

ARTIKEL ILMIAH

**PERANCANGAN ULANG STRUKTUR GEDUNG RSUD DR. R. SOEDJONO
SELONG MENJADI 10 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA**

*Redesign the Building Structure of RSUD dr. R. Soedjono Selong
into 10 Stories by Using Dual System*

Tugas akhir
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

**DEMAS ADIGUNA SUBAGJA
F1A 018 025**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

ARTIKEL ILMIAH


**PERANCANGAN ULANG STRUKTUR GEDUNG RSUD DR. R.
SOEDJONO SELONG MENJADI 10 LANTAI DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM GANDA**

*Redesign the Building Structure of RSUD dr. R. Soedjono Selong
into 10 Stories by Using Dual System.*

Oleh:
Demas Adiguna Subagja
F1A 018 025

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:

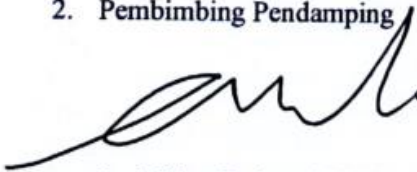
1. Pembimbing Utama



Suparjo, ST., MT.
NIP: 19670814 199412 1 001

Tanggal: 30 Agustus 2023

2. Pembimbing Pendamping



Ir. Miko Eniarti, MT.
NIP: 19650315 199103 2 002

Tanggal: 30 Agustus 2023

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Harjadi, S1., M.Sc.Eng., Dr. Eng.
NIP: 19731027 199802 1 001

ARTIKEL ILMIAH

**PERANCANGAN ULANG STRUKTUR GEDUNG RSUD DR. R.
SOEDJONO SELONG MENJADI 10 LANTAI DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM GANDA**

*Redesign the Building Structure of RSUD dr. R. Soedjono Selong
into 10 Stories by Using Dual System.*

Oleh:

**Demas Adiguna Subagja
F1A 018 025**

Telah diujikan di depan Tim Penguji
Pada tanggal Agustus 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil
Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



Dr. Ngudiyono, ST., MT.
NIP: 19740505 199903 1 003

Tanggal: 29 Agustus 2023

2. Penguji II



I Wayan Sugiarta, ST., MT.
NIP: 19690620 199702 1 001

Tanggal: 29 Agustus 2023

3. Penguji III



Fathmah Mahmud, ST., MT.
NIP: 19711109 200012 2 001

Tanggal: 29 Agustus 2023

Mataram, Agustus 2023
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Muhammad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.

NIP: 19720222 199903 1 002

PERANCANGAN ULANG STRUKTUR GEDUNG RSUD DR. R. SOEDJONO SELONG MENJADI 10 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

Demas Adiguna Subagja¹, Suparjo², Miko Eniarti².

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRAK

Lombok merupakan wilayah yang memiliki tingkat kerawanan gempa relatif tinggi. Maka dari itu dalam merancang struktur gedung harus digunakan sistem struktur yang mampu menahan gaya gempa yang kemungkinan terjadi apalagi untuk struktur gedung bertingkat tinggi. Dalam tugas akhir ini digunakan Sistem Ganda yang merupakan gabungan dari Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktural Khusus (SDSK) untuk perancangan ulang struktur Gedung RSUD dr. R. Soedjono menjadi 10 tingkat. Perancangan Gedung mengacu pada SNI 2847:2019, SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2019. Perhitungan beban gempa pada gedung menggunakan analisis statik ekuivalen dan dinamik respon spektrum dimana menurut SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1 adalah nilai $V_{dinamik} \geq 100\% V_{statik}$. Analisa gaya dalam struktur menggunakan Aplikasi ETABS *student version* dan untuk penulangan digunakan PCAcolumn. Hasil menunjukkan bahwa setelah dilakukan trial and error pada penentuan dimensi elemen struktur dan penempatan dinding geser, persentase gaya gempa yang dipikul oleh SRPMK adalah sebesar 25,82% untuk arah x dan 25,53% untuk arah y dimana nilai tersebut sudah memenuhi syarat sistem ganda menurut SNI 1726:2019 yaitu SRPMK menerima gaya $\geq 25\%$. Partisipasi massa pada struktur gedung sudah memenuhi syarat SNI yaitu sudah lebih dari 90% pada mode ke-10 dengan partisipasi massa lebih besar dari 50% pada 3 mode awal yaitu mode 1 terjadi translasi arah x dengan partisipasi massa sebesar 71%, mode 2 terjadi translasi arah y dengan partisipasi massa 69% dan kemudian baru terjadi translasi pada mode 3 dengan partisipasi massa 68%. Nilai simpangan antar lantai pada bangunan rencana berdasarkan hasil output ETABS telah memenuhi syarat dimana nilai simpangan antar lantai yang terjadi pada struktur gedung tidak melewati batas simpangan izin dengan simpangan terbesar pada arah x sebesar 38,51 mm dan arah y sebesar 40,95 mm. Perancangan elemen struktur berupa pelat, balok, kolom, dinding geser dan tangga selanjutnya dilakukan setelah semua persyaratan telah terpenuhi.

Kata kunci: Sistem Ganda, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Sistem Dinding Struktural Khusus.

ABSTRACT

Lombok is an area that has a relatively high level of earthquake risk. So in planning the construction of a building structure, it is important to use a structure system that is able to support the earthquake forces that are likely to happen, especially for high-rise building structures. In this paper, a Dual System is used that is a combination of a Special Moment Bearing Frame System and a Special Structural Wall System for re-planning the structure of the Dr. R. Soedjono Hospital Building into 10 levels. Building design refers to SNI 2847:2019, SNI 1726:2019 and SNI 1727:2019. The calculation of the earthquake load on the building uses static equivalent analysis and dynamic spectrum response which according to SNI 1726: 2019 Section 7.9.1.4.1 is the value of $V_{dynamic} \geq 100\%V_{static}$. The analysis of internal forces in the structure uses the ETABS student version application and PCAcolumn is used for reinforcement. The results show that after trial and error in determining the dimensions of structural elements and the placement of shear walls, the percentage of earthquake forces carried by frame is 25.82% for the x direction and 25.53% for the y direction where these values have met the requirements of the dual system according to SNI 1726: 2019, which frame system must be able to receives a force $\geq 25\%$. Mass participation in the building structure has met the SNI requirements, which is more than 90% in the 10th mode with mass participation greater than 50% in the initial 3 modes, that in mode 1 in the x-direction translation with mass participation of 71%, mode 2 in the y-direction translation with mass participation of 69% and then rotation in mode 3 with mass participation of 68%. The value of the story drift in the building plan based on the ETABS output has met the requirements where the value of the story drift that occurs in the building structure does not exceed the limit of the story drift with the largest drift in the x-direction of 38.51 mm and in the y-direction of 40.95 mm. Planning of structural elements in the form of plates, beams, columns, shear walls and stairs is then carried out after all requirements have been fulfilled.

Keywords: Dual System, Special Moment Bearing Frame System, Special Structural Wall System.

A. PENDAHULUAN

Perkembangan di wilayah Nusa Tenggara Barat melaju dengan cukup pesat. Salah satu penyebabnya adalah dengan diselenggarakannya event-event besar berskala nasional maupun internasional di Pulau Lombok khususnya. Hal tersebut membuat Pulau Lombok sendiri mulai dilirik oleh para pendatang baik itu wisatawan lokal maupun mancanegara. Dengan demikian maka secara otomatis jumlah penduduk baik yang menetap di Pulau Lombok maupun yang hanya sekedar berwisata ke Pulau Lombok akan meningkat. Tentu saja hal tersebut menjadi masalah apabila tidak diimbangi dengan fasilitas pendukungnya, salah satunya adalah fasilitas kesehatan.

RSUD dr. R. Soedjono sendiri terletak di Selong Kabupaten Lombok Timur yang merupakan rumah sakit rujukan utama di Kabupaten Lombok Timur. Dengan berbagai macam masalah kesehatan

yang ada, Pemerintah Kabupaten Lombok Timur membangun Gedung baru dengan struktur gedung beton bertulang bertingkat 4. Gedung tersebut terdiri dari Pembangunan Ruang IGD, Ruang ICU, Ruang NICU, Ruang PICU, Ruang Operasi, Ruang Laboratorium, Ruang Radiologi, dan Ruang Bersalin. Untuk lebih mengoptimalkan lahan dan pelayanan rumah sakit, maka Tugas Akhir ini akan membahas mengenai redesain Gedung RSUD dr. R. Soedjono menjadi 10 tingkat.

Bangunan merupakan wujud fisik struktur yang dibuat dan dirancang oleh manusia mulai dari kolom, balok, pelat lantai, atap, dinding, serta elemen-elemen lainnya. Untuk membangun suatu bangunan yang tahan terhadap segala beban yang ada, maka dalam perencanaannya harus diperhitungkan dengan baik. Struktur gedung rumah sakit memiliki angka kepentingan yang lebih tinggi dibandingkan gedung-gedung lainnya. Hal ini dikarenakan gedung rumah sakit harus tetap berdiri

setelah mengalami kondisi ekstrim, gedung rumah sakit hanya boleh mengalami kerusakan tanpa mengalami keruntuhan.

Tujuan yang ingin dicapai penulis dalam penelitian ini adalah dapat merancang komponen struktur gedung beton bertulang dengan sistem ganda; Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktur Khusus (SDSK) yang tahan terhadap gempa.

B. DASAR TEORI

1. Bangunan Tinggi Tahan Gempa

Bangunan bertingkat tinggi menurut karakteristiknya adalah bangunan dengan jumlah lantai lebih dari 6 lantai dengan tinggi lebih dari 20 meter. Dasar dari perancangan bangunan tahan gempa merupakan komponen struktur yang diperbolehkan untuk mengalami kelelahan. Komponen struktur yang leleh tersebut merupakan komponen yang menyerap energi gempa selama bencana gempa terjadi. Untuk memenuhi konsep tersebut, maka pada saat gempa kelelahan hanya boleh terjadi pada balok. Oleh karena itu kolom dan sambungan harus dirancang sedemikian rupa agar tidak mengalami kelelahan saat terjadi gempa atau biasa disebut strong column weak beam.

2. Konstruksi Beton Bertulang

Dalam perancangan beton bertulang, beton diasumsikan tidak memiliki kekuatan tarik sehingga diperlukan material lain untuk menanggung gaya tarik yang bekerja. Material yang umumnya digunakan berupa batang-batang baja yang disebut tulangan yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan lekat antara antara tulangan uliran pada permukaan tulangan, yang selanjutnya disebut sebagai baja tulangan deform atau ulir.

Beton bertulang sebagai bahan konstruksi yang universal dan konvensional memiliki kelebihan antaralain :

- a. Beton memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain.
- b. Beton bertulang memiliki ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan menjadi bahan struktur terbaik untuk bangunan yang

bersentuhan dengan air.

- c. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi
- d. Beton dapat dicetak menjadi bentuk yang sangat beragam seperti plat, balok, kolom, serta kubah dan berbagai bentuk lainnya.
- e. Struktur beton bertulang sangat kokoh.

Adapun kelemahan dari penggunaan beton bertulang sebagai bahan konstruksi adalah :

- a. Beton memiliki kuat tarik yang sangat lemah, sehingga diperlukan tulangan tarik yang optimal.
- b. Beton bertulang sendiri memiliki bobot yang sangat besar, sehingga sangat berpengaruh terhadap bangunan dengan bentang Panjang yang akan mempengaruhi besarnya nilai momen lentur.
- c. Dapat terjadi susut (shrinkage) dan rangkakan (creep).

3. Elemen Struktur

Struktur merupakan sarana untuk menyalurkan beban yang diakibatkan oleh penggunaan dan atau kehadiran bangunan di atas tanah. Struktur sendiri merupakan hasil dari penggabungan elemen-elemen yang lebih sederhana. Agar suatu bangunan struktur beton bertulang dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, maka dalam perancangan struktur harus didesain dengan benar dan tepat. Berikut adalah elemen-elemen penyusun struktur suatu bangunan.

a. Pelat beton bertulang

Pelat beton bertulang merupakan struktur tipis yang terbuat dari beton bertulang dengan bidang horizontal serta beban yang bekerja memiliki arah tegak lurus dari struktur itu sendiri. Pelat lantai ini sangat kaku, sehingga kegunaan pelat lantai pada gedung adalah sebagai diafragma atau unsur pengaku horizontal yang bermanfaat sebagai pendukung ketegangan portal.

b. Balok beton bertulang

Balok merupakan elemen struktur yang dominan memikul gaya berupa momen lentur serta gaya geser. Selain itu balok berfungsi

untuk menyalurkan momen menuju struktur kolom. Daniel L. Schodek mengatakan dalam buku “Struktur” bahwa tinggi suatu elemen juga mempengaruhi kemampuannya untuk menahan beban lentur, semakin tinggi suatu elemen maka semakin kuat kemampuannya menahan lentur.

c. Kolom beton bertulang

Berdasarkan SNI 2847-2019 kolom adalah struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil yang digunakan untuk menumpu beban tekan aksial. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Oleh karena itu dalam perancangan struktur kolom diberikan cadangan kekuatan lebih tinggi dari komponen struktur yang lain. Pada kenyataannya, kolom bukan hanya menekan beban aksial vertikal, namun juga menahan gabungan beban aksial dan momen lentur. Maka dapat dikatakan bahwa kolom harus diperhitungkan untuk menyangga beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu.

d. Dinding geser

Dinding geser beton bertulang adalah suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana, yang terdiri dari dua buah atau lebih dinding geser yang dirangkaikan oleh balok-balok perangkai dan yang runtuhnya terjadi dengan sesuatu daktilitas tertentu oleh terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok-balok perangkai dan pada kaki semua dinding geser, dimana masing-masing momen lelehnya dapat mengalami peningkatan hampir sepenuhnya akibat pengerasan regangan.

e. Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penghubung antar lantai yang satu dengan yang lainnya yang mempunyai level atau tingkat yang berbeda. Tangga terdiri dari pelat tangga (Bordes) dan

anak tangga. Pelat tangga merupakan bagian dari konstruksi tangga sebagai bagian pokok yang berfungsi untuk mendukung anak tangga. Anak tangga dibagi menjadi dua bagian yaitu *aantrede* yaitu anak tangga yang berbidang horizontal atau tempat pijak telapak kaki dan *optrede* yaitu anak tangga yang berbidang vertikal atau selisih tinggi antara dua buah anak tangga.

f. Fondasi

Fondasi adalah salah satu bagian konstruksi yang berada pada bagian paling bawah struktur. Fondasi memiliki peran penting terhadap sebuah bangunan, yaitu fondasi harus dapat memikul seluruh beban-beban yang bekerja pada struktur atas. Pada perancangan Gedung bertingkat tinggi seringkali digunakan fondasi tiang pancang. Fondasi tiang pancang adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu.

4. Sistem Ganda

Bangunan bertingkat tinggi tentunya memiliki resiko kerusakan akibat gempa yang tinggi juga, maka dari itu pada bangunan ini diterapkan sistem penahan gempa dengan sistem ganda (*dual system*) yaitu penggabungan antara portal penahan momen dan dinding struktural. Penggabungan antara portal penahan momen dan dinding struktural dapat memberikan hasil yang baik untuk memperoleh daktilitas (*ductility*) dan kekakuan dalam struktur. Persyaratan dalam SNI 1726:2019 untuk sistem ganda adalah untuk sistem rangka harus mampu menahan minimal 25% beban gempa pada struktur.

5. Pembebanan

a. Beban mati

Tabel 1 Beban Mati

Bahan Bangunan	Besar Beban
Baja	7850 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Komponen Gedung	Besar Beban
Spesi semen (per cm tebal)	21 kg/m ²
Dinding bata ringan	57,5 kg/m ²
Penutup lantai ubin	24 kg/m ²
Langit-langit + penggantung	18 kg/m ²
MEP	25 kg/m ²

Sumber: PPPURG 1987

b. Beban hidup

Tabel 2 Beban Hidup

Hunian atau Penggunaan	Merata (kg/m ²)
Rumah Sakit	
Ruang Operasi, Laboratorium	300
Ruang Pasien	200
Koridor di atas lantai pertama	400
Tangga dan jalan keluar	300
Ruang kantor	250

Sumber: SNI 1727:2020

c. Beban gempa

Beban gempa adalah beban horizontal bangunan dari pergerakan tanah akibat gempa dan semua beban yang bekerja pada bangunan dan mempengaruhi struktur tersebut. Peraturan perancangan beban gempa pada gedung-gedung di Indonesia diatur dalam SNI 1727-2020. Pada peraturan ini dijelaskan tentang faktor-faktor yang berhubungan dengan perhitungan untuk analisis gempa sebagai berikut:

- Geografis

Perancangan beban gempa pada sebuah gedung tergantung dari lokasi gedung tersebut dibangun. Hal ini disebabkan karena wilayah yang berbeda memiliki percepatan batuan dasar yang berbeda pula.

- Faktor Keutamaan Gempa

Faktor ini berdasarkan jenis pemanfaatan gedung. Gedung dengan kategori resiko I dan II memiliki faktor 1,00, untuk kategori III memiliki faktor 1,25 dan kategori IV memiliki faktor 1,5.

- Kategori Desain Seismik

Pembagian kategori desain seismik dari

rendah ke tinggi yaitu A,B,C,D,E, dan F.

- Sistem Penahan Gaya Seismik

Struktur dengan sistem penahan gaya seismik memiliki faktor reduksi gempa atau koefisien modifikasi respon (R), faktor kuat lebih sistem (Ω_0), dan faktor pembesaran defleksi (Cd) yang berbeda-beda.

6. Kombinasi Pembebanan

Struktur dengan komponen elemen strukturnya harus dirancang sedemikian rupa agar kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan sesuai SNI 1726-2019 sebagai berikut:

a. Metode Ultimit

Digunakan untuk keperluan desain elemen struktur atas (balok, kolom, pelat, dinding geser, dll)

- 1) 1,4D
- 2) 1,2D+1,6L+0,5(Lr atau Rh)
- 3) 1,2D+1,6(Lr atau Rh)+(L atau 0,5W)
- 4) 1,2D+1,0W+L+0,5(Lr atau Rh)
- 5) 0,9D+1,0W
- 6) 1,2D+EV+EH+L
- 7) 0,9D-EV+EH

b. Metode Tegangan Izin

Digunakan untuk keperluan desain struktur bawah (Fondasi)

- 1) D
- 2) D+L
- 3) D+(Lr atau Rh)
- 4) D+0,75L+0,75(Lr atau Rh)
- 5) D+0,6W
- 6) D+0,75(0,6W)+0,75L+0,75(Lr atau Rh)
- 7) 0,6D+0,6W
- 8) 1,0D+0,7EV+0,7EH
- 9) 1,0D+0,525EV+0,525EH+0,75L
- 10) 0,6D-0,7EV+0,7H

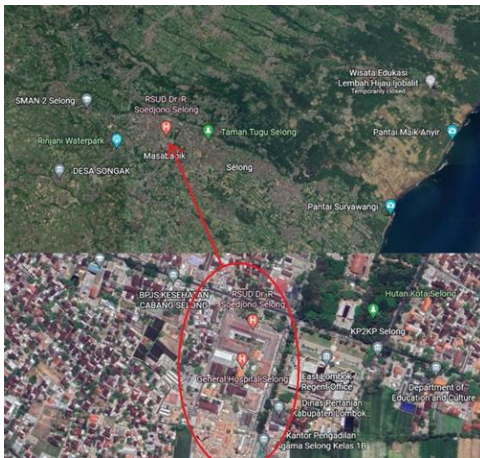
dimana:

- D = Beban mati
- L = Beban hidup
- W = Beban angin
- EV = Beban gempa vertikal (0,2SDS D)
- EH = Beban seismik horizontal (ρ QE)
- Rh = Beban hujan
- Lr = Beban hidup lantai atap

C. METODE PERANCANGAN

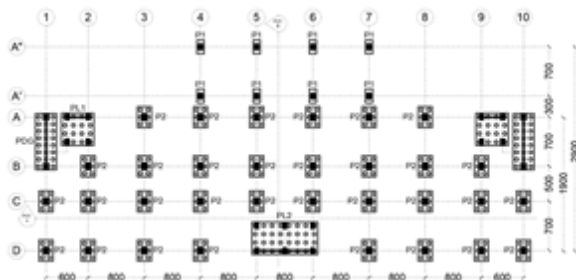
1. Lokasi dan Model Struktur

Gedung Pelayanan Terpadu Ibu dan Anak Rumah Sakit Umum Daerah dr. R. Soedjono ini dirancang menggunakan struktur beton bertulang yang terdiri dari 4 Lantai + 1 Lantai service area. Dalam pengerjaan tugas akhir ini akan dilakukan perancangan ulang dengan struktur beton bertulang sistem ganda; Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktur Khusus (SDSK) serta dengan melakukan penambahan jumlah lantai menjadi 10 lantai + 1 lantai atap. Lokasi bangunan rumah sakit ini terletak di Selong, Kabupaten Lombok Timur yang dapat dilihat pada gambar di bawah

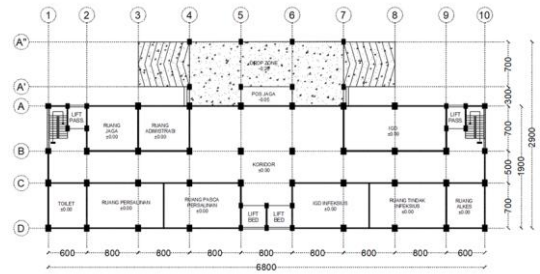


Gambar 1 Lokasi Gedung

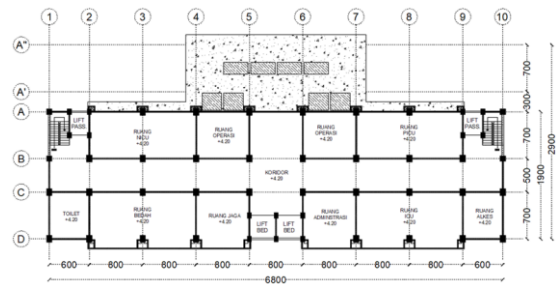
Model struktur yang digunakan sebagai acuan untuk perancangan Gedung ini berupa gambar rencana yang terdiri dari denah fondasi dan denah per lantai seperti yang ditampilkan dalam Gambar



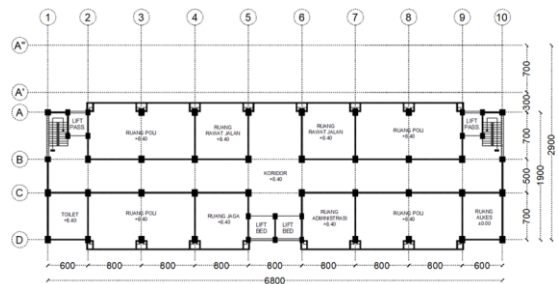
Gambar 2 Denah fondasi



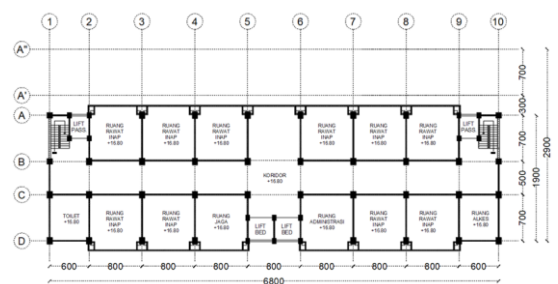
Gambar 3 Denah Rencana Lt. 1



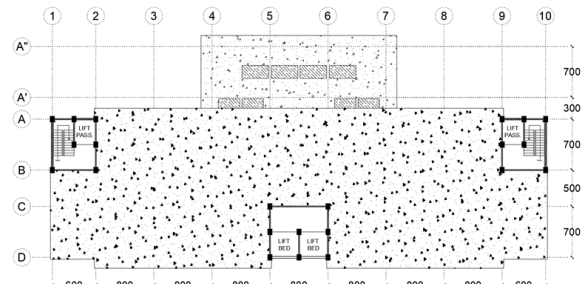
Gambar 3 Denah Rencana Lt. 2



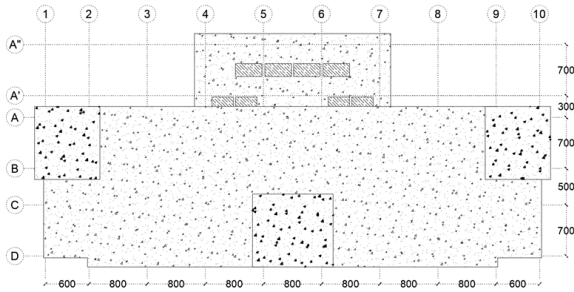
Gambar 4 Denah Rencana Lt. 3 dan 4



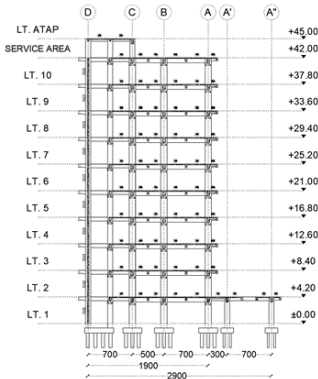
Gambar 5 Denah Rencana Lt. 5-10



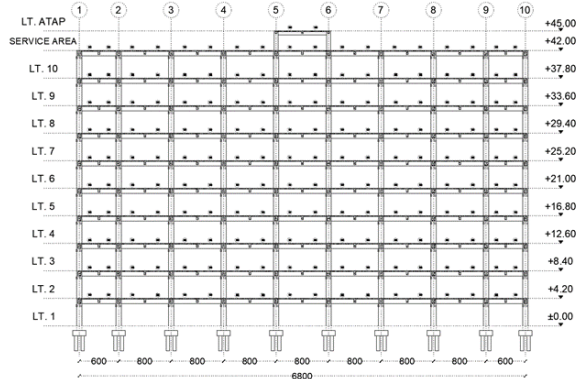
Gambar 6 Denah Rencana Service Area



Gambar 7 Denah Rencana Lt. Atap



Gambar 8 Potongan bangunan arah y



Gambar 9 Potongan bangunan arah x

2. Data Perancangan

a. Data umum bangunan

- Fungsi Gedung : Rumah sakit
- Jumlah lantai : 10+1
- Tinggi Gedung : 45 m
- Struktur utama : Beton bertulang
- Penutup atap : Dak beton

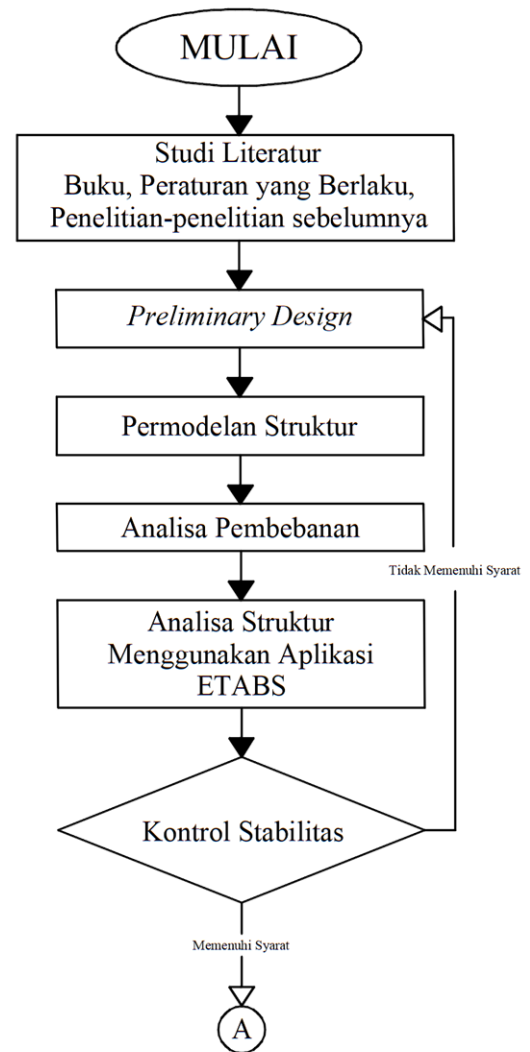
b. Data mutu bahan

- Kuat tekan beton : 30 dan 25 MPa
- Kuat leleh baja : 420 dan 280 MPa

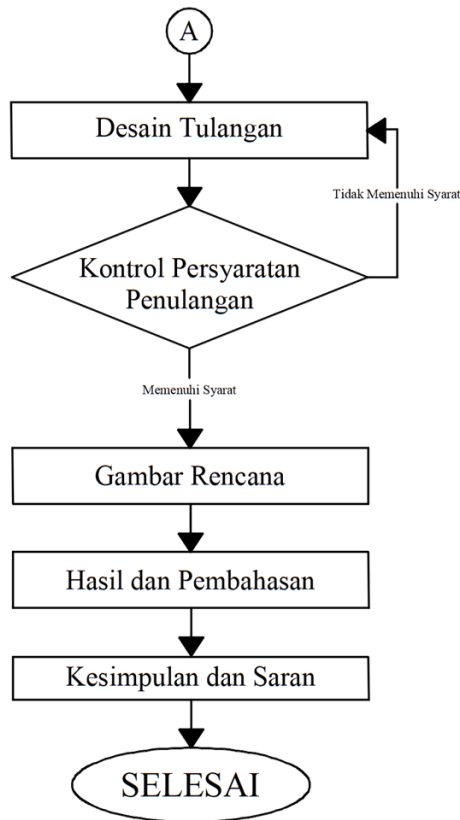
c. Data tanah

Data tanah yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini berasal dari data tanah tempat dibangunnya gedung RSUD Dr. R. Soedjono di wilayah Selong, Kabupaten Lombok Timur.

3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 10 Bagan Alir



Gambar 11 Lanjutan Bagan Alir

D. ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Data Masukan

a. Beton

- Kuat tekan ($f'c$) : 30 MPa untuk kolom dan dinding geser
25 MPa untuk pelat dan balok
- Modulus elastisitas: $4700\sqrt{f'c}$

b. Baja tulangan

- Pokok : 420 MPa
- Geser : 280 MPa

2. Dimensi Elemen Struktur

Tabel 3 Dimensi Elemen Struktur

Elemen Struktur	Dimensi Existing	Dimensi Rencana
Balok:		
B1 (8m)	400 mm x 800 mm	500 mm x 800 mm
B2 (7m)	400 mm x 700 mm	500 mm x 800 mm
B3 (6m)	400 mm x 700 mm	500 mm x 700 mm
B4 (5m)	400 mm x 700 mm	500 mm x 700 mm
B5 (4m)	400 mm x 600 mm	400 mm x 600 mm
B6 (3,5m)	400 mm x 600 mm	400 mm x 600 mm
B7 (3m)	400 mm x 600 mm	400 mm x 600 mm
Kolom		
K1	600 mm x 800 mm	800 mm x 1000 mm
K2	400 mm x 600 mm	600 mm x 800 mm
K3	600 mm x 600 mm	800 mm x 800 mm
Pelat		
S1	130 mm	130 mm
S2	120 mm	120 mm
S Tangga	150 mm	150 mm
Dinding Geser		
DG1 (7m)	-	300 mm
DG2 (3m)	-	250 mm
DG3 (4m)	-	250 mm

3. Pembebanan

a. Beban mati

- Pas. dinding lantai 1-10 = 2,37 kN/m
- Pas. dinding lantai Atap = 1,7 kN/m
- Pelat Lantai = 1,3 kN/m²
- Pelat atap = 1,0 kN/m²

b. Beban hidup

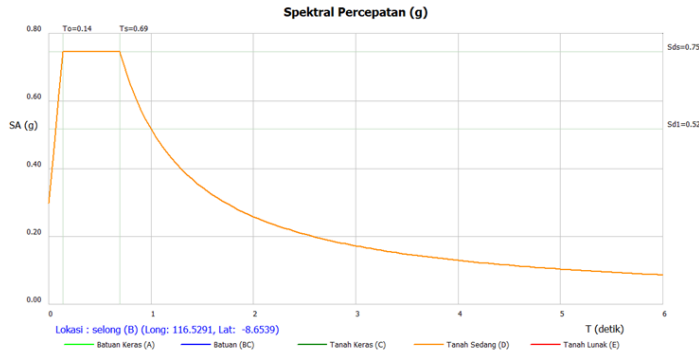
- R. operasi = 2,87 kN/m²
- R. pasien = 1,92 kN/m²
- R. jaga / kantor = 2,4 kN/m²
- Koridor = 3,83 kN/m²
- Tangga = 2,87 kN/m²
- Atap = 0,98 kN/m²

c. Beban hujan

- R = 0,294 kN/m²

d. Beban Gempa

Grafik percepatan respon gempa spektra pada lokasi Selong, Lombok Timur yang didapatkan dari website PUSKIM <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/> dapat dilihat pada gambar di bawah.



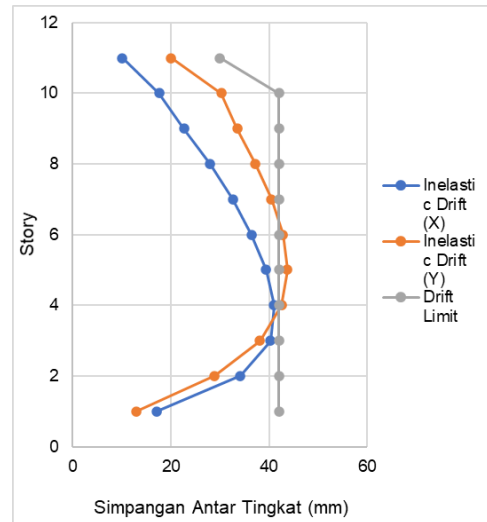
Gambar 12 Grafik Percepatan Spektra

Nilai percepatan respon gempa spektra dari hasil output pada kondisi tanah sedang (SD) adalah sebagai berikut:

- $S_s = 1,025817 \text{ g}$
- $S_1 = 0,410826 \text{ g}$
- $TL = 12,00 \text{ detik}$
- $F_a = 1,089673$
- $F_v = 1,889174$
- $S_{MS} = 1,117805 \text{ g}$
- $S_{M1} = 0,776121 \text{ g}$
- $S_{DS} = 0,745203 \text{ g}$
- $S_{D1} = 0,517414 \text{ g}$
- $T_s = 0,694326 \text{ detik}$
- $T_0 = 0,138865 \text{ detik}$

4. Analisa Model tanpa Dinding Geser dengan Aplikasi ETABS

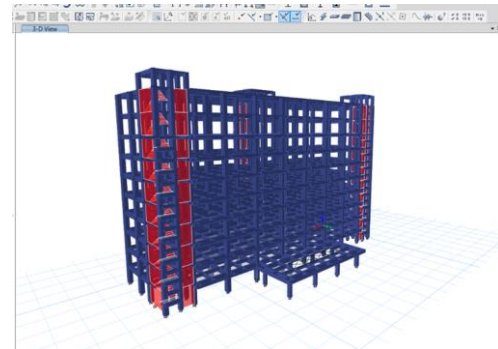
Sebelum melakukan perancangan ulang struktur gedung RSUD dr. R. Seodjono menjadi 10 tingkat dengan menggunakan Sistem Ganda, dilakukan perancangan ulang struktur gedung menjadi 10 tingkat dengan hanya menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus tanpa dinding geser. Hasil dari percobaan didapatkan bahwa struktur yang hanya menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen dapat dikatakan tidak stabil atau tidak mampu menahan gaya gempa yang terjadi. Hal ini dapat dilihat dari nilai simpangan antar lantai pada arah y yang melebihi batas maksimum walaupun sudah dicoba menggunakan ukuran kolom yang lebih besar. Berikut adalah grafik simpangan antarlantai struktur bangunan rencana tanpa menggunakan dinding geser.



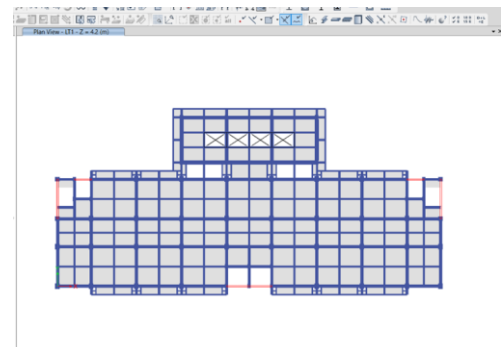
Gambar 13 Grafik Perpindahan Dan Simpangan Antar Lantai arah x dan arah y Model SRPMK

5. Analisa Model Sistem Ganda dengan Aplikasi ETABS

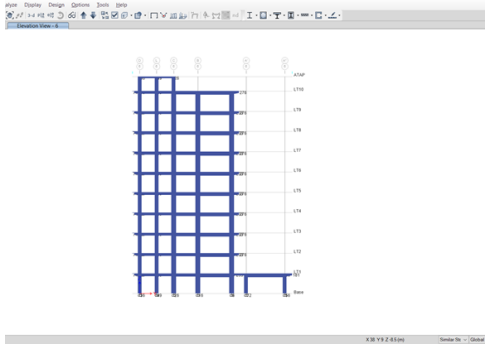
Dalam perancangan struktur Gedung RSUD Dr. R. Soedjono Selong Lombok Timur menggunakan sistem ganda ini digunakan aplikasi ETABS *student version*. Adapun model dari Gedung dalam aplikasi ETABS dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



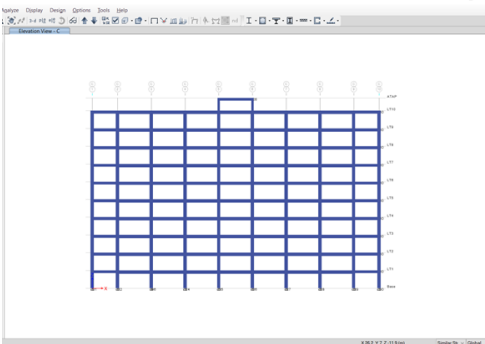
Gambar 14 Tampilan 3D Model ETABS



Gambar 15 Denah Model ETABS



Gambar 16 Potongan Melintang Model ETABS



Gambar 17 Potongan Memanjang Model ETABS

a. Partisipasi Massa struktur

Tabel 4 Partisipasi Massa

Arah	Nilai	Cek
UX	71%	TRANSLASI
UY	69%	TRANSLASI
RZ	68%	ROTASI

b. Analisa gaya gempa

- Statik ekuivalen

Gaya geser dasar statik ekuivalen

Tabel 5 Gaya Geser Dasar Statik

Statik	
V _{sx}	V _{sy}
(kN)	(kN)
77.20	77.20
1,260.18	1,260.18
2,822.55	2,822.55
4,384.92	4,384.92
5,947.29	5,947.29
7,509.66	7,509.66
9,072.03	9,072.03
10,641.08	10,641.08
12,210.12	12,210.12
13,779.17	13,779.17
15,568.16	15,568.16

Beban gempa statik ekuivalen

$$V_{sx} = 15.567,18 \text{ kN}$$

$$V_{sy} = 15.567,18 \text{ kN}$$

Beban gempa statik ekuivalen (ETABS)

$$V_{sx} = 16.646,3943 \text{ kN}$$

$$V_{sy} = 16.646,3943 \text{ kN}$$

- Dinamik Respon Spektrum

Faktor skala awal

$$SF = 2101,43 \text{ mm/s}^2$$

Beban gempa dinamik awal

$$V_{dx} = 11342,6109 \text{ kN}$$

$$V_{dy} = 11764,0357 \text{ kN}$$

Faktor skala baru

$$SF_x = 3084,0 \text{ m/s}^2$$

$$SF_y = 2973,6 \text{ m/s}^2$$

Beban gempa dinamik baru

$$V_{dx} = 16646,4157 \text{ kN} \geq 100\%V_{sx} \text{ (OK)}$$

$$V_{dy} = 16647,287 \text{ kN} \geq 100\%V_{sy} \text{ (OK)}$$

Gaya geser dasar dinamik

Tabel 6 Gaya Geser Dasar Dinamik

Dinamik	
V _{maks-x}	V _{maks-y}
(kN)	(kN)
486.14	471.51
3,669.50	3,701.86
6,621.26	6,671.56
8,698.23	8,728.40
10,298.37	10,299.89
11,675.38	11,666.25
12,957.74	12,949.86
14,179.27	14,177.03
15,287.17	15,293.85
16,151.22	16,160.87
16,646.41	16,647.29

- Gempa rencana

Gaya geser desain (maksimum dari statik dan dinamik)

Tabel 7 Gaya Geser Dasar Desain

Gaya Geser Desain	
Vdx	Vdy
(kN)	(kN)
486.14	471.51
3,669.50	3,701.86
6,621.26	6,671.56
8,698.23	8,728.40
10,298.37	10,299.89
11,675.38	11,666.25
12,957.74	12,949.86
14,179.27	14,177.03
15,287.17	15,293.85
16,151.22	16,160.87
16,646.41	16,647.29

Beban gempa desain

Tabel 8 Gaya Gempa Desain

Story	Gempa Desain	
	$E_{maks x}$	$E_{maks y}$
	(kN)	(kN)
LT ATAP	486.137	471.514
LT10	3,183.359	3,230.349
LT9	2,951.762	2,969.695
LT8	2,076.975	2,056.838
LT7	1,600.135	1,571.490
LT6	1,377.014	1,366.360
LT5	1,282.363	1,283.617
LT4	1,221.522	1,227.164
LT3	1,107.907	1,116.824
LT2	864.048	867.021
LT1	495.185	486.416
Total	16,646.41	16,647.29

6. Simpangan Antar Lantai

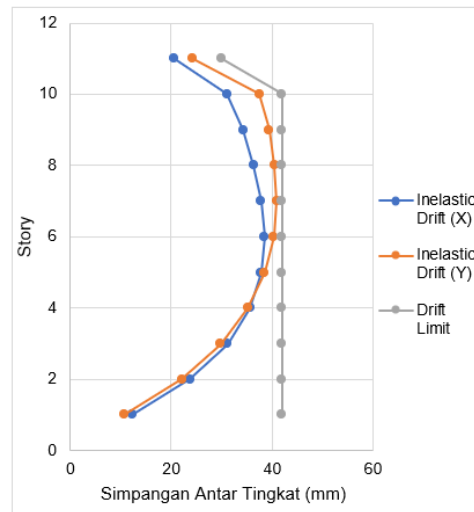
Hasil perhitungan perpindahan dan simpangan antar lantai struktur pada masing-masing arah dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 9 Simpangan Antar Lantai arah-x

Story	h	hsx	δx	Δ	Δ	Δ_{ijin}	cek
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
ATAP	45000	3000	92.63	339.64	20.60	30	OK
LT10	42000	4200	87.013	319.05	31.10	42	OK
LT9	37800	4200	78.53	287.94	34.35	42	OK
LT8	33600	4200	69.161	253.59	36.34	42	OK
LT7	29400	4200	59.249	217.25	37.89	42	OK
LT6	25200	4200	48.916	179.36	38.51	42	OK
LT5	21000	4200	38.413	140.85	37.91	42	OK
LT4	16800	4200	28.074	102.94	35.68	42	OK
LT3	12600	4200	18.343	67.26	31.24	42	OK
LT2	8400	4200	9.822	36.01	23.79	42	OK
LT1	4200	4200	3.335	12.23	12.23	42	OK

Tabel 10 Simpangan Antar Lantai arah-y

Story	h	hsx	δx	Δ	Δ	Δ_{ijin}	cek
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
ATAP	45000	3000	98.113	359.75	24.37	30	OK
LT10	42000	4200	91.466	335.38	37.53	42	OK
LT9	37800	4200	81.231	297.85	39.48	42	OK
LT8	33600	4200	70.464	258.37	40.55	42	OK
LT7	29400	4200	59.405	217.82	40.95	42	OK
LT6	25200	4200	48.236	176.87	40.40	42	OK
LT5	21000	4200	37.218	136.47	38.59	42	OK
LT4	16800	4200	26.693	97.87	35.20	42	OK
LT3	12600	4200	17.092	62.67	29.86	42	OK
LT2	8400	4200	8.949	32.81	22.18	42	OK
LT1	4200	4200	2.9	10.63	10.63	42	OK



Gambar 18 Grafik Perpindahan Dan Simpangan Antar Lantai arah x dan arah y Model Sistem Ganda

7. Persyaratan Sistem Ganda

Sebagaimana telah diatur dalam SNI 1726:2019 persyaratan utama dari sistem ganda adalah sistem rangka harus memikul gaya gempa minimal 25% dari total bebangan gempa total. Persentase penyaluran gaya gempa pada struktur dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 11 Persentase Penyaluran Gaya Gempa

Arah	Wall	Frame	Total	Wall		Frame		Total
	(kN)	(kN)	(kN)	(%)	<75%	(%)	>25%	(%)
X	12,347.85	4,298.56	16,646.41	74.18	OK	25.82	OK	100.00
Y	12,397.31	4,249.98	16,647.29	74.47	OK	25.53	OK	100.00

8. Penulangan Elemen Struktur

a. Pelat

Tabel 12 Penulangan Pelat

TULANGAN	S1 (130)	S2 (120)
Atas x	D 13 - 100	D 13 - 125
Atas y	D 13 - 100	D 13 - 125
Bawah x	D 13 - 200	D 13 - 200
Bawah y	D 13 - 200	D 13 - 200

b. Balok

Tabel 13 Penulangan Balok

	B1a (8m 500X800)	B1b (7m 500X800)	B2a (6m 500X700)	B2b (5m 500X700)	B3a (4m 400X600)	B3b (3.5m 400X600)	B3c (3m 400X600)
Tulangan Longitudinal							
Tumpuan Atas	9 D22	8 D22	6 D22	9 D22	3 D22	4 D22	6 D22
Tumpuan Tengah	4 D16	4 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
Tumpuan Bawah	5 D22	4 D22	4 D22	8 D22	3 D22	4 D22	6 D22
Lapangan Atas	5 D22	4 D22	4 D22	4 D22	-	-	-
Lapangan Tengah	4 D16	4 D16	2 D16	2 D16	-	-	-
Lapangan Bawah	5 D22	4 D22	4 D22	4 D22	-	-	-
Tulangan Transversal/Senggang							
Tumpuan	4D10-75	4D10-100	2D10-100	4D10-75	3D10-100	3D10-100	4D10-75
Lapangan	4D10-200	2D10-200	2D10-200	4D10-200	-	-	-

c. Kolom

Tabel 14 Penulangan Kolom

	K1 (800X1000)	K2 (600X800)
Tulangan Longitudinal		
Longitudinal	20 D25	16 D25
Tulangan Transversal/Senggang Tumpuan		
Sumbu Lemah	4D13-100	4D13-100
Sumbu Kuat	6D13-100	5D13-100
Tulangan Transversal/Senggang Lapangan		
Sumbu Lemah	2D13-150	2D13-150
Sumbu Kuat	2D13-150	2D13-150

d. Dinding Geser

Tabel 15 Penulangan Dinding Geser

	DG1 (7m 300)	DG2 (3m 250)	DG3 (2X4m 250)
Tulangan Kolom			
Longitudinal	20 D25	16 D25	16 D25
Transversal (Sejajar Lebar)	4 D13-100	4 D13-100	4 D13-100
Transversal (Sejajar Panjang)	4 D13-100	4 D13-100	4 D13-100
Tulangan Badan			
Longitudinal	2 D22-200	2 D22-200	2 D22-200
Transversal	2 D22-200	2 D22-200	2 D22-200
Confinement EBK (Sejajar Lebar)	4 D13-100	4 D13-100	4 D13-100
Confinement EBK (Sejajar Panjang)	4 D13-100	4 D13-100	10 D13-100

e. Tangga

Tabel 16 Penulangan Tangga

TULANGAN	Bordes	Tangga
arah x	D 13 - 300	D 13 - 300
arah y	D 13 - 300	D 13 - 100
arah x	D 13 - 300	D 13 - 300
arah y	D 13 - 300	D 13 - 100

f. Fondasi

Tabel 16 Penulangan Pile Cap

	P1	P2	PDG	PL1	PL2
Jumlah T. P.	2	6	24	16	32
(x,y)	(1x2)	(2x3)	(3x8)	(4x4)	(8x4)
Lx (m)	1	2	3.5	4.6	9.4
Ly (m)	2	3	8.5	4.6	4.6
Tebal Pile Cap	80 cm	80 cm	80 cm	80 cm	80 cm
Tul. Arah x	D-22 200	D-22 200	D-22 200	D-22 150	D-22 125
Tul. Arah y	D-22 200	D-22 200	D-22 125	D-22 150	D-22 150
Tul. Susut x	D-16 200	D-16 200	D-16 200	D-16 200	D-16 200
Tul. Susut y	D-16 200	D-16 200	D-16 200	D-16 200	D-16 200

E. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil analisa model struktur yang hanya menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus saja tidak mampu menahan gaya gempa yang terjadi, maka dari itu dalam perancangan ulang struktur gedung RSUD dr. R. Soedjono menjadi 10 lantai ini harus menggunakan Sistem Ganda.
- Hasil analisa struktur dengan Dual Sistem menunjukkan bahwa struktur gedung dapat dikatakan stabil dan mampu menahan beban beban yang terjadi pada struktur, hal ini ditinjau berdasarkan:
 - Sistem rangka pada struktur memikul beban

gempa sebesar 25,82% untuk arah x dan 25,53% untuk arah y dimana nilai itu sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 untuk Sistem Ganda yaitu sistem rangka harus memikul gaya gempa minimal 25% dari beban gempa total.

- b. Modal Participating Mass Ratio pada struktur gedung sudah memenuhi syarat SNI yaitu sudah lebih dari 90% pada mode ke-10 dengan partisipasi massa lebih besar dari 50% pada 3 mode awal yaitu mode 1 terjadi translasi arah x dengan partisipasi massa sebesar 71%, mode 2 terjadi translasi arah y dengan partisipasi massa 69% dan kemudian baru terjadi translasi pada mode 3 dengan partisipasi massa 68%.
- c. Nilai simpangan antar lantai yang terjadi pada struktur gedung tidak melewati batas simpangan izin dengan simpangan terbesar pada arah x sebesar 38,51 mm dan arah y sebesar 40,95 mm.

2. Saran

Dari analisa yang telah dilakukan, saran-saran yang dapat diberikan adalah:

- 1) Disarankan untuk selalu memperbarui referensi baik dari SNI maupun buku-buku terbaru dalam melakukan perancangan gedung tahan gempa.
- 2) Disarankan untuk menggunakan aplikasi lainnya untuk membantu menganalisa penulangan, pendetailan sampai penggambaran struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni Ali, 2010, *Kolom Fondasi dan Balok "T" Beton Bertulang*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726:2019)*, BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2020, *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020)*, BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019)*, BSN, Jakarta.
- Baihaqi Imam M., 2020, *Perencanaan Ulang Struktur Beton Bertulang Pada Gedung SMK 1 Muhammadiyah Kapanjen Menggunakan Sistem Ganda (SRPMK dan Shearwall)*, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Budiono Bambang, dkk, 2017, *Contoh Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural Khusus di Jakarta*, ITB Press, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung PPPURG 1987*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Diansyah M. Erwin I. & Utari Khatulistiani, 2019, *Perencanaan Struktur Gedung Hotel Royal Isnin 10 Lantai Menggunakan Metode Sistem Ganda Di Kota Surabaya*, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya.
- Fakultas Teknik, 2022, *Pedoman Pelaksanaan Tugas Akhir*, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram.
- Kamal Muhibbuddin, dkk, 2017, *Studi Perencanaan Struktur Dengan Sistem Ganda (Dual System) Untuk Menahan Beban Lateral Pada Pembangunan Gedung Pasca Sarjana Universitas Islam Malang*, Universitas Islam Malang, Malang.
- Laksmi Domas A.A., 2019, *Perencanaan Struktur Bangunan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda)*, Skripsi UNEJ, Jember.
- Lesmana Yudha, 2020, *Handbook Analisa dan Desain Shear Wall Beton Bertulang Dual System Berdasarkan SNI 2847-2019 dan 1726-2019*, Nas Media Pustaka, Makassar.
- Lesmana Yudha, 2021, *Handbook Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang (SRPMB, SRPMM & SRPMK) Berdasarkan SNI 2847-2019 & 1726-2019*, Nas Media Pustaka, Yogyakarta.
- Lesmana Yudha, 2020, *Handbook Prosedur Beban Gempa Struktur Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 1726-2019*, Nas Media Pustaka, Makassar.
- Mulyono, 2000. *Petunjuk Standarisasi Desain Gedung Bertingkat*, Ganeca Exact, Bandung.
- Pamungkas Anugrah & Erny Harianti, 2009, *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*, ITS Press, Surabaya.
- Pranata Andika H. dkk, 2021, *Desain Struktur Gedung 24 Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Ganda*

Menggunakan Performance Based Design Berdasarkan SNI 2847:2019, Universitas Wirajaya Sumenep, Madura.

Rahajeng Riesty & Gabriella Gloria A., *Desain Struktur Gedung Apartemen 21 Lantai Sentraland Semarang*, Tugas Akhir, UNNES, Semarang.

Ramadhyanita Mutiara, 2017, *Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian di Surabaya Menggunakan Dual System (Sistem Ganda) Serta Metode Pelaksanaan Konstruksi Kolom dan Shearwall*, Tugas Akhir Terapan, ITS, Surabaya.

Riza M. Miftakhur, 2013, *Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan ETABS*, ARSGroup, Yogyakarta.

Schodek Daniel L., 1991, *Struktur*, : PT ERESKO, Bandung.

8 Minutes Learn, 2019, *8 Minutes Etabs*, Indonesia. Diakses pada November 2023 melalui https://www.youtube.com/watch?v=mXmfvPy8l1o&list=PLcgF4kEhdDMGmRFxZh0LUCJDaO_rblKkB&ab_channel=8MinutesLearn