

Perencanaan Struktur Gedung Rumah Sakit Dengan *Shearwall* Menggunakan Permodelan ETABS 2018 V18.1.0

Maria Carmenina Wening Tungga Hayu¹, Alicia Nugraheni²
Widija Suseno Widjaja³, Budi Setiadi⁴

email: ¹17b10013@student.unika.ac.id, ²17b10140@student.unika.ac.id

^{1,2}Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

^{3,4}Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

Abstrak

Ditinjau dari segi umur, jumlah penduduk kota Semarang memiliki 70% dengan usia produktif dan 30% sisanya termasuk dalam usia balita dan lansia. Mayoritas penduduk pada usia produktif yaitu pelajar dan pekerja memiliki tingkat aktivitas yang tinggi sehingga membutuhkan jaminan kesehatannya. Oleh karena itu, kebutuhan akan rumah sakit akan terus naik seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Berdasarkan pada jumlah lahan yang tersedia pada lokasi yang strategis, keterbatasan lahan pada pembangunan menjadi faktor utama dan dilakukan modifikasi pemodelan struktur gedung tersebut. Kombinasi beban menggunakan beban mati, hidup dan gempa. Perencanaan menggunakan aplikasi perangkat lunak yaitu ETABS 2018 v18.1.0 untuk mendapatkan hasil gaya dalam yang telah dimodelkan. Fungsi lain dari penggunaan aplikasi tersebut yaitu memasukkan gempa pada pemodelan struktur gedung yang mengacu pada SNI 1726:2019 sehingga bangunan tahan terhadap beban gempa yang terjadi. Rumah sakit termasuk dalam kategori resiko IV pada bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa. Analisis gempa meliputi periode fundamental, faktor skala, simpangan dan pengaruh P-Delta. Sistem struktur mengacu pada SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019 menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Perhitungan struktur meliputi struktur atas (pelat, balok, kolom, dinding geser, tangga) dan struktur bawah (*tie beam*, pondasi, *pile cap*). Perencanaan struktur gedung dimulai dari penentuan lokasi, pengambilan data, pengolahan data, penyusunan gambar struktur, analisa perhitungan struktur dan melakukan penyusunan jadwal pelaksanaan.

Kata kunci : Perencanaan Struktur, Modifikasi, ETABS, Gempa.

Abstract

In terms of age, the population of Semarang city has 70% of productive age and the remaining 30% is included in the age of toddlers and the elderly. The majority of the population in productive age, namely students and workers, have a high level of activity so they need health insurance. Therefore, the need for hospitals will continue to increase along with the increase in population. Based on the amount of land available in strategic locations, limited land for development is the main factor and modifications are made to the modeling of the structure of the building. Combination of loads using dead, live and earthquake loads. Planning uses a software application, namely ETABS 2018 v18.1.0 to get the results of the force in which it has modeled. Another function of using this application is to include earthquakes in the modeling of building structures that refer to SNI 1726:2019 so that the buildings are resistant to earthquake loads that occur. Hospitals are included in risk category IV for buildings and non-buildings for earthquake loads. Earthquake analysis includes fundamental period, scale factor, deviation and influence of P-Delta. The structural system refers to SNI 2847:2013 and

SNI 2847:2019 using the Special Moment Resistant Frame System (SRPMK). Calculation structure covering structure over (slab, beam, column, shear wall, stair) and the lower structures (tie beam, foundation, pile cap). Planning for the structure of the building starts from determining the location, collecting data, processing data, compiling structural drawings, analyzing structural calculations and preparing an implementation schedule.

Keywords: Structural Planning, Modification, ETABS, Earthquake.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jumlah penduduk di Indonesia menurut Sensus Penduduk 2020 pada bulan Mei sebagai perhitungan terakhir untuk data tersebut sebesar 270.203.917 juta jiwa. Terdapat lima kota dengan luas wilayah yang besar dan penduduk padat yaitu Medan, Surabaya, Bandung, Jakarta dan Semarang. Menurut Badan Pusat Statistik 2019, luas wilayah di Kota Semarang sebesar 373,80 km² dengan jumlah penduduk 1.674.350 juta jiwa pada tahun 2020. Jika ditinjau dari segi batasan umur, jumlah penduduk tersebut memiliki 70% dengan usia produktif dan 30% sisanya termasuk dalam usia balita dan lansia. Mayoritas penduduk pada usia produktif yaitu pelajar atau mahasiswa dan pekerja memiliki tingkat aktivitas yang tinggi dan membutuhkan jaminan kesehatannya. Oleh karena itu, kebutuhan akan rumah sakit akan terus naik seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk.

Terdapat 2 jenis rumah sakit di Indonesia yaitu rumah sakit umum dan rumah sakit khusus. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.340/Menkes/Per/III/2010, definisi dari rumah sakit umum yaitu memberikan pelayanan kesehatan terhadap segala jenis penyakit serta semua bidang, sedangkan rumah sakit khusus yaitu memberikan pelayanan kesehatan pada satu bidang fokus seperti ilmu, organ, golongan umur dan jenis penyakit tertentu. Menurut Dinas Kesehatan Kota Semarang,

jumlah rumah sakit umum di kota Semarang pada tahun 2020 sebanyak 20 unit. Selain itu, jumlah untuk rumah sakit khusus di kota Semarang pada tahun 2020 sebanyak 9 unit.

Perencanaan struktur gedung rumah sakit menggunakan *shearwall* terletak di Jalan Kedungmundu Raya Kecamatan Tembalang, dikerjakan untuk mendapatkan nilai tugas akhir sebagai salah satu persyaratan kelulusan mahasiswa Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata. Berdasarkan dengan jumlah lahan yang tersedia pada lokasi yang strategis, keterbatasan lahan pada pembangunan menjadi faktor utama. Maka dilakukan modifikasi pemodelan struktur gedung tersebut.

1.2. Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan struktur gedung rumah sakit berlokasi di Jalan Kedungmundu Raya Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Gambar 1 memperlihatkan peta lokasi rumah sakit.



Gambar 1. Kondisi Lingkungan Proyek Rumah Sakit Rencana
(Sumber: <https://google.com/maps/>)

1.3. Data Perencanaan

Data perencanaan terbagi menjadi dua, yaitu data umum dan data teknis. Data umum merupakan data perencanaan pembangunan secara menyeluruh. Adapun data umum perencanaan rumah sakit menggunakan *shearwall* sebagai berikut:

- a. Nama perencanaan: Rumah Sakit
 - b. Lokasi perencanaan: JL. Kedungmundu
- Berikut ini merupakan data teknis perencanaan (detail pekerjaan) yang bersifat teknik pembangunan rumah sakit menggunakan *shearwall*:

- a. Luas lahan : $\pm 5721.44 \text{ m}^2$
- b. Luas bangunan : $\pm 12240.00 \text{ m}^2$
- c. Jumlah lantai : 12
- d. Konstruksi bangunan : Beton bertulang,
- e. Jenis pondasi : Tiang bor

1.4. Perumusan Masalah

Perumusan masalah tugas akhir perencanaan struktur gedung rumah sakit menggunakan *shearwall* sebagai berikut:

- a. Bagaimana perhitungan struktur gedung dari pemodelan dengan bantuan aplikasi ETABS 2018 v18.1.0?
- b. Bagaimana penerapan pengendalian biaya, mutu serta waktu pada perencanaan gedung untuk mendapatkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan kurva “S”?

1.5. Tujuan Penyusunan

Tujuan penulisan tugas akhir perencanaan struktur gedung rumah sakit menggunakan *shearwall* sebagai berikut:

- a. Mampu menghitung struktur gedung dengan aplikasi perangkat lunak berupa ETABS 2018 v18.1.0.
- b. Mampu menghitung RAB yang berfokus pada pekerjaan struktural untuk perencanaan gedung.

1.6. Pembatasan Masalah

Batasan masalah tugas akhir perencanaan struktur gedung rumah sakit ini dibatasi hanya pada pekerjaan struktural gedung. Hal tersebut meliputi pekerjaan gambar kerja, perhitungan RAB dan kurva “S”. Komponen yang ditinjau berupa struktur bawah yaitu pondasi dan struktur atas terdiri dari 12 lantai. Pembahasan selain komponen utama akan disampaikan secukupnya.

1.7. Manfaat Penyusunan

Manfaat penulisan tugas akhir perencanaan struktur gedung rumah sakit menggunakan *shearwall* sebagai berikut:

- a. Dapat menghitung perencanaan struktur gedung struktur gedung dengan aplikasi ETABS 2018 v18.1.0.
- b. Dapat melakukan pengendalian biaya, mutu dan waktu pada perencanaan gedung, sehingga dapat menghasilkan RAB dan kurva “S”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Uraian Umum

Perencanaan struktur merupakan salah satu faktor utama yang membangun kelancaran dalam suatu proyek pembangunan. Perencanaan struktur merupakan kegiatan yang dilakukan sebelum memulai proyek seperti menganalisis untuk menentukan ukuran, spesifikasi yang akan digunakan dan kebutuhan yang meliputi struktur bawah hingga struktur atas. Saat melakukan perencanaan struktur, perlunya data – data proyek untuk membantu proses menganalisa agar sesuai dengan keadaan lapangan. Hasil dari perencanaan struktur yang tersusun dengan optimal yaitu menghasilkan struktur bangunan yang stabil, maksimal dan mampu menahan beban rencana. Upaya untuk mencapai hasil tersebut dengan menggunakan

peraturan yang ditetapkan pemerintah dalam proyek pembangunan seperti Standar Nasional Indonesia (SNI), Peraturan Beton Indonesia (PBI) dan sebagainya.

Usaha yang dilakukan dari perencanaan struktur adalah mengendalikan waktu, biaya dan mutu. Mutu yang digunakan dalam suatu proyek harus sesuai dengan standar yang berlaku sehingga mendapatkan hasil yang optimal. Selain mutu, terdapat aspek berikutnya yaitu pengendalian biaya dan waktu yang saling berhubungan. Jika pengendalian waktu dapat dikelola dengan sistematis maka akan menekan besar anggaran biaya yang diperlukan dalam suatu proyek. Pada bab ini akan menjelaskan mengenai perencanaan struktur dari gedung rumah sakit ini dengan jumlah lantai 12. Perencanaan struktur membahas meliputi dasar perencanaan, modifikasi perencanaan dan landasan teori yang digunakan serta pada bagian akhir akan dijelaskan asumsi yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung rumah sakit menggunakan *shearwall* ini.

2.2. Data perencanaan

Berikut aturan yang digunakan pada perencanaan gedung rumah sakit menggunakan *shearwall*:

- SNI 1727-2013 dan 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain,
- SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,
- SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung,
- SNI 2052-2017 tentang Baja Tulangan Beton,

- Buku Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja edisi ke-2 pengarang Tavio dan Usman Wijaya,
- Buku Struktur Beton Bertulang Jilid I dan II edisi ke-5 pengarang Jack C. McCormac.

2.3. Modifikasi Perencanaan

Perencanaan dari struktur gedung rumah sakit menggunakan *shearwall* pada tugas akhir ini merupakan hasil dari suatu rancangan ulang dengan beberapa modifikasi dalam tiap bagiannya. Modifikasi pada pemodelan gedung memiliki tujuan untuk melakukan perubahan yang signifikan sehingga mendapatkan hasil yang lebih efektif pada pembangunan suatu proyek. Terdapat beberapa bagian yang mengalami modifikasi pemodelan pada perencanaan struktur gedung rumah sakit ini. Berikut bagian – bagian bangunan yang mengalami modifikasi pemodelan:

- Penyempitan luasan lahan dan luasan bangunan, sehingga dimodifikasikan bentuk penampang persegi panjang dengan ukuran yang simetris.
- Jarak antar as horizontal yang semula 8 meter dimodifikasi menjadi 10 meter.
- Jumlah lantai yang semula berjumlah 9 lantai ditambah menjadi 12 lantai.

2.4. Landasan Teori

2.4.1. Pembebanan

Berdasarkan BSN (2013), mengenai beban desain minimum, kombinasi pembebanan yang dapat digunakan untuk desain bangunan terhadap beban yang bekerja sebagai berikut:

$$U = 1,4D \dots\dots\dots(1)$$

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

$$U = 1,2D + 1,6(Lr/R) + (1,0L/0,5W) \dots\dots\dots(3)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr/R) \dots\dots\dots(4)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L \dots\dots\dots(5)$$

$$U = 0,9D + 1,0W \dots\dots\dots(6)$$

$$U = 0,9D + 1,0E \dots\dots\dots(7)$$

Dengan:

- U = beban ultimit (kg/m²),
- D = beban mati (kg/m²),
- L = beban hidup (kg/m²),
- Lr = beban hidup di atap (kg),
- R = beban hujan (kg/m²),
- W = beban angin pada bangunan (kg/m²),
- E = beban gempa pada bangunan (kg).

2.4.2. Perencanaan Perhitungan Gempa

Perencanaan struktur gedung rumah sakit menggunakan *shearwall* menggunakan metode analisis gempa dinamik respon spektrum. Standar yang digunakan adalah SNI 1726-2019 Pasal 7.8. Tujuan dilakukan analisis menggunakan metode ini untuk mengetahui kinerja struktur pada gedung bertingkat tinggi. Dengan mengetahui kinerja strukturnya, dapat memperkirakan kekuatan bangunan terhadap gempa.

Pemodelan struktur gedung untuk perhitungan gempa analisis statik dan dinamik dibantu dengan sistem perangkat lunak berupa ETABS 2018 v18.1.0. Melalui data hasil uji SPT (*Standard Penetration Test*), dapat menentukan kelas situs menggunakan Persamaan 8.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \dots\dots\dots(8)$$

\bar{N} = nilai tahanan dari penetrasi standar pada lapangan (rata-rata),

d_i = ketebalan pada tiap lapisan antara kedalaman 0 – 30 meter di dalam tanah,

N_i = nilai tahanan penetrasi, < 300 pukulan/m.

Klasifikasi situs dapat ditentukan berdasarkan nilai dari tahanan penetrasi standar lapangan rata – rata. Masing – masing kelas situs memiliki nilai tahanan sesuai dengan keadaan tanah yang akan diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}
SA (batuan keras)	N/A
SB (batuan)	N/A
SC (tanah keras)	>50
SD (tanah sedang)	15 sampai 50
SE (tanah lunak)	<15

(Sumber: Diolah dari BSN,2019)

Setelah mengetahui kelas situs menggunakan Tabel 1, berikut ini merupakan tahapan dalam analisis dinamik respons spektrum:

a. Periode fundamental pendekatan struktur

Periode pendekatan fundamental (T_a) dan pendekatan fundamental maksimal (T_{max}) pada satuan detik dapat dihitung menggunakan Persamaan 9 dan 10.

$$T_{min} (T_a) = C_t h_n^x \dots\dots\dots(9)$$

$$T_{max} = C_u T_a \dots\dots\dots(10)$$

Pemrograman aplikasi ETABS menyebutkan bahwa jumlah ragam dapat dimasukkan untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual untuk masing-masing arah yang ditinjau oleh model (BSN, 2019).

b. Modifikasi pada faktor skala

Faktor skala pada gedung dengan sistem struktur yang sama pada arah horizontal dan vertikal memiliki nilai yang sama. Faktor skala awal ditunjukkan pada Persamaan 11.

$$SF = g \frac{I_e}{R} \dots\dots\dots(11)$$

Berdasarkan BSN (2019), mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa, nilai gaya geser dasar desain dapat dihitung melalui Persamaan 12.

$$V = C_s W \dots\dots\dots(12)$$

C_s = koefisien respons seismik,

W = berat seismik efektif.

Modifikasi faktor skala dari masing-masing dilakukan saat hasil dari nilai V_t tidak sama dengan nilai V , sehingga didapatkan $V_t = V$.

c. Analisis hitungan simpangan antar lantai

Salah satu komponen kekakuan struktur dapat diukur melalui besarnya simpangan antar lantai bangunan. Pembatasan tingkat kekakuan struktur harus tepat supaya pergerakan dapat dibatasi. Syarat dari perhitungan simpangan terdapat dalam Persamaan 13.

$$\Delta_i < \Delta_{izin} = \frac{\Delta_a}{\rho} \dots\dots\dots(13)$$

d. Pengaruh P-Delta

Pengaruh untuk P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen pada elemen struktur yang dihasilkan, dan akibat simpangan antar tingkat tidak perlu dilakukan perhitungan jika koefisien stabilitas (θ) kurang dari atau sama dengan 0,10. Perhitungan koefisien stabilitas (θ) dengan tidak boleh melebihi θ_{max} terdapat pada Persamaan 14.

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \dots\dots\dots(14)$$

Nilai β yaitu rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser antara tingkat x dan $x-1$. Secara konservatif, rasio ini diizinkan diambil sebesar 1,0.

e. Rasio ketahanan gempa

Perencanaan struktur gedung rumah sakit menggunakan *shearwall*, analisis gempa dinamik respons spektrum ditinjau dari hasil reaksi *joint output* pada aplikasi pemrograman ETABS.

2.4.3. Perhitungan elemen struktur beton bertulang

Perhitungan elemen struktur beton bertulang terdiri struktur atas yaitu perhitungan pelat lantai, pelat tangga, pelat atap, balok, kolom, dinding geser.

Perhitungan struktur bawah yaitu pondasi (*bored pile*), kelompok tiang (*pile cap*) dan *tie beam*. Untuk penjelasannya sebagai berikut:

a. Perhitungan pelat lantai

Perencanaan gedung rumah sakit menggunakan *shearwall* ini menggunakan pelat dua arah (*two – way slab*). Pelat dua arah yaitu pelat yang keempat sisnya ditopang oleh balok. Persyaratan pelat dua arah terdapat pada Persamaan 15.

$$V_u = \frac{P_u}{n_p} \dots\dots\dots(15)$$

Untuk menentukan jarak antar tulangan pada pelat, terdapat pada Persamaan 16.

$$s = \frac{b}{A_s/A_{tul}} \dots\dots\dots(16)$$

$A_{s\ tul}$ = luas 1 buah tulangan (mm²).

b. Perhitungan balok

Perhitungan balok terdiri dari tulangan utama, tulangan geser dan tulangan torsi. Untuk menghitung kuat nominal pada tulangan utama terdapat pada Persamaan 17. Kemudian untuk perhitungan luas penampang terdapat pada Persamaan 18.

$$R_n = \frac{12 \times M_u \times 1000}{\phi b d^2} \dots\dots\dots(17)$$

$$A_s = \rho b d \dots\dots\dots(18)$$

Untuk syarat kecukupan penampang pada perhitungan tulangan torsi dan geser terdapat pada Persamaan 19.

$$\sqrt{\left[\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 (A_{oh})^2}\right)^2\right]} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{8 \sqrt{f'_c}}{12}\right) \dots\dots\dots(19)$$

c. Perhitungan kolom

Dalam perhitungan diagram interaksi kolom, terdapat 3 (tiga) kondisi yaitu saat keadaan gaya aksial sentris, keadaan seimbang dan saat P=0. Menghitung kekuatan aksial nominal pada eksentrisitas bernilai nol terdapat pada Persamaan 20.

$$P_{o, n} = [0,85 f'_c (A_g - A_{s\ total})] + (f_y A_{s\ total}) \dots\dots\dots(20)$$

Perhitungan untuk kekuatan tekan nominal pada keadaan seimbang terdapat pada Persamaan 21.

$$P_{n,b} = c_1 - c_2 + c_3 \dots\dots\dots(21)$$

Perhitungan untuk momen nominal kolom pada kondisi P=0 terdapat pada Persamaan 22.

$$M_{n,P=0} = M_{n,1} + M_{n,2} + M_{n,3} \dots\dots\dots(22)$$

d. Perhitungan dinding geser

Menurut McCormac (2003), perhitungan untuk menentukan tulangan geser horizontal dinding geser terdapat pada Persamaan 23.

$$\frac{A_v}{s_2} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi f_y d} \dots\dots\dots(23)$$

Medesain tulangan geser vertikal, perhitungan rasio minimal baja tulangan yang diperlukan terdapat pada Persamaan 24.

$$\rho_{min} = 0,0025 + 0,5(2,5 - \frac{h_w}{l_w}) (\rho_h - 0,0025) \dots\dots(24)$$

e. Perhitungan pondasi tiang bor (bored pile)

Menganalisa kapasitas kuat dukung pondasi tiang bor (*bored pile*) berdasarkan SPT dengan metode *O'Neil* dan *Reese*. Perhitungan daya dukung ultimit terdapat pada Persamaan 25. Untuk perhitungan daya dukung ujung terdapat pada Persamaan 26.

$$Q_u = Q_p + \sum Q_s \dots\dots\dots(25)$$

$$Q_p = q_p A_p \dots\dots\dots(26)$$

Perhitungan kebutuhan jumlah tiang untuk pondasi tiang bor (*bored pile*) terdapat pada Persamaan 27.

$$n_p = \frac{P_u}{P_a} \dots\dots\dots(27)$$

n_p = kebutuhan jumlah tiang,
 P_u = gaya aksial terfaktor (ton),
 P_a = daya dukung izin tekan tiang (ton).

f. Perhitungan kelompok tiang (pile cap)

Berdasarkan BSN (2019), mengenai persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, perhitungan untuk

momen terfaktor penampang terdapat pada Persamaan 28.

$$M_{ux} = n_x e_x V_u \dots\dots\dots(28)$$

Untuk perhitungan luas tulangan yang diperlukan terdapat pada Persamaan 29.

$$A_s \text{ perlu} = \rho h_{pc} d \dots\dots\dots(29)$$

g. Perhitungan tie beam

Perhitungan pada *tie beam* hampir sama dengan perhitungan balok, yang membedakan yaitu pada momen yang bekerja. Momen defleksi *tie beam* pada Persamaan 30 dan momen ultimitnya pada Persamaan 31 yang merupakan momen yang digunakan dalam perhitungan ini.

$$M_d = (L_{(m)}) (P_u) \dots\dots\dots(30)$$

$$M_{total} = M_u + M_d \dots\dots\dots(31)$$

2.5. Asumsi Perencanaan

Asumsi yang diberlakukan sebagai dasar untuk mempermudah proses perhitungan perencanaan struktur gedung rumah sakit menggunakan *shearwall*. Asumsi-asumsi yang digunakan pada perhitungan tugas akhir ini sebagai berikut:

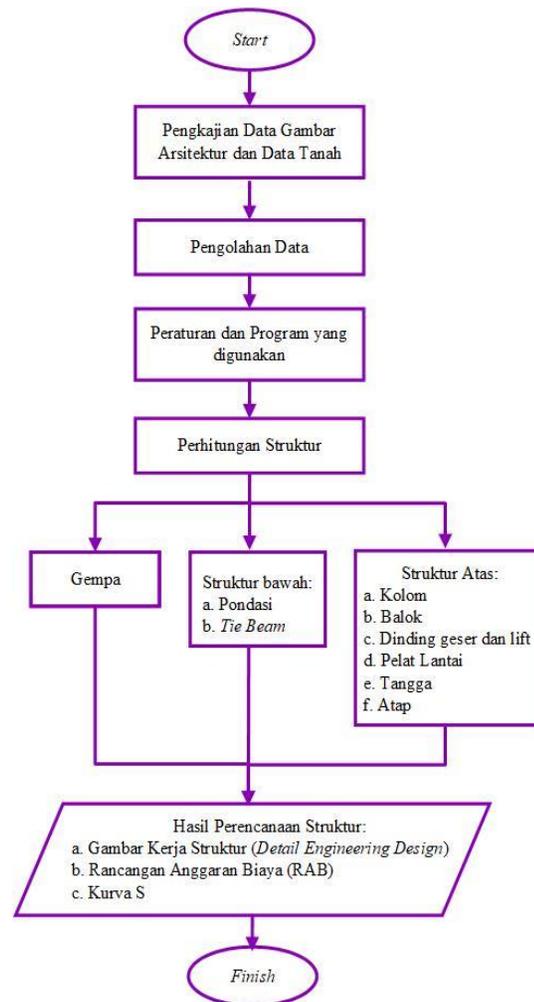
- a. Mutu beton (*concrete*) yang digunakan pada struktur atas perencanaan struktur gedung ini yaitu K 300. Untuk perencanaan struktur bawah digunakan K 350.
- b. Konstruksi atap dalam perencanaan struktur gedung ini menggunakan pelat beton bertulang.
- c. Beban mati merupakan berat sendiri akibat bahan bangunan serta komponen gedung. Beban hidup merupakan akibat dari pengguna bangunan yang tidak termasuk beban konstruksi dan lingkungan. Beban mati dan hidup yang digunakan mengacu pada SNI 1727:2020.
- d. Faktor reduksi kekuatan beton struktural berdasarkan SNI 2847:2019.
- e. Tipe pelat lantai yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung rumah sakit menggunakan *shearwall* ini

memiliki ketebalan 150 mm. Untuk ketebalan pelat atap yaitu 120 mm.

- f. Perencanaan struktur gedung rumah sakit ini memiliki 2 tipe dinding geser. Dinding geser yang terletak pada bagian lift merupakan CW1 sedangkan dinding geser yang terletak di tangga yaitu CW2.
- g. Beban merata (q) yaitu berasal dari pelat lantai serta berat sendiri (balok induk dan anak) yang disalurkan ke kolom, kemudian lanjut disalurkan ke pondasi.
- h. Perencanaan struktur gedung rumah sakit ini memiliki 4 tipe kelompok tiang dengan ketebalan 1.200 mm.
- i. Permodelan dan perhitungan struktur portal dalam perencanaan struktur gedung rumah sakit ini menggunakan perangkat lunak ETABS 2018 v18.1.0.
- j. Pada perencanaan struktur gedung rumah sakit ini, data tanah yang digunakan merupakan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) tanah di Jalan Kedungmundu Raya.

3. METODE PERENCANAAN

Metode perencanaan yang dilakukan pada perencanaan struktur gedung rumah sakit X di Semarang terdapat pada Gambar 2.



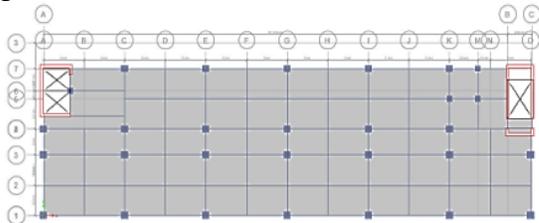
Gambar 2. Diagram Alir Penyusunan

4. PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan Struktural

Tahapan pemodelan dimulai dengan memasukkan material yang digunakan, menggambar sesuai dengan rencana dan memasukkan kombinasi beban dan gaya yang terjadi pada gedung tersebut. Kombinasi beban yang dimasukkan berupa beban hidup dan mati. Untuk gaya yang dimasukkan berupa gempa. Pemodelan struktur portal tiga dimensi memiliki arah x untuk arah memanjang gedung, kemudian arah y untuk arah melintang gedung.

Pemodelan pada aplikasi perangkat lunak ETABS 2018 v18.1.0 dilakukan penggambaran denah pada setiap lantainya. Salah satu denah lantai 3 yang dimodelkan pada aplikasi perangkat lunak ETABS 2018 v18.1.0 akan diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Denah Lantai 3 Pemodelan ETABS

4.2. Analisis Gempa Menurut SNI 1726:2019

Analisis gempa pada perencanaan struktur gedung rumah sakit menggunakan *shearwall* menggunakan metode analisis gempa dinamik respon spektrum. Analisis gaya gempa ditinjau dengan dua arah yaitu arah x dan y. Data gempa untuk struktur bangunan ini menggunakan RSA Puskim 2019.

Langkah awal untuk mendapatkan data gempa yang sesuai dengan lingkungan sekitar gedung adalah menentukan kelas situs. Untuk menentukan kelas situs, dilakukan perhitungan dari data uji SPT yang akan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data N-SPT

Tebal Lapisan	Jenis Tanah	N-SPT
2	Lanau	7
6	Lempung Pasir	34
8	Pasir	47
10	Lanau Kepasiran	60

$$\sum_{i=1}^n d_i = (2+6+8+10) = 26$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i} = \frac{2}{7} + \frac{6}{34} + \frac{8}{47} + \frac{10}{60} = 0,79$$

$$\text{Nilai } \bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} = \frac{26}{0,79} = 32,5$$

Data respons spektrum Kedungmundu Raya, Semarang 2021 (RSA 2019) sebagai berikut:

Kelas Situs : Tanah sedang (SD)

$$S_s = 0,8281 \text{ g}$$

$$S_l = 0,3599 \text{ g}$$

$$F_a = 1,1688$$

$$F_v = 1,9401$$

$$S_{MS} = 0,9679 \text{ g}$$

$$S_{MI} = 0,6982 \text{ g}$$

$$S_{DS} = 0,6452 \text{ g}$$

$$S_{DI} = 0,4655 \text{ g}$$

$$TL = 20 \text{ detik}$$

Untuk data gedung dari rumah sakit ini untuk perencanaan struktur dengan pembebanan gempa sebagai berikut:

Kategori Risiko : IV

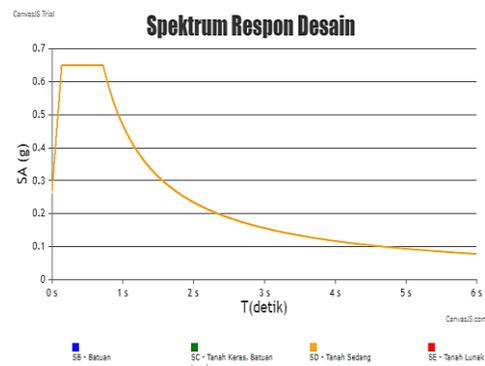
$$I_e = 1,5$$

$$R = 7$$

$$\Omega = 2,5$$

$$C_d = 5,5$$

Grafik respon spektrum desain analisis gempa dari RSA Puskim sesuai data yang ditinjau akan diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Respon Spektrum Daerah Semarang (Sumber: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>)

Tahapan dalam analisis dinamik respons spektrum yaitu penentuan periode fundamental, modifikasi faktor skala,

simpangan dan pengaruh P-Delta. Analisis- analisis tersebut akan diuraikan sebagai berikut:

a. Penentuan periode fundamental

Nilai T dari masing-masing arah tinjauan yaitu arah x dan arah y dianalisis menggunakan aplikasi perangkat lunak ETABS 2018 v18.1.0. Hasil dari analisis tersebut akan diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Modal Partisipasi Massa

Mode	Period (detik)	SumUX	SumUY
1	2,576	0,7321	0,0003
2	2,008	0,7324	0,7153
3	1,481	0,7433	0,7156
4	0,733	0,8643	0,7156
5	0,532	0,8644	0,8678
6	0,369	0,8681	0,8679
7	0,357	0,9179	0,8680
8	0,253	0,9179	0,9227
9	0,216	0,9461	0,9228
10	0,17	0,9466	0,9235

Cek modal 7 X

Maksimal SUM UX (0,9179) > 0,9OK!

Cek modal 8 Y

Maksimal SUM UY (0,9227) > 0,9OK!

Berdasarkan pada Tabel 3, periode fundamental struktur telah memenuhi syarat. Menurut BSN (2019), massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual untuk masing-masing arah yang ditinjau saat pemodelan pada aplikasi perangkat lunak ETABS 2018 v18.1.0.

b. Modifikasi skala faktor (scale factor)

Tahapan selanjutnya setelah menghitung nilai skala faktor, diubah berdasarkan nilai gaya geser yang dianalisis oleh ETABS 2018 v18.1.0. Syarat nilai dari gaya geser (V_t) sama dengan gaya geser desain (V_e).

$$SF = 9,80665 \left(\frac{1,5}{7} \right) = 2101,425 \text{ mm/s}^2$$

Untuk nilai dari berat keseluruhan struktural gedung yang dibantu dengan analisis aplikasi perangkat lunak ETABS akan diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Massa Bangunan Per Tingkat

Story	UX, UY (kg)
Atap	179386,05
Lantai 12	829319,06
Lantai 11	1978326,38
Lantai 10	1555553,57
Lantai 9	1555553,57
Lantai 8	1555553,57
Lantai 7	15556186,3
Lantai 6	1555553,57
Lantai 5	1555553,57
Lantai 4	1555553,57
Lantai 3	1555553,57
Lantai 2	1555553,57
Lantai 1	1514444,37
Base	70427,11

Perhitungan total dari berat keseluruhan bangunan (W) sesuai dengan Tabel 4. Setelah itu, menghitung nilai dari gaya geser desain arah x dan y. Nilai dari gaya geser yang merupakan hasil perhitungan ETABS akan diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Gaya Geser Dasar

Output Case	FX (kN)	FY (kN)
RSx	6844,1578	220,9797
Rsy	220,9798	8439,9302

Tahap selanjutnya yaitu melakukan cek nilai rasio gaya geser dasar. Perhitungan dilakukan dengan cara pembagian antara nilai gaya geser dasar dan nilai gaya geser desain yang telah dihitung. Didapatkan nilai rasio gaya geser dasar arah x sebesar 79% dan arah y sebesar 85%. Melakukan modifikasi faktor skala untuk mendapatkan nilai gaya geser dasar sama dengan nilai gaya geser desain. Hasil nilai gaya geser modifikasi skala faktor dari aplikasi perangkat lunak ETABS akan diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Gaya Geser Modifikasi SF

Output Case	FX (kN)	FY (kN)
RSx	8717,6242	281,469
Rsy	261,4185	9984,4168

Melalui hasil gaya geser dasar modifikasi SF, dilakukan cek kembali untuk nilai rasional gaya geser dasar. Hasil

dari nilai gaya geser modifikasi dibagi dengan nilai gaya geser desain. Untuk arah x dan y telah didapatkan hasil 100% yang berarti gaya geser dasar sama dengan gaya geser desain.

c. Simpangan antar lantai

Komponen kekakuan struktur dapat diukur melalui besarnya simpangan antar lantai bangunan. Tingkat pembatasan kekakuan struktur harus tepat supaya dapat melakukan pembatasan pergerakan bangunan. Untuk mencari nilai simpangan antar tingkat dilakukan dengan nilai perpindahan (δ) pusat massa di lantai tinjauan dikurangi dengan perpindahan pusat massa tingkat yang berada dibawahnya. Nilai yang dihasilkan dari perhitungan tersebut tidak boleh melebihi nilai simpangan izin (Δ_i).

Hasil perhitungan simpangan tiap lantai arah x serta arah y akan diperlihatkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Simpangan Hasil Tiap Lantai Arah X

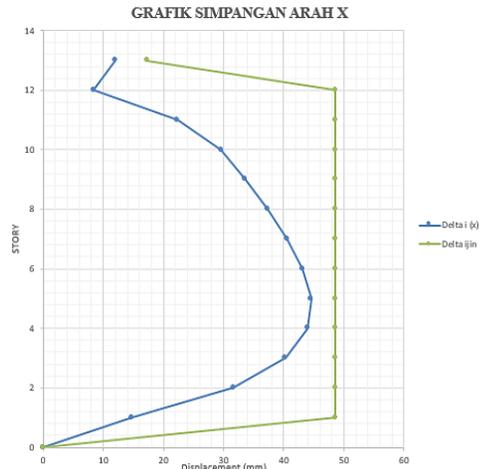
Tingkat	h_{sx} (m)	δ (mm)	Δ_i (m)	Status
Atap	1,5	12,02	17,308	OK
Lantai 12	4,2	8,36	48,577	OK
Lantai 11	4,2	22,34	48,577	OK
Lantai 10	4,2	29,63	48,577	OK
Lantai 9	4,2	33,65	48,577	OK
Lantai 8	4,2	37,35	48,577	OK
Lantai 7	4,2	40,59	48,577	OK
Lantai 6	4,2	43,15	48,577	OK
Lantai 5	4,2	44,55	48,577	OK
Lantai 4	4,2	44,03	48,577	OK
Lantai 3	4,2	40,33	48,577	OK
Lantai 2	4,2	31,67	48,577	OK
Lantai 1	4,2	14,75	48,577	OK

Tabel 8. Simpangan Hasil Tiap Lantai Arah Y

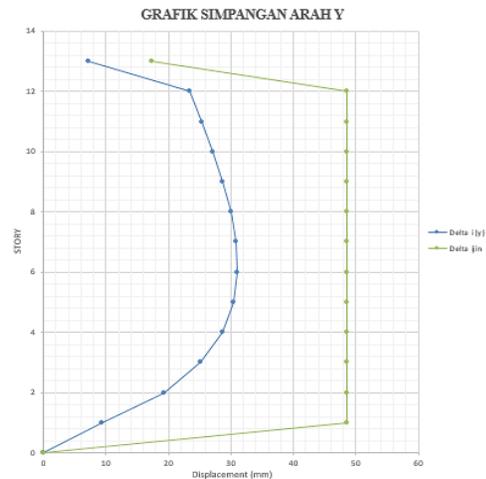
Tingkat	h_{sx} (m)	δ (mm)	Δ_i (m)	Status
Atap	1,5	7,15	17,308	OK
Lantai 12	4,2	23,31	48,577	OK
Lantai 11	4,2	25,34	48,577	OK
Lantai 10	4,2	27,03	48,577	OK
Lantai 9	4,2	28,67	48,577	OK
Lantai 8	4,2	29,99	48,577	OK

Tingkat	h_{sx} (m)	δ (mm)	Δ_i (m)	Status
Lantai 7	4,2	30,84	48,577	OK
Lantai 6	4,2	31,06	48,577	OK
Lantai 5	4,2	30,46	48,577	OK
Lantai 4	4,2	28,64	48,577	OK
Lantai 3	4,2	25,12	48,577	OK
Lantai 2	4,2	19,24	48,577	OK
Lantai 1	4,2	9,34	48,577	OK

Melalui Tabel 7 dan Tabel 8, didapatkan grafik simpangan tiap lantai arah x serta arah y. Grafik tersebut terdapat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Grafik Simpangan Arah X



Gambar 6. Grafik Simpangan Arah Y

Melalui gambar grafik simpangan arah x maupun arah y diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa simpangan antar lantai

untuk struktur gedung telah memenuhi persyaratan.

d. Pengaruh P-Delta

Nilai dari pengaruh P – Delta tidak perlu diperhitungkan jika nilai koefisien stabilitas (θ) kurang dari atau sama dengan 0,10. Cek rekapan keperluan hitung P-Delta tinjauan arah x terdapat pada Tabel 9 dan arah y terdapat pada Tabel 10.

Tabel 9. Keperluan Hitung P-Delta Arah X

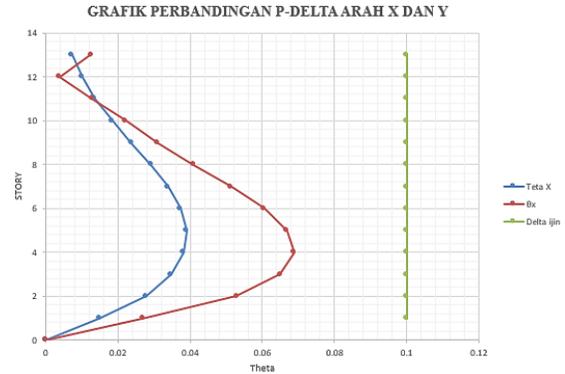
Tingkat	P_x (kN)	$V_x - x$ (kN)	$\theta - x$
Atap	1373,26	238,3877	0,0126
Lantai 12	9687,77	1396,5634	0,0038
Lantai 11	30343,64	3419,6795	0,0128
Lantai 10	51205,93	4428,5211	0,0222
Lantai 9	72068,22	5060,6549	0,0314
Lantai 8	92930,52	5491,5797	0,0409
Lantai 7	113792,81	5826,3593	0,0514
Lantai 6	134667,51	6213,6088	0,0606
Lantai 5	155529,81	6721,8419	0,0668
Lantai 4	176392,10	7310,5257	0,0688
Lantai 3	19724,39	7934,3107	0,0649
Lantai 2	218116,69	8466,0313	0,0529
Lantai 1	244635,65	8707,7298	0,0268

Tabel 10. Keperluan Hitung P-Delta Arah Y

Tingkat	P_y (kN)	$V_y - y$ (kN)	$\theta - y$
Atap	1373,26	245,5683	0,0073
Lantai 12	9687,77	1446,3467	0,0101
Lantai 11	30343,64	3688,8414	0,0135
Lantai 10	51205,93	4881,4235	0,0183
Lantai 9	72068,22	5629,4124	0,0238
Lantai 8	92930,52	6180,5449	0,0292
Lantai 7	113792,81	6701,8968	0,0339
Lantai 6	134667,51	7255,9253	0,0373
Lantai 5	155529,81	7873,8169	0,0389
Lantai 4	176392,10	8565,1833	0,0382
Lantai 3	19724,39	9248,456	0,0347
Lantai 2	218116,69	9759,387	0,0279
Lantai 1	244635,65	9975,1607	0,0148

Berdasarkan hasil dari Tabel 9 dan Tabel 10 bahwa nilai koefisien stabilitas (θ) kurang dari 0,1 maka pengaruh P-Delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen pada elemen struktur yang dihasilkan, dan akibat simpangan antar tingkat tidak perlu diperhitungkan.

Grafik perbandingan antara P-Delta tinjauan arah X dan P-Delta tinjauan arah Y akan diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Perbandingan P-Delta

Melalui gambar grafik perbandingan P-Delta diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa pengaruh P-Delta tidak melebihi nilai izinnnya dan telah memenuhi persyaratan.

e. Rasio Ketahanan Gempa

Rasio untuk ketahanan gempa ditinjau dengan perbandingan antara struktur kolom dan dinding geser terhadap gaya gempa. Reaksi pada *joint output* merupakan hasil yang ditinjau. Hasil perhitungan dari rasio ketahanan gempa akan diperlihatkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rasio Ketahanan Gempa

Arah	SPMK	F (kN)	Rasio (%)
X	SW	2917,81	33,26
	FRAME	5854,45	66,74
	ALL	8772,26	100,00
Y	SW	2875,11	28,27
	FRAME	7294,37	71,73
	ALL	10169,47	100,00

4.3. Perhitungan Struktur Atas

Perhitungan struktur atas yaitu pelat, balok, kolom, tanggan dan dinding geser yang akan diuraikan sebagai berikut:

a. Perhitungan pelat

Hasil perhitungan kebutuhan tulangan pelat struktur arah bentang L_x dan L_y akan diperlihatkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Kebutuhan Tulangan Pelat Lantai

Arah Bentang	D tulangan (mm)	Jarak (mm)
L_x	13	250
L_y	13	220

b. Perhitungan balok

Perhitungan balok terdiri dari 3 (tiga) komponen yaitu tulangan utama, tulangan geser dan tulangan torsi. Rekapitulasi hasil perhitungan tulangan balok akan diperlihatkan pada Gambar 8. Balok dengan dimensi yang berbeda, dihitung dengan cara yang sama.

No.	Tipe Balok	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
1	BA1			
	Tul. Longitudinal Atas	8D25	3D25	8D25
	Tul. Longitudinal Bawah	5D25	4D25	5D25
	Tul. Transversal	3 kaki D10-150	3 kaki D10-200	3 kaki D10-150
	Tul. Longitudinal Torsi	8D25	8D25	8D25
2	BA2			
	Tul. Longitudinal Atas	6D25	4D25	6D25
	Tul. Longitudinal Bawah	4D25	4D25	4D25
	Tul. Transversal	3 kaki D10-150	3 kaki D10-200	3 kaki D10-150
	Tul. Longitudinal Torsi	4D25	4D25	4D25
3	BA3			
	Tul. Longitudinal Atas	6D25	4D25	6D25
	Tul. Longitudinal Bawah	4D25	4D25	4D25
	Tul. Transversal	3 kaki D10-150	3 kaki D10-200	3 kaki D10-150
	Tul. Longitudinal Torsi	4D22	4D22	4D22
4	BI1			
	Tul. Longitudinal Atas	8D25	3D25	8D25
	Tul. Longitudinal Bawah	5D25	4D25	5D25
	Tul. Transversal	3 kaki D10-150	3 kaki D10-200	3 kaki D10-150
	Tul. Longitudinal Torsi	8D25	8D25	8D25
5	BI2			
	Tul. Longitudinal Atas	8D25	4D25	8D25
	Tul. Longitudinal Bawah	5D25	4D25	5D25
	Tul. Transversal	3 kaki D10-200	3 kaki D10-250	3 kaki D10-200
	Tul. Longitudinal Torsi	8D25	8D25	8D25
6	BI3			
	Tul. Longitudinal Atas	8D25	4D25	8D25
	Tul. Longitudinal Bawah	5D25	4D25	5D25
	Tul. Transversal	3 kaki D10-200	3 kaki D10-250	3 kaki D10-200
	Tul. Longitudinal Torsi	8D25	8D25	8D25
7	BI4			
	Tul. Longitudinal Atas	8D25	4D25	8D25
	Tul. Longitudinal Bawah	5D25	4D25	5D25
	Tul. Transversal	3 kaki D10-150	3 kaki D10-200	3 kaki D10-150
	Tul. Longitudinal Torsi	6D25	6D25	6D25

Gambar 8. Rekap Penulangan Balok

c. Perhitungan kolom

Melalui cara yang sama, perhitungan diterapkan pada dimensi kolom yang berbeda. Rekap hasil penulangan kolom akan diperlihatkan pada Gambar 9.

Tipe Kolom	bidom (mm)	hidom (mm)	P_u (kN)	M_u (kN.m)	Tul. Long.	Tul. Geser Tumpuan	Tul. Geser Lapangan
K1	800	900	10.987,6	338,4	36D25	4 kaki D13-100	3 kaki D13-125
K2	800	800	9.993,5	482,7	28D25	3 kaki D13-100	3 kaki D13-125
K3	650	650	6.926,1	347,9	24D25	2 kaki D13-100	2 kaki D13-125

Gambar 9. Rekap Hasil Penulangan Kolom

d. Perhitungan dinding geser

Rekap seluruh perhitungan untuk kebutuhan tulangan *core wall* yang digunakan perencanaan struktur gedung rumah sakit x di Semarang akan diperlihatkan pada Gambar 10.

Tipe CW	Tebal H (mm)	Hv (mm)	Lw (mm)	Vu (kN)	Tul. Lentur Vertikal	Tul. Geser Horizontal	Tul. Geser Vertikal
CW1.1	350	4200	6950	3317,425	17D25 - 100	D16 - 450	D16 - 450
CW1.2	350	4200	3850	2111,089	17D25 - 100	D16 - 450	D16 - 450
CW1.3	350	4200	1150	630,585	24D25 - 100	D16 - 200	D16 - 350
CW2a.1	300	4200	6220	4050,158	20D25 - 100	D13 - 200	D13 - 200
CW2a.2	300	4200	3400	2213,913	21D25 - 100	D13 - 200	D13 - 200
CW2b.1	350	4200	3400	1275,925	12D25 - 100	D13 - 300	D13 - 300
CW2b.2	350	4200	950	356,509	15D25 - 100	D13 - 150	D13 - 300

Gambar 10. Rekap Penulangan Core Wall

e. Perhitungan tangga

Hasil perhitungan tangga akan diperlihatkan pada Gambar 11.

Jenis Pelat	Tebal (mm)	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Pembagi
Pelat Tangga	150	D16 - 150	D16 - 150	Ø8 - 150
Pelat Bordes	150	D10 - 150	D10 - 150	-

Gambar 11. Rekap Penulangan Tangga

4.4. Perhitungan Komponen Struktur Bawah

Perhitungan struktur bawah yaitu *tie beam*, pondasi dan *pile cap* yang akan diuraikan sebagai berikut:

a. Perhitungan *tie beam*

Perencanaan struktur gedung rumah sakit ini memiliki ukuran dimensi *tie beam* yaitu 600mm/900mm. Perhitungan *tie beam* memasukkan momen defleksi saat penurunan pondasi terjadi. Tulangan utama *tie beam* menggunakan 8D22, tulangan longitudinal menggunakan 8D22 dan tulangan sengkang 3 kaki D13-300 mm.

b. Perhitungan pondasi

Perhitungan pondasi melibatkan dan memperhatikan beban dari kolom. Pondasi yang digunakan adalah tiang bor (*bored pile*) dengan diameter 1,00

m. Hasil perhitungan pondasi tulangan utama yaitu 24D29. Untuk tulangan sengkang yaitu D13 – 200 mm.

c. Perhitungan *pilecap*

Dalam perhitungan *pile cap*, memasukkan komponen pondasi, kolom dan struktur atas lainnya. Rekapitulasi perhitungan *pilecap* diperlihatkan pada Gambar 12.

Tipe PC	Dimensi PC (m)	Jum. PC	Tebal PC (mm)	f_c' (MPa)	Pu (kN)	Tul. Lentur Arah X	Tul. Lentur Arah Y
PC1	3,5 × 6,5	11	1200	29,05	7.035,12	D25 – 200	D25 – 200
PC2	5,5 × 5,5	4	1200	29,05	14.545,71	D25 – 120	D25 – 120
PC3	6,5 × 13,5	1	1200	29,05	40.314,64	D25 – 100	D25 – 100
PC4	13,5 × 13,5	1	1200	29,05	75.151,37	D25 – 100	D25 – 100

Gambar 12. Perhitungan *Pilecap*

4.5. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan untuk bahan, upah dan biaya lain. Rekap dari perhitungan Rencana Anggaran Biaya terdapat pada Tabel 13.

Tabel 13. Rencana Anggaran Biaya

No.		Jenis Pekerjaan	Harga
1.		Pekerjaan persiapan	Rp. 396.109.293.
2.		Pekerjaan pondasi menggunakan ETABS 2018 v18.1.0 dengan	Rp. 16.599.947.978.
3.		Pekerjaan struktur atas	Rp. 54.437.190.391.
4.		Pekerjaan pelat gempal yang	Rp. 5.281.587.667.
		Total Biaya	Rp. 76.714.835.331.
		Harga Per m²	Rp. 6.166.787.

Tahap selanjutnya adalah menyusun penjadwalan kurva “S”. Hasil dari penyusunan tersebut, pelaksanaan pekerjaan struktur diselesaikan dalam 56 minggu atau 14 bulan.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan hasil dari karya tulis ini sebagai berikut:

- a. Berdasarkan data yang diperoleh dari database gempa Indonesia RSA Puskim 2019, kategori resiko bangunan IV, kelas situs SD (tanah sedang) dan KDS D.
- b. Penutup atap menggunakan pelat beton bertulang dengan system pelat dua arah

(*two way slab*). Ketebalan pelat atap direncanakan setebal 12 cm, kemudian menggunakan baja tulangan D13-220 (L_x) dan D13-220 (L_y).

- c. Pelat lantai, pelat tangga dan pelat bordes direncanakan memiliki ketebalan 15 cm untuk semua lantai. Tulangan yang digunakan pada pelat lantai yaitu D13-250 (L_x) dan D13-250 (L_y). Tulangan untuk pelat tangga menggunakan D13-220 (L_x) dan D13-190 (L_y).
- d. Cakupan struktur bangunan meliputi balok, kolom, *core wall*, tangga, direncanakan menggunakan beton bertulang mutu beton K 300. Sedangkan untuk *tie beam*, pondasi dan *pile cap* direncanakan menggunakan mutu beton K 350.
- e. Tipe/ jenis pondasi yang digunakan yaitu pondasi tiang bor (*bored pile*).

f. Analisa perhitungan perencanaan struktur bangunan ini menggunakan ETABS 2018 v18.1.0 dengan menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS 2018 v18.1.0. tidak sepenuhnya benar, maka diperlukan perhitungan lebih detail secara konvensional.

5.2. Saran

Saran yang disampaikan penulis dalam karya tulis ini sebagai berikut:

- a. Analisa perhitungan menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS 2018 v18.1.0. tidak sepenuhnya benar, maka diperlukan perhitungan lebih detail secara konvensional.
- b. Perencana struktur hendaknya menambah wawasan, karena apabila dalam proses perencanaan dan pelaksanaan terdapat masalah, perencana dapat memberikan solusi.

DAFTAR PUSTAKA

- McCormac, J.C. (2003): *Desain beton bertulang edisi kelima jilid 1*, Erlangga, Jakarta. 71-334.
- McCormac, J.C. (2003): *Desain beton bertulang edisi kelima jilid 2*, Erlangga, Jakarta. 131-151.
- Reese, L.C. dan Wright, S.J. (1977): *Construction of drilled shafts and design for axial loading, Drilled Shaft Design and Construction Guidelines Manual, 1*, 39 – 46.
- SNI 2847:2013. (2013). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta. 48 – 99.
- SNI 2847:2019. (2019). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta. 178 – 238.
- SNI 1726:2019. (2019): *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta. 23-88.
- SNI 1727:2020. (2020): *Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta. 26 – 287.
- Tavio dan Bagio, T.H. (2018): *Dasar – dasar beton bertulang*, Andi Offset, Yogyakarta. 54 - 229.
- Tavio dan Wijaya U. (2018): *Desain rekayasa gempa berbasis kinerja edisi 2*, Andi Offset, Yogyakarta. 70 - 169..