanan Struktur

A. Beban Mati

Beban mati yang digunakan mengacu pada SNI 1727 : 2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Dan untuk analisa struktur dibantu dengan menggunakan *software* SAP2000

B. Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban

minimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam SNI 1727:2020.

C. Beban Angin

Perhitungan beban angin mengacu pada SNI 1727:2020 mulai dari pasal 26.6 sampai 27.3.

D. Beban Gempa

Untuk perhitungan pembebanan gempa mengacu pada SNI-03-1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Gempa Untuk Bangunan Gedung.

E. Kombinasi Pembebanan

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$$

$$U = 0,9 D + 1,0 W$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E$$

Perencanaan Struktur

Pada perencanaan struktur atas, perhitungan struktur beton mengacu pada SNI 2847:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung dan untuk perhitungan struktur baja mengacu SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

Bangunan Hijau / Green Building

Mengutip dari *Indonesia Enviromental Energy Center (IEC)* bangunan hijau atau *green building* adalah bangunan yang secara life cycle-nya dimulai sejak tahap perencanaan, pembangunan, pengoperasian, pemeliharaan, renovasi hingga pembakarannya memerhatikan dampak negatif dan menciptakan dampak positif terhadap iklim dan lingkungan alam. Adapun aspek – aspek *green building* diantaranya:

1. Appropriate Site Development
2. Energy Efficiency and Conversation
3. Water Conservation
4. Material Resources and Cycle
5. Indoor Health and Comfort
6. Building Environment Management

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu pembangkit mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC (*Direct Current*) yang dapat diubah menjadi listrik AC (*Alternating Current*). Energi yang disalurkan matahari akan diserap dan diterima oleh panel surya (*solar panel*). Dalam penerapannya, PLTS dibagi menjadi dua klasifikasi yaitu:

F. PLTS Grid-Connected

Sistem ini menggabungkan PLTS dengan jaringan listrik lainnya, seperti dengan jaringan listrik PLN. Komponen penting dari sistem ini adalah inverter

yang berfungsi mengubah daya DC yang dihasilkan PLTS menjadi daya AC yang sesuai dengan persyaratan listrik yang terhubung (*utility grid*). Sistem ini merupakan solusi Green Energy bagi penduduk perkotaan.

G. PLTS *Stand Alone*

PLTS *Stand Alone* atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat merupakan sistem pembangkit listrik alternatif untuk daerah yang tidak terjangkau jaringan listrik PLN. Sistem ini hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu – satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian *photovoltaic module* untuk menghasilkan energi listrik sesuai kebutuhan.

Jumlah Panel Surya

Perlu diketahui terlebih dahulu luas area yang akan digunakan serta ukuran panel surya yang akan digunakan.

$$N_p = \frac{[(\text{Panjang area yang digunakan (m)}) / (\text{Panjang panel surya (m)})]}{}$$

$$N_l = \frac{(\text{Lebar area yang digunakan (m)}) / (\text{Lebar panel surya (m)})}{}$$

Jumlah panel surya yang akan digunakan dapat diperhitungkan dengan persamaan berikut :

$$N = \frac{\sum \text{panel surya pada panjang area atap} \times \sum \text{panel surya pada lebar area atap}}{}$$

Daya yang Dihasilkan Panel

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan panel surya diperlukan data – data dari sheet panel surya yang akan digunakan dan data pengukuran yaitu data radiasi dan suhu matahari.

$$\begin{aligned} \Delta T_{mp} &= T_{temp} \times \Delta T_{mp,STC} \\ T_C &= T_a + IT \left(\frac{T_C,NOCT - T_a,NOCT}{IT,NOCT} \right) (1 - \Delta T_{mp}/0,9) \\ F_{T_{mp}} &= [1 + \alpha_p (T_C - T_C,STC)] \\ P_{pv} &= P_{pv,STC} \times F_{pv} \times F_{T_{mp}} (IT/(IT,STC)) \end{aligned}$$

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif eksperimen yang dilakukan di Politeknik TEDC dengan bantuan aplikasi SAP 2000 dan Autocad.

Gedung penunjang medik Rumah Sakit Kartika Asih ini direncanakan memiliki jumlah lantai sebanyak 4 lantai. Dalam perencanaannya, penulis mencoba memasukan konsep Green Building pada aspek konversi energi dan penerapan ruang hijau.

Gedung ini direncanakan menerapkan sistem PLTS on Grid dimana pada sistem ini sumber listrik untuk memenuhi kebutuhan gedung tidak hanya bersumber dari PLN. Pada bagian atap direncanakan sedemikian rupa untuk dipasang Panel Surya sebagai sumber konversi energy listrik.

Denah gedung terdiri dari 6 bentang balok pada arah x dan 5 bentang balok pada arah y. Serta 4 bentang balok anak yang sejajar arah x. Struktur portal memiliki 5 tingkat termasuk atap dan ruang

mesin yang dimana tinggi antar tingkat bervariasi yaitu 3,5 m , 4 m, 2 m dan 3 m dengan jarak antar kolom 6 m dan 5,5 m

Mutu beton struktural

- Plat Pondasi = K-300 / Fc 24,9 MPa

- Plat Lantai = K-300 / Fc 24,9 MPa

- Plat Atap = K-300 / Fc 24,9 MPa

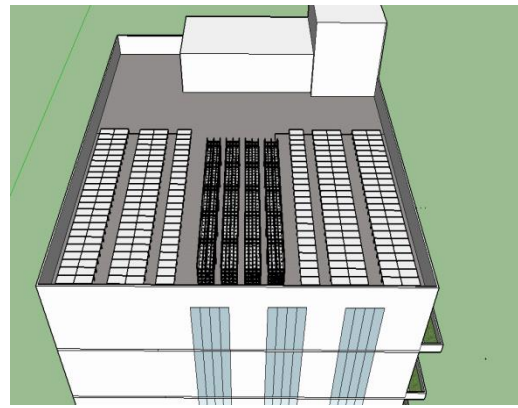
Mutu Baja Profil

Adapun mutu baja profil yang digunakan dalam perencanaan gedung ini yaitu mutu BJ 37 yang dimana memiliki Tegangan putus minimum sebesar 370 MPa, tegangan leleh minimum 240 MPa serta peregangan minimum sebesar 2 %.

Jenis Panel Surya yang digunakan adalah *Silicon Monocrystalline Sunny Power*. Dan jenis inverter yang digunakan adalah jenis *SUN-3.6K-G*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)



Gambar 1. Rencana Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Kebutuhan Panel

Luas 1 Area untuk pemasangan panel ini adalah sebagai berikut :

$$P = 1,2 \text{ m}$$

$$L = 14 \text{ m}$$

$$A = 16,8 \text{ m}^2$$

Karena total area adalah 10, maka Luas total adalah

$$A \times 10 = 16,8 \times 10 = 168 \text{ m}^2$$

Dari perhitungan tersebut maka banyak panel yang diperlukan dihitung melalui persamaan berikut ini:

$$N_p = \frac{A \text{ total}}{A \text{ panel}} = \frac{168}{0,648} = 250 \text{ unit}$$

Daya yang Dihasilkan

Data yang digunakan adalah hasil yang diambil dari situs resmi *NASA (National Aeronautics and Space Administration)*. Dari data ini didapat bahwa rata – rata insolasi matahari untuk daerah Bandung dalam 1 Tahun adalah 4,76 (kWh/m²/Day). Maka

$$\begin{aligned} P_{pv.out} &= A_g \times S \times t \times \eta \\ &= 0,648 \times 250 \times 4,76 \times 15\% \\ &= 115,668 \text{ kWh/Day} \end{aligned}$$

Menghitung Kapasitas dan Kebutuhan Inverter

$P_{inv} > P_{pv.out}$, maka dipilih inverter yang dapat menyuplai daya maksimal yang dibangkitkan.

$$\Sigma_{Inverter} = \frac{P_{pv.out}}{\text{Rate Output Power}} = \frac{115,668 \text{ kWh}}{3,6 \text{ kWh}} = 32,13 \approx 33 \text{ unit}$$

B. Perencanaan Struktur Perhitungan Pelat Lantai

Beban hidup Untuk rumah sakit berlaku beban hidup sebesar = 2,5 kN/m²

Dari hasil perhitungan, beban mati yang ditanggung sebesar = 4,21 kN/m².

Untuk tinjauan per 1 m pelat

$$\begin{aligned} DU &= 1,2 DL + 1,6 LL \\ &= 1,2(4,21) + 1,6(2,5) \\ &= 9,052 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Tebal Pelat

$$A = 6 \text{ m} \times 5,5 \text{ m}$$

Syarat yang digunakan :

$$F_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 240 \text{ Mpa}$$

Syarat batas bentang

$$L_y = 600 \text{ cm} \quad L_x = 550 \text{ cm}$$

$$L_y/L_x = 600/550$$

$$= 1,09 \approx 1,1, \text{ berlaku pelat 2 arah}$$

Menentukan bentang efektif (β)

$$Ln1 = 6000 - (1/2 \times 400) - (1/2 \times 400) = 5600 \text{ mm}$$

$$Ln2 = 5500 - (1/2 \times 400) - (1/2 \times 400) = 5100 \text{ mm}$$

$$\beta = Ln1/Ln2 = 5600/5100 = 1,09$$

$$\begin{aligned} h_{min} &\leq (L_n (0,8 + f_y/1500)) / (36 + 9\beta) \\ &\leq (5600 (0,8 + 240/1500)) / (36 + (9 \times 1,09)) \\ &\leq 117,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena tebal pelat tidak boleh kurang dari 120mm, maka digunakan (h) = 120 mm

Perhitungan Penulangan Pelat

Tabel 1. Data Perencanaan Pelat

Data Perencanaan	
Bentang terpanjang (Ly)	6.000 mm
Bentang terpendek (Lx)	5.500 mm
Diameter tulangan (Ø)	10 mm
Tebal pelat (h)	120 mm
Tebal selimut beton (d')	20 mm
Kuat leleh baja tulangan (fy)	240 MPa
Kuat tekan beton (fc')	25 MPa
Faktor reduksi (φ)	0,8
Beban Ultimate (DU)	9,052 kN/m ²

Perhitungan Tulangan

$$\text{Tebal pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Penutup} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Ø Tulangan} = 10 \text{ mm}$$

Menentukan dx dan dy :

$$\begin{aligned} dx &= h - p - (1/2 \text{Ø}) \\ &= 120 - 20 - (0,5 \times 10) \\ &= 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - p - \text{Ø} - (1/2 \text{Ø}) \\ &= 120 - 20 - 10 - (0,5 \times 10) \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

Daerah lapangan lx

$$dx = 95 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = 0,0025$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

$$Mu = 11,5 \text{ kNm} \approx 11500000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \left(\frac{Mu}{\phi} \right) \\ &= \frac{11500000}{0,8} = 14375000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

o **Menentukan ρ_{perlu}**

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mn}{b_w \cdot d^2 \cdot 0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

$$\rho_{min} = 0,0025 < \rho_{perlu} = 0,006903 < \rho_{max} = 0,04$$

Digunakan $\rho = 0,006903$

o **Luas Tulangan Perlu**

$$\begin{aligned} A_s L_x &= \rho \times b \times d \\ &= 0,006903 \times 1000 \times 95 \\ &= 655,785 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø10-100 dengan $A_s = 785 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak penulangan pelat

$$S = 100 < S_{max} = 3 \times h = 3 \times 120 = 360 \text{ mm (OK)}$$

o **Kontrol Kekuatan Pelat**

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times F_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 785 \times 240 \times (95 - 4,4325) \\ &= 13650333,6 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 13650333,6 > M_u = 11500000 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$$

Daerah lapangan Ly

$$d_y = 85 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = 0,0025$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

$$Mu = 12,05 \text{ kNm} \approx 12050000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \left(\frac{Mu}{\phi} \right) \\ &= \frac{12050000}{0,8} = 15062500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

o **Menentukan ρ_{perlu}**

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mn}{b_w \cdot d^2 \cdot 0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

$$\rho_{min} = 0,0025 < \rho_{perlu} = 0,009204 < \rho_{max} = 0,04$$

Digunakan $\rho = 0,009204$

o **Luas Tulangan perlu**

$$\begin{aligned} A_s L_x &= \rho \times b \times d \\ &= 0,009204 \times 1000 \times 85 \\ &= 782,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø10-100 dengan $A_s = 785 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak penulangan pelat

$S = 100 < s_{max} = 3 \times h = 3 \times 120 = 360 \text{ mm (OK)}$

o **Kontrol kekuatan pelat**

$\phi M_n = \phi \times A_s \times F_y \times (d - \frac{a}{2})$
 $= 0,8 \times 785 \times 240 \times (85 - 4,4325)$
 $= 12143133,6 \text{ N/mm}^2$

$\phi M_n = 12143133,6 > M_u = 12050000 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$
 Untuk perhitungan pelat pada tipe – tipe yang lain dilakukan dengan cara yang sama, sehingga di dapat hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Tipe Pelat

Tipe Pelat	Diameter Tulangan (mm)	Jarak Tulangan (mm)
1	10	100
2	10	50
3	10	75
4	10	75

Perencanaan Kolom dan Balok

Dengan Bantuan *software* SAP2000 didapat besaran distribusi gaya dari beban angin dan beban gempa sebagaimana pada tabel berikut :

Tabel 3. Dstribusi Beban Angin Datang Arah X

Datang (kN/m ²)	Pergi (kN/m ²)	Tepi (kN/m ²)	Beban Angin Datang (kN)
0.49	-0.30	-0.13	9.45
0.57	-0.35	-0.14	23.34
0.64	-0.40	-0.16	40.43
0.70	-0.43	-0.18	59.35
0.73	-0.45	-0.19	74.50
0.78	-0.49	-0.20	101.34

Sumber : Hasil Analisa, 2022

Tabel 4. Dstribusi Beban Angin Datang Arah Y

Datang (kN/m ²)	Pergi (kN/m ²)	Tepi (kN/m ²)	Beban Angin Datang (kN)
0.49	-0.30	-0.13	10.31
0.57	-0.35	-0.14	25.46
0.64	-0.40	-0.16	44.11
0.70	-0.43	-0.18	64.74
0.73	-0.45	-0.19	81.28
0.78	-0.49	-0.20	110.55

Sumber : Hasil Analisa, 2022

Tabel 5. Dstribusi Beban Gempa Arah X dan Y

Arah x (Fx)		Arah y (Fy)	
Lantai 2	28,413	Lantai 2	34,096
Lantai 3	60,886	Lantai 3	73,063
Lantai 4	93,358	Lantai 4	112,030
Lantai Atap	90,876	Lantai Atap	109,051

TEDC Vol. 17 No. 2, Mei 2023

Lantai ruang mesin	92,487	Lantai ruang mesin	69,365
Lantai atap ruang mesin	83,321	Lantai atap ruang mesin	62,491

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Spesifikasi Material :

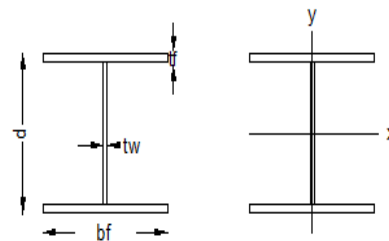
Struktur bangunan ini menggunakan penampang Wide Flange (WF), berikut data penampang yang digunakan :

Tabel 6. Data Spesifikasi Baja

Struktur	d	bf	tf	tw	r
Balok Utama	350	175	11	7	14
Balok Anak	200	200	12	8	13
Kolom 1	400	400	21	13	22
kolom 2	350	350	19	12	20

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Dengan keterangan profil sebagai berikut :



Gambar 1. Keterangan Profil

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Pembebanan Pada Portal

Dari hasil perhitungan, didapat beban mati sebesar 11,030 kN/m². Dan untuk beban hidup sebesar 2,62 kN/m².

Kombinasi Pembebanan (U)
 $U = 1,2(DL) + 1,6(LL)$
 $= 1,2(11,030) + 1,6(2,62)$
 $= 17,428 \text{ kN/m}$

Mu Pada daerah lapangan (+) , dimana Mu adalah momen ultimate yang akan digunakan dalam perhitungan. Mu diambil dari nilai terbesar pada perhitungan dibawah ini :

$M_{max} = 1/10 \times U \times (L)^2$
 $= 1/10 \times 17,428 \times (6)^2$
 $= 62,74 \text{ kNm}$

$M_1 = M_2 = 1/16 \times U \times (L)^2$
 $= 1/16 \times 17,428 \times (6)^2 = 39,213 \text{ kNm}$

Maka, Mu yang digunakan adalah 62,74 kNm

$Z_{xperlu} = 290,46 \text{ cm}^3$

Digunakan profil WF 350 x 175 dengan nilai Zx sebesar 841 cm³

$L_p = 254,97 \text{ L}_b = 600 \text{ L}_r = 591,15$

$$\begin{aligned}
 M_n = M_p &= f_y \times Z_x \\
 &= 240000 \times 0.000841 \\
 &= 201,84 \text{ kNm} \\
 M_r &= (f_y - f_r) \times S_x \\
 &= 170000 \times 0.000777 = 132,09 \text{ kNm} \\
 R_A = R_B &= \frac{1}{2} \times U \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 17,428 \times 6 = 52,284 \text{ kN} \\
 M_A &= (R_A \times \frac{1}{4} L) - (\frac{1}{2} U (\frac{1}{4} L)^2) - M_1 \\
 &= 19,607 \text{ kNm} \\
 M_B &= (R_A \times \frac{1}{2} L) - (\frac{1}{2} U (\frac{1}{2} L)^2) - M_1 \\
 &= 39,213 \text{ kNm} \\
 M_c &= M_A
 \end{aligned}$$

Dari SNI 1729 : 2015 , Untuk $L_b > L_p$ digunakan persamaan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 M_n &= F_{cr} \times S_x \leq M_p \\
 F_{cr} &= \frac{C_b \pi^2 E}{(\frac{L_b}{r_{ts}})^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} (\frac{L_b}{r_{ts}})^2} \\
 &= 283,775 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Maka M_n adalah

$$\begin{aligned}
 M_n &= F_{cr} \times S_x \\
 &= 283775 \times 0.000777 \\
 &= 220,493 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Karena $220,493 > 201,84$ maka, dipakai $\phi M_n = \phi M_p$
 $= 201,84 \text{ kNm}$

$$\phi M_n = 0.9 \times 201,84 = 181,656 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u = 62,74 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi M_n} < 1 = \frac{62,74}{181,656} = 0.345 < 1 \text{ (Profil bisa menahan momen)}$$

a. Cek Penampang

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = 42,86 \leq 108,4$$

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{2 \times 12} \leq \frac{170}{\sqrt{240}} = 7,95 \leq 10,97$$

(Penampang Kompak)

b. Tahanan Geser

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = 42,86 \leq 71,013$$

Maka

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times f_y \times d \times t_w \\
 &= 0,6 \times 240 \times 350 \times 7 \\
 &= 317,52 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times V_n = 352,8 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times U \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 17,428 \times 6 \\
 &= 52,284 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\frac{V_u}{\phi V_n} < 1, \quad \frac{52,284}{317,52} < 1, \quad 0.164 < 1 \text{ (OK)}$$

Profil aman terhadap Geser

c. Kontrol Defleksi

$$\begin{aligned}
 M_L &= \frac{1}{10} \times LL \times L^2 \\
 &= \frac{1}{10} \times 2.62 \times 2.5 \text{ kN/m} \times 6^2 \\
 &= 9 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{x\text{perlu}} &= \frac{5 \times M \times L^2}{48 \times E \times \Delta} \\
 &= 1012 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

I_x WF 350 x 175 adalah 40300 cm^4 maka profil dapat digunakan

$$\Delta = \frac{5 \times M \times L^2}{48 \times E \times I} \quad \Delta_{\text{maks}} = \frac{L}{360}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5 \times 9 \times 6^2}{48 \times 200000 \times 40300} = \frac{6000}{360} \\
 &= 16.67 = 4,187
 \end{aligned}$$

Karena $\Delta = 4,187 < \Delta_{\text{maks}} = 16.67$ maka profil aman terhadap defleksi.

Untuk perhitungan pada profil yang lainnya digunakan cara yang sama kemudian dikontrol pula menggunakan *software* SAP2000.

Perhitungan Struktur Bawah

Gaya dalam hasil analisa SAP 2000 $P_u = 780,131 \text{ kN}$
 Berdasarkan daya dukung tanah yang diijinkan untuk pondasi dengan lebar $B \leq 1,2 \text{ m}$, direncanakan menggunakan lebar pondasi $1,2 \times 1,2 \text{ m}$ dengan kedalaman pondasi $1,80 \text{ m}$.

$$q\sigma = \frac{75}{3} = 25 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ult} = \frac{780,131}{1,2 \times 1,2} = 541,7 \text{ kN/m}^2 = 5,523 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol

$$q\sigma > q_{ult} = 25 \text{ kg/cm}^2 > 5,523 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Kontrol geser

Tebal pondasi direncanakan 400 mm , tebal efektif $d = 328 \text{ mm}$

$$V_u = q \times L \times G'$$

$$\begin{aligned}
 G' &= L - (L/2 + \text{lebar kolom}/2 + d) \\
 &= 1200 - (1200/2 + 400/2 + 328) \\
 &= 72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= q \times L \times G' \\
 &= 5,523 \times 120 \times 7,2 \\
 &= 4771,872 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat geser beton

$$\begin{aligned}
 \phi_{Vc} &= \phi \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b d \right) \\
 &= 0,6 \left(\frac{1}{6} \sqrt{25 \times 1200 \times 328} \right) \\
 &= 128.800 \text{ N} \\
 &= 13133,94 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Lebar kritis (B')

$$\begin{aligned}
 B' &= \text{lebar kolo} + 2(1/2)d \\
 &= 40 + 2 \times (\frac{1}{2}) \times 3,28 \\
 &= 43,28 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang bekerja pada penampang kritis

$$\begin{aligned}
 V_u &= q (L^2 - B'^2) \\
 &= 5,523 \times (120^2 - 43,28^2) \\
 &= 69.185,74 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\beta_c = 40/40 = 1, \quad b_o = 4B' = 4 \times 43,28 = 173,12 \text{ cm} = 1731,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f_c'} b o d}{6} \\
 &= \left(1 + \frac{2}{1} \right) \frac{\sqrt{25 \times 1731,2 \times 328}}{6} \\
 &= 8517,504 \text{ N} = 8517504 \text{ kg} \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \frac{\sqrt{f_c'} b o d}{12} \\
 &= \left(\frac{30 \times 328}{1731,2} \right) \frac{\sqrt{25 \times 1731,2 \times 328}}{12} \\
 &= 975.800 \text{ N} = 97.580 \text{ kg} \quad (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b o d \\
 &= \frac{1}{3} \sqrt{25 \times 1731,2 \times 328} \\
 &= 946389,3 \text{ N} = 94.638,93 \text{ kg} \quad (3)
 \end{aligned}$$

Jadi, V_c yang digunakan $94.638,93 \text{ kg}$

$$\phi_{vc} = 0,6 \times 94.638,93 = 56.783,358 \text{ kg}$$

$$Vu > \phi_{vc} = 69.185,74 \text{ kg} > 56.783,358 \text{ kg}$$

Tegangan terfaktor yang terjadi

$$\sigma_u = \frac{780,131}{1,2 \times 1,2} = 541,7 \text{ kN/m}^2 = 5,523 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung momen terfaktor

$$Mu = \frac{1}{2} \times \sigma_u \times Lb^2$$

Tegangan yang terjadi per meter panjang q

$$q = \sigma_u \times 1m' = 5,523 \times 100 \text{ cm} = 552,3 \text{ kg/cm}' = 55230 \text{ kg/m}'$$

$$Mu = \frac{1}{2} \times \sigma_u \times Lb^2 = \frac{1}{2} \times 55230 \times (1,2/2 - 0,4/2)^2 = 15.464,4 \text{ kgm}$$

Diasumsikan menggunakan tulangan D22 jarak 200

$$As = 0,5 \times 3,14 \times 22^2 \times (1200/200 + 1) = 5319,16 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = \frac{5319,16 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1200} = 50 \text{ mm}$$

Kontrol

$$\phi Mn = \phi \times As \times fy \times (d - 1/2 a) = 0,8 \times 5319,16 \times 240 \times (328 - \frac{1}{2} \times 50) = 30.944,74 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$30.944,74 \text{ kgm} > 15.464,4 \text{ kgm (OK)}$$

Jadi digunakan tulangan D22 – 200

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan "Perencanaan Ulang Gedung Penunjang Medik Rumah Sakit Bhayangkara Kartika Asih Dengan Memperhatikan Konsep Green Building" didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perencanaan dengan memerhatikan konsep Green Building adalah sebagai berikut:
 - a. Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai alternatif konversi energi dapat direncanakan pada atap bangunan dan sesuai dengan konsep bangunan hijau yang bisa menghemat energi, mengurangi limbah dan membantu penghijauan.
 - b. Jumlah panel surya yang Jumlah panel surya yang dapat dipasang dari hasil pemanfaatan area sebanyak 250 buah dan dibutuhkan sebanyak 33 unit inverter.
 - c. Daya yang dibangkitkan dari sistem PLTS diperkirakan mencapai 115,668 kWh/Day
2. Hasil perencanaan berdasarkan SNI 03-1729-2020, SNI 03-2847-2019 dan SNI didapatkan :
 - a. Struktur Atas
Perencanaan struktur atas (pelat lantai, balok dan kolom) yang direncanakan diperoleh dimensi sebagai berikut:

- 1) Tebal pelat lantai yang digunakan sebesar 120 mm dengan menggunakan tulangan Ø10.
- 2) Hasil perencanaan balok anak menggunakan profil WF 200x100 aman digunakan.
- 3) Hasil perencanaan kolom utama menggunakan profil WF 400 x 400 aman digunakan.
- 4) Hasil perencanaan balok utama menggunakan profil WF 350 x 350 aman digunakan.

b. Struktur Bawah

Perencanaan struktur bawah yang direncanakan diperoleh hasil sebagai berikut:

- 1) Struktur bawah dapat menggunakan pondasi telapak dengan dimensi pondasi 1,2 x 1,2 m pada kedalaman 2 m dengan tulangan pondasi D16 - 200.
3. Perbandingan Bangunan Existing dengan hasil perencanaan ulang. Perbedaan antara bangunan yang sudah ada dengan hasil perencanaan ulang adalah sebagai berikut:
 - a. Perbedaan dari segi struktur: Untuk kolom dan balok perbedaannya adalah sebagai berikut :

Jenis	Struktur Existing	Struktur Replanning
Kolom 1	H 400 X 400	H 400 X 400
Kolom 2	H 200 X 200	H 350 X 350
Kolom 3	H 350 X 350	-
Balok 1	WF 400 X 200	WF 350 X 175
Balok 2	WF 350 X 175	WF 200 X 200
Balok 3	WF 300 X 150	-
Balok 4	WF 200 X 100	-

- b. Perbedaan dari segi Bangunan Hijau (*Green Building*).

Pada bangunan perencanaan ulang dipasang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada bagian atap bangunan, kemudian diterapkan pula instalasi hydroponic sebagai bentuk penerapan konsep bangunan hijau (*Green Building*). Sementara pada bangunan yang sudah jadi, dibagian atap hanya dipasang pelapis berupa karpet aspal.

Saran

Dalam perencanaan gedung struktur baja harus diperhatikan beberapa hal antara lain:

1. Dalam pemilihan profil baja harus sejelek mungkin untuk mendapatkan luas penampang yang dapat menahan beban-beban yang bekerja.
2. Perencanaan struktur baja diperlukan ketelitian dan kecermatan dalam perhitungan untuk menentukan profil yang digunakan secara akurat.
3. Data untuk perencanaan gedung harus selengkap mungkin supaya dalam pelaksanaan perencanaan gedung tidak ada hal yang rekayasa.
4. Pendefinisian beban pada software SAP2000 harus akurat agar tidak ada kekeliruan dalam perencanaan.
5. Dari segi lansekap bangunan, bisa direncanakan untuk menerapkan area hijau agar konsep

bangunan hijau bisa lebih diterapkan secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian Wiranata Zebua . 2018." Desain Pelat Gedung Struktur Beton Bertulang di Wilayah Gempa Tinggi". Jurnal Teknik Sipil, Vol.4 No.2
- Badan Standarisasi Nasional, 2019. "SNI 1726-2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung"
- Badan Standarisasi Nasional. "SNI – 03 – 2847 – 2019, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung"
- Badan Standarisasi Nasional. "SNI – 03 – 1727 – 2020, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain"
- Badan Standarisasi Nasional. Juni 2017. "SNI 1729 – 2020, Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural".
- Benny Khoerni , Fathur Rohman. 2018." Perencanaan Konstruksi Baja Gedung Perpustakaan dan Perkantoran Unswagati Cirebon". Jurnal. Cirebon.
- Dewi Purnama Sari, Novi Kurniasih dan Agus Yogiarto. 2018. "Kajian Perencanaan PLTS Terhubung ke Grid untuk Melayani Suplai Daya Listrik di Menara STT – PLN". Jurnal Sutet Vol.8. Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan. 1993. "Struktur Beton Bertulang". Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Erlangga, Agus Setiawan. 2008. "Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI – 03 – 1729 – 2002)". Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- JB. I Wayan Andika Wibisama , Sudirman Indra, Agus Santosa. 2020. "Perencanaan Portal Baja Menggunakan Metode LRFD pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang". Jurnal. Malang.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971.
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983.
- Rika Apriani dan Ida Ayu Ari Anggreni. 2021." Analisis Biaya Pemeliharaan Bangunan Gedung dengan Konsep Green Building dan Bangunan Gedung dengan Konsep Non Green Building". Jurnal Teknik Sipil Vol. 5 No.3. Jakarta.
- Samsuddin , Andi Edyas, Takdir Daming dan Edward Syarif. 2017. "Konsep Arsitektur Tropis pada Green Building Sebagai Solusi Hemat Biaya (Low Cost)". Temu Ilmiah Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI) 6.
- S.G., Ramadhan, Ch. Rangkuti. 2016. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Atap Gedung Harry Hartanto Uninvestias Trisakti". Jurnal. Jakarta.