

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek pembangunan rumah susun kepolisian daerah Sumatera Barat merupakan proyek yang bertujuan untuk memberikan fasilitas berupa tempat tinggal yang diperuntukkan untuk Polda serta untuk memenuhi kebutuhan Polda Sumatera Barat dengan tempat tinggal yang layak huni dengan ketersediaan lahan di Kota Padang, rumah susun Polda tersebut berada di Jl. Aspol Lolong Flamboyan Baru, Kec. Padang Barat, Kota Padang. Pembangunan rusun ini sangat membantu Polda Sumatera Barat karena untuk mendapatkan tempat tinggal di Kota cukup sulit terkait dengan banyaknya dari Polda, rusun ini diharapkan dapat memudahkan Polda Sumatera Barat terkait kebutuhan tempat tinggal.

Dalam bidang teknik konstruksi telah banyak mengalami kemajuan yang pesat. Berbagai metode rakayasa dan jenis konstruksi yang telah banyak digunakan untuk merencanakan suatu konstruksi bangunan, seperti beton pracetak, beton prategang dan beton bertulang. Salah satu metode perencanaan konstruksi agar menjadi lebih efisien dalam pelaksanaannya adalah menggunakan sistem *flat slab* (tanpa balok). Sistem ini relatif masih baru di Indonesia karena aplikasinya masih sedikit dibandingkan sistem konvensional.

Flat slab ini merupakan jenis flat lantai yang pemasangannya tanpa memakai balok secara langsung yang ditumpu oleh pondasi maupun kolom, maka bagian kritis sekitar kolom penumpu perlu dipertebal guna memberikan perkuatan pada gaya geser dan lentur pada flat.

Flat slab memiliki keunggulan dari pada sistem struktur lainnya, diantaranya :

1. Fleksibilitas terhadap tata ruang,
2. Waktu pelaksanaan pengerjaan yang cenderung lebih pendek, hal ini karena pada proses pekerjaan pengecoran plat bisa langsung dilaksanakan tanpa harus mengecor balok lebih dulu,
3. Hemat pada kebutuhan bekisting,
4. Mengurangi tinggi bangunan, tinggi ruang bebas lebih besar dikarenakan tidak adanya pengurangan akibat struktur balok dan komponen struktur pendukung struktur lainnya.
5. Tulangan yang digunakan bisa dengan tulangan fabrikasi yang lebih praktis.

Flat slab ini juga memiliki kekurangan pada sistem struktur yaitu :

1. Kemampuan menahan beban berkurang karena tidak adanya balok- balok disepanjang garis kolom.
2. Dapat menyebabkan keruntuhan pons karena besarnya tegangan geser pons yang terjadi pada pelat disekitar kolom.
3. Kontruksi dengan memakai perkuatan flat slab ini memiliki kekuatan relatif rendah yang membuatnya untuk menerima gaya lateral jadi berkurang.

Penggunaan *flat slab* pada bangunan rumah susun kapolda sumbar, perkuatan dengan flat slab adalah sistem struktur dengan pelat beton betulang. Sistem ini disertai dengan perkuatan dua arah langsung serta ditunjang oleh kolom tanpa adanya balok. Kolom merupakan batang tekan vertical dari rangka struktural yang akan memikul beban dari balok, kolom ini akan meneruskan beban- beban dari elevasi atas menuju ke elevasi yang rendah yang pada akhirnya akan sampai ke tanah melalui pondasi. *Flat slab* menjadi sistem yang simpel dan sederhana untuk metode kontruksi, cocok digunakan untuk bangunan dengan tinggi minimum. Maka dibutuhkan dua perancangan yaitu perancangan tulangan momen positif dan negatif. Metode yang biasa digunakan untuk menghitung perancangan *flat slab* ini adalah Sap 2000.

(SRPM). Penggunaan metode *flat slab* di Indonesia kebanyakan digunakan pada mall-mall yang lebih menonjolkan sisi arsitektural. Gedung-gedung bertingkat lain seperti perkantoran, apartement, dan rumah sakit banyak menggunakan sistem rangka pemikul momen dibandingkan metode *flat slab*. Selain itu, orang cenderung memilih sistem rangka pemikul momen karena dianggap lebih kokoh dan kuat. Karena alasan tersebut maka diangkatnya metode *flat slab* sebagai tema Proyek Tugas Akhir ini untuk mengenalkan kepada masyarakat luas tentang penggunaan metode *flatslab* pada konstruksi gedung bertingkat.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dijadikan acuan studi analisis pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana analisa struktur pada sistem *flat slab*?
2. Bagaimana stabilitas bangunan pada sistem *flat slab*
3. Bagaimana desain penulangan pelat datar, drop panel, kolom dan dindinggeser pada proyek pembangunan Rumah susun kapolda sumatera barat dengan sistem *flat slab*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mempersempit lingkup dari pembahasan studi kali ini, makaperencanaan hanya sebatas pada:

1. Perhitungan menggunakan Metode Portal Ekuivalen.
2. Perhitungan struktur beton mengacu pada SNI 2847-2019.
3. Perencanaan ketahanan gempa mengacu pada SNI 1726-2019.
4. Tipe perkuatan pada kolom-pelat menggunakan drop panel.
5. Mutu beton $f_c = 30$ MPa. Baja tulangan ulir menggunakan baja tulangan deformasi (BJTD) dengan mutu minimal $f_y = 400$ MPa dan baja tulangan polos (BJTP) dengan mutu $f_y = 240$ MPa.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan secara rinci yang diharapkan dari studi kasus ini yaitu :

1. Mendesign struktur bangunan yang menggunakan *flat slab*
2. Menghitung beban yang bekerja pada struktur stabilitas.
3. Menganalisa kinerja struktur bangunan menggunakan *flat slab*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Bagi masyarakat dunia teknik sipil dapat memberikan alternatif dalam perencanaan struktur dan dapat digunakan sebagai acuan dalam perhitungan struktur menggunakan *flat slab*
- b. Bagi mahasiswa dapat mengetahui hal-hal yang harus diperhatikan pada perencanaan sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisasi.
- c. Penghematan biaya proyek dibandingkan dengan memakai elemen struktur balok.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman dalam penulisan laporan ini, maka penulis membaginya dalam beberapa bab antara lain :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini meliputi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Metode Pengambilan Data Dan Sistematika Penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan dasar-dasar teori tentang memodifikasi struktur atas menggunakan system flat slab, cara- cara menganalisa data menggunakan system flat slab.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang lokasi penelitian, diagram alir penelitian, data penelitian dan Teknik pengumpulan data.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang data proyek, pengolahan data dan pembahasannya

BAB V : KESIMPULAN

Bab ini merupakan bagian akhir yang berisi kesimpulan dan saran mengenai hasil penelitian Tugas Akhir ini. Pada akhir penulisan akan dilampirkan daftar Pustaka dan lampiran yang berisi data- data penunjang dalam proses pengolahan data.

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

LANDASAN TEORI

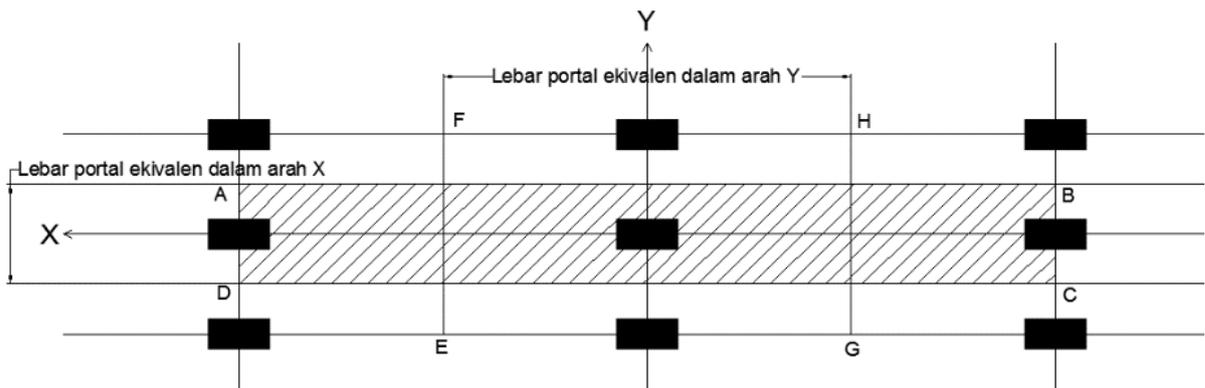
2.1 Umum

Proses desain suatu struktur secara garis besar dilakukan melalui dua tahapan : (1) menentukan gaya-gaya internal yang terjadi pada struktur tersebut dengan menerapkan metode-metode analisa struktur yang tepat dan (2) menentukan dimensi atau ukuran dari tiap elemen struktur secara ekonomis dengan mempertimbangkan faktor keamanan, stabilitas, kemampu layanan, serat fungsi dari struktur tersebut. Beton adalah salah satu jenis material yang paling sering digunakan dalam pembuatan berbagai jenis struktur.

2.1.1 Pelat dua arah

Dinamakan plat dua arah jika perbandingan sisi panjang terhadap sisi pendek kurang dari atau sama dengan dua, dan lenturan yang terjadi akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus. Struktur gedung beton bertulang dengan sistem cetak ditempat dapat terdiri dari plat lantai menerus yang dicetak menjadi satu kesatuan monolit dengan balok-balok penompangnya. Pelat merupakan elemen horizontal dimana beban hidup dan beban mati dialirkan ke balok dan kolom pada struktur.

Metode dasar di dalam perencanaan sistem plat dua arah mencakup khayalan atas pemotongan vertikal di sepanjang garis tengah antar kolom-kolom pada seluruh bangunan. Pemotongan menghasilkan beberapa portal yang melebar diantara garis-garis tengah pada dua panel yang berdekatan seperti Gambar 7.1.



Gambar 2.1 Denah portal ekuivalen (daerah X yang diasir)

(Sumber : Nawwy 1990)

Suatu portal dicirikan terdiri dari :

1. Kolom-kolom diatas dan dibawah lantai, dan
2. Sistem lantai dengan atau tanpa balok-balok yang secara lateral dibatasi di antara garis-garis dari dua panel (suatu panel untuk barisan kolom-kolom luar) yang berdekatan dengan garis kolom-kolom.

Pada pinggiran yang tidak menerus boleh disertakan suatu balok pinggir boleh jadi tidak dengan suatu rasio kekuatan α tidak kurang dari 0.08, atau pada bagian panel dengan suatu bagian tepi yang tidak menerus. Sistem pelat dua arah sendiri dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berikut:

1. Sistem balok-pelat dua arah

Pada sistem struktur ini pelat beton ditumpu oleh balok di keempat sisinya. Beban dari pelat ditransfer ke keempat balok penumpu yang selanjutnya menransfer bebannya ke kolom. Sistem ini dapat digunakan untuk bentang 6-9 meter, dengan beban hidup sebesar 2,5-5,5 kN/m². Balok akan meningkatkan kekuatan pelat, sehingga lendutan yang terjadi akan relatif kecil.

2. Sistem slab datar (*Flat slab*)

Ini merupakan sistem struktur pelat beton dua arah yang tidak memiliki balok penumpu di masing-masing sisinya. Beban pelat ditransfer langsung ke kolom. Kolom cenderung akan menimbulkan kegagalan geser pada pelat, yang dapat dicegah dengan beberapa alternatif :

- memberikan penebalan setempat pada pelat (*drop panel*) serta menambahkan kepala kolom (*column capital*).
- menambahkan penebalan panel namun tanpa kepala kolom, panel di sekitar kolom harus cukup tebal untuk memikul terjadinya tegangan tarik diagonal yang muncul akibat geser pada panel.
- menggunakan kepala kolom tanpa ada penebalan panel, namun hal ini jarang diaplikasikan.

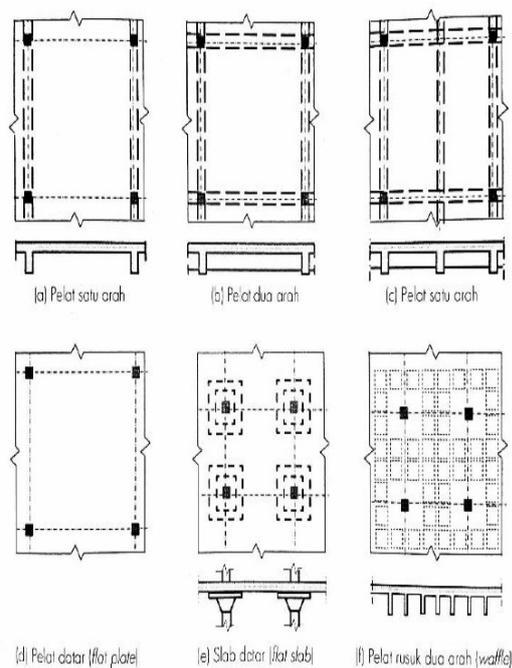
sistem slab datar dapat digunakan untuk bentang 6-9 meter, dengan beban hidup sebesar 4-7 kN/m².

3. Sistem pelat datar (*flat plate*)

Sistem ini terdiri dari pelat yang tertumpu langsung ke kolom tanpa adanya penebalan panel dan kepala kolom. Kemungkinan kegagalan struktur terbesar akan timbul akibat geser pons, yang akan menghasilkan tegangan tarik diagonal. Sebagai akibat tidak adanya pennebalan panel dan kepala kolom, maka dibutuhkan ketebalan pelat yang lebih besar atau dengan memberikan penulangan ekstra di area sekitar kolom. Sistem slab datar dapat digunakan untuk struktur pelat dengan bentang 6-7,5 meter dan beban hidup sebesar 2,5-4,5 kN/m².

4. Pelat dua arah berusuk dan pelat *waffle*.

Ini merupakan sistem pelat dua arah dengan ketebalan pelat antara 50-100 mm yang ditumpu oleh rusuk-rusuk dalam dua arah. Jarak antar rusuk berkisar antara 500-750 mm. Tepi-tepi pelat dapat di tanah oleh balok, atau juga pelat langsung menumpu pada kolom dengan memberinya penebalan pada pelat di sekitar kolom.



Gambar 2.2 Jenis-jenis pelat dua arah

(Sumber : Perencanaan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847:2013, Agus setiawan)

2.2 Pembebanan

Berdasarkan peruntukannya, tiap struktur mendapatkan pengaruh dari luar berdasarkan apa yang ditahan. Selain itu, struktur yang berbahan dari material yang bermassa, maka akan menahan berat sendiri yang disebabkan oleh gaya gravitasi.

2.2.1 Beban Vertical

Akibat dari adanya gaya gravitasi, maka komponen struktur gedung serta beban fungsi yang ditahan adalah merupakan bagian dari beban vertikal. Berikut merupakan beban vertikal yang terdapat pada struktur gedung :

2.2.1.1 Beban Hidup (*Live Load*)

Komponen struktur seperti pelat lantai berfungsi sebagai penahan beban-beban hidup seperti beban berupa manusia, perabotan, mesin - mesin, perlengkapan, dan tumpukan-tumpukan barang. Beban hidup bisa dikatakan beban yang dinamis pada bangunan di waktu-waktu tertentu. Walaupun tidak tetap, beban hidup didefinisikan bekerja secara perlahan-lahan. Acuan untuk perencanaan beban hidup didasarkan pada standar pembebanan SNI 1727:2019 tabel 4-1. Beban hidup ini yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung termasuk kejutan, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain-lain.

2.2.1.2 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah beban yang terdiri dari berat semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala bagian tambahan, material-material (Misalkan kolom, balok, maupun genteng). Perencanaan beban mati yaitu menghitung berat sendiri masing-masing komponen struktur gedung berdasarkan berat massa masing-masing material yang digunakan. Untuk mengetahui besarnya beban mati pada suatu elemen maka perlu diketahui berat suatu material tersebut berdasarkan volume. Berat satuan untuk klasifikasi jenis material konstruksi serta komponen bangunan gedung boleh mengacu pada peraturan yang berlaku di Indonesia yaitu Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.

2.2.2 Beban Horizontal (Beban Gempa)

2.2.2.1 Kategori Resiko Struktur Bangunan

Menentukan kategori resiko struktur pada bangunan harus berdasarkan jenis fungsi atau pemanfaatan konstruksi bangunan tersebut. SNI 1726-2019 memberi

persyaratan untuk tata cara perencanaan ketahanan gempa pada struktur bangunan gedung dan non gedung, sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk gempa.

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, perikanan ➤ Fasilitas sementara ➤ Gudang penyimpanan ➤ Rumah jaga dan struktur lainnya. 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,II,III dan IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Perumahan ➤ Rumah toko dan rumah kantor ➤ Pasar ➤ Gedung perkantoran ➤ Gedung Apartmen/ Rumah susun ➤ Pusat perbelanjaan/ mall ➤ Bangunan industri ➤ Fasilitas manufaktur ➤ Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bioskop ➤ Gedung pertemuan ➤ Stadion ➤ Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit beda dan unit gawat darurat ➤ Fasilitas penitipan anak ➤ Penjara 	

<p>➤ Bangunan untuk orang jompo</p> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kategori resiko IV yang dimiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/ atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pusat pembangkit listrik ➤ Fasilitas penanganan air ➤ Fasilitas penanganan limbah ➤ Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manafaktu proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peiedak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakatjika terjadi kebocoran .</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bangunan-bangunan monumental ➤ Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan ➤ Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat. ➤ Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya. ➤ Fasilitas kesepian darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat. ➤ Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik laiinya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat 	IV

(Sumber : SNI 1726 2019)

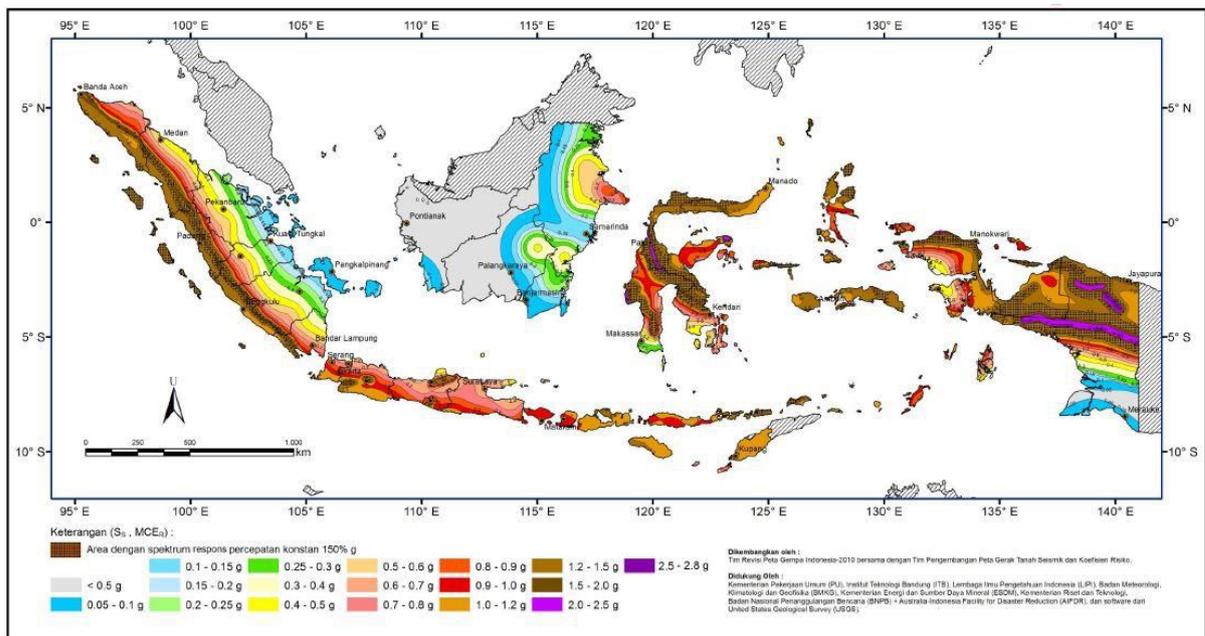
Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa

Kategori Resiko	Faktor keutamaan gempa, Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726 2019)

2.2.2.2 Parameter spektrum respons

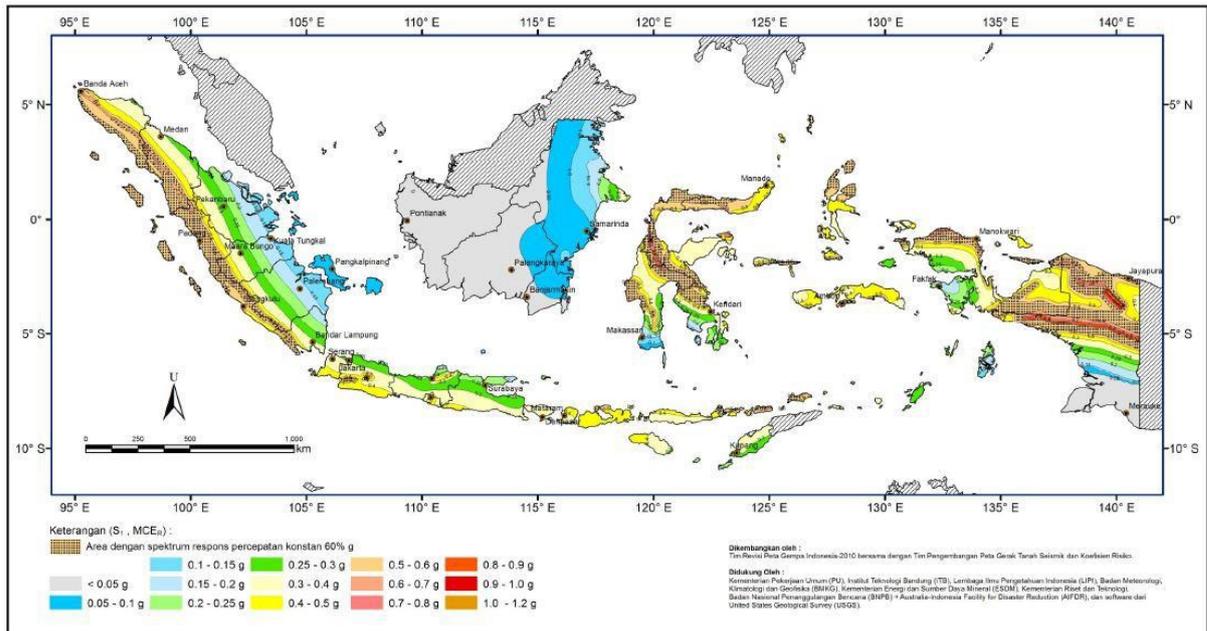
Berikut adalah jenis peta gempa untuk Ss percepatan pada periode pendek dan periode 1 detik (S1).



Gambar 2.3 Ss Maksimum gempa yang persyaratan untuk standar resiko (MCER)

kelas situs SB

(Sumber : SNI 1726 2019)



Gambar 2.4 S1 Maksimum gempa yang persyaratan untuk standart resiko (MCSER),

Kelas situs SB

(Sumber : SNI 1726 2019)

2.2.2.3 Kelas Situs

Mengklasifikasikan tanah menjadi kelas situs SA, SB, SC, SD, SE atau SF berdasarkan karakteristik tanah pada suatu sus. Jika karakteristik tanah tidak dapat diketahui dengan jelas sehingga tidak bisa menentukan kelas situsnya, dapat menggunakan kelas situs SE. Namun jika pemerintah atau dinas yang berwenang mempunyai data geoteknik yang bisa menetapkan kelas situs SF.

Tabel 2.3 Klasifikasi situs berdasarkan jenis tanah

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau N_{eh}	S_U (kPa)
SA (Bantuan Keras)	>1500	N /A	N /A
SB (Bantuan)	750 s/d 1500	N /A	N /A
SC(TanahKeras,Sangat PadatDanBantuan Lunak)	350 s/d 750	>50	>100
SD(Tanah Sedang)	175 S/D 350 >175	15 S/D 50 >15	50 S/D 100 >50

SE (Tanah Lunak)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 meter tanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w > 40 \%$, dan Kuat geser niralir $S_U > 25$ kPa
SF(Membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah, ➤ Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$m), ➤ Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas, $PI > 75$), Lampisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa.

(Sumber : SNI 1726 2012)

2.2.2.4 Kategori Desain Seismik

Tabel

2.4

Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan padan periode pendek (SDS)

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

(Sumber : SNI 1726 2019)

Tabel 2.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode 1 detik (S_{D1})

Nilai S_{Ds}	Kategori Resiko	
	I / II / III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,167 S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 S_{D1}$	D	D

(Sumber : SNI 1726 2019)

Tabel 2.6 Koefisien situs, F_a

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCER Terpetakan Pada Periode Pendek, $T=0,2$ Detik, S_s				
	$S_s = 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

(Sumber : SNI 1726 2019)

Tabel 2.7 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCER Terpetakan Pada Periode 1 Detik, S_s				
	$S_1 = 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

(Sumber : SNI 1726 2019)

Untuk mendapatkan parameter percepatan spektral desain periode pendek SDS dan SD1 pada periode 1 detik, harus berdasarkan perumusan berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

Dengan :

$$S_{MS} = f_a \cdot S_S$$

$$S_{M1} = f_v \cdot S_1$$

Dengan :

S_S dan S_1 didapat berdasarkan peta gempa

f_a dan f_v didapat berdasarkan koefisien situs

2.2.24 Gaya Geser Dasar Akibat Gempa

Gaya geser pada dasar bangunan dihitung berdasarkan persamaan :

$$V = C_S \cdot W$$

Keterangan :

C_S = Koefisien Respon Gempa

W = Berat Bangunan

2.2.2.5. Koefisien Respon Gempa

Koefisien gempa dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter percepatan spectrum desain

R = faktor modifikasi respon

I_e = faktor keutamaan gempa

2.2.2.6. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya lateral gempa (F_x) di tiap tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{VX} \cdot V$$

dan

$$C_{VX} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (W_i h_i^k)}$$

Keterangan :

C_{VX} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total struktur , Kn

W_i dan W_x = berat dasar struktur pada tingkat yang tinjau

h_i dan h_x = tinggi dasar struktur sampai tingkat yang ditinjau

k = eksponen yang terkait periode struktur sebagai berikut

T 0,5 detik, maka $k = 1$; T 2,5 detik, maka $k = 2$

Jika T antara 0,5 – 2,5 detik, harus dilakukan dengan interpolasi.

2.2.3 Beban Terfaktor

Untuk menjamin keamanan dalam komponen struktur, maka diterapkan faktor beban (U) yang memperhitungkan kelebihan beban (tabel 2.0) dan faktor reduksi (ϕ) yang memperhitungkan kemungkinan kurang sempurnanya dalam pelaksanaan di lapangan.

Tabel 2.8 Faktor beban (U)

No	Kombinasi Beban	Faktor Pembebanan
1	D	1,4D
2	D, L (Lr atau R)	1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
3	D, (Lr atau R) (L atau W)	1,2D + 1,6 (Lr atau R) + (1,0L atau 0,5W)
4	D, W, L (Lr atau R)	1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5 (Lr atau R)
5	D, E, L	1,2D + 1,0E + 1,0L
6	D, W	0,9D + 1,0W
7	D,E	0,9D + 1,0E

(Sumber : SNI 1727 – 2019)

Keterangan :

D = beban mati

E = beban gempa

L = beban hidup

Lr = beban hidup atap

R = beban hujan

W = beban angin

Keterangan : Faktor beban untuk beban hidup (L) pada kombinasi ke3, ke4, dan ke5 boleh ditetapkan sama dengan 0,5 kecuali ruang garasi, ruang pertemuan, dan semua ruangan dimana nilai beban hidupnya lebih besar dari pada 500 kg/m². Efek yang sangat menentukan dari beban - beban angin dan gempa harus ditinjau, namun kedua beban tersebut tidak perlu ditinjau secara bersamaan.

2.3 Perencanaan Struktur

2.3.1 Flat Slab

Flat Slab adalah suatu konstruksi pelat beton dua arah (*two way slab with drops*) dimana hanya memiliki komponen struktur horizontal berupa pelat tanpa ditopang oleh balok dan ditahan kolom. Sistem *flat slab* mempunyai ciri khusus yaitu, tidak direncanakan balok sepanjang garis kolom dalam (interior), sementara balok-balok tepi sepanjang garis kolom luar (eksterior), boleh direncanakan atau tidak. Untuk menahan gaya geser pada kekuatan *flat slab*, berdasarkan dari salah satu atau kedua elemen berikut :

- Drop panel, adalah penambahan tebal pelat di sekitar area kolom untuk mengurangi tekanan pada bagian pelat.
- Kepala kolom (column head), ialah pembesaran (penebalan) dari kolomnya yang bertemu dengan pelat di atasnya.

Dengan diterapkannya salah satu atau kedua elemen di atas, sistem *flat slab* berdasarkan sumber-sumber cenderung lebih tepat diterapkan pada ukuran dimensi pelat yang lebih besar atau pada pembebanan yang lebih berat, bila dibandingkan dengan sistem pelat datar (*flat plate*) yang tidak dilengkapi oleh salah satu atau kedua elemen. Untuk perencanaan plat tanpa balok interior yang membentang diantara tumpuan dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua, berdasarkan SNI 2847-2019 persyaratan tebal minimum harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2.9 Tabel minimum untuk *flat slab*

Tegangan	Tanpa Penebalan		Dengan Penebalan	
	Panel Eksterior	Panel Interior	Panel Eksterior	Panel Interior

leleh,fy Mpa	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir	
280	In/33	In/36	In/36	In/36	In/40	In/40
420	In/30	In/33	In/33	In/33	In/36	In/36
520	In/28	In/31	In/31	In/31	In/34	In/34

(Sumber : SNI 2847 – 2019)

Flat slab memiliki kelebihan dari pada sistem struktur lainnya, diantaranya:

- Menghemat tinggi total bangunan.
- Tidak menggunakan struktur balok pada lajur kolom, maka dapat menambah tinggi antar lantai.
- Penggunaan bageking pada balok hanya untuk bagian balok tepi saja, jika merencanakan balok tepi.
- Unggul dari sisi arsitektural.

Kelemahan *flat slab* yang menjadi faktor penyebab perencana tidak memilih mengaplikasikan sistem ini, adalah :

- Dengan tidak adanya kontruksi balok disepanjang garis kolom, maka kekuatan untuk menahan beban menjadi tidak maksimal.
- Menimbulkan meningkatnya tegangan gaya geser pons yang terjadi pada pelat di sekitar area kritis kolom. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan pons, apalagi jika terjadi momen *unbalance* akibat gaya lateral.
- Kekakuan pada konstruksi *flat slab* cenderung rendah, maka dari itu untuk menahan beban lateral menjadi tidak maksimal.

Penebalan pelat di dalam sekitar kolom berguna untuk meminimalis gaya geser pons. Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 13 butir 13.2.5, ukuran penurunan panel adalah sebagai berikut :

1. Menurun di bawah pelat paling sedikit seperempat tebal pelat di atasnya.
2. Menerus pada setiap arah garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang ditinjau dari pusat ke pusat tumpuan dalam masing-masing arah.

- Untuk merencanakan penulangan pelat yang diperlukan, tebal pelat tidak boleh direncanakan lebih besar dari seperempat dari jarak antara tepi penebalan pelat sampai tepi kolom atau kepala kolom.

Penulangan pelat

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} + \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

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

$$R = \frac{1 \cdot A_s}{A_s} \times M_u$$

$$M = \frac{f_y}{0,85 \times f_y}$$

$$\rho_{\delta} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRm}{f_y}} \right)$$

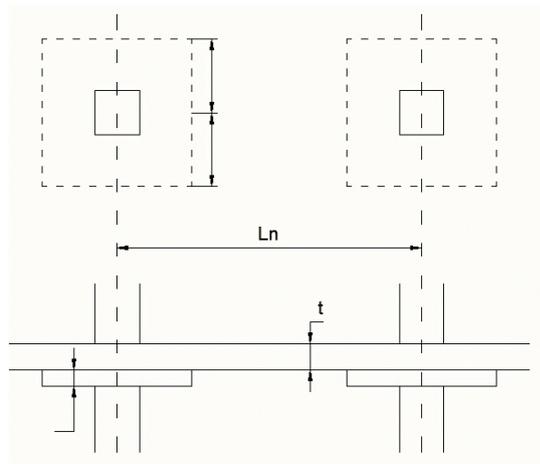
2.3.2 Drop Panel

Berdasarkan SNI 03-2847-2019 pasal 15 butir 13.2.5, ukuran penebalan pelat antara lain :

- Diantara setiap arah, penebalan pelat harus menerus dari garis titik tumpuan sepanjang samadengan atau lebih dari seperenam panjang bentang yang diukur dari as ke as tumpuan pada arah tersebut (Gambar 6.4)
- Penebalan pelat setidaknya harus setebal seperempat dari tebal pelat yang berada diluar penebalan panel tersebut.
- Pada perencanaan penulangan pelat yang dibutuhkan, tebal elat tidak boleh direncanakan lebih besar dari seperempat jarak antara tepi penebalan pelat sampai tepi kolom atau kepala kolom.

$$a > \frac{1}{6} \times l_n$$

$$t_{T_{droppanel}} > \frac{1}{4} \times t$$

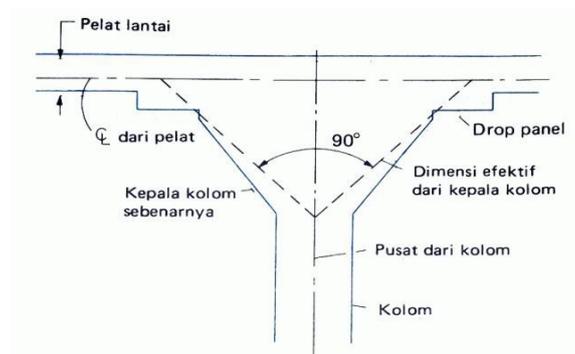


Gambar 2.5 Persyaratan pertebalan flat slab dan drop panel

(Sumber : SNI 2019)

2.3.3 Kepala Kolom (colom capital)

Kepala Kolom yang diterapkan pada konstruksi *flat slab* merupakan pembesaran di bagian atas kolom atau pada pertemuan pelat-kolom. Karena struktur tidak menggunakan balok-balok, maka kepala kolom tersebut bertujuan untuk mendapatkan panjang keliling kolom agar geser akibat beban lantai berpindah serta untuk meningkatkan tebal dengan berkurangnya perimeter di dekat kolom. Dengan memisahkan garis maksimum 45 untuk distribusi dari geser kepala kolom, ACI- 13.1.2 menyaratkan bahwa kepala kolom efektif untuk pertimbangan kekuatan agar berada di dalam kerucut bulat terbesar, piramida, atau baji yang mengecil dengan puncak 90 yang dapat diikuti di dalam cakupan dari elemen pendukung yang sebenarnya. Jarak dari pusat tumpuan biasanya sekitar 20 s/d 25% dari bentang rata-rata antar kolom.



Gambar 2.6 Dimensi efektif dan kepala kolom

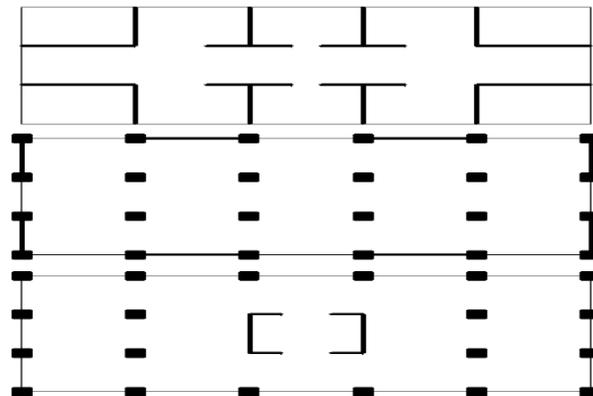
(Sumber : Google Shorlar 2023)

2.3.4 Dinding geser (*Shear Wall*)

Dinding geser (*Shear Wall*) cocok untuk diaplikasikan pada gedung bertingkat tinggi. Karena dinding geser merupakan struktur penahan gaya lateral akibat beban gempa dan gaya geser dasar horizontal yang diakibatkan oleh gaya lateral tersebut.

Menurut letak dan fungsinya, dinding geser diklasifikasikan dalam 3 klasifikasi, yaitu :

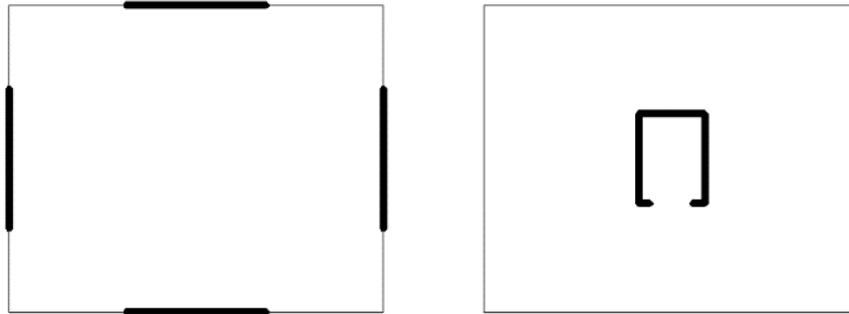
- Bearing walls. Struktur yang dapat menahan sebagian besar beban gravitasi . Dinding-dinding ini juga menggunakan struktur partisi antar apartemen yang berdekatan.
- Frame walls. Struktur yang dapat menahan beban lateral, dimana beban gravitasi bermula dari rangka beton bertulang. Dinding-dinding ini direncanakan diantara lajur kolom.
- Core walls. Struktur yang terletak pada inti pusat bagian dalam gedung yang umumnya berfungsi sebagai tangga atau bahkan poros lift. Dinding yang terletak di area inti ini dianggap menjadi pilihan paling ekonomis karena memiliki fungsi ganda.



Gambar 2.7 Bearing Wall (A) Frame Wall (B) Core Wall (C)

Jenis dinding geser (*shear wall*) dibagi menjadi dua yaitu :

- Dinding tunggal yang diletakan terpisah pada tiap sisi bangunan,
- Beberapa dinding geser yang disusun membentuk core dan diletakan di tengah gedung, seperti pada Gambar 6.7



Gambar 2.8 Jenis Dinding Geser

Dalam mendesain letak dinding struktur di suatu denah bangunan yang akan dibangun perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Dinding geser harus diatur sedemikian rupa hingga tidak terjadi torsi atau puntir yang berlebihan pada bangunan akibat gaya horisontal (beban angin dan gempa),
- Dinding geser diatur sedemikian rupa sehingga tidak terjadi tekangan (*restrain*) pada pelat lantai ketika mengalami susut atau perubahan temperatur.

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 14.5.3.1, minimum tebal dinding geser (t) disyaratkan kurang dari 100 mm

$$t > \frac{1}{25} \times h$$

Kontrol kapasitas *shear wall* terhadap kombinasi beban aksial dan beban lentur

Menurut SNI 2847-2019 pasal 14.5.2 kapasitas beban aksial dinding gesel tidak dipersyaratkan kurang dari beban aksial terfaktor pada hasil analisa struktur.

2.3.5 Metode Desain Flat Slab

Analisa yang eksak dari sistem dua arah cukup kompleks, karena struktur ini dapat dikategorikan sistem struktur statis tak tentu sederajat tinggi. Guna melakukan analisis terhadap sistem pelat dua arah, dapat digunakan metode numerik seperti metode elemen hingga. Namun guna keperluan praktis dalam hal desain plat dua arah, maka dalam SNI 2847:2019 Bab 13 diberikan metode penyederhanaan analisis. Dalam hal analisis makan boleh diasumsikan bahwa pelat adalah merupakan balok lebar dan

pendek, yang bersama-sama dengan kolom di atas dan bawahnya membentuk suatu portal kaku.

2.3.5.1. Metode Desain Langsung (*Direct Design Method*)

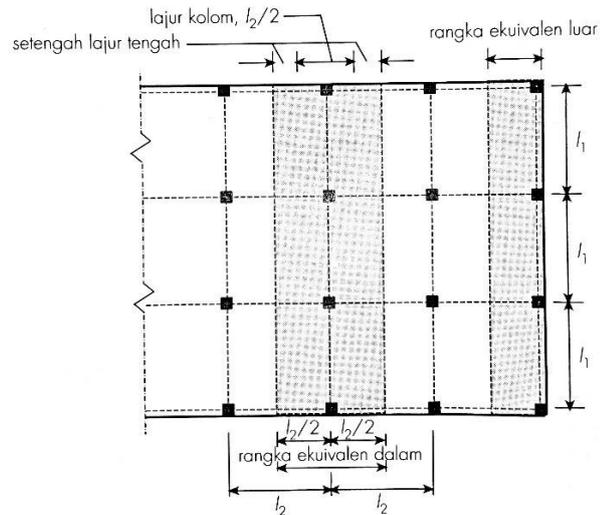
Metode ini merupakan rangkuman dari pendekatan ACI-13.6.1, serta SNI-2847:2019 untuk mengevaluasi dan mendistribusikan momen total pada panel slab dua arah.

Batasan penggunaan metode desain langsung adalah sebagai berikut :

- Pada masing-masing arah minimum ada tiga bentang menerus.
- Rasio antara bentang pelat yang panjang dengan pelat yang pendek pada satu pelat tidak lebih dari 2,0.
- Lebar pelat yang bersinggungan pada masing-masing arah tidak boleh berbeda dari sepertiga bentang yang panjang.
- Offset pada baris kolom harus maksimum 10% dari bentang dalam arah offset dari kedua sumbu antara garis pusat kolom yang bersinggungan.
- Semua beban yang ditahan hanya akibat beban dari gravitasi saja dan merata di seluruh pelat. Beban hidup tidak melebihi tiga kali dari beban mati.
- Jika pelat tersebut ditahan oleh balok pada setiap sisinya, maka kekakuan balok pada dua arah yang saling tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,2 dan tidak boleh lebih besar dari 5,0.

2.3.5.2. Metode Rangka Ekuivalen (*Equivalent Frame Method*)

Untuk menganalisa beban horizontal, metode rangka ekuivalen berbeda dari metode perencanaan langsung yang hanya dalam perhitungan momen-momen longitudinal sepanjang portal kaku ekuivalen. Pada metode perencanaan langsung hanya dapat digunakan apabila beban merata yang bekerja adalah seragam, dan jarak antar kolom penompang pelat seragam juga. Selain kondisi itu, maka metode perencanaan langsung tidak akan memberikan hasil yang memuaskan. Oleh karena itu sebagai alternatif untuk menentukan gaya-gaya dalam pada sistem struktur pelat, dapat digunakan metode portal ekuivalen. Struktur dibagi menjadi portal (rangka, frame) menerus yang berpusat pada kolom dalam masing-masing arah yang saling tegak lurus. Masing-masing portal ini terdiri atas sederetan kolom dan slab lebar dengan balok apabila ada, di antara garis pusat panel.



Gambar 2.9 Defenisi Metode Rangka Ekuivalen

(Sumber : Perencanaan struktur beton bertulang berdasarkan Sni 2847: 2019, Agus setiawan)

Berdasarkan statika, beban yang bekerja harus diperhitungkan untuk dua arah yang saling tegak lurus. Untuk memperhitungkan deformasi torsional balok tumpuan, dipakai kolom ekuivalen yang fleksibilitasnya merupakan jumlah fleksibilitas kolom aktual dan fleksibilitas torsional balok transversal atau jalur slab.

2.3.5.3. Metode Sederhana (*Simplified Method*)

Menurut BS-8110-3.5.2.3, pada prinsipnya slab harus dirancang untuk menahan susunan yang paling tidak baik dari beban desain. Namun, pelat biasanya akan dapat memenuhi persyaratan ini jika dirancang untuk menahan momen dan gaya yang timbul dari beban sendiri dari beban maksimum semua bentang atau pelat pada kondisi berikut.

- Dalam satu arah pelat yang membentang masing-masing melebihi 3 m. Dalam konteks ini, berarti jalur di lebar penuh struktur dibatasi pada dua sisi lainnya oleh garis tumpuan/kolom.
- Rasio beban yang ditahan pada beban mati tidak melebihi 1,25.
- Beban ditahan tidak melebihi 5 kN/m² termasuk partisi.

2.3.5.4. Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)

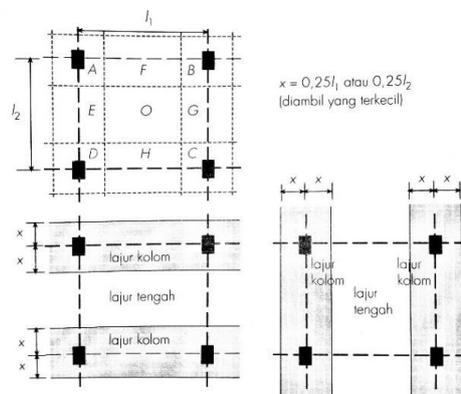
Teknik elemen hingga adalah pendekatan numerik lain yang baru dan berbeda untuk analisis struktur flat slab. Metode FE telah direkomendasikan oleh banyak dari Kode Praktek seperti ACI318, EC2, AS3600-2001 (kode Australia), CSA A23.3-94 (kode Kanada) dan BS8110. Metode ini sangat baik dalam menangani tata letak yang tidak teratur dari struktur flat slab dari pada metode kode konvensional seperti metode langsung desain (ACI) dan metode koefisien disederhanakan (EC2 dan BS8110).

Dalam metode ini, struktur flat slab dibagi menjadi beberapa persegi panjang, daerah segitiga atau segiempat, atau elemen. Pelat persegi panjang dibentuk oleh sejumlah elemen persegi panjang dari grid. Setiap elemen kecil lentur sifat deformasi bisa cermat.

2.3.6. Lajur Kolom dan Lajur Tengah

Gambar 2. Memperlihatkan bagian dalam dari suatu pelat dua arah yang ditopang oleh kolom A, B, C dan D. Apabila pelat dibebani secara merata, maka pelat akan mengalami lendutan dalam kedua arah, dengan lendutan terbesar terjadi di tengah pelat, pada daerah O. Bagian O, E, F, G dan H akan mengalami momen positif, sedangkan daerah di sekitar kolom akan mengalami momen negatif maksimum.

Pada lajur AFB mengalami lentur seperti halnya suatu balok menerus, yang memiliki momen negatif di A dan B, serta momen positif di F. Lajur ini menerus di kedua sisinya, dan membentuk lajur kolom. Selanjutnya lajur pada lajur EOG akan timbul momen negatif pada E dan G, serta momen positif pada O, lajur ini disebut lajur tengah. Lajur berikutnya pada lajur DHC, yang memiliki perilaku sama seperti lajur AFB. Dalam arah horisontal, pelat tersebut dapat dibagi menjadi 3 lajur, demikian juga pada arah vertikal.



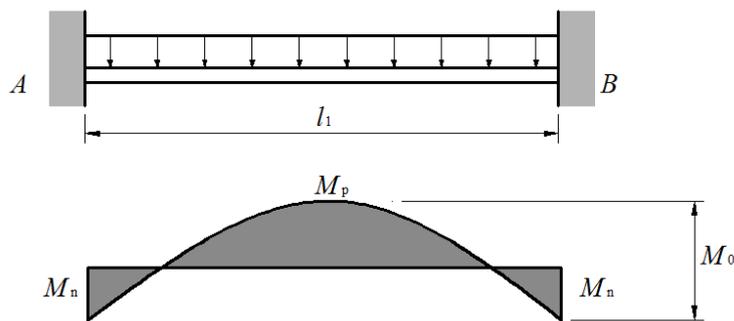
Gambar 2.10 Lajur Kolom Dan Lajur Tengah

(Sumber : Perencanaan Struktur Beton Betulang Berdasarkan SNI 2847 : 2019)

Lebar lajur kolo, ditentukan dalam SNI 2847:2019 pasal 13.2.1, yang menyatakan bahwa lajur kolom adalah suatu lajur rencana dengan lebar pada masing-masing sisi sumbu kolom sebesar nilai terkecil antara $0,25l_2$ dan $0,25l_1$, termasuk balok di dalamnya jika ada.

2.3.7. Distribusi Momen pada Pelat

Apabila sebuah balok tertumpu sederhana dan memikul beban merata q kN/m², maka momen positif maksimum akan terjadi di tengah bentang sebesar $M_0 = ql^2/8$, dengan l adalah panjang bentang balok. Apabila balok terjepit di kedua sisinya atau merupakan menerus dengan momen negatif yang sama di kedua ujungnya, maka momen total $M_0 = M_p$ (momen positif pada tengah bentang) + M_n (momen negatif pada tumpuan) = $ql^2/8$.



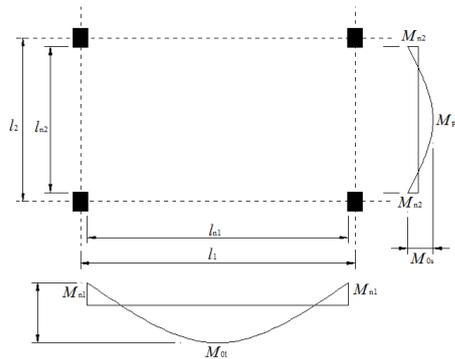
Gambar 2.11 Momen Lentur Pada Balok Terjepit Pada Kedua Sisinya

(Sumber : Perencanaan Struktur Beton Betulang Berdasarkan SNI 2847:2019)

Untuk pelat-pelat pada sisi dalam yang tipikal, maka besarnya M_0 akan terbagi menjadi momen positif di tengah bentang (M_p), dan momen negatif pada tumpuan (M_n) yang besarnya :

$$\text{Momen terfaktor negatif} = 0,65 M_0$$

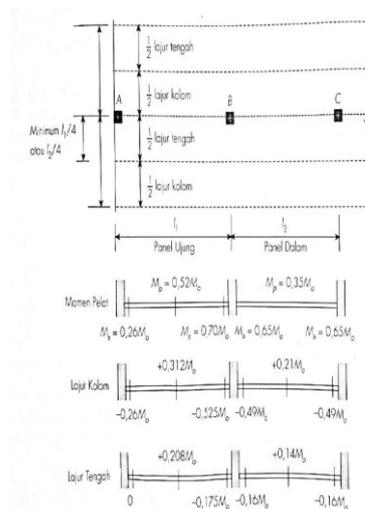
$$\text{Momen terfaktor positif} = 0,35 M_0$$



Gambar 2.12 Distribusi Momen Pada Suatu Pelat Dalam.

(Sumber : Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2019)

Untuk panel pelat ujung, sebagian dari momen rencana pelat yang tidak didistribusikan ke jalur kolom, akan ditahan oleh setengah dari lajur tengah. Nilai distribusi untuk lajur kolom dan lajur tengah ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2.13 Distribusi Momen Pelat Kelajur Kolom Dan Lajur Tengah

(Sumber : Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2019)

Terdapat juga persyaratan koefisien distribusi momen berdasarkan *British Standard* (BS 8110-1:1997-3.7.4.2). Persyaratan tersebut lebih tepat digunakan untuk struktur yang juga dibebani oleh beban horizontal.

Tabel 2.10 Koefisien distribusi berdasarkan BS 8110-1:1997

Momen Rencana	Pembagian Lajur Kolom Dan Lajur Tengah Ditetapkan Sebagai Persentase Dari Total Momen
---------------	--

	Negatif Atau Positif	
	Lajur Kolom	Lajur Tengah
Negatif	75%	25%
Positif	55%	45%

Catatan: Untuk kasus dimana lebar lajur kolom sama dengan lebar drop panel dan lajur tengah, momen rencana yang harus ditahan oleh lajur tengah harus ditingkatkan secara proporsional sebanding dengan lebar yang bertambah. Momen rencana yang harus ditahan oleh lajur kolom dapat dikurangi dengan jumlah sedemikian rupa sehingga total momen positif dan negatif yang ditahan oleh lajur kolom dan lajur tengah tidak berubah.

(Sumber : Bs 8110-1997)

2.3.8 Transfer Momen Pelat Pada Kolom Dan Tegangan Geser

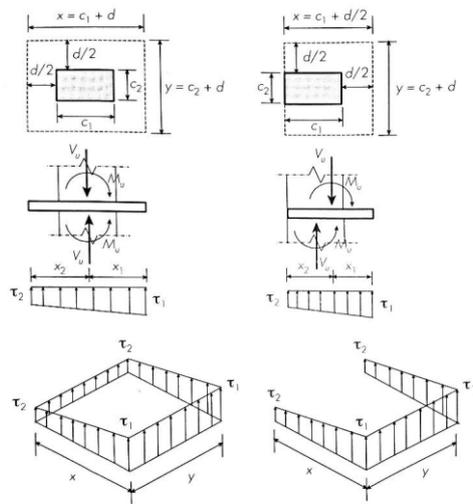
Momen lentur yang timbul pada hubungan kolom dengan pelat pada umumnya akan mengakibatkan munculnya momen tak seimbang pada pelat, yang selanjutnya ditransfer pada kolom. Besarnya momen tak seimbang yang ditransfer melalui mekanisme lentur pada pertemuan pelat dan kolom, ditentukan dalam SNI 2847:2019 Pasal 13.5.3, adalah :

$$M_f = \gamma_f M_u$$

Momen tak seimbang yang ditransfer melalui mekanisme geser adalah :

$$M_v = (1 - \gamma_f) M_u = M_f$$

Dengan c_1 dan c_2 adalah panjang kedua sisi kolom persegi panjang, sedangkan $b_1 = c_1 + d$ dan $b_2 = c_2 + d$. Jika kolom berbentuk bujur sangkar maka $c_1 = c_2$.



Gambar 2.13 Tegangan Geser Akibat V_u Dan M_u

(Sumber : SNI 2847:2019)

BAB III METODELOGI

3.1 Umum

Dalam metodologi akan diuraikan langkah – langkah atau urutan pengerjaan penyelesaian tugas akhir, Langkah- langkah atau urutan penyelesaian tugas akhir dimulai dari pengumpulan data, tinjauan terhadap sistem *flat slab*, studi literatur *preliminary design* (Struktur primer dan struktur sekunder) analisa beban (gravitasi dan gempa), alat bantu output analisa struktur dari perencanaan gedung yang tinjau (kontrol output program dengan Sap2000), sampai dengan kesimpulan akhir dari analisa struktur gedung, Dalam hal ini penulis merancang ulang dengan pembangunan Rumah Susun Kapolda Sumatera Barat.

3.2 Lokasi Penelitian

Studi kasus pada penelitian tugas akhir ini terletak di Jl.Aspol Lolong Flamboyan Baru, Kec. Padang Barat, Kota Padang.



Gambar 3.1 : Lokasi Proyek
(Sumber : Google Maps)

3.3 Pengumpulan Data Bangunan

Data bangunan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Data ukuran bangunan
 - Tipe Bangunan : Rumah Susun Kapolda Sumbar
 - Lokasi Bangunan : Jl. Aspol Lolong Flamboyan Baru, Kec.Padang Barat.
 - Jumlah lantai : 3 Lantai
 - Struktur Bangunan : Beton Betulang
 - Struktur atap bangunan : Beton Betulang
 - Struktur Pondasi : Tiang Pancang

- b. Data Gambar
 - Gambar Site Plan
 - Gambar Arsitektur
 - Gambar Struktur

3.4 Sumber Data

Sumber data untuk penelitian tugas akhir ini ialah berupa data sekunder sebagai berikut:

- a. Data bangunan dari proyek pembangunan rumah susun kapolda sumbar kota padang.
- b. Data pembebanan gempa berdasarkan peta wilayah gempa dan <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>
- c. Jurnal-jurnal yang berhubungan dengan tugas akhir tentang perencanaan modifikasi gedung.
- d. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural sesuai dengan SNI 1729-2020.
- e. Perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai SNI 1726-2019.
- f. Pembebanan minimum untuk perancangan bangunan sesuai dengan SNI 1727-1019.

3.5 Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut :

- a. Studi Litelatur

Studi litelatur yang dilakukan diantaranya standart yang dibutuhkan dalam modifikasi gedung, teori dasar tentang perencanaan gedung yang digunakan peredam, jenis-jenis peredam yang digunakan dalam perencanaan gedung tahan gempa.
- b. Pengumpulan Data

Tahap yang kedua adalah pengumpulan data – data yang dibutuhkan dalam modifikasi pembangunan rumah susun kapolda sumbar berupa data sekunder yang dijelaskan pada bagian sumber data.
- c. Pemodelan Struktur

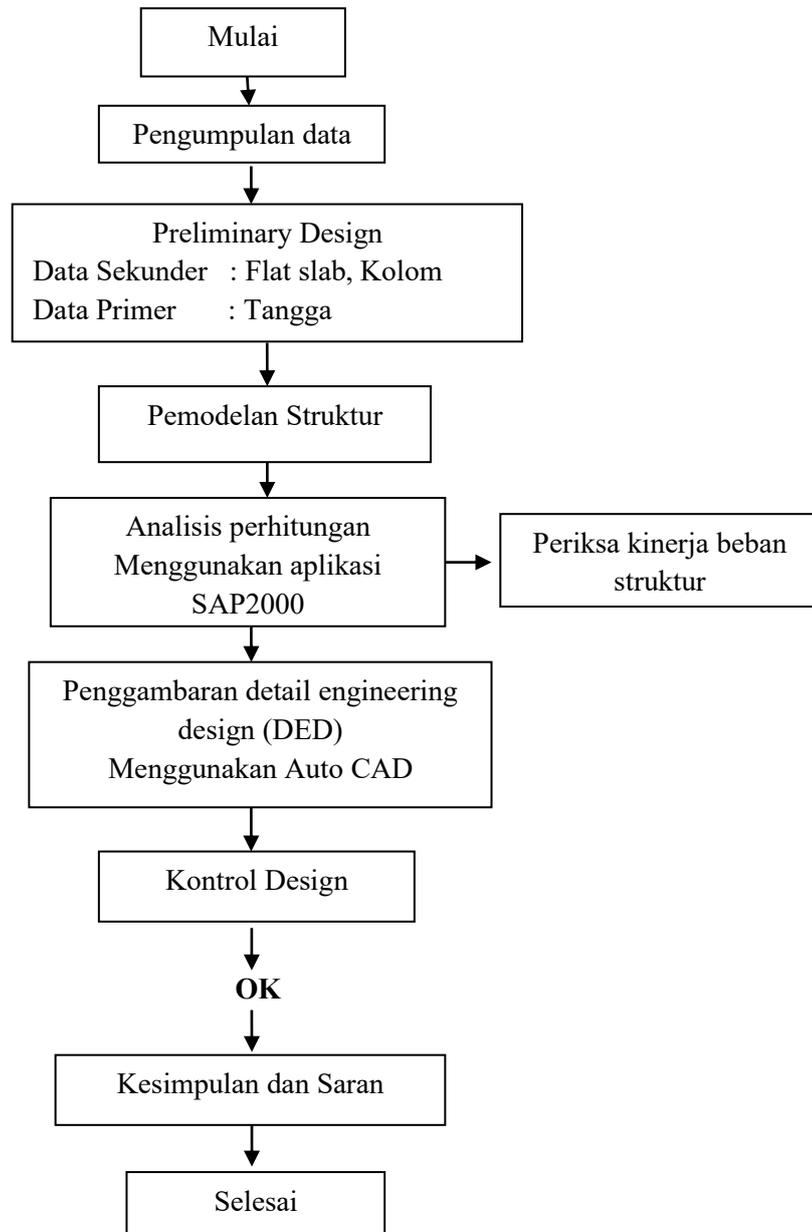
Tahapan yang ketiga ialah pemodelan struktur menggunakan aplikasi Sap 2000 dimana pemodelan struktur bangunan disesuaikan sebagai fungsinya yakni gedung yang dilanjutkan dengan *pleminary design*

d. Analisis dan Perhitungan

Tahapan ini yang berisikan modifikasi struktur dan perhitungan struktur secara manual dan menggunakan Aplikasi SAP 2000 yang kemudian dilakukan pengecekan terhadap perilaku struktur terhadap beban yang bekerja pada struktur.

e. Penggambaran detail engineering design (DED)

Pada tahapan akhir dilakukan penggambaran gambar kerja struktur gedung sesuai spesifikasi yang telah didapat pada tahapan analisis dan perhitungan menggunakan aplikasi Auto CAD.



Gambar 3.3 Bagan Alir dan Perencanaan Penelitian
(Sumber : Data laporan tugas akhir, 2022)

BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS

4.1 Umum

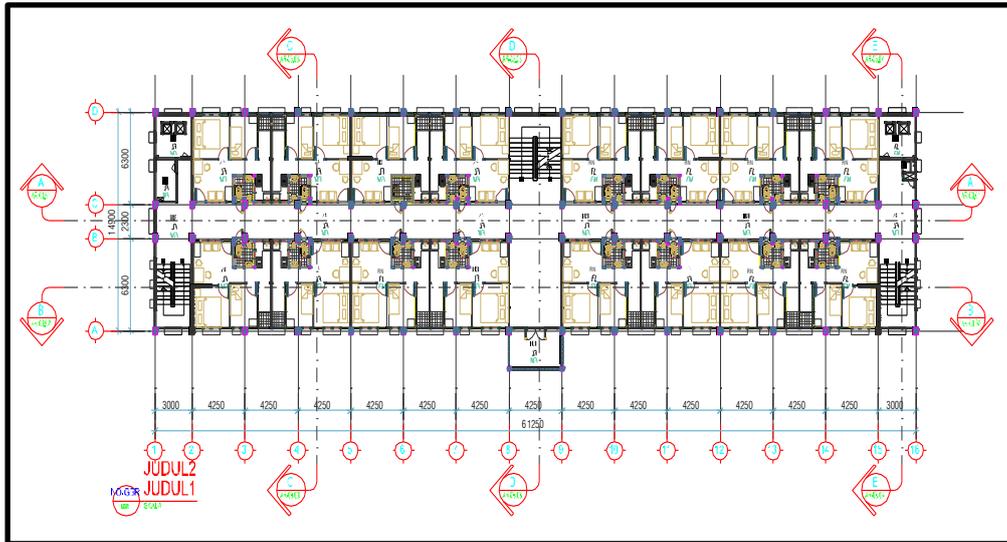
Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Kepala Kepolisian Daerah Sumatera Barat, dimana pada saat ini pada bangunan terpasangnya memiliki jumlah tingkat sebanyak 3 lantai dari elevasi tanah. Pada penelitian ini bangunan tersebut akan di modifikasi strukturnya dengan menggunakan sistem *Flat Slab* dengan output yang di hasilkan adalah kinerja dari struktur yang akan di modifikasi. Software yang akan di gunakan untuk menganalisis nya adalah *Sap 2000*.

Bangunan gedung terletak di wilayah Jl. Flamboyan Lolong, Kota Padang. Fungsi gedung adalah sebagai rumah susun atau hunian yang terletak di pinggir kota dan bangunan terletak diatas tanah sedang (Asumsi).

4.2 Eksisting Bangunan



Gambar 4.1 Layout Tampak Atas Bangunan
(Sumber : Tugas Akhir 2023)



Gambar 4.2 Layout Tampak Atas Bangunan
(Sumber : Tugas Akhir 2023)

4.3 Perencanaan Struktur Gedung

Untuk perhitungan struktur yang akan dibahas pada bab ini diantaranya adalah Perencanaan Balok, Kolom dan Pelat, dengan menggunakan data struktur eksisting pada bangunan tersebut.

Data Umum Perencanaan :

1. Jenis Bangunan : Rumah Hunian (Rumah Susun)
2. Sistem Struktur : Beton Bertulang
3. Lokasi Perencanaan : Padang Sumatera Barat
4. Jenis Tanah : Tanah Sedang (Asumsi)
5. Sitem Pelat : *Flat Slab*
6. Mutu beton yang digunakan
 - a. Balok : $fc' 30$ Mpa
 - b. Pelat : $fc' 30$ Mpa
 - c. Kolom : $fc' 35$ Mpa
7. Tulangan

Pada proyek ini besi tulangan yang dipakai adalah tulangan ulir untuk pembesian balok, kolom, dan tulangan polos untuk pembesian plat lantai dan tulangan

geser. Diameter tulangan yang digunakan pada proyek ini adalah D8, D10, D12, D13, D16, D19, D22, D25.

8. Data – Data Konstruksi Proyek

a. Kolom

Tabel 4.1 Tipe-tipe Kolom

Tipe Kolom	Dimensi Kolom (mm)
K-1	400/400
K-2	350/350
K-3	300/300

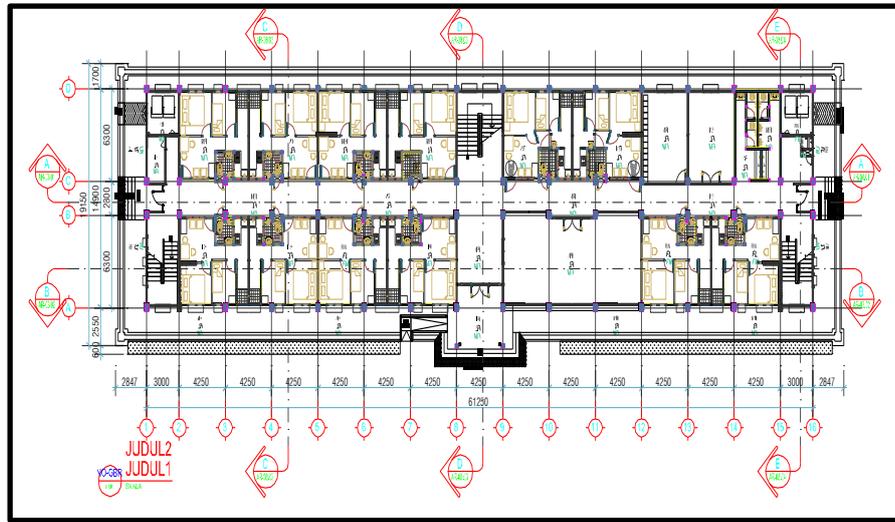
b. Pelat : Tebal 15 cm

c. Balok

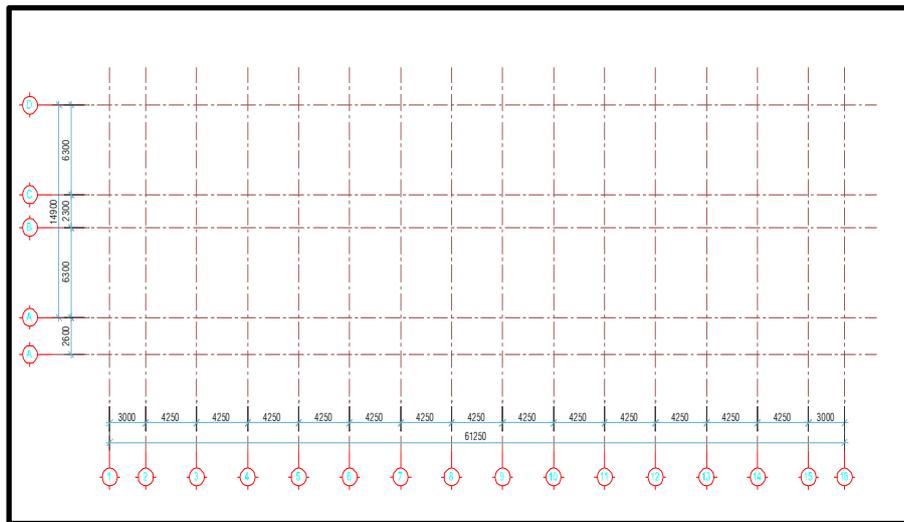
Tabel 4.2 Tipe-tipe Balok

Tipe	Dimensi (mm)
B1	600x400
B2	500x300
B3	400x350
B4	300x200
B5	200x400

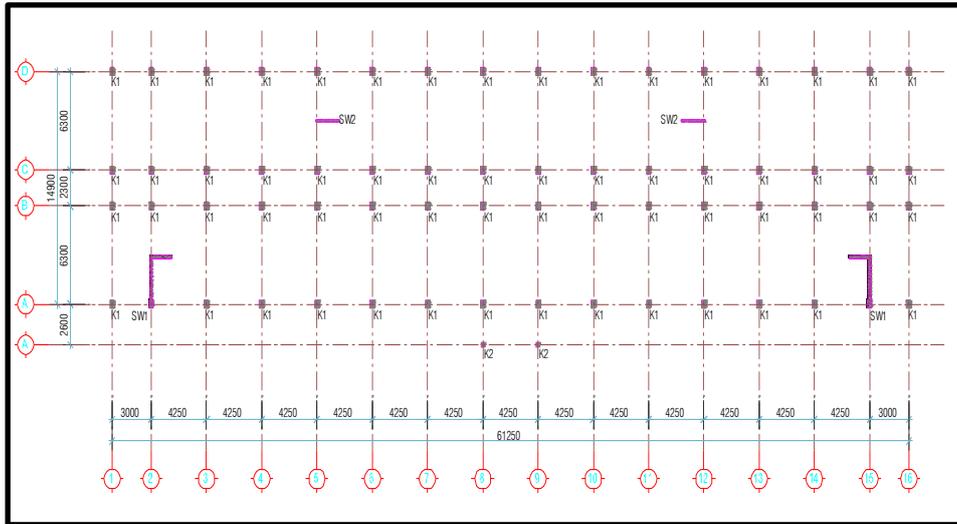
d. Denah Elemen Struktur



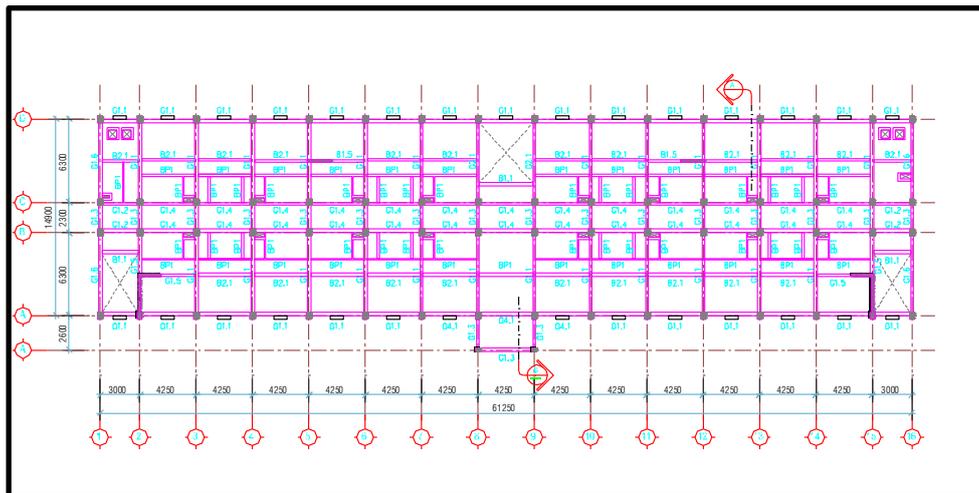
Gambar 4.3 Denah Bangunan (Ex)
(Sumber : Tugas Akhir 2023)



Gambar.4.4 Denah Kolom Lt.1
(Sumber : Tugas Akhir 2023)



Gambar.4.5 Denah Kolom Lt.2-3
(Sumber : Tugas Akhir 2023)



Gambar.4.6 Denah Balok
(Sumber : Tugas Akhir 2023)

4.4 Pembebanan Stuktur

4.4.1 Data Pembebanan

Pada penulisan laporan ini, karena beban gempa yang direncanakan adalah gempa statik ekuivalen, maka beban yg dihitung terdiri dari beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Adapun penjabaran dari beban- beban tersebut adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati

a. Berat sendiri kolom, balok, dan plat lantai (dihitung sendiri oleh SAP 2000).

b. Beban Mati Tambahan (*super dead load*)

1) Beban Pada Balok

a) Dinding : 250 x 4 Kg/m²
: 1000 kg/mm

2) Beban Plat Lantai

a) Plafond : 11 Kg/m²
b) Spesi : 21 Kg/m²
c) Keramik : 24 Kg/m²
d) MEP : 25 Kg/m²

2. Beban Hidup

Beban hidup untuk Rumah sakit yang digunakan diambil dari SNI 1727 : 2019 Tabel 2.1

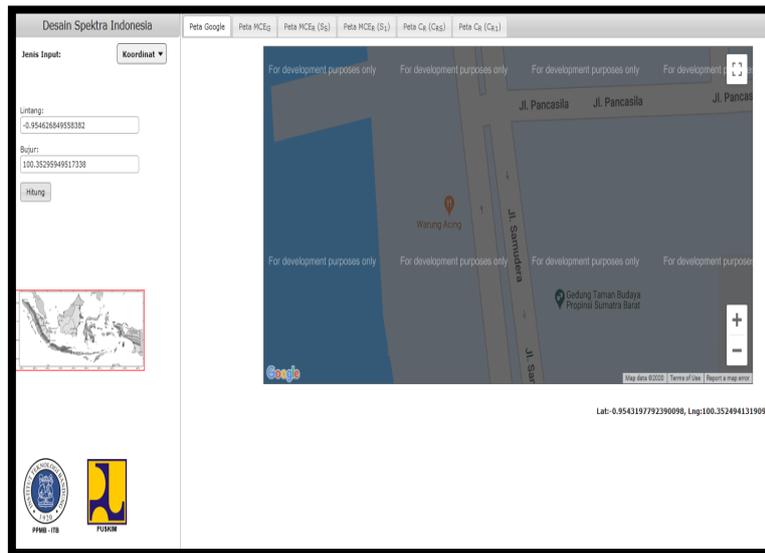
3. Beban Gempa

Untuk menganalisis beban gempa statik dan dinamik, maka diperlukan data sekunder percepatan tanah pada daerah yang ditinjau. Daerah yang digunakan oleh penulis adalah di Batu Sangkar , maka dari data PUSKIM PU didapat data sebagai berikut :

Koordinat :

Lintang : - 0,954626849558382

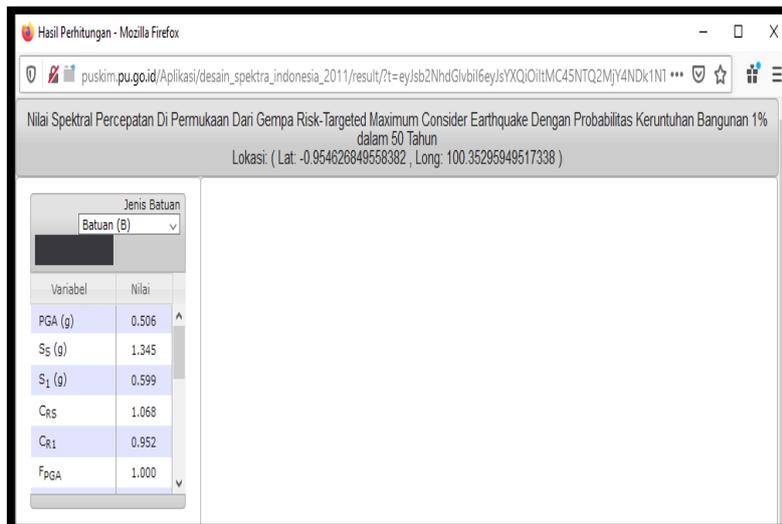
Bujur : 100,35295949517338



Gambar 4.7 Koordinat Lokasi Penelitian
(Sumber : Puskim.co.id)

Parameter respon spektral :

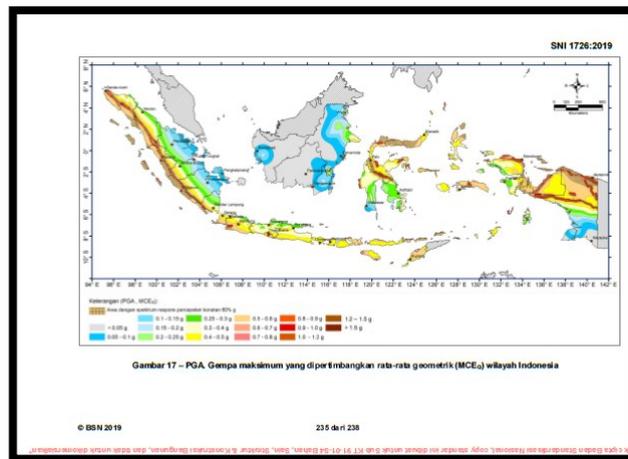
- S_s : 1,345 g
- S₁ : 0,6 g
- Tanah : SD (Asumsi)



Gambar 4.8 Parameter Respon Spectral
(Sumber : Puskim.co.id)

4.4.2 Perhitungan Beban Gempa

Permodelan struktur pada penulisan tugas akhir merupakan bentuk dari bangunan terpasang nya, kemudian di lanjutkan di analisis menggunakan Sap 2000. Berikut adalah peta gempa indonesia menurut SNI-1726-2019. Untuk wilayah Padang sendiri termasuk zona wilayah gempa **Zona 5**.



Gambar 4.9 Peta Gempa Indonesia Menurut SNI-1726-2019
(Sumber : SNI-1726-2019)

Pada perhitungan beban gempa statik ekivalen diperlukan berat sendiri gedung secara keseluruhan dan berat gedung perlantai. Untuk berat sendiri gedung dihitung oleh SAP 2000. Untuk beban gempa dinamik akan dihitung berdasarkan nilai percepatan tanah pada *website*.

4.4.3 Beban Gempa Statik Struktur Gedung

Berat gedung perlantai didapatkan setelah analisis atau *running* pada aplikasi SAP 2000 Berat sendiri gedung dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.3 Berat Seismik Bangunan

GroupName	SelfMass	SelfWeight	TotalMassX	TotalMassY	TotalMassZ
Text	Kgf-s2/m	Kgf	Kgf-s2/m	Kgf-s2/m	Kgf-s2/m
Atap	51263,1	511525,96	51263,1	51263,1	51263,1
3	53308,94	531588,76	53308,94	53308,94	53308,94
2	53308,94	531588,76	53308,94	53308,94	53308,94
1	53308,94	531588,76	53308,94	53308,94	53308,94

Koefisien Situs Gempa :

Bedasarkan SNI 1726 2019, dengan memasukan nilai parameter respon spectral berdasarkan lokasi penelitian, maka didapatkan nilai koefisien situs dan percepatan gempa maksimum adalah sebagai berikut berikut :

$$F_a = 1,0$$

$$F_v = 2,0$$

Dari data-data di atas maka didapatkan hasil

1. Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS})

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \times S_s \\ &= 1 \times 1,345 \\ &= 1,345 \text{ g} \end{aligned}$$

2. Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1})

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \times S_1 \\ &= 2 \times 0,6 \\ &= 1,2 \text{ g} \end{aligned}$$

3. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (S_{DS})

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \sqrt[2]{3} S_{MS} \\ &= \sqrt[2]{3} \times 1,345 \\ &= 0,897 \text{ g} \end{aligned}$$

4. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik (S_{D1})

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \sqrt[2]{3} S_{M1} \\ &= \sqrt[2]{3} \times 1,2 \\ &= 0,8 \text{ g} \end{aligned}$$

Batasan Perioda Fundamental Struktur (T)

Periode fundamental struktur (T), dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan (T_a), yang ditentukan sesuai 0. Sebagai alternatif dalam melakukan analisis untuk menentukan periode fundamental

struktur (T), diizinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan (T_a), yang dihitung sesuai 0.

koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} T_{maks} &= C_u T_a \\ &= 1,4 \times 0,4 \\ &= 0,56 \text{ detik} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} T_a &= 0,1 N \\ N &= \text{Jumlah lantai} \end{aligned}$$

Perioda fundamental pendekatan (T_a) dalam detik harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t H_n^x \\ &= 0,0466 \times 10,4^{0,9} \\ &= 0,59 \text{ detik} \end{aligned}$$

Keterangan :

H_n adalah ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur koefisien C_t dan x

Perhitungan Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$V = C_S \times W$$

Keterangan :

C_S : Koefisien Respon Seismik

W : Berat Seismik Efektif

Koefisien respon seismik dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} C_S &= \frac{S_{DS}}{R/I_e} \\ &= \frac{0,897}{8/1,5} \\ &= 0,168 \end{aligned}$$

$$C_{Smin} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e$$

$$\begin{aligned}
&= 0,044 \times 0,897 \times 1,5 \\
&= 0,59 \\
C_{Smax} &= \frac{S_{DS}}{T \times \frac{R}{I_e}} \\
&= \frac{0,897}{0,59 \times \frac{8}{1,5}} \\
&= 0,285
\end{aligned}$$

Keterangan :

S_{DS} : parameter percepatan spektrum respon desain dalam perioda pendek.

R : faktor modifikasi respon ($R_x = R_y$)

I_e : faktor keutamaan gempa, I_e

Dari persamaan di atas , maka didapatkan nilai C_s , C_{smis} , dan C_s

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan $C_{smin} < C_s < C_{smax}$, sehingga

$$V = C_s \times W = 0,168 \times 2115,95 = 7,9 \text{ Ton}$$

Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum_{t=1}^n W_x \times h_x^k}$$

Keterangan :

C_{vx} : Faktor distribusi vertikal

V : gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur .

W_i dan w_x : bagian berat seismik efektif total yang ditempatkan pada tingkat i atau x .

h_i dan h_x : tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x .

k : eksponen yang terkait dengan peioda struktur.

Untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5detik, maka nilai k harus dicari dengan menginterpolasi nilai T , dan didapatkan hasil :

$$\frac{Ta - 0,5}{2,5 - 0,5} = \frac{k - 1}{2 - 1}$$

$$\frac{0,56 - 0,5}{2,5 - 0,5} = \frac{k - 1}{2 - 1}$$

$$K = 1,03$$

Setelah mendapatkan nilai k, maka dapat kita cari distribusi vertikal beban gempa, dan didapatkan hasil seperti tabel 4.4

Tabel 4.4 Distribusi Vertikal Beban Struktur

Lantai ke	hi (m)	hi ^k	Wi (T)	wi x hi ^k (Tm)	Fi x-y (T)	Untuk tiap portal	
						1/4 Fix	1/6 Fiy
3	12,6	13,6	5325,887	72405,9	2020,81	505,2027	336,8
2	8,4	8,954	5325,887	47687	1330,92	332,7298	221,8
1	4,2	4,385	5325,887	23352,8	651,765	162,9411	108,6
	∑		21102,92	158510			

4.4.4 Beban Gempa Dinamik

Koefisien Situs Gempa :

Bedasarkan SNI 1726 2019 Tabel 2.2, dengan memasukan nilai parameter respon spectral berdasarkan lokasi penelitian, maka didapatkan nilai koefisien situs dan percepatan gempa maksimum adalah sebagai berikut berikut :

$$F_a = 1,0$$

$$F_v = 2,0$$

Dari data-data di atas maka didapatkan hasil :

1. Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS})

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$= 1 \times 1,345$$

$$= 1,345 \text{ g}$$

2. Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1})

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

$$= 2 \times 0,6$$

$$= 1,2 \text{ g}$$

3. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (S_{DS})

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 1,345 \\ &= 0,897 \text{ g} \end{aligned}$$

4. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik (S_{D1})

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 1,2 \\ &= 0,8 \text{ g} \end{aligned}$$

Perioda dan Percepatan Spektra :

1. Periode getar pada waktu 0 detik

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \times \frac{0,8}{0,879} \\ &= 0,182 \text{ detik} \end{aligned}$$

2. Periode getar pada waktu 1 detik

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= \frac{0,8}{0,879} \\ &= 0,91 \text{ detik} \end{aligned}$$

Ketentuan :

$$S_a(T_1) = \left[S_{DS} \times \left(0,4 + 0,6 \times \frac{T_1}{T_0} \right) \right]$$

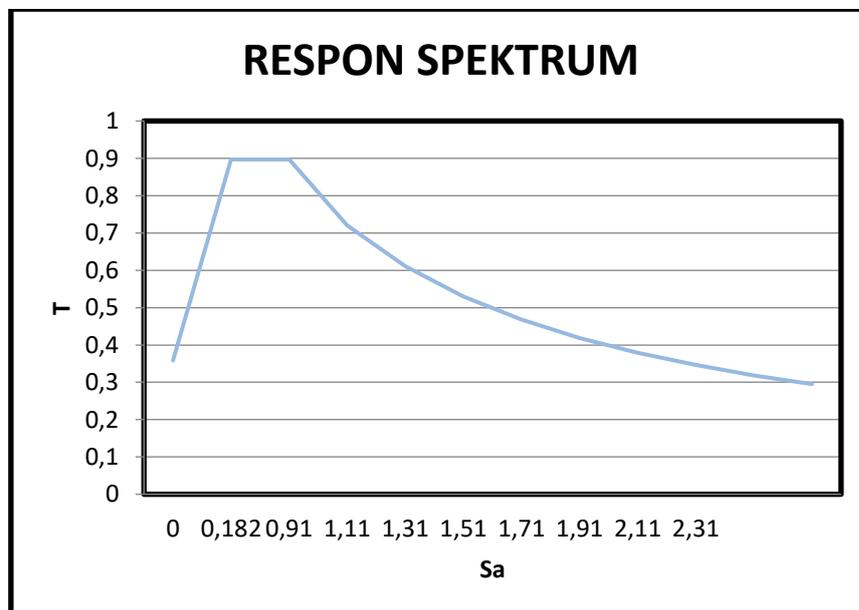
Tabel 4.5 Periode dan Percepatan Spektra

T	Sa
0	0,358
0,182	0,897
0,91	0,897
1,11	0,720
1,31	0,610

1,51	0,529
1,71	0,467
1,91	0,418
2,11	0,379
2,31	0,346

4.4.5 Grafik Respon Spektrum

Grafik respon spectrum dapat dilihat pada gambar 4.6 yang berdasarkan pada Tabel 4.6.

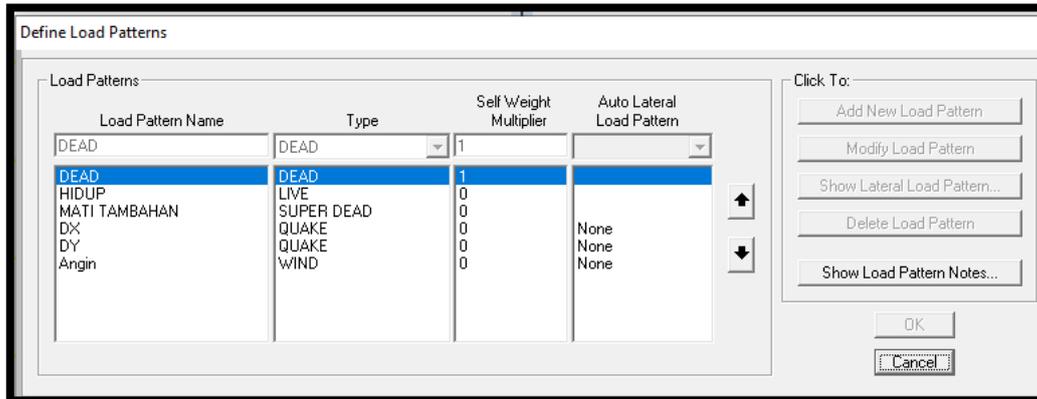


Gambar 4.10 Grafik Respon Spektrum

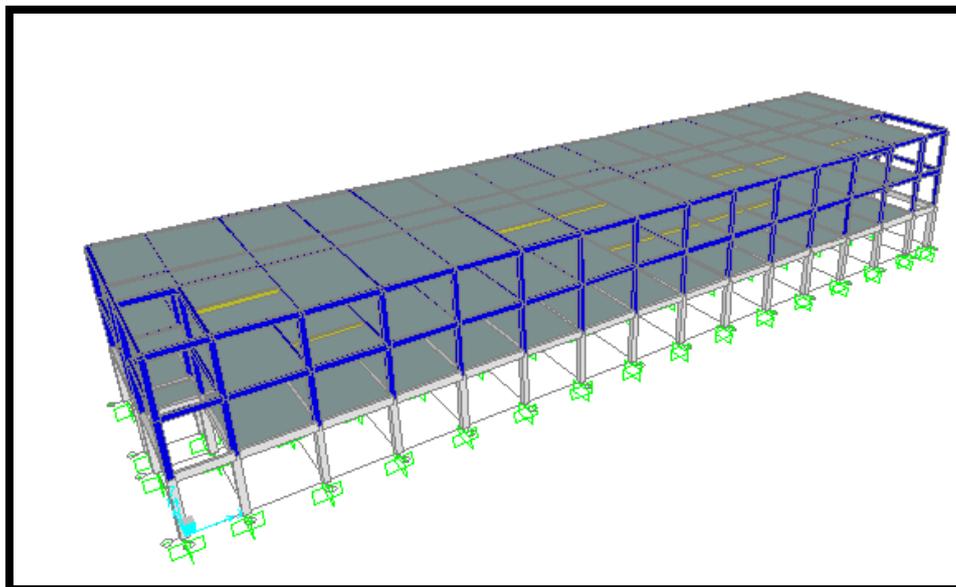
(Sumber : Data Tugas Akhir 2023)

4.5 Analisis Struktur Gedung Eksisting

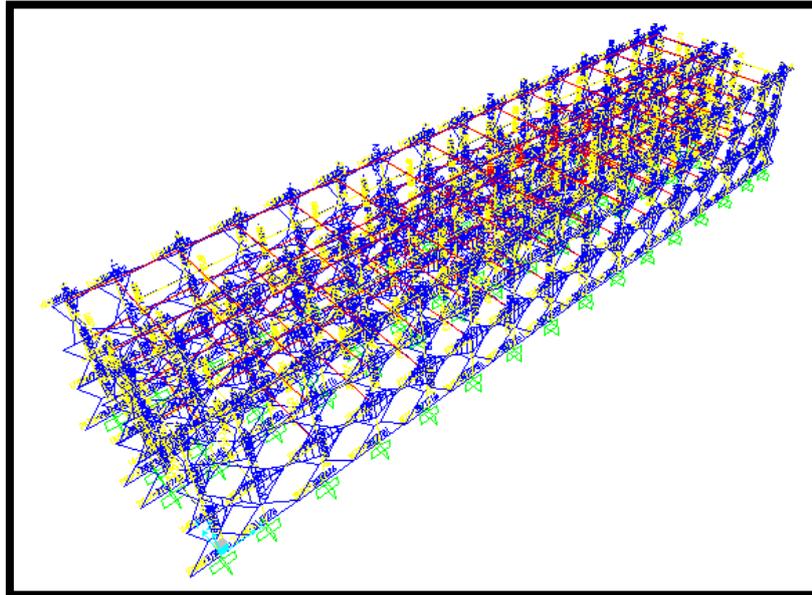
Permodela struktur dilakukan dengan menggunakan *software* Sap 2000 dalam bentuk 3D yang disesuaikan dengan data dan ketentuan pada proyek Pembangunan Gedung Rumah Susun Kapolda Padang Sumatera Barat. sesuai dengan Gambar 4.12. Sementara untuk definisi beban yang akan di input di Sap 2000 dapat di lihat pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Beban-Beban yang akan di input.
(Sumber : Analisis SAP 2000)



Gambar 4.12 Struktur Gedung.
(Sumber : Analisis SAP 2000)



Gambar 4.13 Hasil Analisis Gedung

(Sumber : Analisis Sap 2000)

Setelah permodelan struktur gedung dengan menggunakan Sap 2000, dilakukan analisis atau *runing* untuk mengetahui perpindahan gaya serta gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut.

4.5.1 Pemeriksaan Jumlah Ragam

Bedasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.9.1, analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi masa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah orisontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model.

Modal Load Participation Ratios

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Load Participation Ratios

	OutputCase Text	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
▶	MODAL	Acceleration	UX	100	99,9973
	MODAL	Acceleration	UY	100	99,9933
	MODAL	Acceleration	UZ	100	99,9709

Gambar 4.14 Modal Load Participation Ratio Gedung
(Sumber : Data Tugas akhir 2023)

Pada Gambar 4.13 Modal Load Participation Ratio nilai UX, UY, dan UZ masing-masing berada di atas 90%, ini menandakan bahwa kondisi beban pada struktur tersebut bekerja.

4.5.2 Gaya-gaya Dalam Pada Struktur

Setelah dilakukan analisis atau *running* pada aplikasi SAP 2000, maka gaya-gaya dalam pada *frame* struktur dapat ditampilkan. Tinjauan gaya-gaya dalam pada struktur adalah balok dan kolom. Berikut adalah gaya-gaya dalam yang ditinjau per lantai.

Tabel 4.6 Gaya-gaya Dalam Pada Balok

Balok			
LANTAI	AKSIAL	GESER	MOMEN
1	Ton	Ton	Ton
2	657,2	1006,4	1998,8
3	634,4	1114,4	2224,4
4	449,12	974	2003,6

Tabel 4.7 Gaya-gaya Dalam Pada Kolom

Kolom			
FRAME	AKSIAL	GESER	MOMEN
	Ton	Ton	Ton
1	1151,637	214,12	224,972
2	986,292	212,56	226,138
3	825,5216	210,75	222,817
4	467,8388	9,1912	19,4474

Analisis gaya-gaya dalam dilakukan dengan Program Sap 2000. Nilai *output* pada gaya gaya dalam adalah nilai aksial, geser, dan momen. Gaya-gaya dalam pada balok dan kolom berdasarkan Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa :

a. Gaya Aksial (P)

Pada beberapa tinjauan *frame* struktur yang diambil, gaya aksial terbesar pada balok terdapat di lantai 1 dengan nilai 1151,637 Ton, dan gaya aksial terbesar pada kolom terdapat di lantai 1 dengan nilai 657,2 Ton.

b. Gaya Geser (V)

Pada beberapa tinjauan *frame* struktur yang diambil, gaya geser terbesar pada balok terdapat di lantai 3 dengan nilai 1114,4 Ton, dan gaya geser terbesar pada kolom terdapat di lantai 1 dengan nilai 214,12 Ton Kn.

c. Gaya Momen (M)

Pada beberapa tinjauan *frame* struktur yang diambil, gaya momen terbesar pada balok terdapat di lantai 3 dengan nilai 2003,6 Ton, dan gaya geser terbesar pada kolom terdapat di lantai 2 dengan nilai 226,13 Ton.

4.5.3 Simpangan Antar Lantai Izin

Menurut SNI 1726-2019, Penentuan simpangan antar tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dengan tingkat dibawahnya. simpangan antar tingkat desain (Δ_a) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin. Berdasarkan Tabel 2.7 maka simpangan antar lantai izin untuk gedung yang direncanakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,010 h_{sx} \\ &= 0,010 \times 3,4 \\ &= 34 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tabel 4.8 Simpangan Antar Lantai Izin Arah X

Lantai	Simpangan Antar Lantai Untuk Arah X						Status $\Delta I < \Delta$
	hsx	h	δx	Δ	Δ_i Simpangan yang terjadi	Δ Simpangan ijin	
	(cm)	mm	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Lantai 3	10,4	3400	17	64,5	19,9	34	OKE
Lantai 2	7	3400	12	44,6	21	34	OKE
Lantai 1	3,6	3600	6	23,6	23,6	36	OKE
Dasar	0	0	0	0	0	0	OKE

Pada Tabel 4.8 dapat di lihat simpangan yang terjadi untuk gempa arah x lebih kecil dari simpangan yang di izinkan, artinya gedung rencana tersebut aman dan telah memenuhi syarat SNI 1726-2019.

Tabel 4.9 Simpangan Antar Lantai Izin Arah Y

Lantai	Simpangan Antar Lantai Untuk Arah Y						Status $\Delta I < \Delta$
	hsx	h	δx	Δ	Δ_i Simpangan yang terjadi	Δ Simpangan ijin	
	(cm)	mm	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Lantai 3	10,4	3400	21	78,9	19,4	34	OKE
Lantai 2	7	3400	16	59,5	20,8	34	OKE
Lantai 1	3,6	3600	10	38,7	38,7	36	OKE
Dasar	0	0	0	0	0	0	OKE

Bedasarkan Tabel 4.9, maka dapat diketahui bahwa simpangan antar lantai pada gedung Tersebut memenuhi simpangan antar lantai izin yang disyaratkan SNI 1726-2019. Oleh karena itu ukuran penampang struktur termasuk aman.

4.5.4 Waktu Getar Alami (*Mode Shape*)

Dengan melihat *mode shape* pada program SAP 2000 yang telah dijabarkan di Tabel 4.10 maka kita dapat mengetahui durasi getar struktur akibat beban yang bekerja. Waktu getar alami struktur dibatasi oleh SNI 1726-2019,

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \cdot C_u$$

Maka :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \cdot h_n^x \cdot C_u \\ &= 0,0466 \times 10,4^{0,9} \times 1,4 \\ &= 0,53 \text{detik} \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Waktu Getar Izin Struktur Model A

<i>Hasil Sap 2000</i>				Kontrol
Mode		Period Alami	Perioda izin	Perioda alami < Perioda izin
		Sec	sec	
Mode	1	0,485739	0,53	OKE
Mode	2	0,359814	0,53	OKE
Mode	3	0,192165	0,53	OKE
Mode	4	0,35356	0,53	OKE
Mode	5	0,382273	0,53	OKE
Mode	6	0,251048	0,53	OKE
Mode	7	0,169097	0,53	OKE
Mode	8	0,153454	0,53	OKE
Mode	9	0,140523	0,53	OKE
Mode	10	0,122647	0,53	OKE
Mode	11	0,114806	0,53	OKE
Mode	12	0,107643	0,53	OKE

Bedasarkan Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa perioda getar alami struktur gedung yang dianalisis dari program Sap 2000 tidak melebihi perioda izin yang disyaratkan pada SNI gempa. Jadi periode getar struktur telah memenuhi persyaratan.

4.5.5 Kontrol Beban Gempa Statik dan Dinamik

Sesuai SNI gempa 1726-2019 mengenai skala gaya, peraturan ini mengisyaratkan bahwa gaya geser dasar dinamis harus lebih besar dari 85% gaya geser statis. Dirumuskan sebagai $V_d > 0,85 V_s$. Bila hal tersebut tidak memenuhi maka perlu

diberikan skala gaya pada model struktur gedung . Kontrol gaya geser statis dan dinamis gedung model A akan dijelaskan berdasarkan Tabel 4.11 berikut

Tabel 4.11 *Base Shear* Struktur Gedung

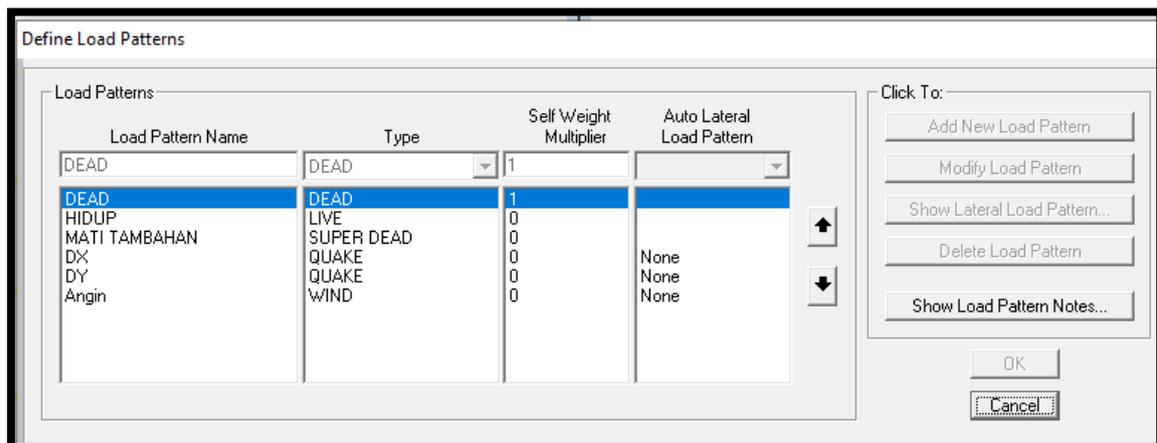
Arah	Dinamik Vd	Statik Vs	0,85 Vs	Kontrol Vd > 0,85 Vs
x	16852,003	3408,007	2596,80595	Oke
y	6541,118	2129,906	1810,4201	Oke

(Sumber : Analisis Sap 2000)

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat diketahui bahwa gaya geser dasar (*base shear*) struktur Gedung memenuhi peraturan yang diisyaratkan. Oleh karena itu perhitungan skala gaya tidak perlu ditambahkan pada permodelan gedung.

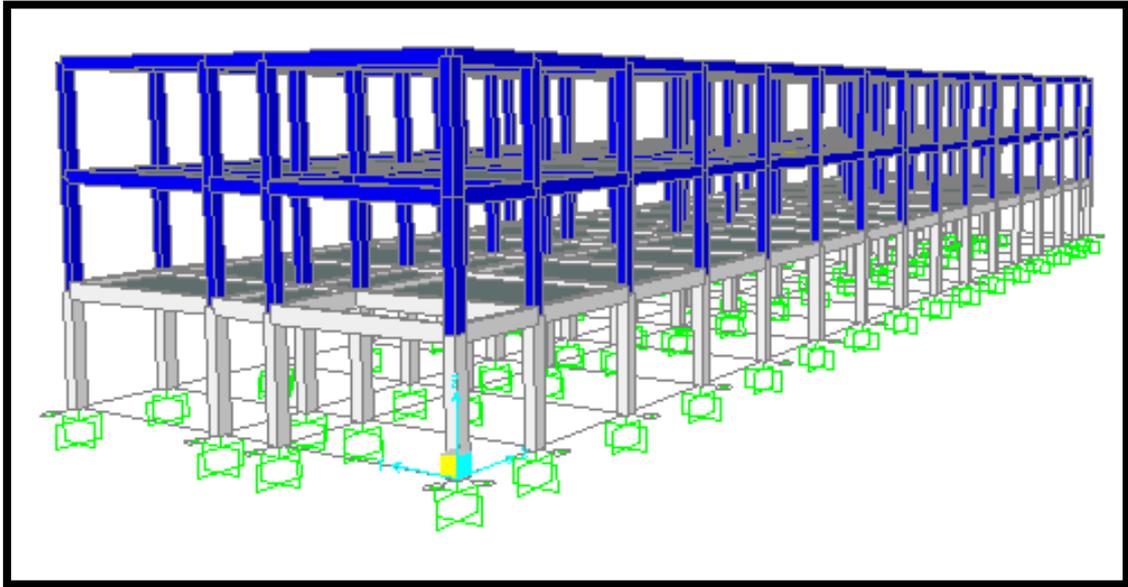
4.6 Analisis Struktur Gedung Dengan Sistem *Flat Slab*

Permodelan struktur dilakukan dengan menggunakan *software* Sap 2000 dalam bentuk 3D yang disesuaikan dengan data dan ketentuan pada proyek Pembangunan Gedung Rumah Susun Kepala Kepolisian Daerah Padang Sumatera Barat. sesuai dengan Gambar 4.12. Sementara untuk definisi beban yang akan di input di Sap 2000 dapat di lihat pada Gambar 4.11

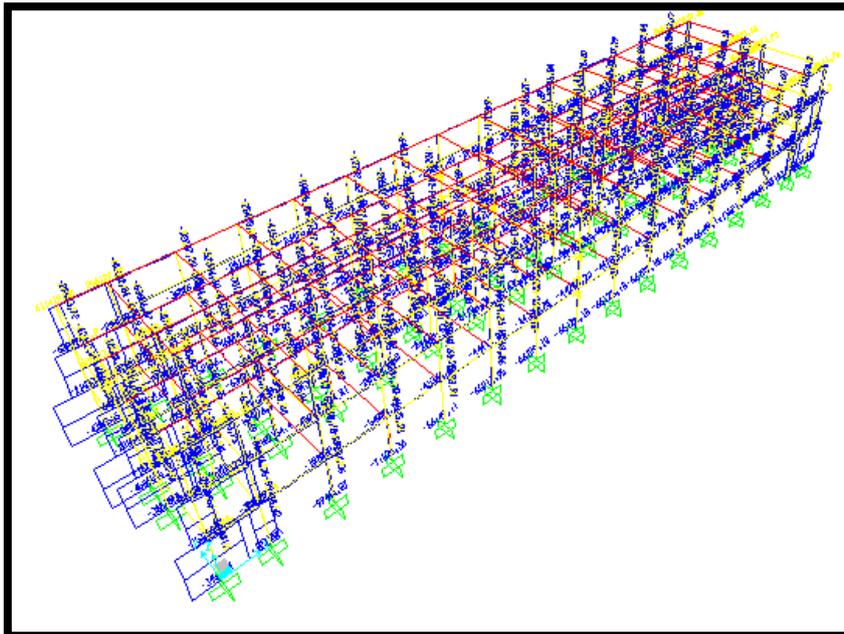


Gambar 4.15 Beban-Beban yang akan di input.

(Sumber : Analisis Sap 2000)



Gambar 4.16 Struktur Gedung.
(Sumber : Analisis Sap 2000)



Gambar 4.17 Hasil Analisis Gedung
(Sumber : Analisis SAP 2000)

Setelah permodelan struktur gedung dengan menggunakan Sap 2000, dilakukan analisis atau *runing* untuk mengetahui perpindahan gaya serta gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut.

4.6.1 Pemeriksaan Jumlah Ragam

Bedasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.9.1, analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi masa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah orisontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model.

	OutputCase Text	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
▶	MODAL	Acceleration	UX	100	99,9973
	MODAL	Acceleration	UY	100	99,9933
	MODAL	Acceleration	UZ	100	99,9709

Gambar 4.18 *Modal Load Participation Ratio Gedung*
(Sumber : SNI 1726-2019)

Pada Gambar 4.13 *Modal Load Participation Ratio* nilai UX, UY, dan UZ masing-masing berada di atas 90%, ini menandakan bahwa kondisi beban pada struktur tersebut bekerja.

4.6.2 Gaya-gaya Dalam Pada Sruktur

Setelah dilakukan analisis atau *running* pada aplikasi Sap 2000, maka gaya-gaya dalam pada *frame* struktur dapat ditampilkan. Tinjauan gaya-gaya dalam pada struktur adalah balok dan kolom. Berikut adalah gaya-gaya dalam yang ditinjau perantai.

Tabel 4.12 Gaya-gaya Dalam Pada Balok

Balok			
LANTAI	AKSIAL	GESER	MOMEN

	Ton	Ton	Ton
2	507,2	856,4	1848,8
3	484,4	964,4	2074,4
4	299,12	824	1853,6

Tabel 4.13 Gaya-gaya Dalam Pada Kolom

Kolom			
FRAME	AKSIAL	GESER	MOMEN
	Ton	Ton	Ton
1	1051,64	114,12	124,972
2	886,292	112,56	126,138
3	725,522	110,75	122,817
4	367,839	7,1912	17,4474

Analisis gaya-gaya dalam dilakukan dengan Program SAP 2000. Nilai *output* pada gaya gaya dalam adalah nilai aksial, geser, dan momen. Gaya-gaya dalam pada balok dan kolom berdasarkan Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa :

d. Gaya Aksial (P)

Pada beberapa tinjauan *frame* struktur yang diambil, gaya aksial terbesar pada balok terdapat di lantai 1 dengan nilai 507,2 Ton, dan gaya aksial terbesar pada kolom terdapat di lantai 1 dengan nilai 1051,64 Ton.

e. Gaya Geser (V)

Pada beberapa tinjauan *frame* struktur yang diambil, gaya geser terbesar pada balok terdapat di lantai 3 dengan nilai 964,4 Ton, dan gaya geser terbesar pada kolom terdapat di lantai 1 dengan nilai 114,12 Ton Kn.

f. Gaya Momen (M)

Pada beberapa tinjauan *frame* struktur yang diambil, gaya momen terbesar pada balok terdapat di lantai 3 dengan nilai 2074,4 Ton, dan

gaya geser terbesar pada kolom terdapat di lantai 2 dengan nilai 126,13 Ton.

4.6.3 Simpangan Antar Lantai Izin

Menurut SNI 1726-2019, Penentuan simpangan antar tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dengan tingkat dibawahnya. simpangan antar tingkat desain (Δ_a) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin. Berdasarkan Tabel 2.7 maka simpangan antar lantai izin untuk gedung yang direncanakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,010 h_{sx} \\ &= 0,010 \times 3,4 \\ &= 34 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tabel 4.14 Simpangan Antar Lantai Izin Arah X

Lantai	Simpangan Antar Lantai Untuk Arah X						Status $\Delta I < \Delta$
	hsx	h	δx	Δ	Δ_i Simpangan yang terjadi	Δ Simpangan ijin	
	(cm)	mm	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Lantai 3	10,4	3400	17	60,90	19,9	34	OKE
Lantai 2	7	3400	12	41,00	21	34	OKE
Lantai 1	3,6	3600	6	20,00	20	36	OKE
Dasar	0	0	0	0	0	0	OKE

Pada Tabel 4.14 dapat di lihat simpangan yang terjadi untuk gempa arah x lebih kecil dari simpangan yang di izinkan, artinya gedung rencana tersebut aman dan telah memenuhi syarat SNI 1726-2019.

Tabel 4.15 Simpangan Antar Lantai Izin Arah Y

Lantai	Simpangan Antar Lantai Untuk Arah Y	Status
--------	-------------------------------------	--------

	hsx	h	δx	Δ	Δ_i Simpangan yang terjadi	Δ Simpan gan ijin	$\Delta I < \Delta$
	(cm)	mm	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Lantai 3	10,4	3400	21	75,1	19,4	34	OKE
Lantai 2	7	3400	16	55,7	20,8	34	OKE
Lantai 1	3,6	3600	10	34,9	34,9	36	OKE
Dasar	0	0	0	0	0	0	OKE

Bedasarkan Tabel 4.15, maka dapat diketahui bahwa simpangan antar lantai pada gedung Tersebut memenuhi simpangan antar lantai izin yang disyaratkan SNI 1726-2019. Oleh karena itu ukuran penampang struktur termasuk aman.

4.6.4 Waktu Getar Alami (*Mode Shape*)

Dengan melihat *mode shape* pada program Sap 2000 yang telah dijabarkan di Tabel 4.10 maka kita dapat mengetahui durasi getar struktur akibat beban yang bekerja. Waktu getar alami struktur dibatasi oleh SNI 1726-2019,

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \cdot C_u$$

Maka :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \cdot h_n^x \cdot C_u \\ &= 0,0466 \times 10,4^{0,9} \times 1,4 \\ &= 0,53 \text{detik} \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Waktu Getar Izin Struktur Model A

<i>Hasil Sap 2000</i>				Kontrol
Mode		Period Alami	Perioda izin	Perioda alami < Perioda izin
		Sec	sec	
Mode	1	0,285739	0,53	OKE
Mode	2	0,159814	0,53	OKE
Mode	3	0,172165	0,53	OKE
Mode	4	0,15356	0,53	OKE
Mode	5	0,182273	0,53	OKE
Mode	6	0,051048	0,53	OKE
Mode	7	0,166097	0,53	OKE
Mode	8	0,150454	0,53	OKE
Mode	9	0,137523	0,53	OKE
Mode	10	0,119647	0,53	OKE

Mode	11	0,111806	0,53	OKE
Mode	12	0,104643	0,53	OKE

Bedasarkan Tabel 4.16 dapat diketahui bahwa perioda getar alami struktur gedung yang dianalisis dari program Sap 2000 tidak melebihi perioda izin yang disyaratkan pada SNI gempa. Jadi periode getar struktur telah memenuhi persyaratan.

4.6.5 Kontrol Beban Gempa Statik dan Dinamik

Sesuai SNI gempa 1726-2019 mengenai skala gaya, peraturan ini mengisyaratkan bahwa gaya geser dasar dinamis harus lebih besar dari 85% gaya geser statis. Dirumuskan sebagai $V_d > 0,85 V_s$. Bila hal tersebut tidak memenuhi maka perlu diberikan skala gaya pada model struktur gedung. Kontrol gaya geser statis dan dinamis gedung model A akan dijelaskan berdasarkan Tabel 4.11 berikut

Tabel 4.17 *Base Shear* Struktur Gedung

Arah	Dinamik Vd	Statik Vs	0,85 Vs	Kontrol Vd > 0,85 Vs
x	15852	3208,007	2726,80595	Oke
y	5541,118	1929,906	1640,4201	Oke

(Sumber : Analisis Sap 2000)

Bedasarkan Tabel 4.17 dapat diketahui bahwa gaya geser dasar (*base shear*) struktur Gedung memenuhi peraturan yang diisyaratkan. Oleh karena itu perhitungan skala gaya tidak perlu ditambahkan pada permodelan gedung.

4.7 Perbandingan Kinerja Struktural Eksisting dengan Sistem *Flat Slab*

4.7.1 Gaya-Gaya Dalam

Tabel 4.18 Perbandingan Gaya Dalam Balok

Lantai	Gaya Momen (M) Balok		
	<i>Eksisting</i> Ton	<i>Flat Slab</i> Ton	Reduksi %
2	1698,8	1848,8	92%
3	1924,4	2074,4	93%
4	1703,6	1853,6	92%

Rata-rata	92%
-----------	------------

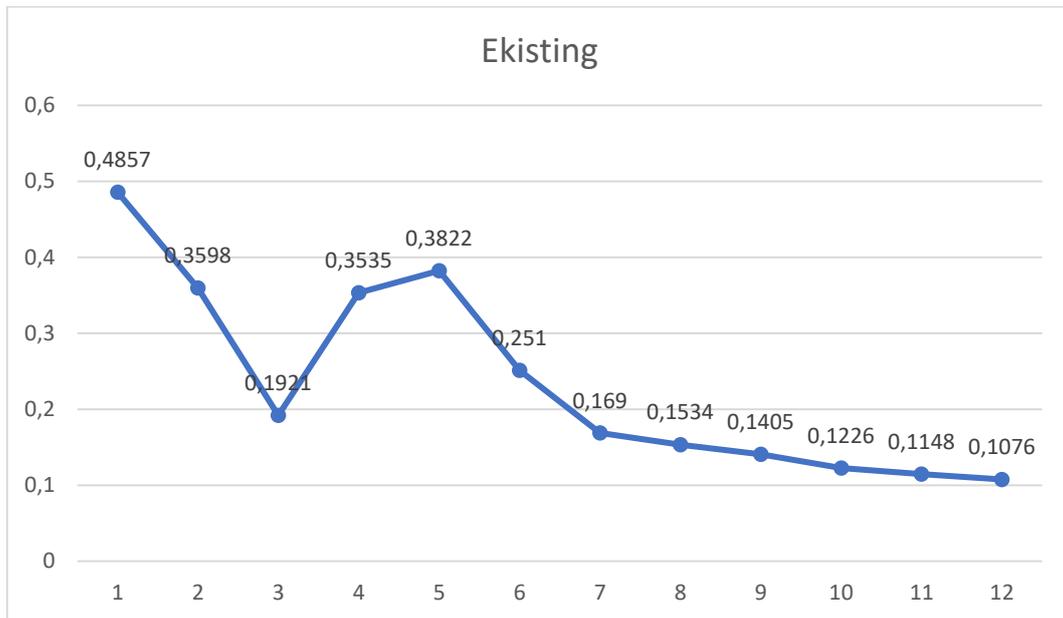
Tabel 4.18 Perbandingan Gaya Dalam Kolom

Lantai	Gaya Aksial (P) Kolom		
	<i>Eksisting</i> Ton	<i>Flat Slab</i> Ton	Reduksi %
1	751,6372	1051,637	71%
2	586,292	886,292	66%
3	425,5216	725,5216	59%
4	467,8388	367,8388	79%
Rata-rata			69%

4.7.2 Periode Getar Struktur

Tabel 4.19 Perbandingan Periode Struktur

Mode	Periode (detik)	
	<i>Eksisting</i>	<i>Sistem Flat Slab</i>
1	0,485739	0,285739
2	0,359814	0,159814
3	0,192165	0,172165
4	0,35356	0,15356
5	0,382273	0,182273
6	0,251048	0,051048
7	0,169097	0,166097
8	0,153454	0,150454
9	0,140523	0,137523
10	0,122647	0,119647
11	0,114806	0,111806
12	0,107643	0,104643



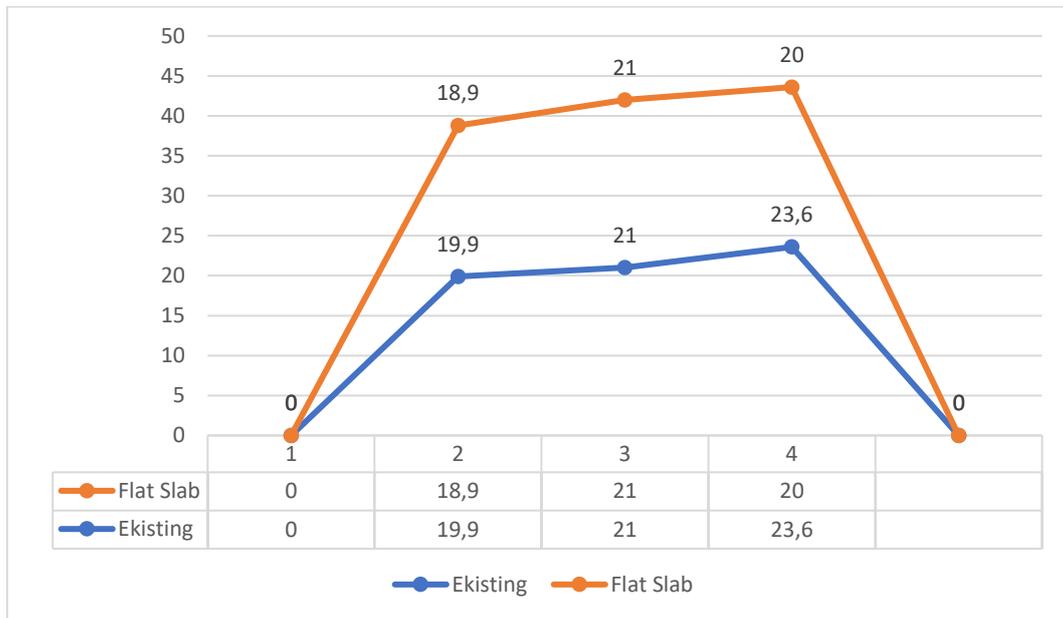
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Perioda Struktur
(Sumber :Data Tugas Akhir 2023)

4.7.3 Perioda Simpangan Antar Lantai

Tabel 4.20 Perbandingan Simpangan Antar Lantai arah-X

Lantai	Elevasi m	Tinggi mm	Δ		Reduksi
			Eksisting	Flat Slab	
1	0	0	0	0	-
2	3,6	3,6	19,9	18,9	95%
3	7	3,4	21	21	100%
4	10,4	3,4	23,6	20	85%
Total			64,5	59,9	65%

Perioda simpangan antar lantai arah- X mendapatkan hasil ekistingnya setelah dihitung menggunakan Sap 2000 mendapatkan total ekistingnya 64,5. Dan mendapatkan total perbandingan flat slab 59,9. Jadi total reduksinya 65%.

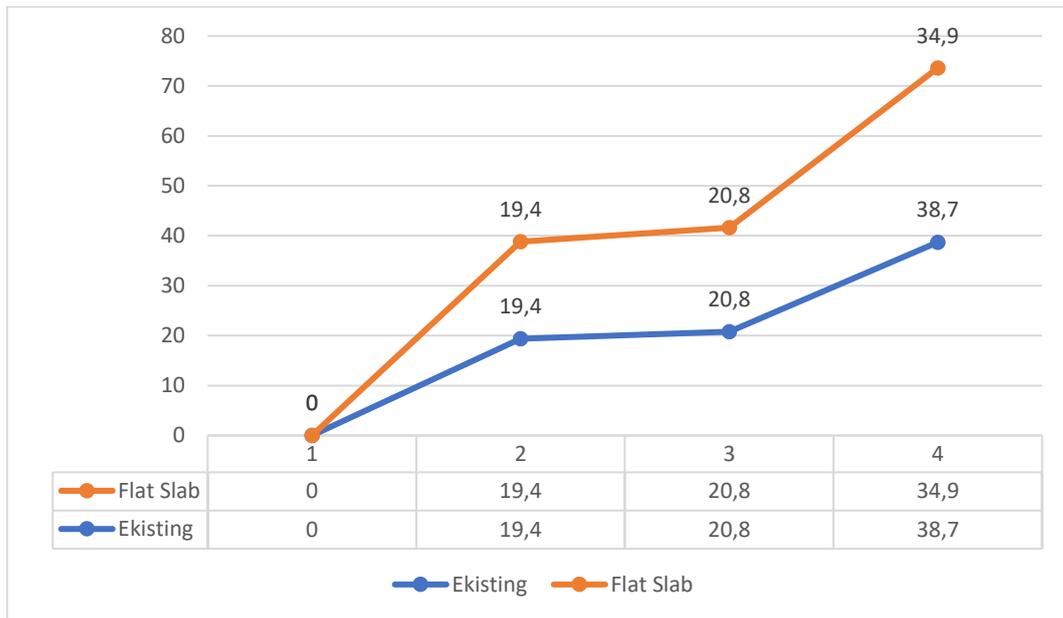


Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai arah-X
(Sumber : Data Tugas Akhir 2023)

Tabel 4.21 Perbandingan Simpangan Antar Lantai arah-Y

Lantai	Elevasi m	Tinggi mm	Δ		Reduksi
			<i>Eksisting</i>	<i>Flat Slab</i>	
1	0	0	0	0	-
2	3,6	3,6	19,4	19,4	100%
3	7	3,4	20,8	20,8	100%
4	10,4	3,4	38,7	34,9	90%
Total			78,9	75,1	97%

Perbandingan simpangan antar lantai arah- Y mendapatkan total ekistingnya 78,9. Dan perbandingan dengan sistem *flat slab* mendapatkan total perbandingan 75,1. Total hasil reduksi perbandingannya 97%.



Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai arah-Y
(Sumber : Data Tugas Akhir 2023)

4.8 Hasil Perbandingan.

Dari Hasil analisis kinerja struktur dapat di simpulkan bahwa bangunan eksisting pada proyek Pembangunan Rumah Susun Kepala Kepolisian Daerah Sumatera Barat tidak memiliki perbedaan kinerja stuktur yang sangat pesat atau jauh ketika di analisis menggunakan sistem *flat slab* dengan bantuan analisis sotware Sap 2000. Pada hasil perbandingan rata-rata reduksinya 7 %, dan masih tetap 93 % presentase kinerja stuktur eksisting dengan sistem *flat slab*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Bedasarkan dari hasil analisis yang telah dilakukan dengan program SAP2000 yang mana mengambil tinjauan studi kasus struktur Pembangunan Rumah Rusun Kapolda Sumatera Barat, penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan mengenai perbandingan kinerja struktur dengan menggunakan *sistem flat slab* yaitu :

1. Pada beberapa tinjauan *frame* struktur yang diambil, gaya aksial terbesar pada balok terdapat di lantai 1 dengan nilai 507,2 Ton, dan gaya aksial terbesar pada kolom terdapat di lantai 1 dengan nilai 1051,64 Ton.
2. Pada beberapa tinjauan *frame* struktur yang diambil, gaya geser terbesar pada balok terdapat di lantai 3 dengan nilai 964,4 Ton, dan gaya geser terbesar pada kolom terdapat di lantai 1 dengan nilai 114,12 Ton Kn.
3. Pada beberapa tinjauan *frame* struktur yang diambil, gaya momen terbesar pada balok terdapat di lantai 3 dengan nilai 2074,4 Ton, dan gaya geser terbesar pada kolom terdapat di lantai 2 dengan nilai 126,13 Ton.
4. Perioda struktur pada gedung menggunakan *flat slab* mengalami reduksi dan telah mengalami batas perioda izin yang disyaratkan SNI gempa.
5. Dari Hasil analisis kinerja struktur dapat di simpulkan bahwa bangunan eksisting pada proyek rumah susun polda Sumbar tidak memiliki perbedaan kinerja stuktur yang sangat pesat atau jauh ketika di analisis menggunakan sistem Flat Slab dengan bantuan analisis software SAP 2000. Pada hasil perbandingan rata-rata reduksinya 7 %, dan masih tetap 93 % presentase kinerja struktur eksisting dengan sistem Flat.
6. Pada perencanaan ini telah tercapainya syarat-syarat yang telah di atur dalam standar perencanaan.

5.2 Saran

Dalam penulisan Tugas Akhir ini masih belum bisa dikatakan sempurna karena masih banyak kekurangan – kekurangan didalamnya. Saran dari penulis agar penulis Tugas Akhir dapat lebih baik lagi berikutnya adalah :

1. Harus ditingkatkan dalam pemahaman materi
2. Lebih mendalam program bantu yang digunakan seperti Sap2000

DAFTAR PUSTAKA

- Setiawan, Agus. 2016. "Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 : 2013". Jakarta : Erlangga.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726:2019)". Jakarta:BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. "Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)". Jakarta : BSN. Badan Standarisasi Nasional. 2019. "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019)". Jakarta : BSN.
- Imran, I., Fajar Hendrik. 2016. "Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang". Bandung : ITB Press.
- Pamungkas, A., Erny Harianti. 2018. "Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa". Yogyakarta : C.V Andy Offset.
- Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. "Peta Sumber Bahaya Gempa Bumi Indonesia Tahun 2017". Jakarta : Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman Kementrian PUPR.
- Wijaya, U., Tavio. 2018. "Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja". Surabaya : C.V Andi Offset.