

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG KEDOKTERAN GIGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

Leandro Rico da Costa ¹, ir.Ester Priskasari, MT.², Mohammad Erfan, ST, MT.³

¹²³⁾ *Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional*

Malang Email:

leandro.rico.branco@gmail.com

ABSTRACT

Construction of the Dental Medicine Building at Brawijaya University Malang with the number of floors 7 floors functioning as a medical building using reinforced concrete, located in the city of Malang with a seismic design category D. The layout of special structural walls in the dual system of the dental medicine building will affect the displacements and internal forces that occur, the displacement results of the internal force modeling, and the planning and reinforcement of beams, columns, beam-column connections, and structural walls. Specifically, in the modeling used, the planning method employs a dual system (moment-resisting frame system and special structural walls) with the ETABS (Ultimate 18.1.1.) software. The analysis results in the second model where the special structural walls are placed on all four outer sides and four inner parts of the floor plan, with the building having the largest displacement in the X direction of 75.00 mm and the largest displacement in the Y direction of 75.00 mm. The reinforcement for Beam B1, 400 mm x 800 mm, includes 6 D19 top reinforcement (Tension) and 4 D19 bottom reinforcement (Compression), with stirrups in the plastic hinge region of 2Ø 13-100 and outside the plastic hinge region of 2Ø 13-150. Column K1 800 mm x 800 mm uses reinforcement 28 D24 with stirrups in the plastic hinge region 6 D13-120 and outside the plastic hinge 4 D13-150. The connection of the beam-column with vertical restraints is sufficient by using the longitudinal column reinforcement, and the horizontal reinforcement is 5D 13 in 7 layers. Special structure walls 400 mm x 7200 mm with boundary components 2400 mm from the outermost compression fiber, transverse reinforcement 6 feet D13-100 mm. longitudinal wall reinforcement of 122 D25, with transverse reinforcement in the X direction at the plastic hinge area 6D13-100 mm, outside the plastic hinge area 4D13-150 mm, and at the lap splice area 6D13-150 mm.

ABSTRAK

Pembangunan Gedung Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang dengan jumlah lantai 7 lantai yang berfungsi sebagai gedung kedokteran dengan menggunakan material beton bertulang, berlokasi di kota malang dengan kategori desain seismik D. tata letak dinding struktur khusus pada sistem ganda gedung kedokteran gigi akan berpengaruh terhadap simpangan dan gaya-gaya dalam yang terjadi, hasil simpangan pemodelan gaya-gaya dalam yang terjadi dan perencanaan dan penulangan balok, kolom, hubungan balok kolom dan dinding struktur. Khusus pada pemodelan yang di gunakan, metode perencanaan menggunakan sistem ganda (sistem rangka pemikul momen dan dinding struktur khusus) dengan program bantu Etabs (Ultimate 18.1.1.). Hasil analisa di dapatkan model ke dua di mana dinding struktur khusus di letakan pada ke empat sisi bagian luar dan empat bagian dalam denah, gedung dengan simpangan terbesar arah X 75,00 mm dan simpangan terbesar arah Y 75,00 mm, penulangan Balok B1 400 mm x 800 mm tulangan atas (Tarik) 6 D19, dengan tulangan bawah (Tekan) 4 D19 dengan tulangan sengkang daerah sendi plastis 2Ø 13-100, luar sendi plastis 2Ø 13-150. Kolom K1 800 mm x 800 mm di gunakan tulangan 28 D24 dengan tulangan sengkang sendi plastis 6 D13-120 area luar sendi plastis 4 D13-150. Hubungan balok kolom pengekang vertikal cukup menggunakan tulangan logitodinal kolom, horisontal di gunakan 5D 13 sebanyak 7 lapis. Dinding struktur khusus 400 mm x 7200 mm dengan komponen batas 2400 mm dari serat tekan terluar, tulangan transversal 6 kaki D13-100 mm. tulangan logitodinal dinding sebanyak 122 D25, dengan tulangan Trsversal arah X daerah sendi plastis 6D13-100 mm, daerah luar sendi plastis 4D13-150 , daerah sambungan lewatan 6D13-150 mm.

1. PENDAHULUAN

Sering dengan perubahan jaman dan pembangunan yang kian meningkat, maka besar pula sarana dan prasarana untuk menunjang kehidupan. Dari kondisi tersebut diperlukan perencanaan struktur pada Gedung Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang yaitu dengan struktur beton bertulang.

Pada Perencanaan struktur gedung perlu dilakukan untuk daerah yang memiliki gempa besar sebagai upaya mitigasi bencana. Penelitian ini merencanakan gedung 7 lantai dengan sistem ganda yang akan digunakan untuk perkuliahan di Malang. Sistem ganda dipilih karena gedung berlokasi di daerah dengan parameter percepatan spektrum respons desain (SDS) yang cukup tinggi sebesar 0,605 g dan memiliki kategori desain seismik (KDS) D.

Sistem ganda (Dual System) merupakan Sistem struktur yang terdiri dari dua elemen struktur yaitu portal beton bertulang dan dinding struktural (Shear Wall). Sistem ganda memiliki kemampuan yang baik dalam menahan beban yang diterima oleh gedung tersebut baik itu beban gravitasi yang diterima oleh portal beton dan beban lateral yang diterima oleh dinding struktural.

Gedung Fakultas kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang yang di bangun pada tahun 2022, gedung yang direncanakan berfungsi sebagai gedung kuliah yang memiliki 7 lantai dengan ketinggian bangunan 30,8 m, lebar bangunan 24,6 m, dan panjang bangunan

51,95 m. Untuk faktor umur maksimum pada bangunan ialah 30 tahun. Sebenarnya sebuah bangunan bisa saja tetap berdiri kokoh hingga 50 tahun, bahkan 100 tahun, tetapi perlu diperhatikan jika sudah menginjak usia 30 tahun. Karena semakin tua bangunan maka tingkat ketahanan bangunan semakin berkurang.

Dalam studi ini menggunakan peraturan-peraturan terbaru yang berlaku di Indonesia, yaitu SNI 2847-2019 Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1727-2020 Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.

Potensi gempa di kota Malang dan perubahan pada peta gempa yang baru lebih mendetail dan data gempa yang didapatkan dari hasil penelitian dari sesar gempa yang diketahui belakangan. Sehingga diperlukan perencanaan struktur menggunakan peraturan dan peta gempa yang baru. Untuk dapat meminimalisir kerugian infrastruktur dan risiko korban jiwa akibat runtuhnya bangunan yang disebabkan oleh gempa maka diperlukan suatu sistem struktur yang memadai. Oleh sebab itu penyusun ingin merencanakan ulang dengan kondisi eksisting memakai peraturan yang terbaru.

Berdasarkan uraian diatas penulis memilih alternatif perencanaan gedung ini dengan judul “Studi Perencanaan Struktur Atas Gedung Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang Menggunakan Dual System”

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasar pada latar belakang penulis menyajikan pokok masalah yaitu sebagai berikut :

1. Kota Malang termasuk salah satu kota yang dikategorikan wilayah rawan gempa dengan jenis tanah KDS (D).
2. Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang yang direncanakan memiliki ketinggian 7 lantai dan berada didaerah rawan gempa, maka dalam perencanaannya digunakan struktur tahan gempa dengan sistem ganda gabungan dari sistem rangka pemikul momen dan dinding struktural.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi permasalahan yang ada, dapat dirumuskan beberapa permasalahan untuk studi perencanaan ini sebagai berikut:

1. Berapa dimensi pelat lantai, balok, kolom, dinding struktural yang akan digunakan pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang?
2. Berapa simpangan antara lantai pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang?
3. Berapa jumlah dan diameter tulangan Pelat lantai, Balok, Kolom, HBK, dan dinding struktural yang diperlukan?
4. Bagaimana menggambar detail tulangan (Pelat lantai, Balok, Kolom, HBK, dan dinding struktural).

1.4 Maksud Dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu melakukan perencanaan Struktur tahan gempa menggunakan sistem ganda pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang. Adapun maksud dari penyajian Laporan ini adalah :

1. Menganalisis dimensi Pelat balok, kolom, dan dinding struktural yang akan digunakan.
2. Menganalisis besar beban gravitasi dan gempa yang berkerja pada struktur Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang.
3. Menganalisis besar simpangan antar lantai pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang.
4. Menghitung jumlah dan diameter tulangan yang diperlukan pada Pelat lantai, Balok, Kolom, Hubungan balok Kolom (HBK), dan dinding Struktural .
5. Menggambar detail penulangan Pelat lantai, Balok, Kolom, HBK , dan dinding Struktural pada Gedung.

1.5 Batasan Masalah

Adapun pembatasan masalah yang perlu diperhitungkan agar tulisan mencapai sasaran yang diharapkan dengan terarah, yaitu:

1. Menganalisis Pelat lantai, Balok, Kolom, Hubungan Balok Kolom (HBK). dan dinding struktural yang akan digunakan.
2. Menganalisis besar beban gravitasi dan gempa yang bekerja pada struktur Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang.
3. Menganalisis besar simpangan antara lantai pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang.

4. Menghitung jumlah dan diameter tulangan yang diperlukan pada Pelat lantai, Balok, Kolom dan Hubungan Balok Kolom (HBK).
5. Menggambar detail penulangan Pelat lantai, Balok, Kolom dari system portal pada Gedung.
6. Peraturan yang digunakan berdasarkan :
 - Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain, SNI 1727:2020.
 - Tata cara Perencanaan Ketahanan gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung, SNI 1726:2019.
 - Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2019.
 - Baja Tulangan Beton, SNI 2052-2017.
 - Analisa Struktur menggunakan program bantu ETABS.
 - ASTM.

1.6 Manfaat

Adapun Manfaat yang penulis sajikan pada penusunan laporan ini sebagai berikut :

Bagi Penyusun

1. Bisa Merencanakan struktur pelat lantai, balok, kolom dan dinding struktural pada bangunan gedung dan juga dapat memberikan pemahaman yang berguna dalam merencanakan struktur bangunan , khusus dalam struktur bangunan gedung menggunakan Dual System.
2. Umum

Menambah wawasan bagi mahasiswa yang terjun dalam bidang teknik sipil struktur bangunan gedung tahan gempa menggunakan sistem ganda (dual system) gabungan dari sistem rangka pemikul momen dan dinding struktural.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Ganda

Sistem ganda merupakan perpaduan sistem struktur rangka pemikul momen (SRPM) dan struktur dinding (SDS), yang saling bekerja sama membentuk struktur tahan gempa. Kombinasi dua struktur ini sangat umum digunakan pada struktur gedung bertingkat. Hal ini dikarenakan mekanisme penyerapan energi gempa dari kombinasi ini sangat baik. Pembagian peran antar struktur rangka (Frame) dan struktur dinding (Wall) dalam memikul beban gempa, merupakan salah satu kunci yang menjadikan sistem ini begitu efektif.

Beban yang bekerja pada struktur

Dalam menganalisa pembebanan struktur tahan gempa, ada beberapa beban yang akan diperhitungkan sesuai dengan SNI 1726-2019 (standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung), SNI 2847:2019 (persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung) dan SNI 1727-2020 (pedoman perencanaan pembebanan minimum pada gedung).

Perilaku Struktur

Simpangan antar lantai

Simpangan antar lantai adalah pergeseran posisi (defleksi) antara pusat massa sebuah lantai

dengan lantai yang berada di atas atau di bawahnya akibat dari penyerapan beban yang dialami oleh struktur. Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.12.1 dijelaskan bahwa kontrol desain struktur dilakukan terhadap pengecekan batas simpangan antar lantai. Simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) untuk semua tingkat.

1. Eksentrisitas

Menurut SNI 1726-2019 halaman 16, eksentrisitas (e), diukur dari denah antara titik pusat massa struktur di atas pemisahan isolasi dan titik pusat kekakuan sistem isolasi, ditambah dengan eksentrisitas tak terduga (e_{un}), diambil sebesar 5 % dari ukuran maksimum bangunan tegak lurus dengan arah gaya yang ditinjau

pada objek proyek ini bentuknya cenderung simetris sehingga menyebabkan pusat masa (Centre of Mass) terhadap pusat kekakuan (Centre of Rigidity) cenderung kemungkinan berimpit, akan tetapi efek eksentrisitas perlu ditinjau untuk mengetahui apakah diperlukan suatu eksentrisitas rencana. Dan perlu dianalisa apakah puntir yang mungkin ditimbulkan oleh efek eksentrisitas rencana tadi berpengaruh terhadap dinding geser.

2.4.1 Kapasitas Gaya Geser pada Struktur Ganda

Dalam SNI 1726-2019 Pasal 7.2.5.1 bahwa untuk struktur sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu memikul lebih dari sama dengan 25% gaya seismik desain, dan dinding struktural harus mampu memikul

kurang dari sama dengan 75% gaya seismik desain.

Perencanaan Dinding Struktural

Dinding geser adalah dinding slab beton bertulang yang dipasang vertikal pada posisi gedung tertentu untuk meningkatkan kinerja struktural khususnya gaya lateral pada bangunan tinggi, dalam hal ini beban gempa.

2. METODELOGI PENELITIAN

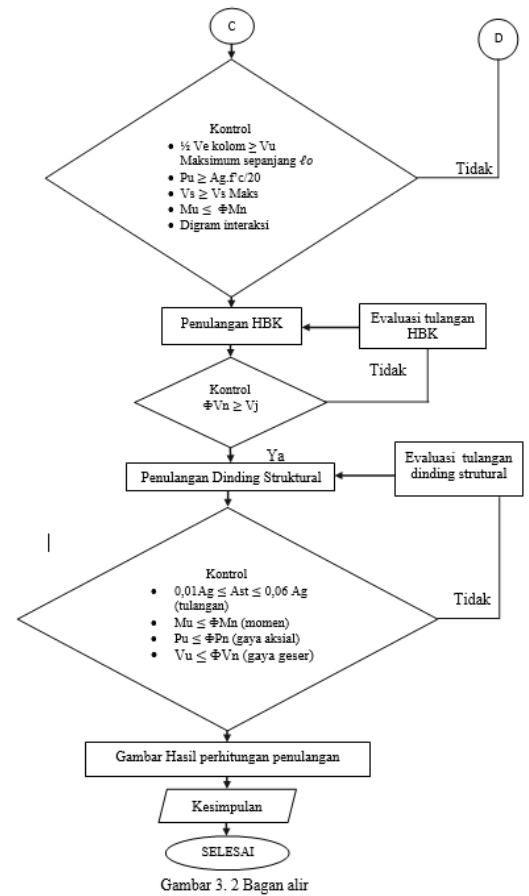
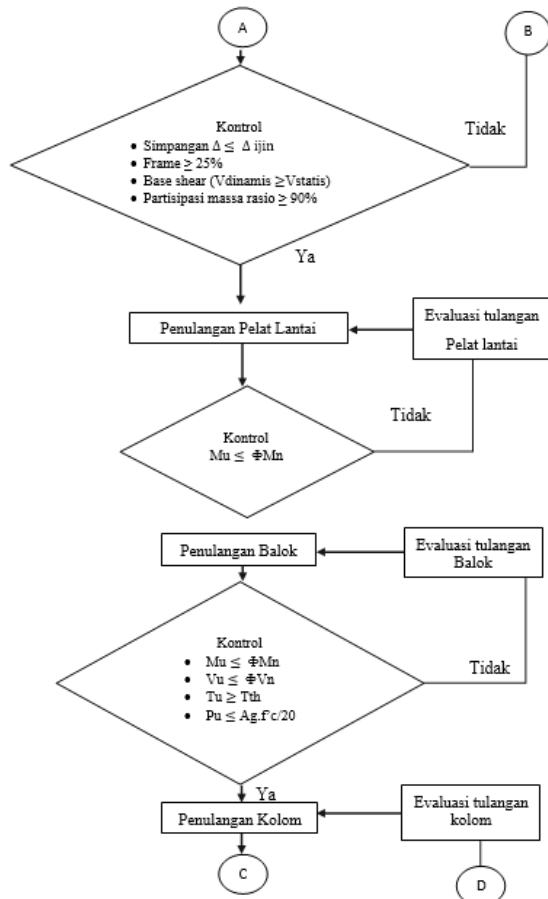
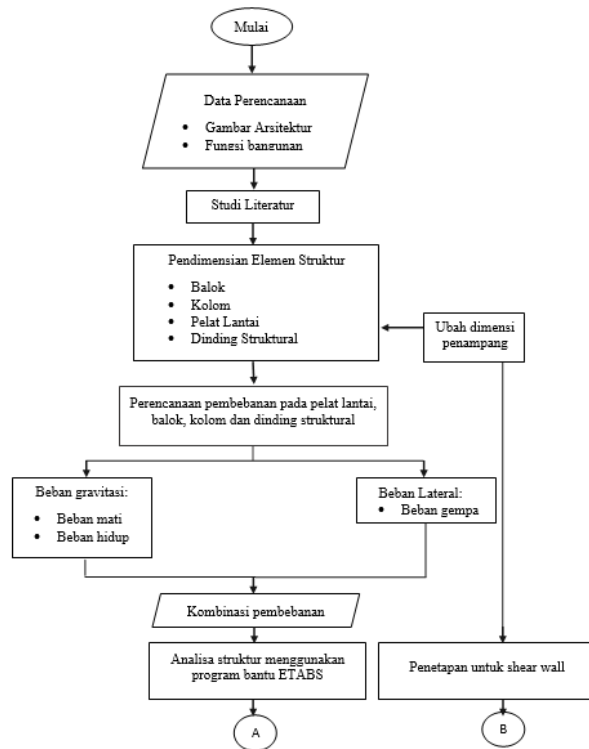
Lokasi

Lokasi Gedung Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada Yogyakarta terletak di Jl. Veteran, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145.



Gambar 3.1 Lokasi Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang.

2. Bagan Alir



Gambar 3. 2 Bagan alir

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Dimensi Balok

Untuk pendimensian tinggi balok B1, tidak memperhitungkan rumus pendekatan dikarenakan pada perencanaannya mempertimbangkan kekakuan struktur sehingga saat pendimensian menggunakan metode “trial and error” sampai dimana kontrol hasil simpangan memenuhi.

Tabel 4.1 Hasil Pendimensian Balok

No.	Tipe Balok dan	Bentang (m)	Lantai 1 - Atap		
			b	-	h
1	B-1A	7,2	0,40	-	0,70
2	B-1B	7,2	0,40	-	0,70
3	B-2A	7,2	0,40	-	0,70
4	B-2B	6,2	0,30	-	0,60
5	B-3A	7,2	0,25	-	0,50
6	B-3B	7,2	0,40	-	0,60
7	B-3C	2,2	0,20		0,50
8	B-3D	2,4	0,20		0,40
9	B-3E	2,4	0,20		0,35
10	B-3F	2,4	0,30		0,50
11	B-3G	2,4	0,25		0,40
12	B-3H	2,4	0,20		0,30
13	B-3I	2,4	0,30		0,40

4.1.1 Perencanaan Awal Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 18.7.2.1, dimensi penampang terpendek harus minimal 300 mm, dan rasio dimensi terpendek terhadap dimensi tegak lurus minimal 0,4.

Tabel 4.2 Hasil Pendimensian Kolom

No.	Tipe Kolom	Kode	Dimensi
1	Dimensi Kolom Struktur K1	K1	80/80
2	Dimensi Kolom Struktur K2	K2	70/70
3	Dimensi Kolom Struktur K3	K3	50/50
4	Dimensi Kolom Struktur KL-1	KL-1	60 x 35 x 25 cm
5	Dimensi Kolom Struktur KT-1	KT-1	95 x 35 x 25 cm
6	Dimensi Kolom Struktur KI-1	KI-1	60 x 25 cm

4.1.2 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai

"SNI 2847 : 2019 Pasal 8.3.1.2 menentukan ketebalan minimum pelat dua arah untuk mencegah terjadinya lendutan berlebih. Karena perhitungan lendutan dari pelat dua arah cukup rumit, dan untuk mencegah lendutan yang besar, maka ketebalan pelat dapat ditentukan menggunakan rumus empiris sebagai berikut

Tabel 4.3 Hasil Pendimensian Pelat

No.	Tipe Pelat	Kode	Tebal Pelat
1	Pelat A	A	12,5

Dimensi Elemen dinding geser

Ketebalan dinding geser menurut rumus empiris :

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal Shear Wall} &\geq \frac{1}{25} h_w \\
 &\geq \frac{1}{25} \times 7200 \text{ mm} \\
 &\geq 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal Shear Wall} &\geq \frac{1}{25} l_w \\
 &\geq \frac{1}{25} \times 7200 \text{ mm} \\
 &\geq 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tebal minimum elemen dinding geser menurut Pasal 18.8.5.1 SNI 2847:2019 berlaku untuk panjang penyaluran (l_{dh}).

Di gunakan tebal dinding geser adalah = **400 mm**

Perhitungan bebanan Vertikal Yang Bekerja Pada Gedung

4.1.4.1 Beban mati tambahan pada pelat

Berikut adalah rincian perhitungan beban mati akibat berat komponen gedung yang bekerja pada pelat.

1. Beban mati tambahan (SIDL) pada lantai atap

- Berat mekanikal elektrikl = 0,19 kN/m²
- Berat air hujan = 0,49 kN/m²
- Berat plafond + rangka atap = 0,17 kN/m²
- Berat spesi tebal ($t = 5\text{ cm}$) = 1,15 kN/m²
- Berat mekanikal elektrikl = 0,19 kN/m²
- Total = 2,00 kN/m²

2. Beban mati tambahan (SIDL) pada lantai (Lantai 1 – lantai 7)

- Berat Spesi (tebal 25 mm) = 0,58 kN/m²
- Berat keramik (tebal 10 mm) = 0,26 kN/m²
- Berat plafond + rangka = 0,17 kN/m²

4.1.5 Beban Hidup

Berikut adalah beban hidup yang bekerja pada gedung.

Tabel 4.11 Beban hidup rencana pada gedung

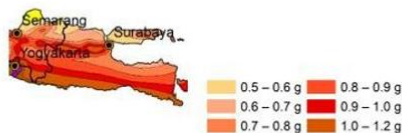
No.	Hunian atau Penggunaan	Merata (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan (Ya / Tidak)
1	Ruang kelas	1,92	Ya
2	Ruang dosen	2,4	Ya
3	Ruang rapat	4,79	Tidak
3	Koridor diatas lantai pertama	3,83	Ya
4	Koridor lantai pertama	4,79	Ya
5	Ruang administrasi	2,4	Ya
6	KM/WC	1,92	Ya
7	Labolatorium	2,87	Tidak
8	Perpustakaan	2,87	Tidak
9	Atap datar	0,96	Ya
10	Gudang	6	Tidak
11	Balkon	4,79	Ya
12	Ruang komputer	4,79	Tidak
13	Musholla	4,79	Tidak
14	Ruang pasien	1,92	Ya

(Sumber: SNI 1727 - 2020 Halaman 26)

4.1.6 Beban Gempa

4.1.6.1 Parameter perhitungan beban gempa

1. Menentukan Nilai Ss daerah malang



Gambar 4.1 Peta respon percepatan 0,2 detik (S_s)

(Sumber SNI 1726-2019 Halaman 233)

Dari peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S_s) untuk daerah malang didapatkan:

Nilai $S_s = 0,8700$ (Sumber: Puskim.ptu.go.id)

Tabel 4.12 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:	IV
- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan	
- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat	IV
- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat	
- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya	IV
- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat	
- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat	IV
- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat	
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	

(Sumber: SNI 1726:2019 Halaman 25)

Berdasarkan dari jenis pemanfaatan bangunan, Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya termasuk ke dalam kategori risiko IV, maka faktor keutamaan gempa (I_e) dapat dilihat pada table berikut ini:

Berdasarkan dari jenis pemanfaatan bangunan, Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya termasuk ke dalam kategori risiko IV, maka faktor keutamaan gempa (I_e) dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 4.13 Faktor keutamaan gempa (I_e)

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber: SNI 1726:2019 Halaman 25)

Tabel 4.14 Rekapitulasi data hasil uji SPT sampel 1

No	Kedalaman (m)	Tebal (m)	Nilai SPT/Ni	Ti/Ni
1	0	0	0	
2	2	2	28	0,071
3	4	2	16	0,125
4	6	2	50	0,040
5	8	2	50	0,040
6	10	2	50	0,040
7	12	2	37	0,054
8	14	2	50	0,041
9	16	2	32	0,063
10	18	2	50	0,040
11	20	2	50	0,040
	Σti	20	$\Sigma ti/ni$	0,554

$$N = \frac{\sum_i^m}{\sum_i^m} = 1 \frac{ti}{Ni}$$

$$N = \frac{20}{0,554} = 36,114$$

2. Menentukan Nilai S1 daerah malang



Gambar 4.2 Peta respon percepatan 1 detik (S_1)
(Sumber SNI 1726-2019 Halaman 234)

Dari peta respon spektra percepatan 1 detik (S_1) untuk daerah malang didapatkan Nilai $S_1 = 0,4063$ (sumber: Puskim.pu.go.id)

3. Menentukan Kategori resiko Bangunan dan Faktor Keutamaan

Tabel 4.15 Rekapitulasi data hasil uji SPT sampel 2

No	Kedalaman (m)	Tebal (m)	Nilai SPT/ N_i	Ti/ N_i
1	0	0	0	
2	2	2	24	0,083
3	4	2	14	0,143
4	6	2	50	0,040
5	8	2	50	0,040
6	10	2	50	0,040
7	12	2	50	0,040
8	14	2	50	0,040
9	16	2	33	0,061
10	18	2	50	0,040
11	20	2	50	0,040
	Σti	20	$\Sigma ti/ni$	0,567

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m 1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{N_i}} = \frac{1}{\frac{1}{N_i}}$$

Dari hasil perhitungan di atas, didapat nilai N rata-rata = 35,7.

Maka dapat ditentukan kalsifikasi situs tanah berdasarkan tabel berikut ini.

Tabel 4.16 Klasifikasi situs

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{60}$	$\bar{E}_s$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50

(Sumber: SNI 1726-2019 Halaman 29)

Tabel 4.17 Koefisien situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_s) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

(Sumber: SNI 1726-2019 Halaman 34)

Tabel 4.18 Koefisien situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_s) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

(Sumber: SNI 1726-2019 Halaman 35)

Karena nilai SDs dan SD1 telah diperoleh maka dapat ditentukan Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan nilai SDS dan SD1 seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 4.19 KDS berdasarkan SDs

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

(Sumber: SNI 1726-2019 Halaman 37)

Tabel 4.20 KDS berdasarkan SD1

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

(Sumber: SNI 1726-2019 Halaman 37)

Tabel 4.23 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresling eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresling terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber: SNI 1726-2019 Halaman 72)

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

$$= 0,0466 \times 30,80^{0,9}$$

$$= 1,019 \text{ detik}$$

$$h_n = \text{Ketinggian gedung dari pondasi sampai tingkat tertinggi}$$

Menghitung periode maksimum (T_{max})

Tabel 4.24 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_d	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber: SNI 1726-2019 Halaman 72)

Waktu getar alami dari analisis ETABS

$$T_{cx} = 1,147 \text{ detik} \rightarrow \text{Periode 1 (UX Terbesar)}$$

$$T_{cy} = 1,827 \text{ detik} \rightarrow \text{Periode 2 (UY Terbesar)}$$

Menurut SNI 1726 2019 Pasal 7.8.2 hal.71-72

$$\text{Jika } T_c > T_{max} \quad \text{Maka } T = T_{max}$$

$$T_a < T_c < T_{max} \quad \text{Maka } T = T_c$$

$$T_c < T_a \quad \text{Maka } T = T_a$$

Maka digunakan :

$$T_{cx} = 1,147 \text{ detik}$$

$$T_{cy} = 1,827 \text{ detik}$$

11. Menentukan faktor R , C_d , Ω_0 Tabel 4.25 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik

C. Sistem rangka pemikul momen									
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB	
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5%	TB	TB	48	30	T1	
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4%	3	4	TB	TB	10"	T1"	T1"	
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3%	3	3	TB	TB	T1	T1	T1	
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB	
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	T1	T1	T1	
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	T1	T1	T1	T1	
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB	
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	T1	T1	T1	
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang persai pemikul momen	6	3	5%	48	48	30	T1	T1	
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	T1	T1	T1	T1	
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3%	3"	3%	10	10	10	10	10	

(Sumber: SNI 1726-2019 Pasal 7.2.2 Halaman 50)

Dari tabel diatas nilai R , C_d , Ω_0 adalah

Catatan : joint dinding geser terletak pada label warna hijau

Story	Joint Label	Load comb		Fx	Fy
				kN	kN
base	1	RSPX	Max	670,36	4,856
base	2	RSPX	Max	624,56	4,113
base	3	RSPX	Max	15,88	2,196
base	4	RSPX	Max	637,63	4,510
base	5	RSPX	Max	643,58	9,077
base	26	RSPX	Max	6,49	3,499
base	27	RSPX	Max	9,84	2,413
base	28	RSPX	Max	10,19	2,629
base	29	RSPX	Max	8,67	3,687
base	30	RSPX	Max	6,43	6,286
base	31	RSPX	Max	505,94	5,617
base	32	RSPX	Max	499,76	4,199
base	33	RSPX	Max	12,46	2,318
base	34	RSPX	Max	500,80	6,624
base	35	RSPX	Max	508,87	11,305
base	36	RSPX	Max	2,87	0,706
base	37	RSPX	Max	5,54	8,138
base	38	RSPX	Max	8,14	5,397
base	39	RSPX	Max	9,28	3,793
base	40	RSPX	Max	3,73	1,894
base	41	RSPX	Max	5,77	3,326
base	44	RSPX	Max	11,61	2,950
base	45	RSPX	Max	466,78	5,727
base	47	RSPX	Max	2,77	0,764
base	48	RSPX	Max	475,42	5,649
base	49	RSPX	Max	9,41	2,481
base	51	RSPX	Max	8,10	4,055
base	53	RSPX	Max	6,16	3,169
base	54	RSPX	Max	10,63	2,667
base	56	RSPX	Max	9,26	3,483
base	58	RSPX	Max	7,00	3,653
base	59	RSPX	Max	16,99	2,271
base	61	RSPX	Max	685,09	4,698
base	63	RSPX	Max	726,92	4,889
base	64	RSPX	Max	506,40	9,875
base	65	RSPX	Max	6,10	5,801
base	66	RSPX	Max	6,94	6,449
base	67	RSPX	Max	693,37	8,970
base	71	RSPX	Max	483,70	4,813
base	72	RSPX	Max	9,12	2,392
base	96	RSPX	Max	1,54	0,354
base	105	RSPX	Max	4,08	0,612
base	8	RSPX	Max	2,69	0,444
base	9	RSPX	Max	2,68	0,691
base	13	RSPX	Max	16,72	1,412
base	18	RSPX	Max	2,54	1,245
base	43	RSPX	Max	59,16	0,881
base	57	RSPX	Max	16,34	2,353
base	60	RSPX	Max	0,51	0,744
Total dinding				9297,2	90,72%
Total Rangka				950,7	9,28%
TOTAL				10247,83	

Kontribusi Rangka dan Dinding Geser

Tabel 4.49 joint design reaction

Load Case	Rangka	Dinding geser
RSPX MAX	9,28%	90,72%
RSPY MAX	51,43%	48,57%
Rata-Rata	30%	70%

Tabel 4.51 joint design reaction RSPY

Story	Joint Label	Load comb		Fx kN	Fy kN
base	1	RSPY	Max	68,08	296,743
base	2	RSPY	Max	47,11	297,734
base	3	RSPY	Max	1,11	174,850
base	4	RSPY	Max	62,93	299,208
base	5	RSPY	Max	47,96	297,534
base	26	RSPY	Max	0,10	218,099
base	27	RSPY	Max	0,19	217,658
base	28	RSPY	Max	0,16	214,381
base	29	RSPY	Max	0,17	219,518
base	30	RSPY	Max	0,22	216,905
base	31	RSPY	Max	10,49	340,983
base	32	RSPY	Max	35,49	332,931
base	33	RSPY	Max	10,49	185,408
base	34	RSPY	Max	175,45	398,949
base	35	RSPY	Max	222,18	396,857
base	36	RSPY	Max	0,12	58,659
base	37	RSPY	Max	1,96	254,386
base	38	RSPY	Max	6,02	287,085
base	39	RSPY	Max	0,62	254,693
base	40	RSPY	Max	0,23	150,159
base	41	RSPY	Max	0,66	256,300
base	44	RSPY	Max	1,04	195,605
base	45	RSPY	Max	20,80	349,267
base	47	RSPY	Max	0,28	62,059
base	48	RSPY	Max	77,46	344,306
base	49	RSPY	Max	0,89	205,359
base	51	RSPY	Max	0,62	216,178
base	53	RSPY	Max	0,33	213,689
base	54	RSPY	Max	0,48	213,008
base	56	RSPY	Max	0,52	216,720
base	58	RSPY	Max	0,34	214,495
base	59	RSPY	Max	1,05	188,626
base	61	RSPY	Max	61,60	300,807
base	63	RSPY	Max	40,25	300,540
base	64	RSPY	Max	58,89	343,966
base	65	RSPY	Max	0,36	214,136
base	66	RSPY	Max	0,37	213,735
base	67	RSPY	Max	59,96	295,798
base	71	RSPY	Max	14,43	370,972

4.2 Kombinasi Beban

Sesuai dengan peraturan SNI 1726-2019 Pasal 7.4.2 yang dimana telah ditetapkan bahwa dalam bangunan

terdapat pengaruh beban seismik, yaitu secara horizontal dan vertikal. Dalam penetapan beban gempa terdapat beberapa hal yang harus diperhitungkan kuat lebih sistem yang bekerja, seperti yang telah ditetapkan dalam peraturan SNI 1726-2019 Pasal 7.4.3.1.

Maka kombinasi pembebanan yang dipakai dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 LL + 1,2 RL + 0,5 Lr
- 1,2 D + 1 LL + 0,5 RL + 1,6 Lr
- 1,374 D + 1 LL + 0,5 RL + 0,39 Qx + 1,3 Qy
- 1,294 D + 1 LL + 0,5 RL - 0,39 Qx + 1,3 Qy
- 1,106 D + 1 LL + 0,5 RL + 0,39 Qx - 1,3 Qy
- 1,026 D + 1 LL + 0,5 RL - 0,39 Qx - 1,3 Qy
- 1,374 D + 1 LL + 0,5 RL + 1,3 Qx + 0,39 Qy
- 1,106 D + 1 LL + 0,5 RL - 1,3 Qx + 0,39 Qy
- 1,294 D + 1 LL + 0,5 RL + 1,3 Qx - 0,39 Qy
- 1,026 D + 1 LL + 0,5 RL - 1,3 Qx - 0,39 Qy
- 0,726 D + 0,39 Qx + 1,3 Qy
- 0,806 D - 0,39 Qx + 1,3 Qy
- 0,994 D + 0,39 Qx - 1,3 Qy
- 1,074 D - 0,39 Qx - 1,3 Qy
- 0,726 D + 1,3 Qx + 0,39 Qy
- 0,994 D - 1,3 Qx + 0,39 Qy
- 0,806 D + 1,3 Qx - 0,39 Qy
- 1,074 D - 1,3 Qx - 0,39 Qy

4.3 Kontrol Nilai Gaya Geser Dasar (Base Share) Metode Dinamis

Dalam perencanaan Gedung Fakultas Kedokteran Gigi ini menggunakan gaya gempa dinamis, yang dimana gaya gempa statis digunakan untuk kontrol konfigurasi. Berikut adalah tabel nilai dari beban gempa statis dan dinamis

Tabel 4.47 Nilai gaya geser dasar (Base Share)

Tipe Beban Gempa		Fx Kn	Fy Kn
Statis	User Load EQx	7829,03	0,000
	User Load EQy	0,000	10858,79
Dinamis	Respon Spektrum X (RSPx)	5742,3506	107,7552
	Respon Spektrum Y (RSPy)	32,326	1739,1366

(Sumber: Output ETABS 2018)

Setelah mengetahui nilai dari setiap tipe beban, maka dilakukan kontrol konfigurasi sebagai berikut :

Tabel 4.48 Cek konfigurasi V Dinamis $\geq$ V Statis

Arah	V Dinamis	V Statis	Keterangan
X	5742,3506	7829,03	Tidak Memenuhi
Y	1739,1366	10858,79	Tidak Memenuhi

(Sumber: Output ETABS 2018)

Setelah dilakukan penskalaan gaya maka dilanjutkan dengan menginput faktor skala baru pada program bantu ETABS dan melakukan analisis ulang beban gempa dinamis. Setelah dilakukan analisa ulang maka didapatkan gaya geser dasar baru seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 4.49 Hasil perhitungan gaya geser dasar baru

Tipe Beban Gempa		Fx Kn	Fy Kn
Statis	User Load EQx	7829,03	0,000
	User Load EQy	0,000	10858,79
Dinamis	Respon Spektrum X (RSPx)	7829,0151	146,9115
	Respon Spektrum Y (RSPy)	201,8366	10858,8

Tabel 4.50 Kontrol nilai gaya geser dasar baru

Arah	V Dinamis	V Statis	Keterangan
X	7829,0151	7829,03	Memenuhi
Y	10858,8	10858,79	Memenuhi

4.4 Kontrol simpangan

Kontrol desain struktur dilakukan terhadap pengecekan batas simpangan antar lantai yang diatur dalam SNI 1726-2019 Pasal 7.8.6 Hal. 75, sedangkan besar batas simpangan antar lantai tingkat tertera pada SNI 1726 2019 Pasal 7.12.1 dan 7.12.2

Tabel 4.51 Kontrol simpangan arah X

No	Story	h _{xx} mm	δ _e mm	Δ mm	Δ _i mm	Δ _{ijin} mm	Kontrol Δ _i ≤ Δ _{ijin}
1	Atap Lift	1800	10,874	39,871	5,441	27,000	Memenuhi
2	Atap	4000	12,358	45,313	50,677	60,000	Memenuhi
3	Lantai 7	4000	26,179	95,990	42,181	60,000	Memenuhi
4	Lantai 6	4000	37,683	138,171	28,736	60,000	Memenuhi
5	Lantai 5	4000	45,52	166,907	0,187	60,000	Memenuhi
6	Lantai 4	4000	45,469	166,720	59,973	60,000	Memenuhi
7	Lantai 3	4000	25,84	94,747	58,463	60,000	Memenuhi
8	Lantai 2	5000	10,913	40,014	40,014	75,000	Memenuhi
9	Lantai 1	650	0	0,000	0,000	9,750	Memenuhi

Tabel 4.52 Kontrol simpangan arah Y

No	Story	h _{xy} mm	δ _e mm	Δ mm	Δ _i mm	Δ _{ijin} mm	Kontrol Δ _i ≤ Δ _{ijin}
1	Atap Lift	1800	69,972	256,564	12,291	27,000	Memenuhi
2	Atap	4000	73,324	268,855	52,276	60,000	Memenuhi
3	Lantai 7	4000	87,581	321,130	35,347	60,000	Memenuhi
4	Lantai 6	4000	77,941	285,784	34,511	60,000	Memenuhi
5	Lantai 5	4000	68,529	251,273	61,945	60,000	Memenuhi
6	Lantai 4	4000	51,635	189,328	67,316	60,000	Memenuhi
7	Lantai 3	4000	33,276	122,012	79,959	60,000	Memenuhi
8	Lantai 2	5000	11,469	42,053	42,053	75,000	Memenuhi
9	Lantai 1	650	0	0,000	0,000	9,750	Memenuhi

4.5 Pengaruh P-delta

Pengaruh P-delta paa geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari : 0,10

Tabel 4.53 Pengaruh P-delta arah X

No	Story	Px Kn	h _{xx} mm	Δ _i Kn	Vx Kn	θ _i Kn	θ _{maks}	Keterangan
1	Atap lift	677,114	1800	5,441	140,400	0,004	0,1	Stabil
2	Atap	10434,678	4000	50,677	2243,540	0,016	0,1	Stabil
3	Lantai 7	34652,646	4000	42,181	4985,630	0,020	0,1	Stabil
4	Lantai 6	58141,509	4000	28,736	3955,255	0,029	0,1	Stabil
5	Lantai 5	80342,955	4000	0,187	8538,140	0,000	0,1	Stabil
6	Lantai 4	103480,18	4000	71,973	5337,807	0,095	0,1	Stabil
7	Lantai 3	127161,88	4000	58,463	5659,872	0,090	0,1	Stabil
8	Lantai 2	151732,71	5000	40,014	5815,028	0,057	0,1	Stabil

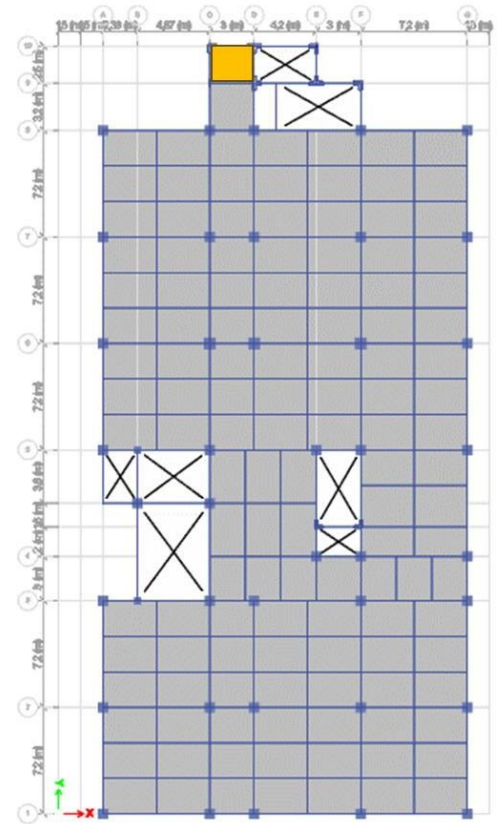
Tabel 4.54 Pengaruh P-delta arah Y

No	Story	Px Kn	h _{xx} mm	Δ _i Kn	Vy Kn	θ _i Kn	θ _{maks}	Keterangan
1	Atap lift	677,114	1800	12,291	183,014	0,007	0,1	Stabil
2	Atap	10434,7	4000	52,276	2941,744	0,013	0,1	Stabil
3	Lantai 7	34652,6	4000	35,347	6622,824	0,013	0,1	Stabil
4	Lantai 6	58141,5	4000	34,511	9724,494	0,014	0,1	Stabil
5	Lantai 5	80343,0	4000	61,945	11582,844	0,029	0,1	Stabil
6	Lantai 4	103480,2	4000	67,316	12963,314	0,037	0,1	Stabil
7	Lantai 3	127161,9	4000	79,959	13645,8	0,051	0,1	Stabil
8	Lantai 2	151732,7	5000	42,053	14116,43	0,025	0,1	Stabil

4.1 Perhitungan Penulangan Struktur

4.1.1 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

4.5.1 Penulangan Balok B43 (400 x 800 mm) tumpuan kiri



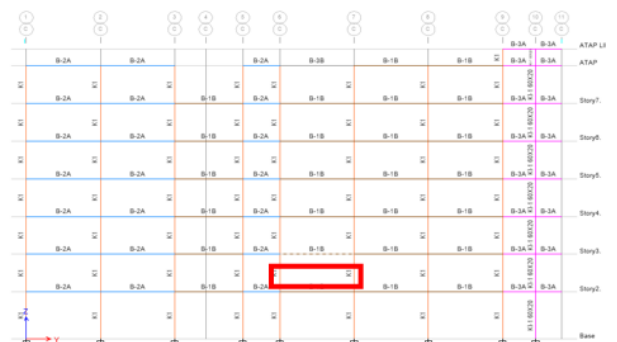
Untuk momen didapat dari etaps untuk momen arah x digunakan M11 sedangkan untuk arah y digunakan M22 (untuk nilainya bisa dilihat pada lampiran).

Beban pelat lantai

- Beban Mati
- Berat ME = 0,19 kNm²
- Berat Keramin (10mm spesi = 0,26 kNm²
- Berat spesi ($t = 25 \text{ mm}$) = 0,58 kNm²

Berat plafond +Rangka = 0,17 kNm²

Total = 1,96 kNm²



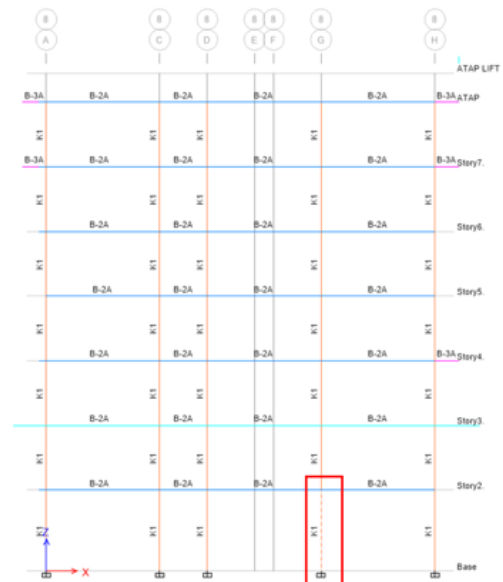
Tabel. Penulangan pelat yang digunakan

Pelat A	Tul. Utama Plat arah x			Tul. Utama Plat arah y		
	Tulangan	As ada		Tulangan	As ada	
Tumpuan	Ø 10	- 100	2355,0 mm ²	Ø 10	- 100	2355 mm ²
Lapangan	Ø 10	- 100	2355,0 mm ²	Ø 10	- 100	2355 mm ²
Tul bagi	Ø 8	- 600	251,2 mm ²	Ø 8	- 600	251 mm ²

Gambar .13 Penulangan pelat dengan tulangan biasa

Data-data perencanaan:

Lebar Balok (bw)	: 400 mm
Tinggi Balok (h)	: 800 mm
Selimut beton (sb)	: 40 mm
Mutu beton f_c'	: 30 Mpa
Fy ulir	: 420 Mpa
Fy sengkang polos	: 280 Mpa
Modulus elastisitas baja (E_s)	: 200000 Mpa
Diameter tul. Pokok (D)	: 19 mm
Diameter tul. Sengkang (ϕ)	: 12 mm
Bentang Balok (L balok)	: 7200 mm
Bentang bersih Balok (L_n balok)	: 6400 mm
Tebal pelat (hf)	: 125 mm



Arah Gempa	Geser Gempa V_n (N)	Tumpuan Kiri		Cek syarat V_n (akibat Mpr) $\geq 0,5 V_e$
		V_e (N)	$1/2 V_e$ (N)	
Kiri	197.686,20	279.945,49	139.972,74	Memenuhi
Kanan	187.798,02	115.426,91	57.713,45	Memenuhi
Arah Gempa	Geser Gempa V_n (N)	Tumpuan Kanan		Cek syarat V_n (akibat Mpr) $\geq 0,5 V_e$
		V_e (N)	$1/2 V_e$ (N)	
Kiri	197.686,20	105.538,73	52.769,36	Memenuhi
Kanan	187.798,02	270.057,31	135.028,65	Memenuhi

Data - data perencanaan :

Lebar Kolom (bw)	: 800 mm
Tinggi Kolom (h)	: 800 mm
Selimut beton (sb)	: 40 mm
Mutu beton f_c'	: 30 Mpa
f_y ulir	: 420 Mpa
f_y sengkang polos	: 280 Mpa
Modulus elastisitas baja (E_s)	: 200000 Mpa
Diameter tul. Pokok (D)	: 24 mm
Diameter tul. Sengkang (D)	: 13 mm
Tinggi Lantai (h lantai)	: 4000 mm
Tinggi Balok (h balok)	: 700 mm
Tinggi bersih kolom (h_n kolom)	: 3300 mm
V_u Maks	: 591,8221 kN
P_u Maks	: 2265,820 kN

4.1.1 Penulangan Kolom C67 (800 x 800 mm)

Tabel 4.56 Koordinat Diagram Interaksi Formasi Tulangan 20 D22

Kondisi	20 D 22	
	ϕP_n (Kn)	ϕM_n (Kn)
Sentris	10045,218	0,000
Patah Desak	5458,643	1498,460
Balance	4887,863	1531,169
Patah Tarik	4432,629	1517,297
Lentur Murni	0,000	721,319

Tabel 4.57 Koordinat Diagram Interaksi Formasi Tulangan 24 D22

Kondisi	24 D 22	
	ϕP_n (Kn)	ϕM_n (Kn)
Sentris	10356,981	0,000
Patah Desak	6270,175	1524,683
Balance	4910,412	1624,914
Patah Tarik	4432,629	1613,021
Lentur Murni	0,000	852,702

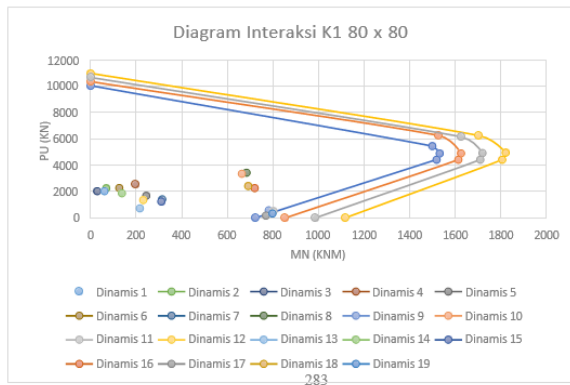
Tabel 4.58 Koordinat Diagram Interaksi Formasi Tulangan 28 D22

Kondisi	28 D 22	
	ϕP_n (Kn)	ϕM_n (Kn)
Sentris	10668,745	0,000
Patah Desak	6166,684	1624,042
Balance	4932,960	1719,149
Patah Tarik	4432,629	1709,277
Lentur Murni	0,000	984,689

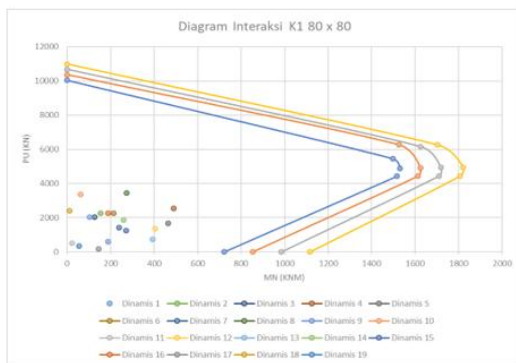
Tabel 4.59 Koordinat Diagram Interaksi Formasi Tulangan 32 D22

Kondisi	32 D 22	
	ϕP_n (Kn)	ϕM_n (Kn)
Sentris	10980,509	0,000
Patah Desak	6258,553	1702,237
Balance	4955,509	1820,415
Patah Tarik	4432,629	1805,864
Lentur Murni	0,000	1115,991

Arah X



Arah Y



Dari diagram interaksi diatas dapat dilihat bahwa P dan M pada kolom yang ditinjau masuk ke dalam area 24 D 22.

4.10.11 Desain Penulangan Transversal Kolom

Data - data perencanaan :

Lebar Kolom (bw)	:	800	mm
Tinggi Kolom (h)	:	800	mm
Selimut beton (sb)	:	40	mm
Mutu beton f_c'	:	30	Mpa
f_y ulir	:	420	Mpa
f_y sengkang polos	:	280	Mpa
Modulus elastisitas baja (E_s)	:	200000	Mpa
Diameter tul. Pokok (D)	:	22	mm
Diameter tul. Sengkang (D)	:	13	mm
Tinggi Lantai (h lantai)	:	5000	mm
Tinggi Balok (h balok)	:	800	mm
Tinggi bersih kolom (h_n kolom)	:	4200	mm
N_u	:	4910,4	kN

4.10.11 Persyaratan Strong Column WeakBeam

Sesuai persyaratan di SNI 2847 - 2019 Pasal 18.7.3.2 kekuatan lentur kolom harus memenuhi $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$. Kekuatan lentur kolom (M_{nc}) harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang konsisten terhadap arah gempa yang ditinjau yang menghasilkan kekuatan lentur terendah. Kontrol desain kapasitas :

a. Momen pada kolom

$$\begin{aligned} \delta_s M_{nc} \text{ atas} &= M_{nc} \text{ atas} \times \delta_s \\ &= 1624913926 \times 1,121 \\ &= 1820805705 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_s M_{nc} \text{ bawah} &= M_{nc} \text{ bawah} \times \delta_s \\ &= 1624913926 \times 1,121 \\ &= 1820805705 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nc} &= M_{nc} \text{ atas} + M_{nc} \text{ bawah} \\ &= 1820805705 + 1820805705 \\ &= 3641611411 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

b. Momen pada balok

$$\begin{aligned} M^+ &= 680.828.428 \text{ Nmm} \\ M^- &= 649.322.839 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nb} &= 680.828.428 + 649.322.839 \\ &= 1330151267,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,2 \Sigma M_{nb} &= 1,2 \times 1330151267,2 \\ &= 1596181520,7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kontrol persyaratan :

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

$$3642706098 \text{ Nmm} \geq 1596181520,7 \text{ Nmm}$$

$$3642,706098 \text{ Knm} \geq 1596,182 \text{ kNm} \quad \text{AMAN}$$

Dari analisa diatas, kita tahu bahwa persyaratan desain kapasitas " Column Weak Beam" Terpenuhi

4.10.11 Penulangan Hubungan Balok Kolom (Joint)

Data-data perencanaan:

F_c'	= 30 Mpa
F_y ulir	= 420 Mpa
Tinggi kolom (h kolom)	= 800 mm
Lebar kolom (b kolom)	= 800 mm
Tinggi Lantai	= 4000 mm
Tinggi bersih kolom (h _n)	= Tinggi lantai – h Balok
	= 4000 mm – 700 mm
	= 3300 mm
Mpr (+) Balok	= 434.722.201 Nmm
Mpr (-) Balok	= 703421649,804 Nmm
Nu (aksial terfaktor maks)	= 3609230 N

Tulangan yang terpasang pada balok

- Balok sisi atas : 7 D 22

$$\begin{aligned} \text{As tulangan atas} &= n \text{ tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 2659,58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$
- Balok sisi bawah : 7 D 22

$$\begin{aligned} \text{As tulangan bawah} &= n \text{ tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \end{aligned}$$

a. Penulangan Geser Horizontal (arah x – x)

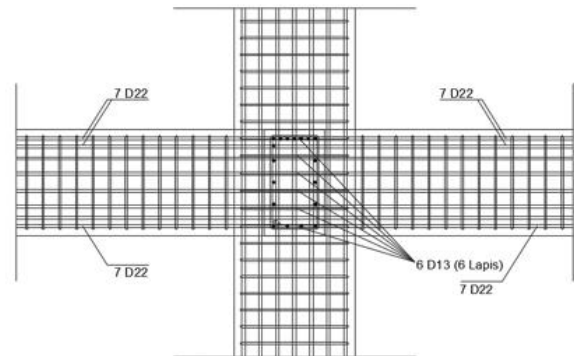
Dicoba dipasang tulangan geser horizontal sebagai berikut : 6 Lapis 6 kaki D 13 mm

b. Penulangan Geser Horizontal (arah x – x)

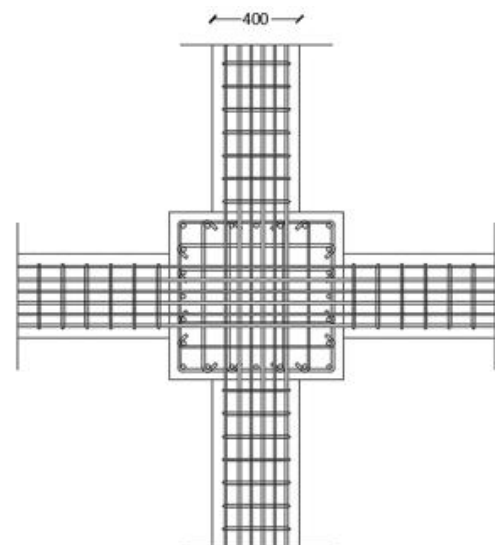
Dicoba dipasang tulangan geser horizontal sebagai berikut : 6 Lapis 6 kaki D 13 mm

(Cukup Menggunakan Tulangan Longitudinal Kolom)

tulangan longitudinal kolom > $A_{j,v}$ yang dibutuhkan, sehingga tidak diperlukan lagi tulangan geser vertikal karena sudah ditahan oleh tulangan longitudinal kolom yang terpasang.

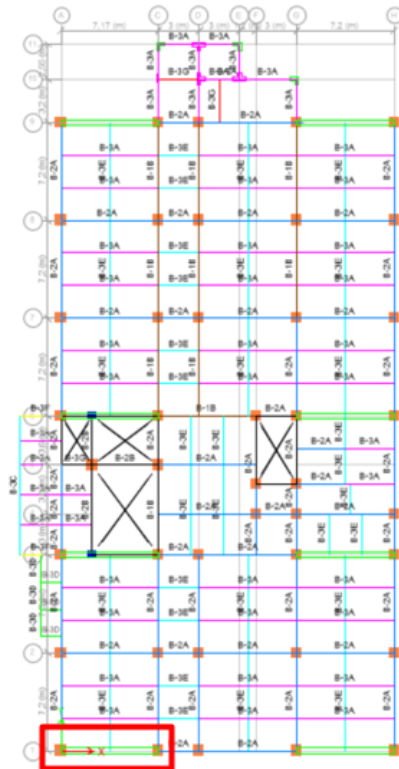


Gambar 4.55 Tampak Samping HBK



Gambar 4.56 Tampak Atas HBK

4.11 Perhitungan Penulangan Dinding Geser



Gambar 4.39 Penulangan dinding geser yang ditinjau

Data perencanaan :

b dinding geser	=	400	mm
l dinding geser	=	7200	mm
D.Tul sengkang	=	13	mm
D. Tul.Pokok	=	22	mm
Selimut Beton	=	40	mm
Mutu Beton f'c	=	30	MPa
Fy pokok	=	420	MPa
Fy sengkang	=	280	MPa
T dinding geser	=	5000	mm
T dinding geser bersih	=	5000	mm
β_1	=	0,8	
Es	=	200000	Mpa

Data perhitungan dari Etabs :

Dinding Geser pada lantai 1

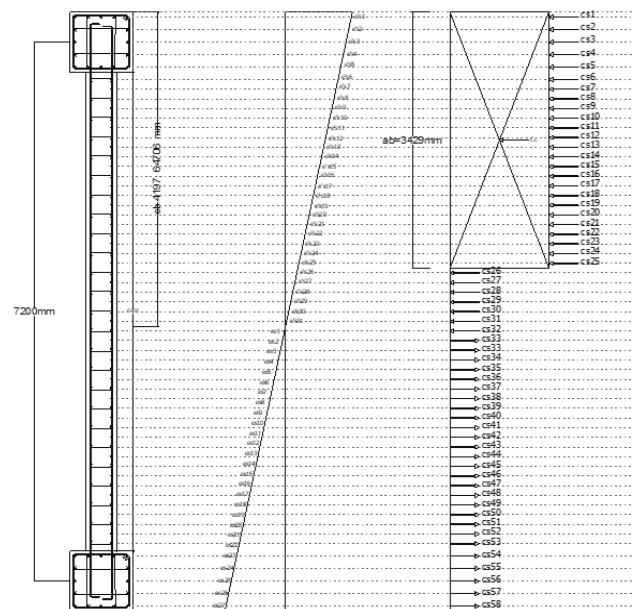
Pu maks	=	41626,6 kN	} (Lampiran)
Mux maks	=	129347 kN.m	
Muy maks	=	97529,2 kN.m	
Vux maks	=	9769,58 kN	
Vuy maks	=	3183,25 kN	

Perhitungan jarak tulangan :

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26	Baris Tul.	As	Jarak ke serat atas	
	1	1520,5	64	
	2	760,27	239,00	
	3	760,27	461,00	
	4	1520,5	636,00	
	5	760,27	711,00	
	6	760,27	861,00	
	7	760,27	1011,00	
	8	760,27	1161,00	
	9	760,27	1311,00	
	10	760,27	1461,00	
	11	760,27	1611,00	
	12	760,27	1761,00	
	13	760,27	1911,00	
	14	760,27	2061,00	
	15	760,27	2211,00	
	16	760,27	2361,00	
	17	760,27	2511,00	
	18	760,27	2661,00	
	19	760,27	2811,00	
	20	760,27	2961,00	
	21	760,27	3111,00	
	22	760,27	3261,00	
	23	760,27	3411,00	
	24	760,27	3561,00	
	25	760,27	3711,00	
	26	760,27	3861,00	
		27	760,27	4011,00
		28	760,27	4161,00
		29	760,27	4311,00
	30	760,27	4461,00	

	Baris Tul.	As	Jarak ke serat atas
27	31	760,27	4611,00
28	32	760,27	4761,00
29	33	760,27	4911,00
30	34	760,27	5061,00
31	35	760,27	5211,00
32	36	760,27	5361,00
33	37	760,27	5511,00
34	38	760,27	5661,00
35	39	760,27	5811,00
36	40	760,27	5961,00
37	41	760,27	6111,00
38	42	760,27	6261,00

39	43	760,27	6411,00
40	44	760,27	6561,00
41	45	760,27	6711,00
42	46	760,27	6861,00
43	47	760,27	7011,00
44	48	760,27	7161,00
45	49	760,27	7311,00
46	50	760,27	7461,00
47	51	760,27	7611,00
48	52	760,27	7761,00
49	53	760,27	7914,00
4	54	1520,5	8064,00
3	55	760,27	8239,00
2	56	760,27	8461,00
1	57	1520,5	8636,00



c. Kondisi Sentris

$$P_o = 0,85 F_c' [A_g - A_s] + f_y A_s$$

$$= 0,85 30 \left[2880000 - 46394,9 \right] + 420 \times 46395$$

$$= 91742,7711 \text{ kN}$$

$$P_n = 0,8 \times P_o$$

$$= 0,8 \times 91742,77114$$

$$= 73394,2169 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 73394,21691$$

$$= 47706,241 \text{ kN}$$

d. Kondisi Seimbang

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$c_b = \frac{600 \times d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 7136}{600 + 420} = 4197,6471$$

$$a_b = c_b \beta_1$$

$$= 4197,6 \times 0,8357$$

$$= 3508,0336 \text{ mm}$$

Gambar 4.40 Diagram Tegangan dan Regangan Dinding Geser Kondisi Seimbang

Menghitung Regangan Tulangan

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{200000}$$

$$= 0,0021$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c_b - d'}{c_b} \times 0,003$$

$$= \frac{4197,6 - 64}{4197,647059} \times 0,003$$

$$= 0,0029543 > 0,0021$$

ϵ_y ; maka yang di ambil : f_y ulir

$$F_s = 0,003 E_s$$

$$= 0,003 200000$$

$$= 590,85 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

Menghitung Jarak Gaya Terhadap h/2

$$H/2 = 3600 \text{ mm}$$

$$ZC_c = h/2 - ab/2$$

$$= 3600 - 1754,02$$

$$= 1846,0 \text{ mm}$$

$$ZC_1 = h/2 - d'$$

$$= 3600 - 64$$

$$= 3536 \text{ mm}$$

Tabel 4.214 Tabel Nilai Pn Pier Arah x Kondisi Seimbang

X	εs	Jarak	fs	As	Cs	Ts
1	0,0021	64	420	1520,5	638,622955	
2	0,0021	239	420	760,27	319,311477	
3	0,0021	461	420	760,27	319,311477	
4	0,0021	636	420	1520,5	638,622955	
5	0,0021	711	420	760,27	319,311477	
6	0,0021	861	420	760,27	319,311477	
7	0,0021	1011	420	760,27	319,311477	
8	0,0021	1161	420	760,27	319,311477	
9	0,002063047	1311	412,6093049	760,27	313,692587	
10	0,001955844	1461	391,168722	760,27	297,392054	
11	0,001848641	1611	369,728139	760,27	281,09152	
12	0,001741438	1761	348,2875561	760,27	264,790986	
13	0,001634235	1911	326,8469731	760,27	248,490452	
14	0,001527032	2061	305,4063901	760,27	232,189918	
15	0,001419829	2211	283,9658072	760,27	215,889384	
16	0,001312626	2361	262,5252242	760,27	199,58885	
17	0,001205423	2511	241,0846413	760,27	183,288317	
18	0,00109822	2661	219,6440583	760,27	166,987783	
19	0,000991017	2811	198,2034753	760,27	150,687249	
20	0,000883814	2961	176,7628924	760,27	134,386715	
21	0,000776612	3111	155,3223094	760,27	118,086181	
22	0,000669409	3261	133,8817265	760,27	101,785647	
23	0,000562206	3411	112,4411435	760,27	85,4851134	
24	0,000455003	3561	91,00056054	760,27	69,1845796	
25	0,0003478	3711	69,55997758	760,27	52,8840457	
26	0,000240597	3861	48,11939462	760,27	36,5835119	
27	0,000133394	4011	26,67881166	760,27	20,282978	
28	2,61911E-05	4161	5,2382287	760,27	3,98244415	
29	8,10118E-05	4311	16,20235426	760,27	12,3180897	
30	0,000188215	4461	37,64293722	760,27	28,6186236	
31	0,000295418	4611,0	59,08352018	760,27	44,9191574	
32	0,000402621	4761,0	80,52410314	760,27	61,2196913	
33	0,000509823	4911,0	101,9646861	760,27	77,5202251	
34	0,000617026	5061,0	123,4052691	760,27	93,820759	
35	0,000724229	5211,0	144,845852	760,27	110,121293	
36	0,000831432	5361,0	166,286435	760,27		126,421827
37	0,000938635	5511,0	187,7270179	760,27		142,722361
38	0,001045838	5661,0	209,1676009	760,27		159,022894
39	0,001153041	5811,0	230,6081839	760,27		175,323428
40	0,001260244	5961,0	252,0487668	760,27		191,623962
41	0,001367447	6111,0	273,4893498	760,27		207,924496
42	0,00147465	6261,0	294,9299327	760,27		224,22503
43	0,001581853	6411,0	316,3705157	760,27		240,525564
44	0,001689055	6561,0	337,8110987	760,27		256,826098
45	0,001796258	6711,0	359,2516816	760,27		273,126631
46	0,001903461	6861,0	380,6922646	760,27		289,427165
47	0,002010664	7011,0	402,1328475	760,27		305,727699
48	0,0021	7161,0	420	760,27		319,311477
49	0,0021	7311,0	420	760,27		319,311477
50	0,0021	7461,0	420	760,27		319,311477
51	0,0021	7611,0	420	760,27		319,311477
52	0,0021	7761,0	420	760,27		319,311477
53	0,0021	7914,0	420	760,27		319,311477
54	0,0021	8064,0	420	1520,5		638,622955
55	0,0021	8239,0	420	760,27		319,311477
56	0,0021	8461,0	420	760,27		319,311477
57	0,0021	8636,0	420	1520,5		638,622955
Jumlah					6798,40293	6424,63488

Tabel 4.215 Nilai Mn Pier Arah X Kondisi Seimbang

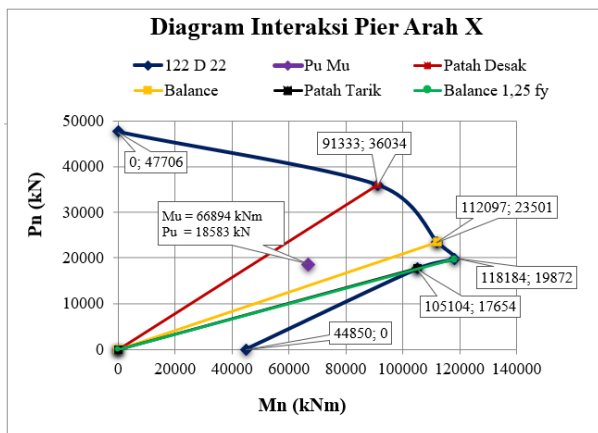
X	Cs	Ts	y	Cs. Jarak	Ts. Jarak
cc	35781,94	0	1845,98	66052865,1	0
1	638,623	0	1936	1236374,04	0
2	319,3115	0	1761	562307,512	0
3	319,3115	0	1539	491420,364	0
4	638,623	0	1364	871081,71	0
5	319,3115	0	1289	411592,494	0
6	319,3115	0	1139	363695,773	0
7	319,3115	0	989	315799,051	0
8	319,3115	0	839	267902,329	0
9	313,6926	0	689	216134,193	0
10	297,3921	0	539	160294,317	0
11	281,0915	0	389	109344,601	0
12	264,791	0	239	63285,0456	0
13	248,4905	0	89	22115,6502	0
14	232,1899	0	61	14163,585	0
15	215,8894	0	211	45552,6601	0
16	199,5889	0	361	72051,575	0
17	183,2883	0	511	93660,3298	0
18	166,9878	0	661	110378,924	0
19	150,6872	0	811	122207,359	0
20	134,3867	0	961	129145,633	0
21	118,0862	0	1111	131193,747	0
22	101,7856	0	1261	128351,701	0
23	85,48511	0	1411	120619,495	0
24	69,18458	0	1561	107997,129	0
25	52,88405	0	1711	90484,6022	0
26	36,58351	0	1861	68081,9156	0
27	20,28298	0	2011	40789,0688	0
28	3,982444	0	2161	8606,06182	0
29	12,31809	0	2311	28467,1053	0
30	28,61862	0	2461	70430,4326	0
31	44,91916	0	2611	117283,92	0
32	61,21969	0	2761	169027,568	0
33	77,52023	0	2911	225661,375	0
34	93,82076	0	3061	287185,343	0
35	110,1213	0	3211	353599,471	0
36	0	126,42	3361	0	424903,76
37	0	142,72	3511	0	501098,208
38	0	159,02	3661	0	582182,816
39	0	175,32	3811	0	668157,585
40	0	191,62	3961	0	759022,514
41	0	207,92	4111	0	854777,603
42	0	224,23	4261	0	955422,852
43	0	240,53	4411	0	1060958,26
44	0	256,83	4561	0	1171383,83
45	0	273,13	4711	0	1286699,56
46	0	289,43	4861	0	1406905,45
47	0	305,73	5011	0	1532001,5
48	0	319,31	5161	0	1647966,53
49	0	319,31	5311	0	1695863,26
50	0	319,31	5461	0	1743759,98
51	0	319,31	5611	0	1791656,7
52	0	319,31	5761	0	1839553,42
53	0	319,31	5914	0	1888408,08
54	0	638,62	6064	0	3872609,6
55	0	319,31	6239	0	1992184,31
56	0	319,31	6461	0	2063071,45
57	0	638,62	6636	0	4237901,93
Jumlah				72427496	33976489,2
				106403,9852	KNm

Tabel 4.2 : Nilai ϕ Pn dan ϕ Mn Perhitungan

Tabel 4.224 Koordinat diagram interaksi pier arah X

Kondisi	122 D 22	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	47706,241	0
Patah Desak	36033,5846	91332,80826
Balance	23501,2121	112096,9527
Balance 1,25 fy	19872,1274	118184,3655
Patah Tarik	17654,444	105103,9179
Lentur	0	

Sumber : Perhitungan

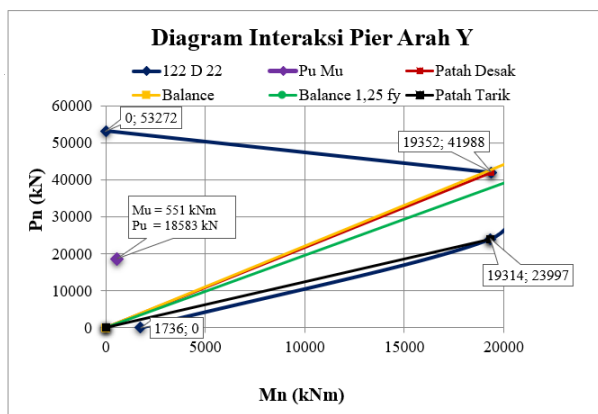


Gambar 4.44 Diagram interaksi pier untuk arah X

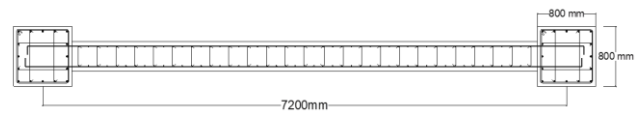
Tabel 4.235 Nilai ϕ Pn dan ϕ Mn Perhitungan

Kondisi	122 D 22	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	53271,6118	0
Patah Desak	41988,454	19351,90
Balance	46463,5187	20979,29952
Balance 1,25 fy	41108,7792	20955,97401
Patah Tarik	23996,8884	19313,70633
Lentur	0	1736,10144

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.45 Diagram interaksi pier untuk arah Y



Gambar 4.41 Luas penampang dinding geser

BAB VI KESIMPULAN

5.1 Berdasarkan hasil Studi Perencanaan Struktur Atas Gedung Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Menggunakan Sistem Ganda yang mengacu pada SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019 dengan analisa yang dilakukan menggunakan ETABS v18.1.1, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dimensi penampang diperoleh:

Balok
Balok B1 400/800
Kolom
Kolom K1 800x800

2. Simpangan antar lantai akibat beban gempa dinamis arah x dan y didapatkan terbesar (75,00 mm). Nilai simpangan terbesar masih dibawah batas ijin sesuai SNI 1726-2019

3 Hasil Penulangan yang didapatkan:

Penulangan Balok B1 dengan penampang 400mm x 800mm (B43 lantai 3)

a. Tulangan logitudinal

- tumpuan Kiri dan Kanan
 - Tulangan atas = 6 D 19
 - Tulangan bawah 4 D 19
- Lapangan Tulangan atas = 4 D 19
 - Tulangan bawah 6 D 19
- Tulangan Transversal
 - Daerah sendi plastis = 2 D 13-100
 - Daerah luar sendi plastis = 2 D 13 150
 - Tulangan samping 4 D 19

b. Penulangan Kolom

Kolom yang ditinjau adalah kolom K1 (C 67) 800 X 800

- Tulangan longitudinal = 28 D 24
- Tulangan Transversal
- Daerah sendi plastis = 6 D 13 – 120
- Daerah luar sendi plastis = 4 D 13-150

c. Penulangan dinding geser (shear wall)

Dinding geser yang di tinjau yang ditinjau adalah W2 dengan bentang 7200 mm

- Tulangan longitudinal = 122 D 25
- Daerah sendi plastis = 6 D 13 – 120
- Daerah luar sendi plastis = 4 D 13-150

d. Penulangan Hubungan Balok Kolom
Pada hubungan balok dan kolom yang ditinjau terkekang 4 sisi yang membutuhkan pengekang horizontal 5 D 13 (7 lapis). Untuk pengekang vertikal tidak membutuhkan tulangan pengekang karena tulangan longitudinal kolom 28 D 25 mampu menahan geser vertikal Hubungan Balok Kolom

5.2 Adapun saran dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Lebih memperdalam penggunaan SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019 dengan memperhatikan poin-poin penting dalam mendesain sebuah struktur bertingkat tinggi.
2. Mempelajari konsep-konsep struktur yang diterapkan dilapangan.
3. Lebih teliti dalam perhitungan beban pada struktur yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2017). *Baja Tulangan Beton*. jakarta:badan standarisasi nasional.

Anonim. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. jakarta:badan standarisasi nasional.

Anonim. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. jakarta:badan standarisasi nasional.

Anonim. (2020). *Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. jakarta:badan standarisasi nasional.

Irawan, J., Santosa, A. A., & Kartika, D. D. (2020). Alternatif Perencanaan Struktur Atas Gedung Apartemen Begawan Malang Menggunakan Srpm Dan Dinding Geser. *Student Journal GELAGAR*, 2(2), 292–302.

Khotimah Handayani, N., Setiawan, B., Nurchasanah, Y., Teknik Sipil, P., Teknik, F., Muhammadiyah Surakarta Jl Ahmad Yani, U., & Tengah, J. (2022). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2022 PERENCANAAN DINDING GESER PADA GEDUNG KULIAH 7 LANTAI DENGAN SISTEM GANDA*. 9–15.

Rahayu, T. (2021). *Perencanaan Apartemen 10 Lantai Dengan Sistem Ganda Srpmk Dan Shearwall Untuk Kota Cianjur*. *Jurnal Momen Teknik Sipil*, 4(01), 10. <https://doi.org/10.35194/momen.v4i01.1567>

Saktiawan, P., Priskasari, E., & Erfan, M. (2021). *Studi Perencanaan Struktur Atas Gedung Menggunakan Sistem Ganda (Dual System)*. *Student Journal ...*, 3(1), 52–60.