

EVALUASI STRUKTUR ATAS PADA GEDUNG RUMAH SAKIT GRAND MITRA MEDIKA MEDAN – SUMATERA UTARA

Oleh:

Robinson Sijabat ¹⁾

Rahelina Ginting ²⁾

Ricky Yohanes Marbun ³⁾

Universitas Darma Agung, Medan ^{1,2,3)}

E-mail :

pt.percanusawahanaconsultant@yahoo.co.id ¹⁾

grahelina77@gmail.com ²⁾

yricky65@gmail.com ³⁾

ABSTRACT

Grand Mitra Medika Hospital is an important part of the health system; therefore in the construction of this hospital, a strong and safe building structure is required. Evaluation and analysis of building structures is done by looking for general data, project technical data and information that supports the planning of structures such as structural drawings, loading to be used and their criteria. The calculation of the structure of this building is reviewed against dead load, living load, wind load and earthquake load in accordance with SNI-1727-2013 and SNI-1726-2012 regulations. For structure analysis created 3-dimensional building model with the help of SAP2000 application to get moment style, sliding style, and axial force so that the repetition of the structure can be calculated in accordance with sni-2847-2013 regulations. From the calculation of each element of the structure obtained thick plate reinforcement 15 cm x direction = D10-150 ; direction y = D10-200, bending reinforcement beam 30x70 on the pedestal = 9D19, field = 7D19 and shear reinforcement = D10-100, column bending reinforcement = 28D25 and shear reinforcement = D13-125.

Keywords: Loading, Analysis, Structure Planning

ABSTRAK

Rumah Sakit Grand Mitra Medika merupakan bagian penting dari sistem kesehatan, karena itu dalam pembangunan rumah sakit ini, diperlukan struktur bangunan yang kuat dan aman. Evaluasi dan analisis struktur bangunan dilakukan dengan cara mencari data umum, data teknis proyek dan informasi yang mendukung perencanaan struktur seperti gambar struktur, pembebanan yang akan digunakan beserta kriterianya. Perhitungan struktur gedung ini ditinjau terhadap beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa sesuai peraturan SNI-1727-2013 dan SNI-1726-2012. Untuk analisis struktur di buat model bangunan 3 dimensi dengan bantuan aplikasi SAP2000 untuk mendapatkan gaya momen, gaya geser, dan gaya aksial sehingga penulangan struktur dapat dihitung sesuai dengan peraturan SNI-2847-2013. Dari hasil perhitungan tiap elemen struktur diperoleh tulangan pelat tebal 15 cm arah x = D10-150 ; arah y = D10-200, tulangan lentur balok 30x70 pada tumpuan = 9D19, lapangan = 7D19 dan tulangan geser = D10-100, tulangan lentur kolom = 28D25 dan tulangan geser = D13-125.

Kata Kunci : Pembebanan, Analisis, Perencanaan Struktur

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Rumah Sakit Grand Mitra Medika di Jalan S. Parman Petisah Tengah, Kec. Medan Petisah, Kota Medan merupakan bagian penting dari sistem kesehatan, Oleh karena itu dalam pembangunan rumah sakit ini, diperlukan suatu struktur bangunan yang kuat dan aman, agar kenyamanan dan kemudahan dalam pemberian pelayanan serta perlindungan dan keselamatan bagi semua orang termasuk penyandang cacat, anak-anak, dan orang usia lanjut. Bangunan rumah sakit harus dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pelayanan kesehatan yang paripurna, pendidikan dan pelatihan, serta penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi kesehatan.

Struktur bangunan umumnya terdiri dari dua bagian yaitu struktur bawah yaitu struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah seperti pondasi, dan struktur atas yaitu struktur bangunan yang berada diatas permukaan tanah yang berupa kolom, balok, dan pelat. Setiap komponen struktur direncanakan agar dapat menahan beban-beban yang ada, dan setiap komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda beda didalam sebuah struktur.

Beban beban yang bekerja pada struktur seperti beban mati (dead load), beban hidup (live load), beban angin (wind load) dan beban gempa (earthquake), menjadi bahan perhitungan awal dalam sebuah perencanaan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya gaya yang bekerja pada setiap komponen struktur, kemudian dapat dilakukan perhitungan struktur untuk mengetahui besar nya kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan oleh masing masing struktur

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merencanakan suatu struktur pelat, balok, dan kolom menurut SNI-2847-2013 ?

2. Bagaimana merencanakan struktur pelat, balok, dan kolom ?
3. Bagaimana menggambar hasil perhitungan struktur yang didapat ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Dapat memodelkan pembebanan struktur gedung dengan analisa struktur SAP2000.
2. Dapat melakukan perhitungan struktur sesuai standar perencanaan elemen struktur beton.
3. Dapat menggambar hasil perhitungan struktur yang di dapat ke dalam gambar teknik.

1.4. Manfaat Penulisan

Penulisan tugas akhir ini memberikan manfaat ke beberapa pihak antara lain :

1. Manfaat bagi penulis yaitu menambah wawasan/ ilmu pengetahuan serta dapat menerapkan dalam dunia kerja.
2. Manfaat bagi kampus dapat dijadikan refrensi akademis dan keinsinyuran untuk pembangunan jurusan teknik sipil.
3. Sebagai bahan refrensi bagi siapa saja yang membaca dan membutuhkannya.

Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini ada beberapa batasan masalah yang perlu dibuat antara lain :

1. Model struktur yang ditinjau adalah proyek pembangunan "Gedung Rumah Sakit Grand Mitra Medika"
2. Struktur di evaluasi hanya pada struktur atas, antara lain: struktur plat, struktur balok, struktur kolom
3. Beban-beban yang diperhitungkan pada struktur adalah beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.
4. Perhitungan gaya dalam struktur menggunakan Program SAP 2000
5. Peraturan pembebanan yang digunakan SNI-1727-2013 dan SNI - 1726-2012
6. Perhitungan struktur menggunakan peraturan SNI-2847-2013

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Struktur Bangunan

Struktur adalah bagian-bagian yang membentuk bangunan seperti pondasi, sloof, dinding, kolom, ring, kuda-kuda, dan atap. Pada prinsipnya, elemen struktur berfungsi untuk mendukung keberadaan elemen nonstruktur yang meliputi elemen tampak, interior, dan detail arsitektur sehingga membentuk satu kesatuan. Setiap bagian struktur bangunan tersebut juga mempunyai fungsi dan perannya masing-masing. Kegunaan lain dari struktur bangunan yaitu meneruskan beban bangunan dari bagian bangunan atas menuju bagian bangunan bawah, lalu menyebarkannya ke tanah. Perancangan struktur harus memastikan bahwa bagian-bagian sistem struktur ini sanggup mengizinkan atau menanggung gaya gravitasi dan beban bangunan, kemudian menyokong dan menyalurkannya ke tanah dengan aman. Besar dan macam beban yang bekerja pada struktur sangat tergantung dari jenis struktur. Jenis-jenis beban, data beban serta faktor-faktor dan kombinasi pembebanan menjadi dasar dalam perhitungan struktur. Beban beban yang bekerja pada struktur bangunan menjadi bahan perhitungan awal dalam sebuah perencanaan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya gaya yang bekerja pada setiap komponen struktur, kemudian dapat dilakukan perhitungan struktur untuk mengetahui besarnya kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan oleh masing-masing struktur.

2.2. Beban-Beban Struktur

Pada suatu struktur bangunan, terdapat beberapa jenis beban yang bekerja. Struktur bangunan yang direncanakan harus mampu menahan beban beban yang bekerja. Besar dan macam beban yang bekerja pada suatu struktur sangat tergantung dari jenis struktur. Jenis-jenis beban, data beban serta faktor-faktor dan kombinasi pembebanan menjadi dasar dalam perhitungan struktur, besarnya beban-beban tersebut haruslah berdasarkan pada peraturan SNI 1727-

2013 dan SNI-1726-2012 diantaranya adalah beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Beban beban yang bekerja pada struktur bangunan ini menjadi bahan perhitungan awal dalam sebuah perencanaan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya gaya yang bekerja pada setiap komponen struktur, kemudian dapat dilakukan perhitungan struktur untuk mengetahui besarnya kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan oleh masing-masing struktur.

2.2.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat sendiri seluruh konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang. (SNI 1727:2013).

Tabel 1. Berat Jenis

Beban Mati	Berat
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Spesi, per cm tebal	21 kg/m ²
Dinding ½ bata	250 kg/m ²
Plafond + penggantung	18 kg/m ²
Keramik per cm tebal	24 kg/m ²
Instalasi M&E	19 kg/m ²
Plumbing	25 kg/m ²
Waterproofing	7 kg/m ²

2.2.2. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan barang-barang yang dapat berpindah, mesin dan peralatan lain yang dapat digantikan selama umur gedung. Beban hidup yang bekerja pada pelat lantai untuk penggunaan suatu gedung merupakan beban merata. Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan

gedung dan struktur lain harus merupakan beban maksimum yang dapat terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi nilainya tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam peraturan.

Tabel 2. Beban Hidup Minimum

Beban Hidup	Berat
Helipad	287 kg/m ²
Atap	100 kg/m ²
Lantai	250 kg/m ²
Basement	400 kg/m ²

2.2.3. Beban Angin

Menurut SNI (2013), beban angin merupakan semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Penentuan beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau.

Berdasarkan SNI (2013) Pasal 26 sampai Pasal 31, penentuan besaran beban angin ditentukan oleh parameter-parameter berikut :

1. Kecepatan angin dasar (V)
2. Faktor arah angin (K_d)
3. Kategori Eksposur
4. Faktor Topografi (K_{zt})
5. Faktor efek tiupan angin (G)
6. Koefisien Tekanan Internal (G_{Cpi})
7. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas (K_z)
8. Koefisien tekanan eksternal (C_p)
9. Tekanan Velositas
10. Beban angina (P)

2.2.4. Beban Gempa

Beban Gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau pada bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

Dalam tata cara perencanaan ketahanan gempa respon spectrum mengikuti aturan yang diterapkan berdasarkan SNI 1726:2012.

1. Menentukan Klasifikasi Situs (SA-SF)
2. Menentukan Katagori Resiko Bangunan dan Faktor keutamaan gempa
3. Menentukan Parameter Percepatan Tanah (S_s, S_1)
4. Menentukan Faktor Koefisien Situs (F_a, F_v)
5. Parameter Respons Spektrum (S_{MS}, S_{M1})
6. Menentukan Parameter Percepatan Desain (S_{DS}, S_{D1})
7. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)
8. Merencanakan Respon Spektrum

2.3. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 03-1727-2013, faktor-faktor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal, beban angin nominal dan beban gempa nominal adalah:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + 1,0L$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

2.4. Elemen Elemen Struktur

Perencanaan awal elemen struktur direncanakan dengan asumsi berdasarkan kriteria minimum, yang merupakan suatu perencanaan pendahuluan untuk menaksir atau memperkirakan dimensi dari struktur (balok, kolom dan pelat) sehingga didapat suatu dimensi yang optimal, tidak terlalu kuat juga tidak terlalu lemah (*over design and under design*).

2.4.1. Struktur Pelat

Pelat adalah elemen horizontal struktur yang mendukung beban mati maupun beban hidup dan menyalurkannya ke rangka vertikal dari sistem struktur. Pelat merupakan struktur bidang (permukaan)

yang lurus, (datar atau melengkung) yang tebalnya jauh lebih kecil dibanding dengan dimensi yang lain. Yang dimaksud dengan pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horisontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai struktur sekunder juga dapat berfungsi sebagai diafragma yang membantu menyalurkan gaya-gaya lateral akibat gempa ke rangka struktur utama. Sistem perencanaan penulangan Plat Beton pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam yaitu

Plat satu arah, apabila, $\beta = \frac{ly}{lx} = \frac{Ln}{Sn} > 2$ dan

Plat dua arah, apabila, $\beta = \frac{ly}{lx} = \frac{Ln}{Sn} < 2$

2.4.2. Struktur Balok

Balok didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal yang arahnya horizontal, sedangkan portal merupakan kerangka utama dari struktur bangunan, khususnya bangunan gedung (Asroni 2010). Balok merupakan komponen pemikul momen yang akan menyalurkan beban ke kolom. Balok dimodelkan sebagai frame yang memiliki joint yang kaku sehingga momen-momen maksimum terjadi di ujung balok. Struktur balok yang diberi beban lentur akan mengakibatkan terjadinya momen lentur pada balok tersebut, sehingga akan terjadi deformasi (regangan) lentur dalam balok tersebut. Regangan-regangan yang terjadi tersebut akan menimbulkan tegangan pada balok (Setiawan 2014). Sifat utama beton yang kurang mampu menahan tarik, mengakibatkan perlunya penahan tegangan tarik pada beton dengan cara memasang baja tulangan pada daerah tarik sehingga terbentuk struktur beton bertulang yang dapat menahan lenturan. Apabila gaya geser yang bekerja sangat besar maka perlu dipasang baja tulangan tambahan untuk menahan geser tersebut.

Jenis tulangan geser yang umum digunakan adalah sengkang vertical (*vertical stirrup*), yang dapat berupa baja berdiameter kecil ataupun kawat baja las yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial penampang, dan sengkang miring. Sengkang miring dapat juga berasal dari tulangan longitudinal yang dibengkokkan. Apabila komponen struktur memerlukan penulangan torsi maka harus dipasang tulangan baja yang merupakan tambahan terhadap penulangan yang sudah ada yakni penulangan untuk menahan gaya geser, lentur maupun aksial.

Penulangan balok dilakukan dari perhitungan gaya-gaya dalam yang bekerja pada balok. Penulangan yang dianalisis meliputi penulangan lentur, penulangan geser, dan penulangan torsi balok. Besarnya kebutuhan tulangan lentur balok ditentukan dengan besarnya momen yang menimpa pada suatu struktur. Semakin besar momen yang menimpa struktur maka kebutuhan tulangan lentur semakin besar. Tulangan lentur didesain dengan dua kondisi, yaitu kondisi lapangan dan kondisi tumpuan (Surya 2012).

2.4.3. Struktur Kolom

Definisi kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial desak vertical dengan tinggi minimum tiga kali dimensi lateral terkecil. Apabila rasio bagian tinggi dengan dimensi lateral terkecil kurang dari tiga maka disebut pedestal. Perencanaan kolom harus memperhitungkan semua beban vertikal yang bekerja pada kolom. Pada suatu struktur, kolom menyalurkan beban yang berasal dari berat struktur sendiri, beban hidup, dan beban SIDL yang berasal dari gedung baik itu yang berada di atas pelat lantai maupun pada balok dan kolom ke kolom di bawahnya, kemudian ke pondasi sehingga beban total yang diterima oleh suatu kolom merupakan beban kumulatif dari beban kolom di atasnya. Batang beton bertulang yang menerima gaya torsi besar akan runtuh secara mendadak jika tidak diberikan tulangan torsi. Tulangan torsi yang digunakan tidak mengubah besar

torsi yang akan menyebabkan retak tarik diagonal, melainkan mencegah batang tersebut terpisah. Analisis struktur pada kolom akibat pembebanan akan menghasilkan gaya dalam yang digunakan untuk melihat kemampuan penampang beton bertulang dalam menahan kombinasi gaya aksial dan momen lentur yang digambarkan dalam suatu bentuk kurva interaksi antara kedua gaya tersebut, disebut dengan diagram interaksi P-M kolom.

3. METODE PENELITIAN

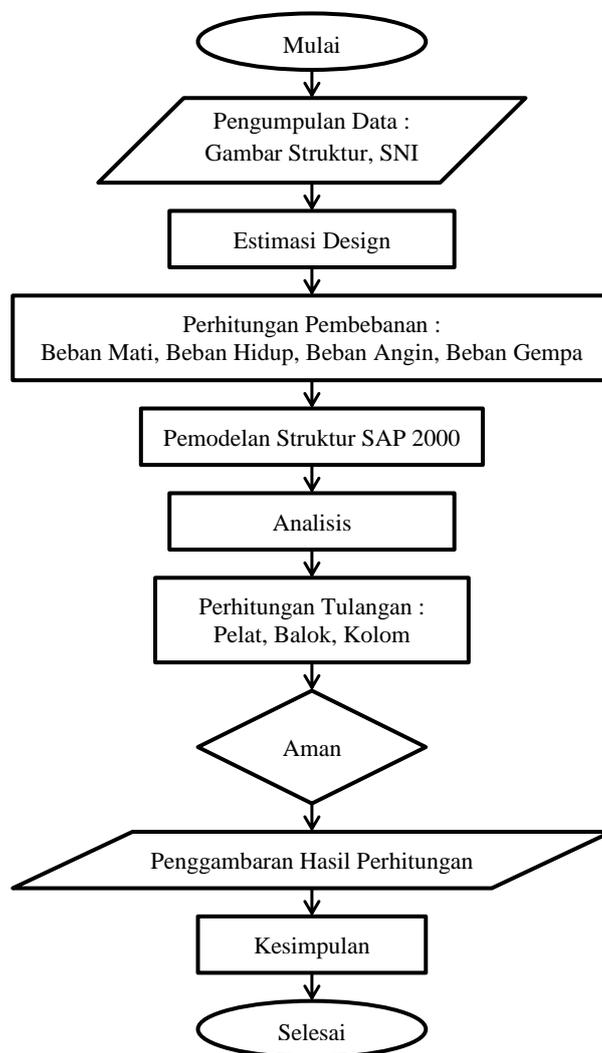
3.1. Data Proyek

Data-data dibawah ini merupakan data yang diambil dari gambar konstruksi di lapangan dengan data sebagai berikut

Fungsi Gedung	: Rumah Sakit
Tinggi Gedung	: 115,1
Mutu Beton (f'c)	: 30 MPa
Mutu Tulangan (fy)	
- Pokok	: 390 MPa
- Sengkang	: 240 MPa

3.2. Tahapan Pengerjaan

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan laporan ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Flowchart Alur Pengerjaan

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengumpulan Data
Pengumpulan data dari perencana meliputi gambar <i>shop drawing</i>. Selain itu juga pengumpulan peraturan yaitu | <ol style="list-style-type: none"> SNI 2847-2013, SNI 1726-2012, SNI 1727-2013. 2. Estimasi Design
Menghitung dimensi kolom, balok, dan pelat pada struktur rumah sakit |
|--|---|

3. Perhitungan Pembebanan
Menghitung beban-beban pada struktur yang akan di analisis berupa beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Untuk beban gempa, akan dilakukan analisa respon spektrum sesuai dengan SNI 1726-2012.
 4. Pemodelan Struktur
Memodelkan struktur gedung rumah sakit yang akan dianalisis dengan menggunakan *software* SAP 2000, serta memberikan pembebanan yang bekerja pada struktur. Dimensi Struktur yang digunakan berdasarkan gambar *shop drawing*.
 5. Analisis
Setelah struktur diberi pembebanan. Kemudian struktur dianalisis untuk mengetahui reaksi perletakan dan gaya dalam.
 6. Perhitungan Tulangan
Melakukan perhitungan jumlah tulangan struktur atas pada balok, kolom, dan pelat. Nilai yang digunakan didapat dari analisis struktur gedung.
 7. Penggambaran Hasil Perhitungan
Hasil perhitungan struktur pada balok, kolom, dan pelat yang telah di dapat di gambar untuk mengetahui gambaran struktur yang di dapat
 8. Kesimpulan
Berupa hasil yang didapatkan dari hasil perhitungan struktur balok, kolom, dan pelat yang didapat
- a) Beban mati tambahan pada pelat helipad sebagai berikut :
 - Spesi 3 cm ($0,03 \times 2100 \text{ kg/m}^2 = 63 \text{ kg/m}^2$)
 - Waterproofing (7 kg/m^2)
 - Instalasi M&E (19 kg/m^2)
 Maka total adalah 89 kg/m^2
 - b) Beban mati tambahan pada pelat atap sebagai berikut :
 - Spesi 3 cm ($0,03 \times 2100 \text{ kg/m}^2 = 63 \text{ kg/m}^2$)
 - Plafond + Penggantung (18 kg/m^2)
 - Waterproofing (7 kg/m^2)
 - Instalasi M&E (19 kg/m^2)
 Maka total adalah 107 kg/m^2
 - c) Beban mati tambahan pada pelat lantai sebagai berikut :
 - Spesi 3 cm ($0,03 \times 2100 \text{ kg/m}^2 = 63 \text{ kg/m}^2$)
 - Keramik 1 cm ($0,01 \times 2400 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$)
 - Plafond + Penggantung (18 kg/m^2)
 - Instalasi M&E (19 kg/m^2)
 - Plumbing (25 kg/m^2)
 Maka total adalah 149 kg/m^2
 - d) Beban mati tambahan pada pelat basement sebagai berikut :
 - Spesi 3 cm ($0,03 \times 2100 \text{ kg/m}^2 = 63 \text{ kg/m}^2$)
 - Waterproofing (7 kg/m^2)
 - Instalasi M&E (19 kg/m^2)
 Maka total adalah 107 kg/m^2
 - e) Beban tambahan dinding $\frac{1}{2}$ bata pada balok sebagai berikut :
 - Lantai 1 dan 6 dengan tinggi 5 meter ($5 \times 250 \text{ kg/m}^2 = 1250 \text{ kg/m}$)
 - Lantai 2-5, 8-11, 14, 15, dan 17-27 dengan tinggi 3,5 meter ($3,5 \times 250 \text{ kg/m}^2 = 875 \text{ kg/m}$)
 - Lantai 7, 12, 13, 16, dan atap dengan tinggi 4,5 meter ($4,5 \times 250 \text{ kg/m}^2 = 1125 \text{ kg/m}$)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembebanan Struktur

Beban-beban yang diperhitungkan pada Struktur Rumah Sakit Grand Mitra Medika ini adalah beban mati, beban hidup, beban angina, dan beban gempa. Pembebanan yang ada disesuaikan dengan syarat-syarat dalam SNI-1727-2013 dan SNI-1726-2012.

4.1.1. Beban mati

Beban mati yaitu berat sendiri bangunan yang secara otomatis dihitung oleh program SAP2000 (berupa berat sendiri balok, kolom, dan pelat).

4.1.2. Beban Hidup

Beban hidup yang dimasukkan ke dalam program SAP2000, yaitu sebagai berikut:

- a) Beban hidup pelat helipad (287 kg/m^2)
- b) Beban hidup pelat atap (100 kg/m^2)
- c) Beban hidup pelat lantai (250 kg/m^2)

d) Beban hidup pelat basement (400 kg/m²)

4.1.3. Beban Angin

Perhitungan beban angina pada bangunan tingkat tinggi sesuai dengan SNI-1727-2013 sebagai berikut

1. Kecepatan angin dasar (V) = 40 m/s
2. Faktor arah angin (Kd) = 0.85
3. Kategori Eksposur = B
4. Faktor Topografi (Kzt) = 1
5. Faktor efek tiupan angin (G) = 0.85
6. Koefisien Tekanan Internal (GCpi) = 0.18
7. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas (Kz)

$$Kz = 2,01(z/Zg)^{2/\alpha}$$

$$= 2,01 (106,2/365,76)^{2/7} = 1,4$$
8. Koefisien tekanan eksternal (Cp) = 0.8
9. Tekanan Velositas

$$qz = 0,613 .Kz .Kzt .Kd .V^2$$

$$= 0,613 .1,41 .1 .0,85 .40^2$$

$$= 1176,92 \text{ N/m}^2$$
10. Beban angina (P)

$$P = q .G .Cp - qi .(GCpi)$$

$$= 1176,92 .0,85 .0,8 - 1176,92 .0,18$$

$$= 588,459 \text{ N/m}^2$$

4.1.4. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa struktur dihitung dengan metode respon spectrum sesuai dengan SNI-1726-2012.

- Berdasarkan data tanah yang digunakan, klasifikasi situs pada lokasi tersebut termasuk kelas situs SD (tanah sedang)
- Parameter Percepatan Tanah (SS, S1) diambil dari peta zona gempa Indonesia wilayah Medan (Sumatera Utara), atau dari situs *puskim.pu.go.id* Ss = 0.53 g dan S1 = 0.335 g
- Faktor Koefisien Situs (Fa dan Fv) di interpolasi dari tabel koefisien situs Fa = 1.376 g, dan Fa = 1.73 g
- Parameter Respons Spektrum

$$Sms = Fa . Ss = 0.73 \text{ g}$$

$$Sm_1 = Fv . S_1 = 0.58 \text{ g}$$
- Menentukan Parameter Percepatan Desain

$$SDS = 2/3 Sms = 2/3 \times 0.73 = 0.486 \text{ g}$$

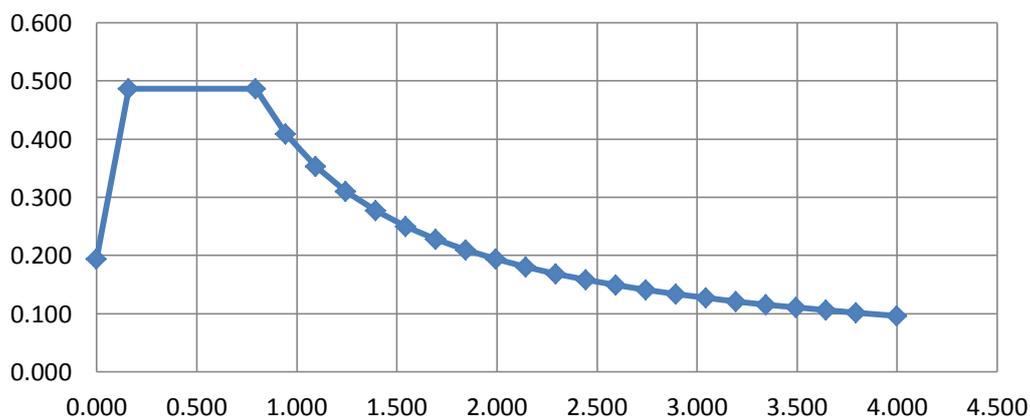
$$SD1 = 2/3 Sm_1 = 2/3 \times 0.58 = 0.386 \text{ g}$$
- Merencanakan Respon Spektrum

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS} = 0,159$$

$$Ts = \frac{SD1}{SDS} = 0,795$$

jika $T < T_0$ maka $Sa = SDS \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right)$
 jika $T_0 \leq T \leq Ts$ maka $Sa = SDS$
 jika $T > Ts$ maka $Sa = SD1/T$

Respon Spektrum



Gambar 2. Grafik hubungan periode dengan Sa spektrum respons desain

4.2. Penulangan Struktur

Perencanaan struktur beton bertulang harus sesuai dengan SNI-2847-2013

(Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung).

4.2.1. Penulangan Pelat

Pelat yang ditinjau pada lantai 17 dengan tebal 15 cm dan bentang terpanjang 8 meter dan bentang terpendek 4,15 meter.

Tulangan Arah x

- Momen ultimit didapat dari analisa menggunakan aplikasi SAP 2000

$$M_u = 813,804 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{813,804}{0,8} = 1017,255 \text{ kg.m}$$

- Tinggi efektif

$$\begin{aligned} d_x &= h - t_s - (1/2 \phi) \\ &= 150 - 30 - (1/2 \cdot 10) \\ &= 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_y &= h - t_s - \phi - (1/2 \phi) \\ &= 150 - 30 - 10 - (1/2 \cdot 10) \\ &= 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1017,255 \times 10^4}{1000 \times 115^2} = 0,769 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,294$$

- Kontrol rasio tulangan maksimum dan minimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,03368 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,02526$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,294} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,294 \times 0,769}{390}} \right) \\ &= 0,00200 \end{aligned}$$

Kontrol : $\rho < \rho_{\min}$ dipakai $\rho_{\min} = 0,00359$

- Dipakai tulangan diameter 10

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \times b \times d_x \\ &= 0,00359 \times 1000 \times 115 \\ &= 412,821 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 78,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_v} = \frac{412,821}{78,5} = 5,259 = 6 \text{ Buah}$$

$$S = \frac{b}{n} = \frac{1000}{6} = 166,667 > 150$$

Tulangan yang digunakan : D 10 - 150

Tabel 3. Penulangan Pelat

Pelat	Tulangan
Tumpuan Arah X	D10-150

Lapangan Arah X	D10-150
Tumpuan Arah Y	D10-200
Lapangan Arah Y	D10-200

4.2.2. Penulangan Balok

Ditinjau balok B8 pada basement 2 dengan dimensi balok 30 x 70 cm

Tulangan Lentur Tumpuan

- Momen ultimit didapat dari analisa menggunakan aplikasi SAP 2000

$$M_u = 45353,11 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{45353,11}{0,8} = 56691,39 \text{ kg.m}$$

- Tinggi efektif

$$\begin{aligned} d &= h - t_s - \phi_s - (1/2 \phi_t) \\ &= 700 - 40 - 10 - (1/2 \cdot 19) \\ &= 640,5 \end{aligned}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{56691,39 \times 10^4}{300 \times 640,5^2} = 4,606 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,294$$

- Kontrol rasio tulangan maksimum dan minimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,03368 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,02526$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,294} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,294 \times 4,606}{390}} \right) \\ &= 0,01313 \end{aligned}$$

Kontrol : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ maka digunakan $\rho = 0,01313$

- Dipakai tulangan diameter 19

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,01313 \times 300 \times 640,5 \\ &= 2522,809 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_v} = \frac{2522,809}{283,385} = 8,902 = 9$$

Buah

Tulangan yang digunakan : 9 D 19

Tabel 4. Penulangan Balok

Balok 30 x 70	Lentur	Geser
Tumpuan	9D19	D10-100

Lapangan	7D19	D10-100
----------	------	---------

4.2.3. Penulangan Kolom

Ditinjau kolom K2 pada basement 3 dengan dimensi kolom 120 x 120 cm.

Penulangan Lentur

- Momen ultimit didapat dari analisa menggunakan aplikasi SAP 2000

$$M_u = 852039400 \text{ N.m}$$

$$P_u = 24832189,4 \text{ N}$$

$$d = h - t_s - \phi_s - (0,5 \times \phi_t) \\ = 1200 - 50 - 13 - (0,5 \times 25) \\ = 1124,5 \text{ mm}$$

$$d' = t_s + \phi_s + (0,5 \times \phi_t) \\ = 50 - 13 - (0,5 \times 25) \\ = 75,5 \text{ mm}$$

$$\phi P_u = \frac{P_u}{0,8} = \frac{2483218,94}{0,8} = 3104023,675$$

kg

$$\beta_{dns} = \frac{\phi P_u}{P_u} = \frac{3104023,675}{2483218,94} = 1,25$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \\ = 4700 \sqrt{30} = 25742,960$$

- Kekakuan Kolom (1200 x 1200)

$$I_k = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 1200 \cdot 1200^3 \\ = 172800000000 \text{ mm}^4$$

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \\ = \frac{0,4 \times 25742,960 \times 172800000000}{1 + 1,25} \\ = 790823737428259$$

- Kekakuan Balok (300 x 700) mm

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 300 \cdot 700^3 \\ = 8575000000 \text{ mm}^4$$

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \\ = \frac{0,4 \times 25742,960 \times (8575000000)}{1 + 1,25} \\ = 39243712664625,7$$

- Kekakuan Balok (400 x 700) mm

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 700^3 \\ = 11433333333,3 \text{ mm}^4$$

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \\ = \frac{0,4 \times 25742,960 \times 11433333333,3}{1 + 1,25} \\ = 117731137993877$$

- Kekakuan Balok (300 x 600)

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 300 \cdot 600^3 \\ = 5400000000 \text{ mm}^4$$

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \\ = \frac{0,4 \times 25742,960 \times 5400000000}{1 + 1,25} \\ = 55604794037924,5$$

- Kekakuan Balok (300 x 600)

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 300 \cdot 600^3 \\ = 5400000000 \text{ mm}^4$$

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \\ = \frac{0,4 \times 25742,960 \times 5400000000}{1 + 1,25} \\ = 55604794037924,5$$

- Faktor panjang efektif K

$$\psi A = \frac{EI_{kolom} / L_{kolom}}{\sum EI_{balok} / L_{balok}} \\ = 4,18$$

$$\Psi B = 1 \text{ (jepit)}$$

Dari nomogram pada SNI 2847-2013 untuk rangka bergoyang didapatkan nilai K = 1,64

- Kontrol Kelangsingan kolom

$$r = 0,3 \cdot h$$

$$\frac{k l_u}{r} < 22$$

$$\frac{1,64 \cdot (2600)}{360} < 2$$

$$11.844 < 22 \text{ (kolom tidak langsing)}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{85203,94}{2483218,94} = 0,034$$

$$e < 0,15 \text{ (digunakan tulangan 4 sisi)}$$

- Luas penampang bruto kolom (Agr)

$$A_{gr} = b \cdot h$$

$$= 1200 \times 1200$$

$$= 1440000 \text{ mm}^2$$

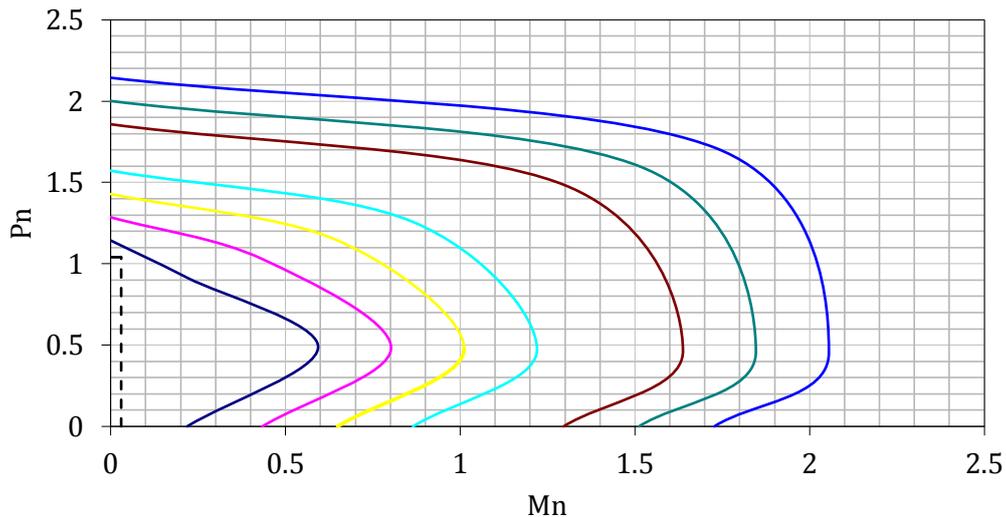
- Sumbu vertical :

$$v = \frac{P_u}{\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c} \\ = \frac{24832189,4}{0,65 \cdot 1200 \cdot 1200 \cdot 0,85 \cdot 30} = 1,040$$

- Sumbu horizontal :

$$h = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot f_c} \\ = \frac{852039400}{0,65 \cdot 1200 \cdot 1200^2 \cdot 0,85 \cdot 30} = 0,030$$

- Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi



Gambar 3. Diagram Interaksi Kolom

dari diagram didapatkan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0095$

- Dipakai tulangan diameter 25

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times h$$

$$= 0,0095 \times 1200 \times 1200$$

$$= 13680$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2$$

$$= 490,625 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s}{A_v} = \frac{13680}{490,625} = 27,883 \text{ digunakan}$$

28

Tulangan yang digunakan : 28D25

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Dari hasil evaluasi struktur Gedung Rumah Sakit Grand Mitra Medika terdapat perbedaan desain tulangan yang telah di evaluasi dengan perencanaan awal :

1. Pelat dua arah dengan tebal 15 cm yang di evaluasi memiliki hasil yang berbeda pada perencanaan awal sebagai berikut:

Hasil Evaluasi :

- Tulangan arah X : D10-150
- Tulangan arah Y : D10-200

Perencanaan awal :

- Tulangan arah x dan y : D10-150

2. Balok B8 dengan ukuran 30 x 70 cm yang di evaluasi memiliki hasil yang berbeda pada perencanaan awal sebagai berikut:

Hasil Evaluasi :

- Tulangan Lentur tumpuan : 9D19
- Tulangan Lentur lapangan : 7D19
- Tulangan geser : D10-100

Perencanaan awal :

- Tulangan lentur tumpuan : 8D19
- Tulangan lentur lapangan : 8D19
- Tulangan geser tumpuan : D10-100
- Tulangan geser lapangan : D10-200

3. Kolom K2 dengan ukuran 120 x 120 cm yang di evaluasi memiliki hasil yang berbeda pada perencanaan awal sebagai berikut:

Hasil evaluasi :

- Tulangan lentur : 28D25
- Tulangan geser : D13-125

Perhitungan awal :

- Tulangan lentur : 36D25
- Tulangan geser : D13-100

5.2. Saran

Saran-saran yang bisa saya berikan dari hasil perhitungan yang dilakukan ada beberapa saran sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan dengan data konstruksi, serta gambar kerja dalam perhitungan ini masih memerlukan pengkajian ulang untuk pematangan.
2. Pada pelaksanaan perhitungan ini saya hanya menggunakan *software* SAP2000, sehingga dapat juga digunakan *software* lain sebagai factor perbandingan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah Pamungkas, Erny Harianti. 2018. *Sruktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Yogyakarta: Andi
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726:2012)*. Jakarta: BSN
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)*. Jakarta: BSN
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*. Jakarta: BSN