

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia mengalami tiga kali gempa besar pada tahun 2004. Pertama, terjadi gempa di Kepulauan Alor pada 11 November dengan kekuatan 7,5 SR. Lalu, pada 26 November, gempa berkekuatan 7,1 skala richter melanda Papua. Last but not least, pada tanggal 26 Desember, Aceh mengalami gempa bumi besar berkekuatan 9,2 yang juga memicu tsunami. Getaran di Aceh menjadi yang terbesar dalam seratus tahun setelah gempa negara Emas pada tahun 1964, seperti yang diungkapkan oleh Kerry Sieh pada tahun 2004. Peristiwa ini menyadarkan masyarakat bahwa Indonesia rawan gempa. Oleh karena itu, struktur yang bekerja di daerah rawan seismik harus dimaksudkan untuk menahan gempa (Salim, Intan, et al., 2023).

Menurut (Sudarman et al., 2014) Indonesia terletak di daerah dengan 4 pertemuan empat lempeng tektonik utama yaitu Lempeng Eurasia, Filipina, Pasifik serta Indo-Australia sering disebut juga dengan Ring Of Fire. Gempa bumi secara pasti belum dapat di prediksi kapan kejadiannya. Prediksi yang di maksud adalah prediksi tempat dan waktu kejadian. Gempa bumi sendiri belum dapat diprediksi kapan waktu kejadiannya, apalagi bencana gempa bumi ini dapat membuat kerusakan bangunan dan dapat membahayakan keselamatan jiwa penghuninya.

Perencanaan gedung agar tahan gempa sangat penting. SNI 1726-2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Bukan Gedung” mengganti SNI 1726-2012. Rencana ini dapat dihitung dengan menggunakan analisis statik ekuivalen pada perhitungan gaya gempa.

Beban gempa direncanakan berdasarkan peraturan SNI 1726-2012 terkait Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Bukan Gedung. Beban akan dibebankan ke struktur utama gedung, kemudian melakukan pemeriksaan pada simpangan antar lantai dan evaluasi kelayakan gedung berdasarkan kategori gedung tahan gempa.

Menurut (SARAGIH, 2021) Saat ini perkembangan ilmu pengetahuan sudah sangat pesat, begitu juga dengan ilmu rekayasa struktur dalam bidang teknik sipil. Saat ini program komputer yang sering kita jumpai dipakai untuk perhitungan analisa struktur adalah seperti program SAP2000, ETABS, STAAD PRO dan masih banyak lagi perangkat lunak lain sejenisnya.

Dengan perkembangan perangkat lunak dan teknologi komputer, aplikasi SAP2000 menjadi salah satu program aplikasi teknik sipil yang populer. Aplikasi ini menawarkan kemampuan analisis yang akurat untuk mengetes respons struktur terhadap beban seperti gempa, angin, dan gravitasi.

Beban gempa bisa memicu kerusakan yang signifikan di struktur bangunan, yang berpotensi mengancam keselamatan penghuninya. Oleh karena itu, analisis kinerja struktur gedung terhadap beban gempa merupakan langkah untuk memastikan bahwa bangunan tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi darurat. Dalam hal ini pemilihan metode analisis yang tepat dan penggunaan

software yang handal, seperti SAP2000, menjadi sangat penting. SAP2000 adalah perangkat lunak yang banyak digunakan dalam rekayasa sipil untuk menganalisis dan merancang struktur bangunan khususnya dalam perhitungan beban gempa dan evaluasi kinerja struktur.

Dengan pemahaman yang realistis tentang risiko keselamatan, kesiapan untuk digunakan, dan kerugian ekonomi yang mungkin timbul akibat gempa bumi di masa mendatang, perencanaan gempa berbasis kinerja dapat digunakan untuk merencanakan bangunan baru atau memperkuat bangunan yang sudah ada (Salim, Pratama Intan, et al., 2023).

Dengan demikian, penelitian ini bermaksud untuk menganalisis bagaimana struktur gedung dapat bertahan pada beban gempa yang mungkin terjadi menggunakan aplikasi SAP2000, sehingga dapat diketahui titik-titik lemah yang berpotensi menimbulkan kerusakan akibat gempa. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang struktur bangunan dan aplikasi perangkat lunak *analysis structural*, diharapkan dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya keamanan structural dalam pembangunan yang berkelanjutan.

Berdasarkan pembahasan dan persoalan yang sudah dibahas, maka penelitian ini menggunakan metode perangkat lunak aplikasi SAP2000 untuk menganalisis kekuatan struktur bangunan. Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini membahas permasalahan tersebut dengan judul **“ANALISIS BEBAN GEMPA TERHADAP KINERJA STRUKTUR GEDUNG KANTOR DINAS PARIWISATA PEMUDA DAN OLAHRAGA KABUPATEN BARRU MENGGUNAKAN SOFTWARE SAP2000”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, pokok permasalahan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh beban gempa terhadap kinerja struktur Gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru menggunakan program aplikasi SAP2000?
2. Bagaimana hasil evaluasi desain Gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru menggunakan program aplikasi SAP2000?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk menjawab rumusan masalah, dapat dilihat sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis pengaruh beban gempa terhadap kinerja struktur Gedung Kantor Dinas Pariwisata Pemuda dan Olahraga Kabupaten Barru dengan menggunakan program aplikasi SAP2000.
2. Untuk melakukan evaluasi desain Gedung Kantor Dinas Pariwisata Pemuda dan Olahraga Kabupaten Barru dengan memanfaatkan program aplikasi SAP2000. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk menilai apakah desain yang ada telah memenuhi standar ketahanan terhadap beban gempa dan untuk mengidentifikasi potensi kelemahan dalam desain yang mungkin mempengaruhi keselamatan dan kinerja struktur gedung.

D. Batasan Masalah

Untuk memudahkan pembahasan peneliti menyatakan membatasi masalah yaitu sebagai berikut:

1. Gedung yang di analisa adalah Gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan.
2. Penggunaan data sekunder (data dokumen DED yang diteliti kembali untuk keperluan penelitian, tanpa menggunakan data primer).
3. Struktur yang dianalisis meliputi lantai plat, balok, dan kolom.
4. Jenis beban yang dipertimbangkan dalam analisis perilaku struktur yaitu beban gempa.
5. Pengolahan informasi data output menggunakan program aplikasi SAP2000.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini meningkatkan pengetahuan khususnya pada teknik sipil.
2. Penelitian ini memberikan informasi untuk lebih memahami kinerja struktur bangunan Gedung kantor pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru, terutama kinerja strukturnya dalam memikul beban gempa. Oleh karena itu penelitian ini membantu mengidentifikasi potensi kerusakan di struktur yang disebabkan beban gempa, yang kemudian bisa diperbaiki atau ditingkatkan agar bangunan lebih aman.
3. Meningkatkan pemahaman tentang penggunaan program SAP2000 terutama dalam menganalisis beban gempa.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat dilihat sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan ini mengandung latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, sistematika penulisan yang digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka ini mengandung landasan teori dan berbagai literatur berhubungan persoalan yang akan dibahas.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian dijelaskan lokasi pengujian, waktu pengujian, alat dan bahan penelitian, serta dijelaskan hal-hal apa saja yang dikerjakan pada penelitian ini dan langkah kerjanya.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas analisis data berlandaskan hasil pengujian yang didapat selama melakukan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan langkah akhir dari pengerjaan tugas akhir yang menghasilkan kesimpulan dan saran secara garis besar dan hasil penelitian yang dilakukan beserta saran yang disampaikan untuk pembaca dan penelitian berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PISTAKA

A. Kajian Teori

1. SNI 1726:2019

SNI 1726:2019 merupakan standar gempa terbaru di Indonesia menggantikan SNI 1726-2012 yang dianggap tidak memadai sebagai panduan struktur tahan gempa mengingat kerusakan yang disebabkan oleh gempa bumi di Indonesia, seperti gempa selat sunda 2006 menelan 550 korban jiwa, gempa bumi Yogyakarta 2006 menelan 5600 korban jiwa (Febrianto & Putra, 2024). Pembaharuan pada SNI 1726:2019 mencakup pasal 4.2.2 mengenai perubahan kombinasi pembeban metode ultimit, pasal 6.4 yang membahas perubahan respons spektrum desain, pasal 7.9.1 mengenai perubahan persyaratan analisis ragam, serta pasal 7.9 yang mengalami perubahan dalam pengskalaan gaya gempa dan pembaharuan peta gempa Indonesia (Nasional, 2012)

Tujuan dari struktur gedung yang ketahanan gempunya direncanakan dapat berfungsi sebagai berikut:

- 1) Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang.
- 2) Mempertahankan setiap layanan vital dari fungsi gedung, 3. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih bisa diperbaiki.
- 3) Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat

gempa yang kuat.

Sistem struktur yang umum digunakan adalah sistem rangka pemikul momen (SRPM) yang terdiri dari balok, kolom dan plat untuk struktur atas, selain itu terdapat sistem ganda yang merupakan SRPM dengan penambahan dinding geser. Penggunaan dinding geser beton bertulang lebih efektif dibandingkan dengan sistem rangka pemikul momen. dengan tegangan geser pada dinding geser berpengaruh terhadap besarnya ultimate drift ratio. Berdasarkan penelitian dari Wibowo dan Zebua, penempatan dinding geser sangat berpengaruh terhadap besarnya simpangan gedung yang terjadi.

Sistem struktur yang umum digunakan adalah sistem rangka pemikul momen (SRPM) yang terdiri dari balok, kolom dan plat untuk struktur atas, selain itu terdapat sistem ganda yang merupakan SRPM dengan penambahan dinding geser. Penggunaan dinding geser beton bertulang lebih efektif dibandingkan dengan sistem rangka pemikul momen. dengan tegangan geser pada dinding geser berpengaruh terhadap besarnya ultimate drift ratio.

2. Pembebanan

Kuat rencana komponen elemen struktur harus didesain sama atau melebihi beban terfaktornya. Kombinasi pembebanan mengacu pada SNI 1726:2019 pasal 4.2.2:

- 1) $U = 1,4D$
- 2) $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- 3) $U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- 4) $U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$

$$5) U = 0,9D + 1,0W$$

$$6) U = 1,2D + E_v + E_h + L$$

$$7) U = 0,9D - E_v + E_h$$

Keterangan:

D : Beban mati

L : Beban hidup

L_r : Beban hidup atap

W : Beban angin

R : Beban hujan

E : Beban gempa

3. Jenis-jenis beban

Dalam perencanaan dan desain struktur bangunan, beban yang harus diperhitungkan dapat dibagi menjadi beberapa jenis utama:

a. Beban mati (*Dead Load*)

Beban mati (dead load) adalah berat sendiri dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap. Beban mati pada struktur bangunan ditentukan oleh berat jenis bahan bangunan. Berat ini terdiri atas berat struktur dan beban lain yang ada pada struktur secara permanen.

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk rumah dan Gedung tahun 1987 beban mati pada struktur terbagi menjadi 2, yaitu beban mati akibat material konstruksi misalnya: balok, plat, kolom, dinding geser, kuda-kuda dan lainnya serta beban mati akibat komponen gedung misalnya: bata ringan, penggantung plafon, plafon, keramik, kaca, kusen dan lainnya.

b. Beban hidup (*Live load*)

Beban hidup (*live load*) adalah beban yang terjadi akibat fungsi pemakaian gedung seperti benda-benda pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak dapat diganti. Beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan, meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur. Beban yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan (*occupancy loads*) adalah beban hidup (Ramadhika Dwi Poetra, 2019).

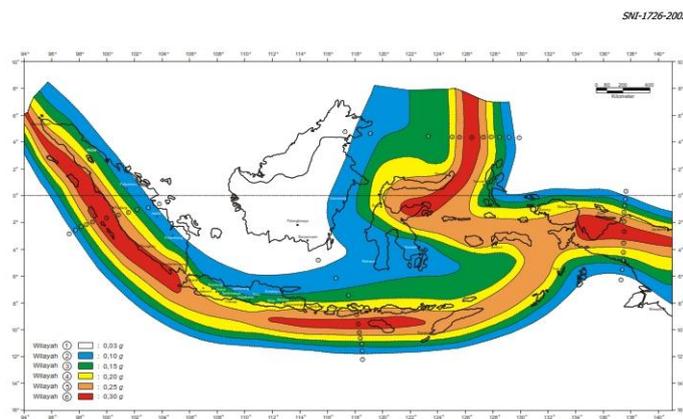
c. Beban gempa

Beban gempa adalah beban dinamik dengan arah bolak-balik yang tidak bekerja terus-menerus pada struktur bangunan atau dapat dikatakan merupakan beban sementara yang bekerja pada bangunan. Besarnya beban gempa tergantung dari beberapa faktor salah satunya yaitu wilayah kegempaan dimana gempa tersebut terjadi, maka koefisien daerah (k_d) ditentukan berdasarkan letak geografis dari bangunan tersebut.

Untuk menentukan nilai dari pada respons spektrum yang akan dibuat pada beban gempa, tahap pertama akan dilaksanakan Analisa klarifikasi situs berdasarkan data lokasi pekerjaan yang dilaksanakan.

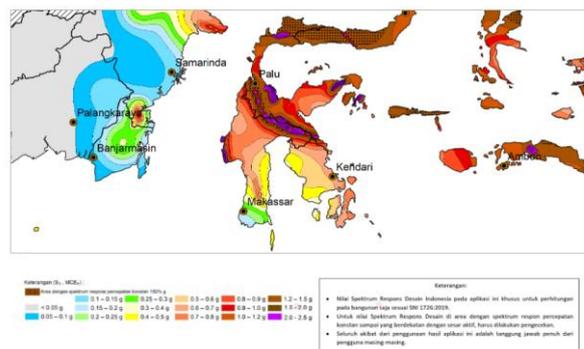
Dalam tahap proses penelitian, penulis disini menggunakan aplikasi atau website Puskim PU Indonesia Design Response Spectrum 2021 Gambar 2. 1 yang dikembangkan oleh berbagai pihak kepentingan seperti Institut Teknologi Bandung (ITB) dan PUPR (Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat), menentukan percepatan berdasarkan koordinat lokasi.

Dalam menentukan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik), perlu dihitung pada dua respons spektral percepatan yaitu 0,2 detik dan 1 detik, untuk peta pergerakan tanah seismik dengan toleransi 2% kemungkinan melebihi dalam 50 tahun (MCER1 2% dalam 50 tahun). Selain itu, kedua parameter ini dapat diungkapkan dalam bentuk bilangan desimal berdasarkan percepatan gravitasi.



Gambar 2. 1 Percepatan Gempa Dasar SNI 03-1726-2002
Sumber: (BSN, SNI 03-1726-2002)

Berdasarkan **Gambar 2. 1** yaitu SNI 03-1726-2002, wilayah Kabupaten Barru termasuk kedalam wilayah 2 dengan nilai percepatan gempa dasar yaitu sebesar 0.10 g.



Gambar 2. 2 S_s Gempa untuk wilayah Makassar
Sumber: (Puskim Desain Spektra Indonesia 2021)

Beban gempa bergantung pada banyak faktor, diantaranya adalah lokasi gempa dimana gempa terjadi, dan koefisien daerah (k_d) berdasarkan lokasi geografis bangunan. Beban gempa juga disebut sebagai beban sementara yang bekerja pada bangunan. Dengan mengacu pada peta parameter gerak tanah sesuai SNI 1726:2019, kita bisa menentukan besar respon spektrum percepatan untuk periode pendek (S_s) serta untuk periode 1 detik (S_1).

Dalam tahap proses penelitian, penulis menggunakan aplikasi atau website Puskim PU Indonesia Design Response Spectrum 2021 yang dikembangkan oleh berbagai pihak kepentingan seperti Institut Teknologi Bandung (ITB) dan Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat (PUPR) sebagai acuan menentukan percepatan berdasarkan koordinat lokasi.

Dalam menentukan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik), diperlu hitungan pada dua respon spektral percepatan yaitu 0,2 detik dan 1 detik, untuk peta pergerakan tanah seismik dengan toleransi 2% kemungkinan melebihi dalam 50 tahun resiko yang ditargetkan maksimum mempertimbangkan aktifitas gerak tanah akibat gempa bumi (MCER1 2% dalam 50 tahun). Selain itu, kedua parameter ini dapat diungkapkan dalam bentuk bilangan desimal berdasarkan percepatan gravitasi.

$$PGA = 0.1115 \text{ g}$$

$$TL = 16 \text{ detik}$$

$$S_s = 0,225 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,109 \text{ g}$$

Keterangan:

PGA = Percepatan tanah maksimum

TL = Transisi periode Panjang (detik)

Ss = Percepatan batuan dasar periode pendek

S₁ = Percepatan batuan dasar periode 1 detik

g = g percepatan gravitasi (m/detik²)

Tabel 2. 1 Faktor keutamaan gempa (Sumber: SNI 1726 - 2019)

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

Dengan memasukkan kelas situs SD (tanah sedang) untuk hasil faktor keutamaan gempa (I_e) dan kategori resiko I dan II (SNI 1726 - 2019) adalah 1,0, maka dengan bantuan sistem pengimputan data pada spektra Indonesia didapatkan faktor amplifikasi:

Tabel 2. 2 Koefisien situs F_a , (Sumber: SNI 1726 - 2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, Ss				
	Ss < 0,25	Ss = 0,5	Ss = 0,7	Ss = 1	Ss > 1,25
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.2	1.2	1.1	1	1
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS ^(a)				

Catatan: SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan

analisis respons situs-spesifik, lihat pada SNI 1726 pasal 6.10.1.

Tabel 2. 3 Koefisien situs, F_v (Sumber: SNI 1726 - 2019).

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
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	2.6	2.4	2.4
SF	$SS^{(a)}$				

Catatan: SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat pada SNI 1726 pasal 6.10.1.

F_a adalah faktor amplifikasi untuk periode pendek dan F_v adalah faktor amplifikasi untuk periode 1 detik parameter spektra desain didapatkan melalui perhitungan yang diambil dari SNI 1726 tahun 2019 pasal 6.3 dan 6.4 berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (2)$$

$$S_{ds} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (3)$$

$$S_{d1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (4)$$

Keterangan:

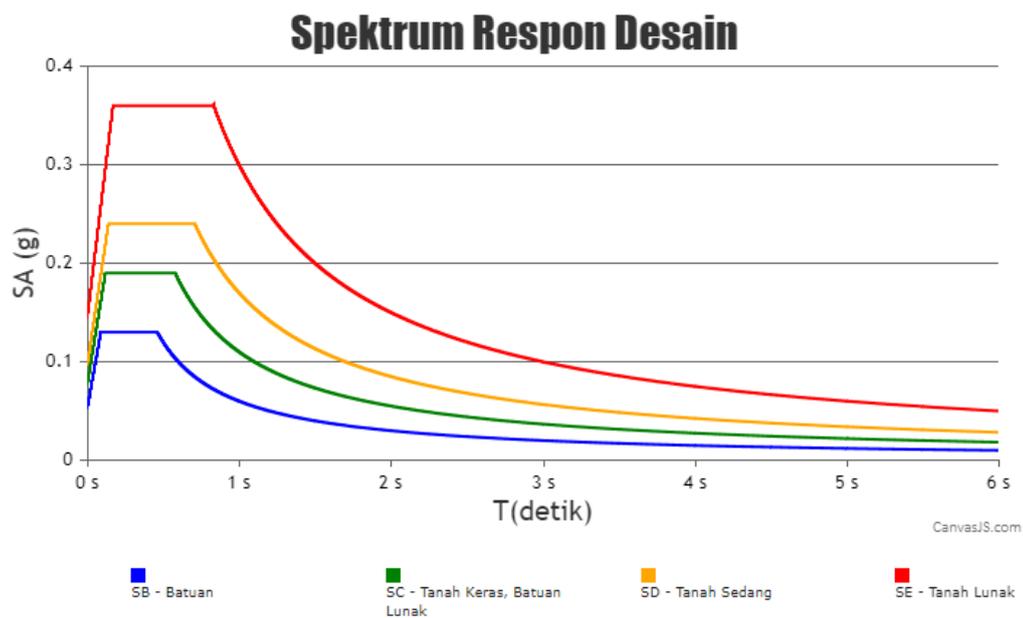
S_{MS} = Respons spektral percepatan pada periode pendek.

S_{M1} = Respons spektral percepatan pada periode 1 detik.

S_{ds} = Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek

S_{d1} = Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik

Berikut adalah grafik spektrum respon desain yang diambil dari website desain spektra Indonesia 2021 yang berfungsi untuk memahami bagaimana bangunan tersebut akan bereaksi terhadap berbagai frekuensi getaran yang mungkin terjadi selama gempa.



Gambar 2. 3 Grafik Spektrum Respon Desain
Sumber: (Website Desain Spektra Indonesia 2021)

Tabel 2. 4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (Sumber: SNI 1726 - 2019).

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko			
	I	II	III	IV
$S_{DS} \leq 0,167$	A	A	A	A
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	B	B	B
$0,33 < S_{DS} < 0,5$	C	C	C	C
$S_{DS} \geq 0,5$	D	D	D	D

Tabel 2. 5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (Sumber: SNI 1726 - 2019).

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko			
	I	II	III	IV
$S_{D1} \leq 0,067$	A	A	A	A
$0,067 < S_{D1} < 0,133$	B	B	B	B
$0,133 < S_{D1} < 0,2$	C	C	C	C
$S_{D1} \geq 0,2$	D	D	D	D

Tabel 2. 6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (Sumber: SNI 1726 - 2019).

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko			
	I	II	III	IV
$S_{D1} \leq 0,067$	A	A	A	A
$0,067 < S_{D1} < 0,133$	B	B	B	B
$0,133 < S_{D1} < 0,2$	C	C	C	C
$S_{D1} \geq 0,2$	D	D	D	D

Jika spektrum respons desain dibutuhkan berdasarkan metode ini dan tidak ada metode gerakan tanah khusus yang digunakan untuk lokasi tertentu, maka kurva spektrum respons desain harus dibuat dengan mengacu pada **gambar 2. 4** dan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan di bawah ini:

- 1) Bagi periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon desain S_a perlu diambil dari persamaan yang relevan.

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (5)$$

- 2) Jika periode sama atau lebih besar dari T_0 , tetapi lebih kecil atau sama dengan T_{S1} , spektrum respon percepatan desain, S_{a1} , setara dengan S_{DS1} .

- 3) apabila periode lebih besar dari T_S namun tetap lebih kecil atau sama dengan T_L , spektrum respon percepatan desain S_a akan menjadi pertimbangan. diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (6)$$

- 4) Untuk periode lebih besar dari T_L , respon spektral percepatan desain, S_a diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (7)$$

Keterangan:

S_{DS} = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek

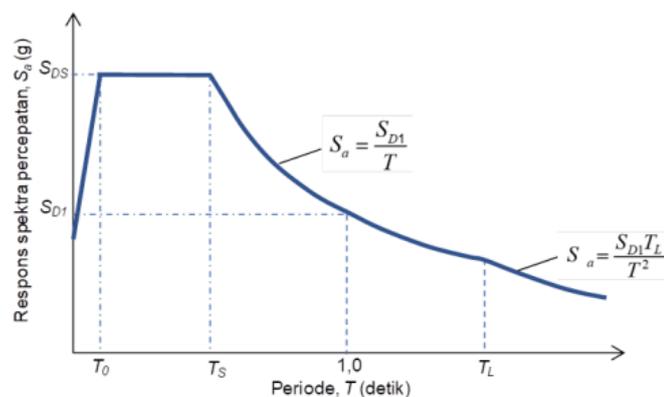
S_{D1} = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_1 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

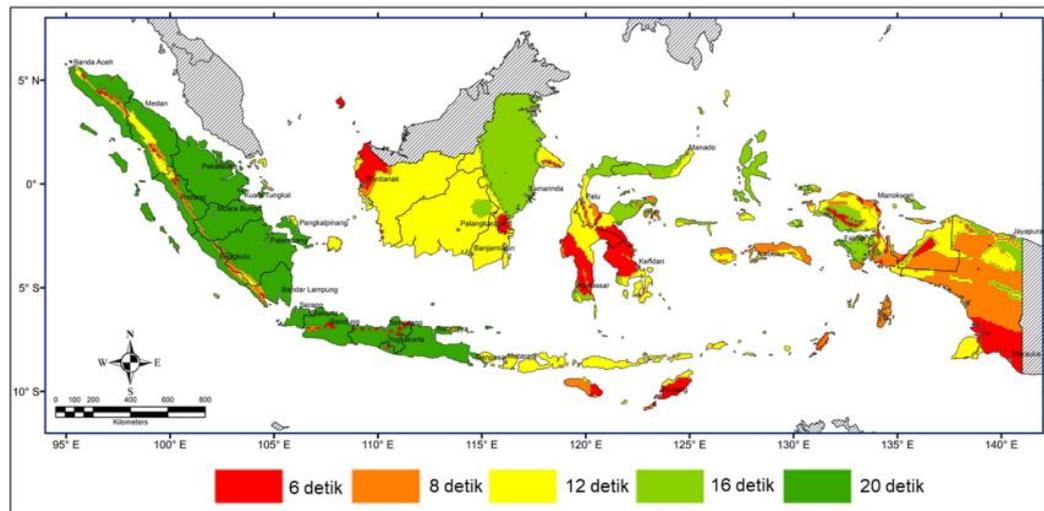
T_L = Peta transisi periode Panjang ditunjukkan pada gambar 2. 2 yang nilainya diambil dari gambar 2. 3.



Gambar 2. 4 Spektrum respon desain

Sumber: (SNI 1726 - 2019)

Nilai yang terdapat pada gambar 2. 2 didapatkan dari Peta transisi periode panjang, TL, wilayah Indonesia yang terdapat pada SNI 1726 - 2019 atau dapat kita lihat pada gambar 2. 3 pada gambar tersebut dapat dilihat nilai transisi periode Panjang (TL).



Gambar 2. 5 Peta transisi periode panjang, (TL), wilayah Indonesia
Sumber: (SNI 1726 - 2019).

4. Gempa bumi

Gempa bumi adalah pelepasan energi pada muka bumi, merambat melalui permukaan tanah. Terjadinya gempa bumi disebabkan oleh benturan/gesekan antara plat tektonik (lempeng bumi) atau amblesnya dasar laut. Lempeng samudera yang rapat massanya lebih besar bertumbukkan dengan lempeng benua di zona tumbukan (subduksi) akan menyusup ke bawah. Gerakan lempeng itu akan mengalami perlambatan akibat gesekan dari selubung bumi. Perlambatan gerak itu menyebabkan penumpukkan energi di zona subduksi dan zona patahan. Akibatnya zona-zona itu terjadi tekanan, tarikan dan geseran. Pada batas elastisitas lempeng terlampaui maka terjadilah patahan batuan yang diikuti oleh lepasnya energi secara

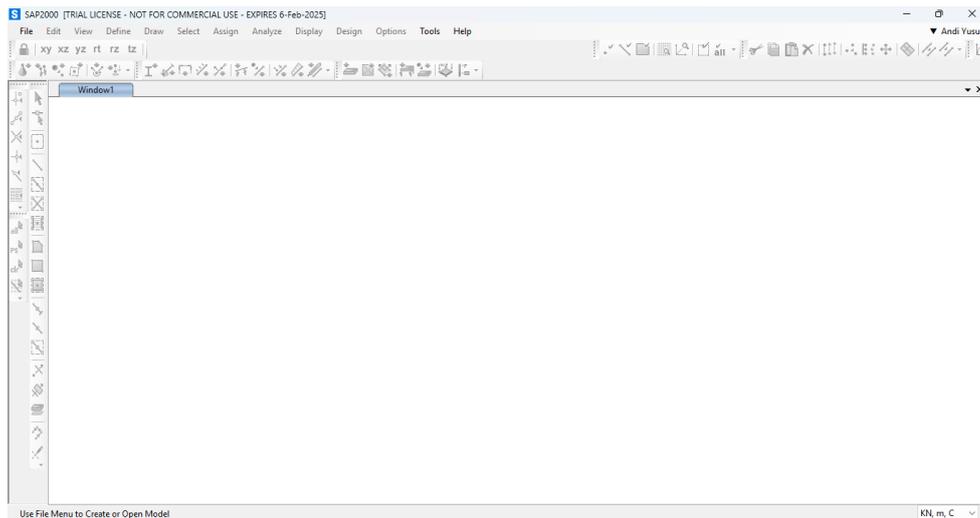
tiba-tiba. Proses ini menimbulkan getaran partikel ke segala arah yang disebut gelombang gempa. Menurut (Tampubolon et al., 2022).

Gempa bisa menimbulkan lumpuhnya aktivitas/kegiatan sesuatu kota serta menimbulkan kehancuran bermacam sarana universal, harta, apalagi korban jiwa. Gempa bumi tidak bisa diprediksi kapan berlangsung, kita cuma bisa mengenali tanda saat sebelum berlangsung gempa.

5. SAP 2000

Program SAP merupakan salah satu software yang telah dikenal luas dalam dunia teknik sipil, terutama dalam bidang analisis struktur dan elemen hingga (finite elemen). Pembuat perangkat lunak SAP yaitu Csi (Computer and Structure, Inc) yang berasal dari Berkeley, California USA, telah mengembangkan program ini sejak tahun 1970- an. Seri program SAP untuk komputer PC yang dilahirkan pertama kali adalah SAP80, kemudian disusul dengan SAP90. Namun kedua program tersebut masih menggunakan DOS, dan untuk perancangan elemen strukturnya masih menggunakan program tersendiri, sehingga dirasakan cukup merepotkan pengguna (Batara, 2013).

Analisis yang dapat dilakukan dengan SAP2000 ini meliputi analisis statik dan analisis dinamik. Analisis model struktur dapat dilakukan secara 2 dimensi dan 3 dimensi. Selain itu, untuk desain, SAP2000 telah menyediakan beberapa menu desain untuk struktur baja maupun struktur beton, dan tidak tertutup kemungkinan menggunakan material-material struktur lainnya (Batara, 2013).



Gambar 2. 6 Tampilan layar SAP2000 versi 26

6. Fitur-fitur SAP2000

SAP2000 menampilkan berbagai fitur yang bermanfaat bagi insinyur struktur. Beberapa fitur diantaranya adalah:

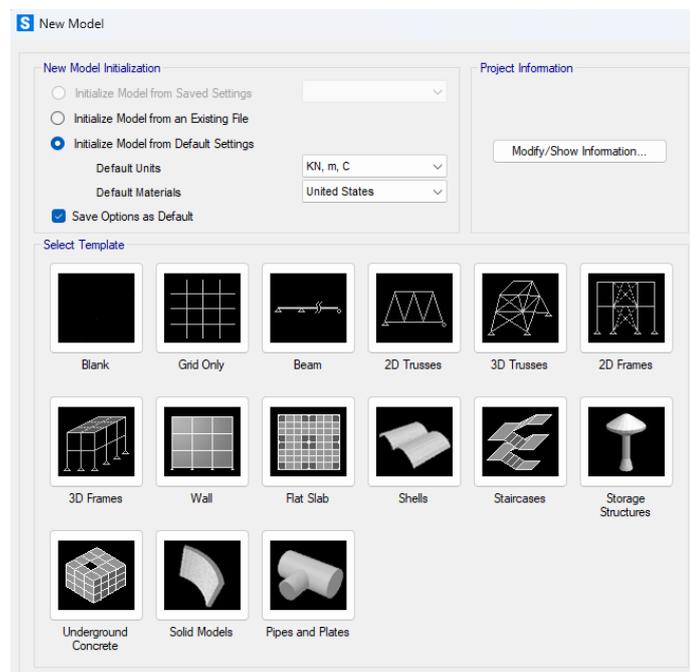
- 1) Antarmuka grafis yang mudah, SAP2000 menawarkan antarmuka grafis yang mudah digunakan, yang memudahkan membuat permodelan struktur.
- 2) Analisis struktur 2d dimensi dan tiga 3d, SAP2000 mempunyai fitur untuk menganalisis struktur kedalam dua dimensi dan tiga dimensi, sehingga bisa digunakan untuk berbagai jenis struktur.
- 3) Mendefinisikan berbagai macam material, SAP2000 dapat mendefinisikan berbagai macam material diantaranya kayu, beton, baja, dan sebagainya
- 4) Memperhitungkan deformasi struktur, SAP2000 bisa menghitung deformasi struktur diantaranya defleksi, rotasi, dan lainnya.
- 5) Memperhitungkan kapasitas struktur, SAP2000 bisa memperhitungkan kapasitas struktur diantaranya momen benturan, kekuatan tarik.

- 6) Menghitung penggunaan material, SAP2000 bisa menghitung penggunaan material struktur seperti balok beton dan batang baja.

Menampilkan hasil dengan visual, SAP2000 dapat menampilkan hasil analisis secara visual seperti plot kontur dan deformasi.

a. Model, Analisis dan Desain

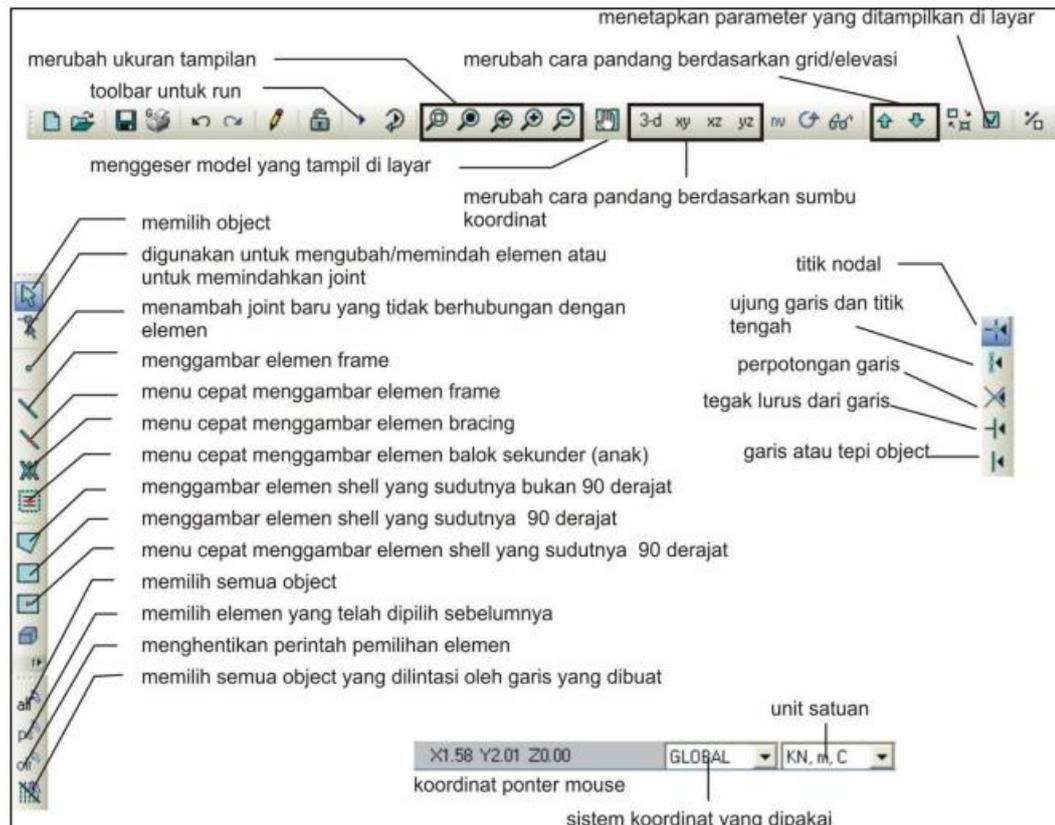
Untuk memudahkan dalam pemodelan, SAP2000 telah menyediakan beberapa variasi template (model siap pakai) dari suatu tipe struktur. Untuk membuat model struktur pengguna cukup memodifikasi seperlunya sehingga proses pemodelan dan analisis menjadi cepat. SAP2000 sudah terintegrasi untuk melakukan proses analisis dan desain. Setelah analisis selesai dilakukan dan didapat hasil yang benar selanjutnya dapat langsung dilakukan desain untuk memperoleh dimensi profil atau luas tulangan baja yang mencukupi. Analisis ulang dan redesain dapat dilakukan dengan mudah dengan SAP2000



Gambar 2. 7 Kotak dialog new model pada SAP2000 versi 26

b. Fasilitas Toolbar SAP 2000

SAP2000 memiliki berbagai toolbar yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan pengguna, fasilitas toolbar yang ada dalam tampilan SAP2000 secara singkat dapat dilihat dalam gambar 1.3 dibawah ini.



Gambar 2. 8 Fasilitas Toolbar SAP2000

c. Sistem koordinat

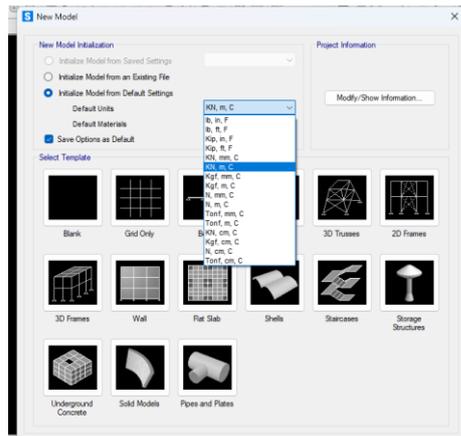
Setiap model struktur menggunakan koordinat yang berbeda untuk menentukan joint dan arah beban, displacement, gaya dalam dan tegangan. Pengetahuan tentang sistem koordinat ini sangat penting bagi pengguna, karena untuk menentukan model dan menginterpretasikan hasil-hasil keluaran dari program, pengguna harus memahami sistem koordinat ini. Semua sistem koordinat ditunjukkan dengan

sumbu tiga dimensi, menggunakan aturan tangan kanan dan menggunakan system cartesius (segi-empat)

7. Langkah-langkah permodelan SAP2000

Dalam melakukan permodelan dilakukan dengan tindakan sebagai berikut:

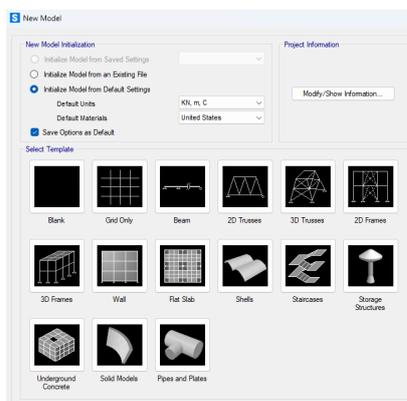
a. Menentukan unit



Gambar 2. 9 Unit pada aplikasi SAP2000

Sebelum mulai melakukan permodelan, unit dan satuan harus disesuaikan. Ini dilakukan agar lebih mudah untuk memperlihatkan satuan secara beragam pada hasil yang dibuat.

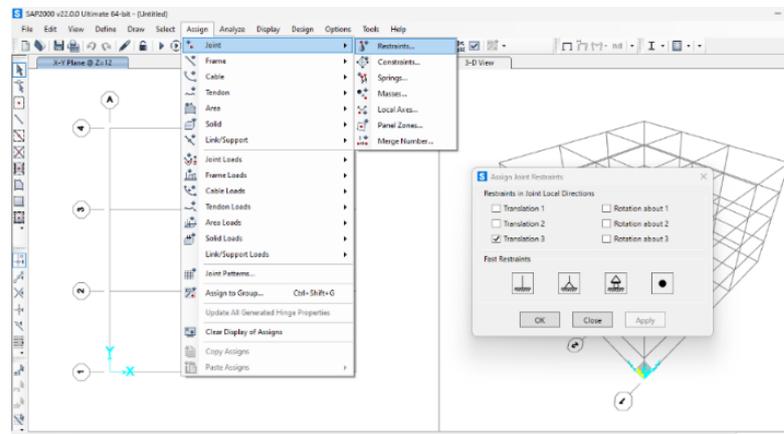
b. Menentukan Geometry/Membuat Model Struktur



Gambar 2. 10 Model pada aplikasi SAP2000

Selain tinggi bangunan yang kita modelkan, geometri yang dimaksud mencakup panjang bentang dalam arah X dan Y.

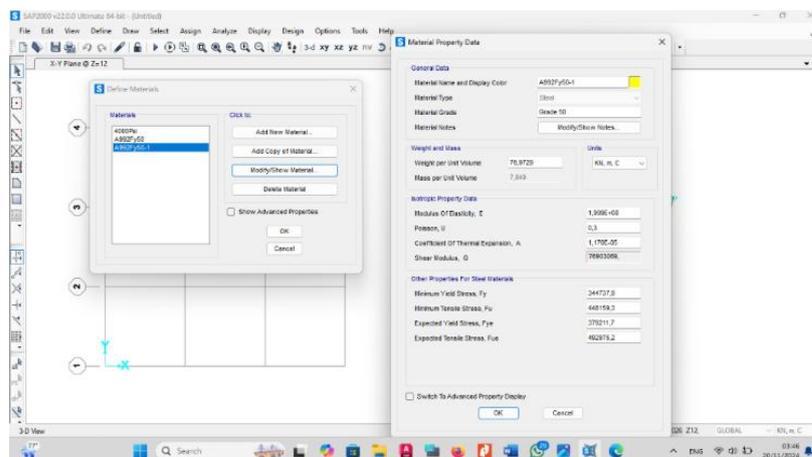
c. Menentukan perletakan atau restraints



Gambar 2. 11 Restraints pada SAP2000

Gambar 2. 11 menunjukkan menu yang harus digunakan untuk menentukan perletakan pada model struktur yang kita buat.

d. Menentukan material

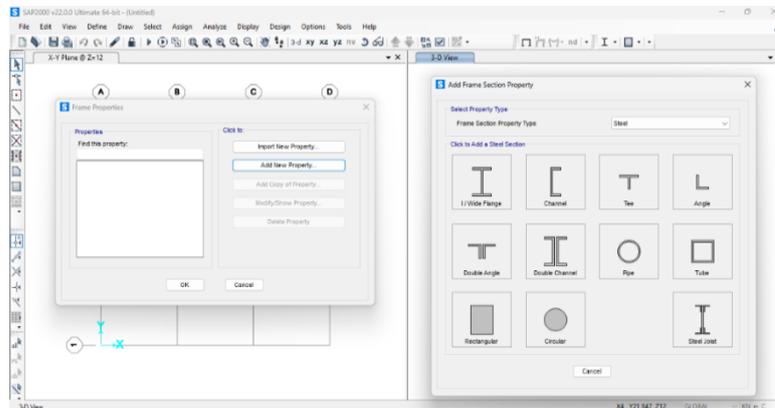


Gambar 2. 12 Menu define material pada aplikasi SAP2000

Menentukan material dapat dilakukan melalui menu define lalu material pada menu ini kita dapat mendesain material seperti baja, beton, aluminium yang

dapat kita atur sendiri melalui menu modify/show material yang terdapat pada menu material.

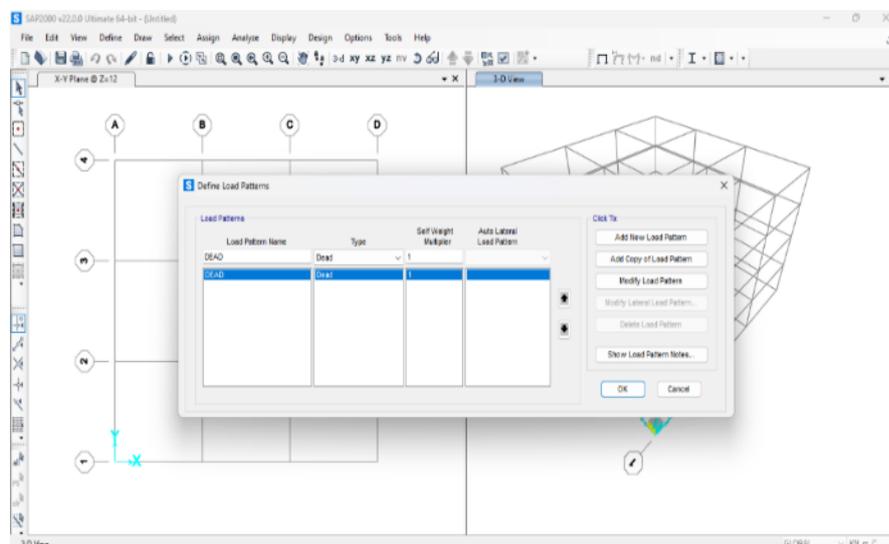
e. Menentukan penampang



Gambar 2. 13 Menu frame sections pada aplikasi SAP2000

Bagian struktur yang kita buat, misalnya balok, kolom, dan pelat, termasuk dalam definisi penampang. dan lain-lain dapat dipilih melalui menu define kemudian pilih menu frame sections.

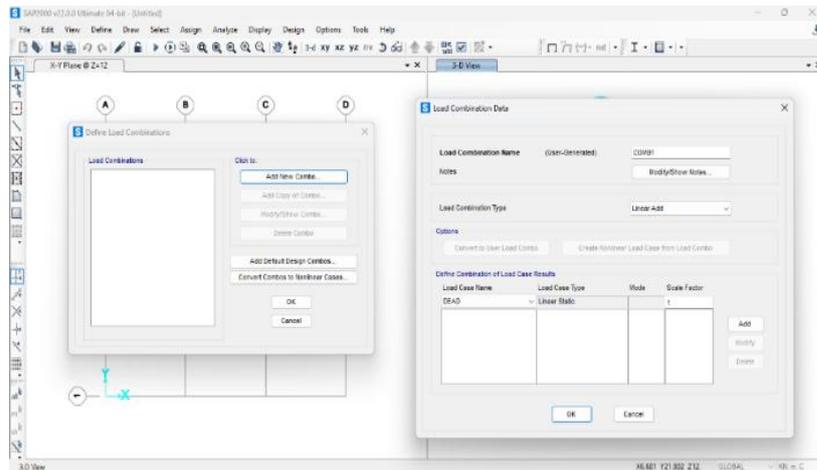
f. Menentukan tipe beban



Gambar 2. 14 Menu load patterns pada aplikasi SAP2000

Definisi tipe beban mencakup berat struktur sendiri, beban mati tambahan, beban hidup, angin, gempa, dan efek alam lainnya yang ditopang pada model struktur yang dibuat. Dapat dilakukan pada menu define kemudian load patterns.

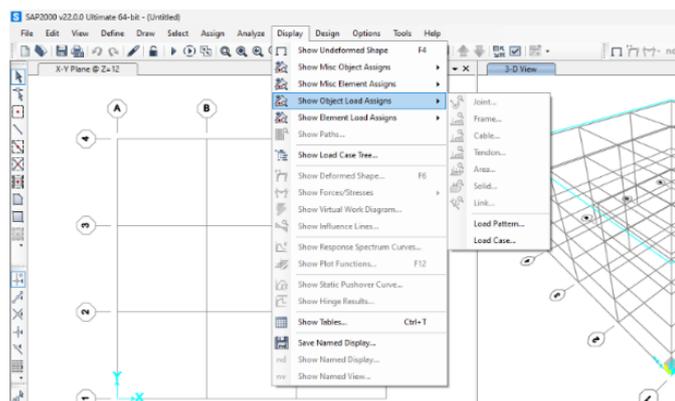
g. Menentukan kombinasi beban



Gambar 2. 15 Menu load combinations pada aplikasi SAP2000

Dalam mengetahui pengaruh beban terbesar pada model struktur yang dibuat, kita harus menggabungkan beban dari setiap beban yang telah dibuat sebelumnya dengan menu pola beban, dapat dilakukan pada menu load combinations yang terletak pada menu define.

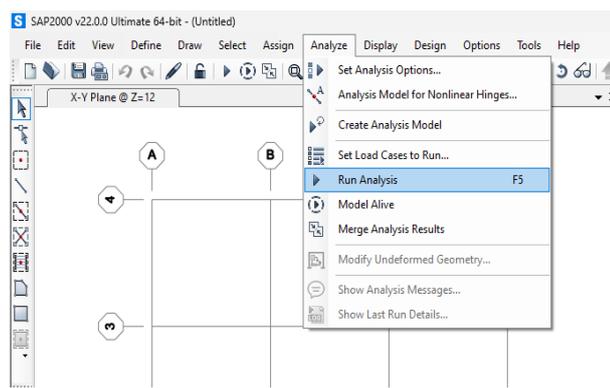
h. Menampilkan pembebanan pada struktur



Gambar 2. 16 Menu show load assign pada aplikasi SAP2000

Melakukan pemeriksaan kembali terhadap beban yang telah diaplikasikan setelah memasukkan beban model struktur akan menghemat waktu untuk melacak kesalahan jika terjadi kesalahan selama analisis, terutama kesalahan pada pembebanan. Dapat dilakukan pada menu display kemudian show load assigns lalu pilih frame yang kita ingin berikan beban.

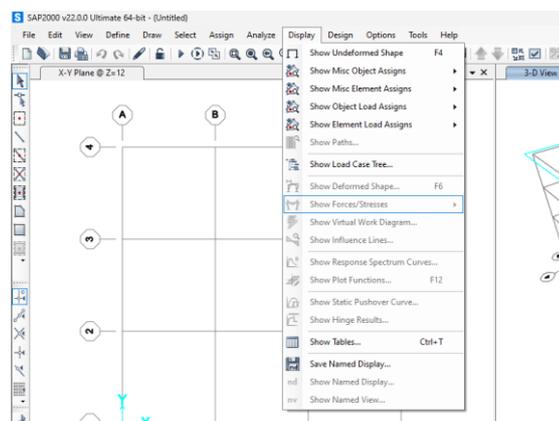
i. Menganalisis



Gambar 2. 17 Menu run analyze pada aplikasi SAP2000

Setelah seluruh tahap selesai, maka selanjutnya adalah tahap akhir yaitu menganalisis untuk memperoleh hasil. Dapat dilakukan melalui menu analyze kemudian pilih run analyze.

j. Melihat hasil



Gambar 2. 18 Menu show force/stresses pada aplikasi SAP2000

Kita dapat melihat hasil analisa berupa gaya-gaya dalam seperti efek pegas, gaya geser, momen, torsi, defleksi, dan lain-lain pada menu display kemudian pilih show force/stresses.

B. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

Untuk meningkatkan teori yang digunakan dalam melakukan penelitian ini, penulis menggunakan penelitian sebelumnya sebagai referensi. Namun, penelitian sebelumnya memiliki judul yang sama, dan terdiri dari beberapa jurnal dan skripsi yang terkait dengan penelitian saat ini.

1. Joharol Maknun et al. (2021) berjudul “Analisis Beban Gempa Terhadap Kinerja Struktur Bangunan Rumah Susun Polsek Balaraja Menggunakan *Software* SAP2000”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar respon spektrum SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 pada bangunan rumah susun Polsek Balaraja, Polres Kota Tangerang-Banten. Penelitian ini memperoleh nilai koefisien S_s , S_1 , S_v , S_{Ms} , S_{M1} , S_{Ds} , S_{D1} , dan respon spektrum beban gempa pada SNI 1726-2019 lebih besar daripada respon spektrum pada SNI 1726-2012. Sedangkan pada nilai koefisien F_a , yang diperoleh pada SNI 1726-2019 lebih kecil dari nilai koefisien yang diperoleh SNI 1726-2012.
2. Muhammad Bakri Saragih (2021) berjudul “Analisis Perhitungan Struktur Dengan Menggunakan SAP2000 dan metode *cross* Di Gedung Kantor Dinas Kesehatan Kota Medan” Tujuannya adalah untuk melakukan analisis perhitungan penulangan serta pendimensian struktur balok beton bertulang. dimana perhitungan manual dilakukan pada suatu portal yang dibebani oleh

beban terbagi rata dan beban terpusat; metode cross (Hardy Cross) digunakan, dan hasilnya dicek dengan program komputer SAP2000 versi 14.2.2.

3. Lambok Ritonga (2023) berjudul “Perhitungan Struktur Dengan Menggunakan SAP2000 Pada Proyek Pembangunan Klinik Building Medan” Tujuannya adalah untuk memahami elemen struktur seperti kolom, balok, dan pelat lantai, dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000 dan hasil perhitungan struktur didasarkan pada pedoman SNI 2847-2019.
4. Aswin Andre Atmaka et al. (2020) berjudul “Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Instalasi Dan Ruang Inap RSUD Wates Dengan *Software* SAP2000” Tujuannya adalah untuk mendapatkan titik performance bangunan, nilai rasio drift, dan nilai level kinerja berdasarkan ATC-40. Metode penelitian ini menggunakan respon spektrum dan standar nasional Indonesia untuk menilai kinerja bangunan di Rumah Sakit Umum Daerah Wates. Hasil tugas akhir ini menghasilkan nilai kinerja struktur (Performance Point) dengan gaya geser arah X sebesar 3188,541 kN dan gaya geser arah Y sebesar 1058,513 kN. Berdasarkan rasio gerakan berdasarkan ATC-40, nilai maksimum gerakan elastis arah X adalah 0,00000249 dan nilai maksimum gerakan elastis arah Y adalah 0,00000405. Ini menunjukkan bahwa gedung yang ditinjau termasuk dalam level Immediate Occupancy (IO). Bangunan Gedung Rumah Sakit Umum Daerah
5. Arfandi Wardiansyah et al. (2023) berjudul “Evaluasi Kinerja Struktur Gedung SDN 02 Lubuk Buaya Menggunakan Metode *Pushover Analysis* Pada Program SAP2000” Tujuannya adalah untuk mengetahui struktur gedung SDN 02

Lubuk Buaya pada kondisi kritis yang menjadi sarana untuk mengetahui kinerja pada gedung tersebut. Dari hasil evaluasi kinerja struktur gedung SDN 02 Lubuk Buaya , perencanaan struktur suatu bangunan tidak sesuai dengan konsep desain kolom kuat balok lemah, dari hasil analisis yang diperoleh Simpangan total maksimum arah x-x yaitu pada step 4 lebih kecil dari simpangan izin gedung, dengan angka $42,128 < 60$ mm yang diambil dari perkalian tinggi gedung antar lantai dengan koefisien kategori resiko gempa (kategori resiko IV), Evaluasi pada arah xz masih dalam keadaan aman karena seluruh elemen kolom dan balok pada portal muncul sendi plastis dengan level A-B yang mana masih bersifat elastis yang ditandai dengan titik berwarna merah muda Distribusi sendi plastis yang terjadi pada semua step memperlihatkan tidak ada komponen struktur yang melewati batas kinerja, sehingga dapat dinyatakan kinerja komponen struktur masih dalam keadaan aman, Berdasarkan hasil analisa spectrum kapasitas arah x, nilai simpangan total maksimum sebesar 0,005 mm dan simpangan inelastic maksimum sebesar 0,002 mm. berdasarkan ATC-40 tahun 1996, hasil dari perhitungan tersebut masuk kedalam kelas Immediate Occupancy (IO) yang artinya apabila terjadi gempa tidak akan menyebabkan kerusakan yang signifikan dan Untuk hasil output dari displacement pada kurva spectrum kapasitas y-y tidak muncul simpangan totalnya karena tidak ada perpotongan kurva pushover demand y-y dengan kurva kapasitas spectrum y-y. dan pada displacement pushover pada kurva y-y terlalu kecil, maka tidak terlalu berpengaruh kinerja struktur terhadap kurva y-y dengan besar displacement sebesar 0,0856 mm.

6. Syafri Wardi et al. (2023) berjudul “Analisis Kinerja Seismik Gedung Dengan *Pushover Analysis* (Studi Kasus: Gedung Perkantoran Tiga Tingkat Yang Runtuh Akibat Gempa Palu 2018)” Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kinerja seismik gedung perkantoran tiga lantai di Universitas Tadulako dan mengevaluasi penyebab keruntuhan bangunan tersebut. Evaluasi kinerja seismik dilakukan dengan menggunakan engsel plastis default pada SAP2000. Hasil analisis menunjukkan bahwa engsel plastis terjadi terlebih dahulu pada ujung balok, diikuti oleh engsel plastis pada ujung kolom. Titik kinerja dari perpotongan kurva kapasitas dan spektrum kapasitas berdasarkan ATC-40 menunjukkan bahwa tingkat kinerja bangunan berada pada kategori pengendalian kerusakan, yang berarti bangunan dapat menahan gaya gempa dan memiliki risiko kematian manusia yang rendah. Hasil ini tidak menggambarkan kondisi pascagempa di mana bangunan runtuh akibat kegagalan sambungan balok-kolom karena tulangan geser tidak terpasang pada sambungan balok-kolom. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan model analisis, termasuk model kegagalan sambungan balok-kolom.
7. Aryandi Akir et al. (2024) berjudul “Analisis Struktur Kolom Dan Balok Bangunan Kantor KNPI Kolaka Sesuai SNI 1726-2019 Dengan Menggunakan SAP2000” Tujuannya adalah untuk mengetahui bagaimana pemodelan Struktur Gedung KNPI dan pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2019. Kemudian bagaimana kriteria struktur yang dianalisis dan dimodelkan berdasarkan SNI Gempa 1726:2019. Penelitian juga ditujukan untuk

mengecek kemampuan struktur dan elemen balok kolom eksisting terhadap beban Gempa baik itu rasio dan lendutannya.

8. Nazili et al. (2023) berjudul “Tinjauan Ulang Perhitungan Struktur Atas Gedung Sekolah Sdn 02 Lubuk Buaya Dengan Menggunakan *Software* SAP 2000” Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan tinjauan ulang perhitungan struktur atas gedung sekolah SDN 02 Lubuk Buaya dengan menggunakan software SAP 2000. Gedung sekolah ini terletak di Jalan Bhayangkara No. C12, Lubuk Buaya, Kecamatan Koto Tengah, Kota Padang, Sumatera Barat. Karena gedung sekolah ini terletak di wilayah zona gempa, penelitian ini akan melakukan tinjauan ulang perhitungan struktur atas gedung sekolah tersebut. Hasil penelitian ini kemudian akan dibandingkan dengan perencanaan awal. Sehingga hasil penelitian berbeda karena asumsi pembebanan dan ketelitian.
9. Titin Sundari et al. (2020) berjudul ” Analisis Statik Beban Gempa Pada Perencanaan Struktur Gedung Rektorat Unhasy Tebuireng Jombang”. Tujuannya adalah Melakukan analisis statik beban gempa pada perencanaan struktur Gedung Rektorat Universitas Hasyim Asy'ari (Unhasy) Tebuireng, Jombang, sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012. Menghitung nilai gaya geser dasar (base shear) dan simpangan antar lantai (drift) dari analisis statik ekuivalen, serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan persyaratan yang diijinkan dalam SNI 1726:2012. Memberikan kesimpulan dan saran terkait hasil analisis statik beban gempa, yang dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan struktur Gedung Rektorat Unhasy Tebuireng Jombang.

Wayan Martayase (2022) berjudul “Analisis Struktur Bangunan Gedung Asrama 3 Lantai Jati Agung Lampung Selatan Menggunakan Aplikasi SAP2000”. Tujuannya adalah untuk menganalisis kekuatan dan keamanan struktur bangunan asrama 3 lantai di Jati Agung, Lampung Selatan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Menentukan dimensi struktur dan menilai apakah desain yang diusulkan dapat menahan berbagai beban yang bekerja pada bangunan, termasuk beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban seismik.

BAB III

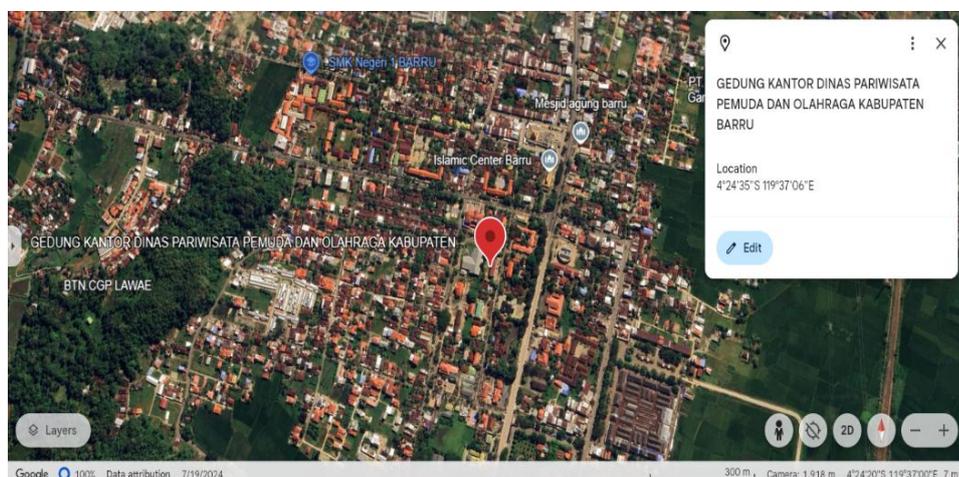
METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah kuantitatif dengan mengumpulkan dan menganalisis data untuk mengetahui kinerja struktur gedung terhadap beban gempa memanfaatkan *software* SAP2000.

B. Lokasi Dan Waktu

Tempat lokasi penelitian ini dilaksanakan dalam pembangunan gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Jl. HM Saleh Lawa, Sumpang Binangae, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan 90712 Indonesia. Lokasi penelitian ini termasuk lokasi strategis yang didominasi bangunan perkantoran dengan tingkat mobilitas masyarakat yang tinggi berikut gambar koordinat lokasi penelitian.



Gambar 3. 1 Lokasi Kantor Dinas Pariwisata Pemuda Dan Olahraga Kabupaten Barru

Sumber: (google earth tahun 2024)

C. Rancangan Penelitian

1. Tahap-tahap penelitian

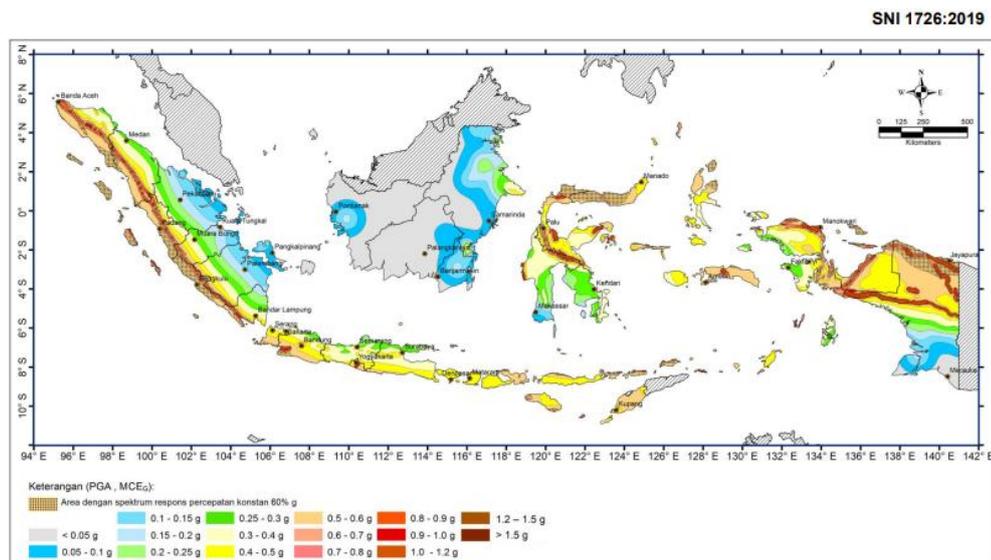
- a. Pengumpulan data sekunder, berupa dokumen Desain Akhir Struktur (DED) gedung yang akan diteliti.
- b. Pemodelan struktur gedung menggunakan program SAP2000 berdasarkan data DED.
- c. Analisis beban gempa pada struktur bangunan menggunakan SAP2000
- d. Evaluasi kinerja struktur berdasarkan hasil analisis, mengacu pada standar keselamatan yang ditetapkan dalam SNI 2019.
- e. Analisis dan pembahasan hasil evaluasi kinerja struktur.
- f. Penarikan kesimpulan dan saran.

D. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data sekunder digunakan oleh penulis penelitian ini. Data dapat diperoleh dalam bentuk soft file dari situs penelitian. Selain itu, nilai percepatan gempa dan pembebanan struktur pada daerah penelitian dapat diperoleh dari berbagai sumber, termasuk website Puskim PU, SNI 2847-2019, PPURG 1987, dan SNI 03-1726-2019, selain dari studi sebelumnya.

1. Nilai Percepatan Gempa (PGA) SNI 03-1726-2002

Nilai percepatan gempa, juga dikenal sebagai percepatan puncak tanah (PGA - Peak Ground Acceleration), adalah ukuran dari percepatan maksimum yang dialami oleh tanah selama gempa bumi. Berikut adalah PGA Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCEG) wilayah Indonesia.



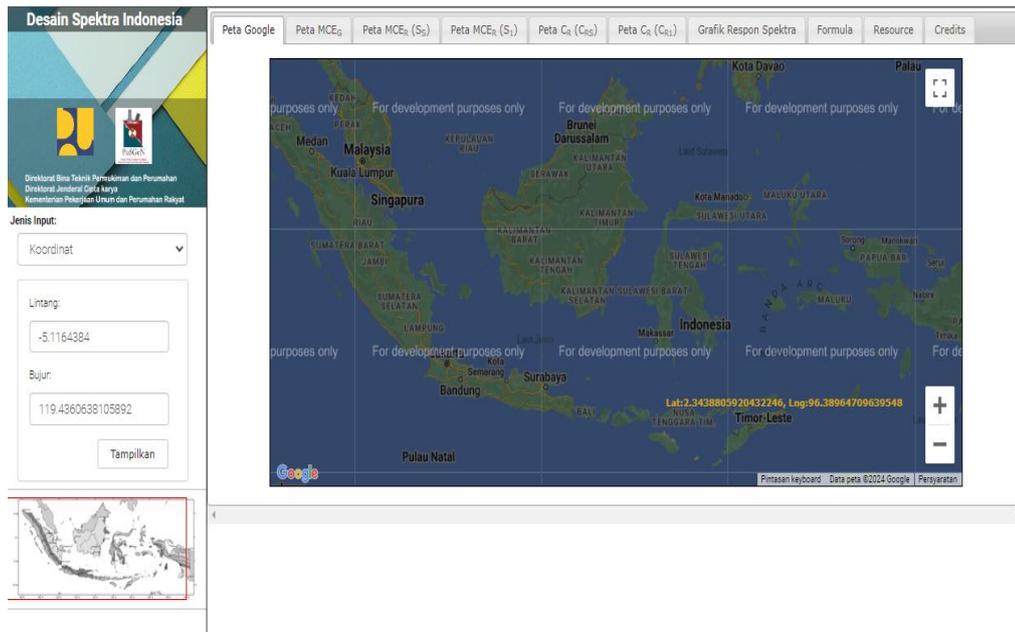
Gambar 3. 2 PGA Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCEG) wilayah Indonesia

Sumber: (SNI 1726 tahun 2019)

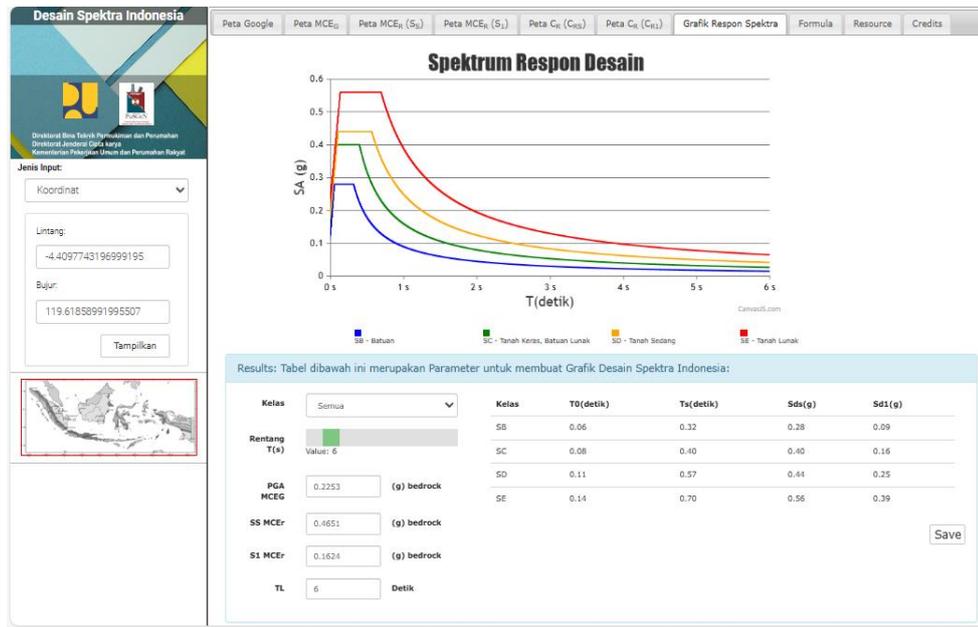
Berdasarkan Gambar 3. 2 dapat disimpulkan untuk wilayah zona Kabupaten Barru termasuk golongan wilayah 2 didapatkan nilai percepatan gempa PGA sebesar 0.10 g.

2. Puskim Desain Spektra Indonesia SNI 2847-2019

Peta sumber gempa indonesia (revisi terbaru 2021). disusun oleh tim pusat penelitian gempa bumi nasional (pusgen) dengan mengacu pada software spectral design indonesia milik puskim pu. pengembangan perangkat lunak ini juga didukung oleh berbagai lembaga yang kompeten di bidangnya, antara lain pusat penelitian dan pengembangan perumahan dan permukiman, pusat penelitian dan pengembangan, serta kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat.



Gambar 3. 3 Halaman Depan Web Desain Spektra Indonesia Puskim PU
 Sumber: (Puskim Desain Spektra Indonesia <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>)



Gambar 3. 4 Grafik nilai respon spektrum
 Sumber: (Puskim Desain Spektra Indonesia <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>)

Gambar 3. 3 dan gambar 3. 4 adalah tampilan yang diambil langsung dari website Puskim Desain Spektra Indonesia.

3. PPURG 1987

PPURG adalah singkatan dari **Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung** yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia pada tahun 1987. Pedoman ini memberikan panduan tentang cara perhitungan beban hidup dan beban struktural untuk rumah dan gedung, termasuk beban gempa, beban angin, dan beban berat sendiri bangunan.

PPURG sangat penting dalam perencanaan dan desain struktur bangunan untuk memastikan keamanan dan ketahanan bangunan terhadap berbagai jenis beban yang mungkin terjadi selama hidupnya.

- a. **Beban Mati (Dead Load):** Beban yang berasal dari berat struktur itu sendiri termasuk elemen-elemen bangunan seperti dinding, lantai, atap, dan sebagainya.
- b. **Beban Hidup (Live Load):** Beban yang berubah-ubah atau bergerak, seperti beban penghuni, perabot, dan aktivitas yang terjadi di dalam bangunan.
- c. **Beban Angin (Wind Load):** Beban yang dihasilkan oleh tekanan angin pada permukaan bangunan.
- d. **Beban Gempa (Seismic Load):** Beban yang dihasilkan oleh gerakan tanah akibat gempa bumi.
- e. **Beban Sementara (Temporary Load):** Beban yang mungkin terjadi pada kondisi

Dalam menentukan dead load (beban mati) suatu bangunan perlu memperhitungkan bahan bangunan yang dibutuhkan dan berat sendiri beberapa komponen yang akan dihitung. Informasi mengenai kerugian beban mati ini bisa dilihat pada tabel yang tersedia.

Tabel 3. 1 Beban mati berdasarkan bahan bangunan Sumber: (PPURG 1987)

Komponen gedung	Besarnya beban
Adukan per cm tebal dari semen	21 kg/m ²
Adukan per cm tebal dari kapur, semen merah atau tras	7 kg/m ²
Aspal termasuk bahan-bahan mineral penambah per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah satu batu	450 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah satu batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 20 cm	200 kg/m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 10 cm	120 kg/m ²
Dinding pasangan batako tanpa lubang tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
Dinding pasangan batako tanpa lubang tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
Kaca dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan entang maksimum 5 m dan untuk beban maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m ²
Punutup lantai dari ubin semen portlant, teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	4 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

Tabel diatas merupakan data beban mati yang diambil dari pedoman perencanaan pembebanan rumah dan gedung (PPURG 1987).

E. Data Struktur Gedung

Untuk penelitian ini, penulis melakukan pengamatan lapangan dan menggunakan gambar arsitektur serta referensi Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia dari puskim.pu.go.id. Analisis data dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726–2019.

Berikut adalah data teknis yang digunakan penulis dalam penelitian ini meliputi:

1. Lokasi Studi Kasus : Jl. HM Saleh Lawa, Sumpang Binangae, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan 90712
2. Jenis Bangunan : Struktur Beton bertulang/Gedung
3. Material Bangunan : Beton Bertulang
4. Fungsi Bangunan : Perkantoran
5. Jumlah Lantai : 5 Lantai
6. Sistem Struktur : Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah

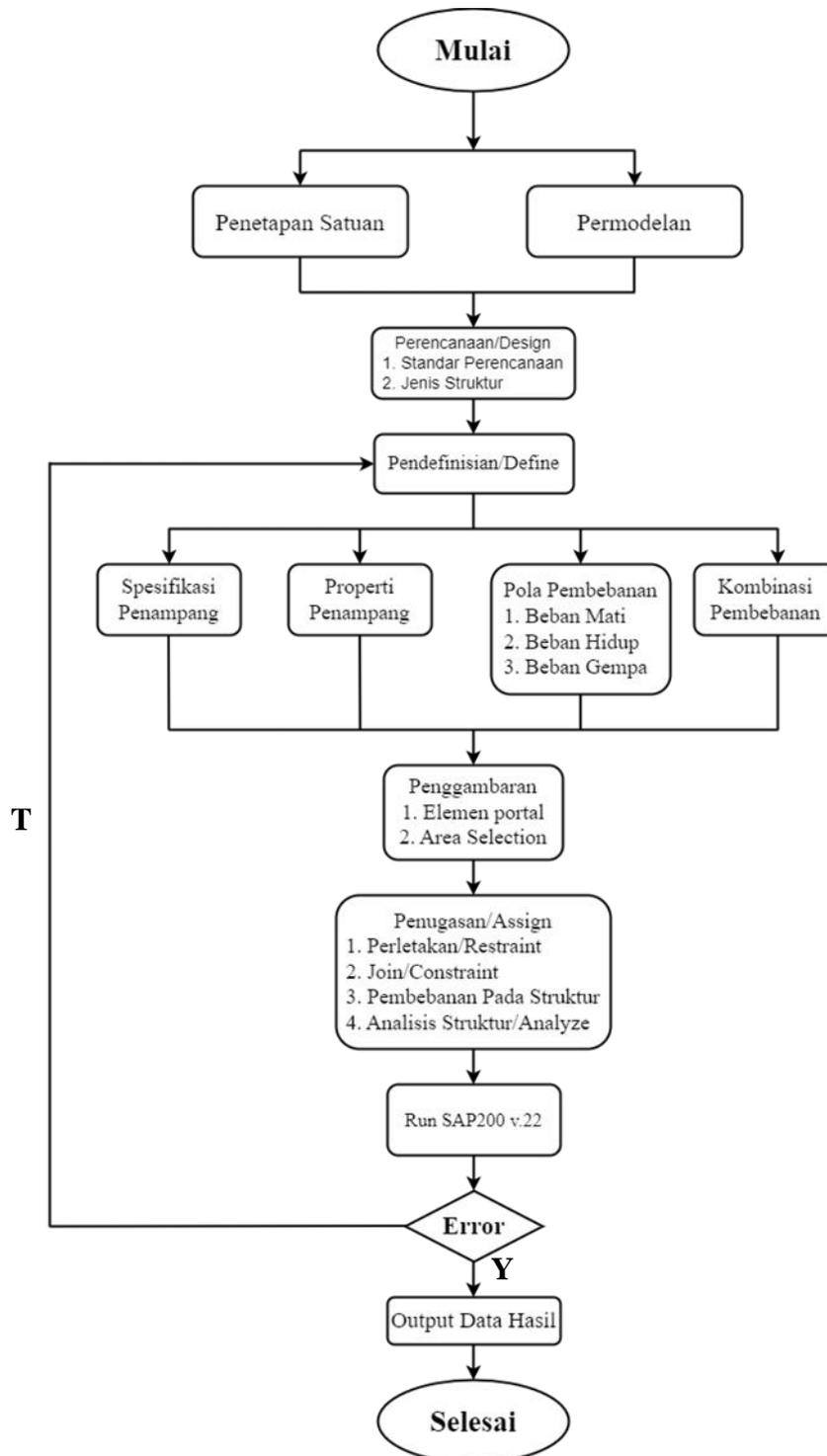
F. Tahap Analisis

Pada tahap ini, rencana tahap evaluasi pertama dibuat, yang mencakup pengumpulan dan pengolahan data, sebelum menentukan hasil akhir dan kesimpulan. Hasil analisis penulis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan review jurnal, ataupun buku panduan yang berkaitan dengan analisa-analisa struktur pada bangunan gedung.
2. Menentukan serta membuat daftar data-data yang dibutuhkan agar dapat melakukan penelitian.

3. Melakukan identifikasi beban pada struktur, yaitu Beban hidup, Beban mati, Beban tambahan dan Beban gempa.
4. Melakukan permodelan struktur gedung.
5. Menganalisis struktur.
6. Mengevaluasi kinerja struktur.
7. Membuat kesimpulan dari penelitian.

G. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 5 Diagram alir

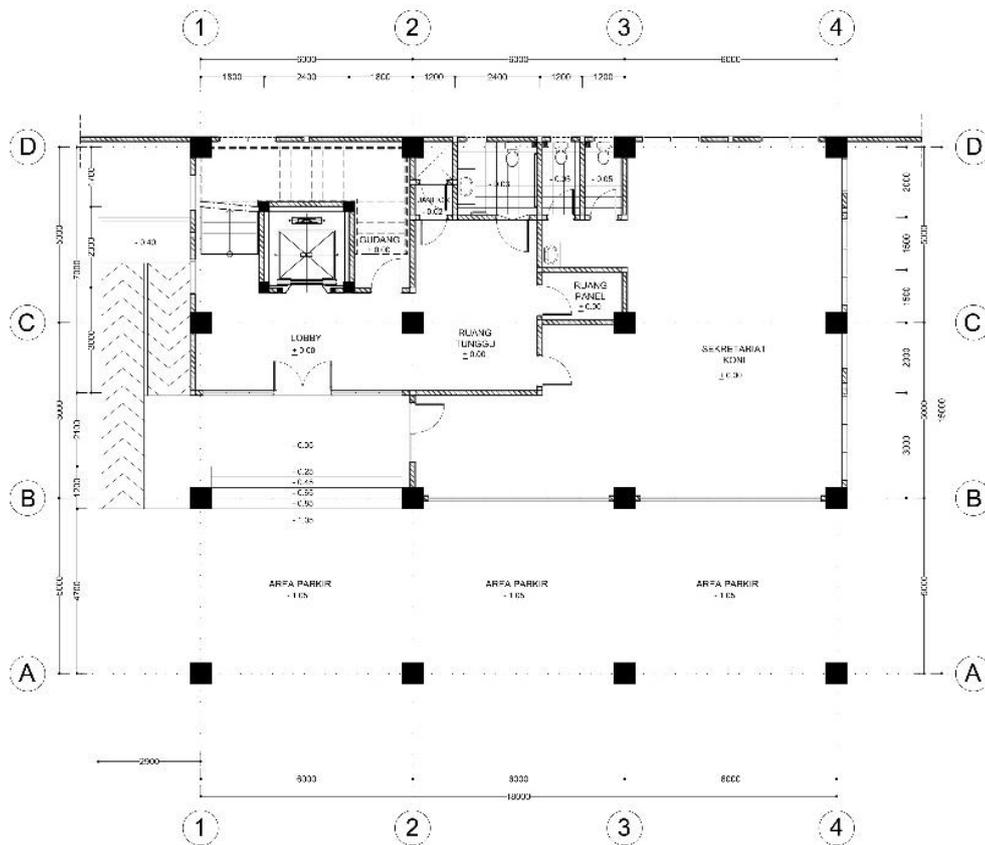
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Struktur Gedung

Data Gedung mengandung data setiap lantai, data koordinat Gedung, dan data spesifikasi struktur utama gedung seperti kolom, balok dan pelat.

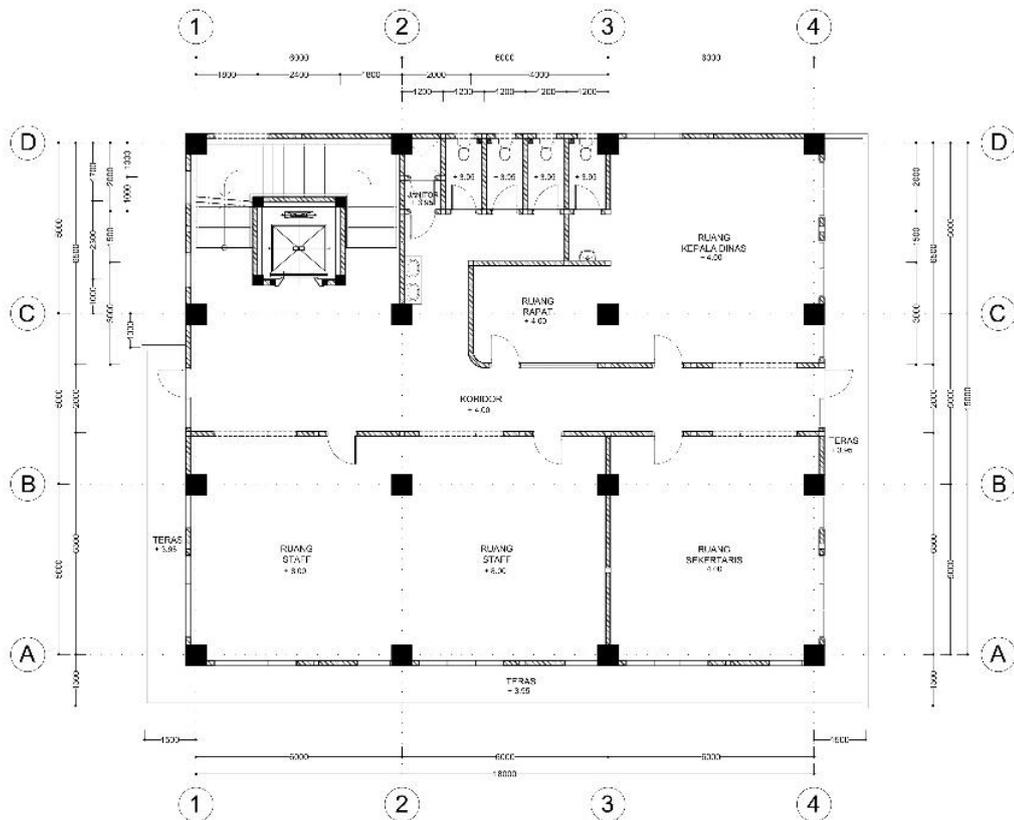
1. Denah struktur gedung



Gambar 4. 1 Denah lantai 1

Sumber: (DED pembangunan gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru)

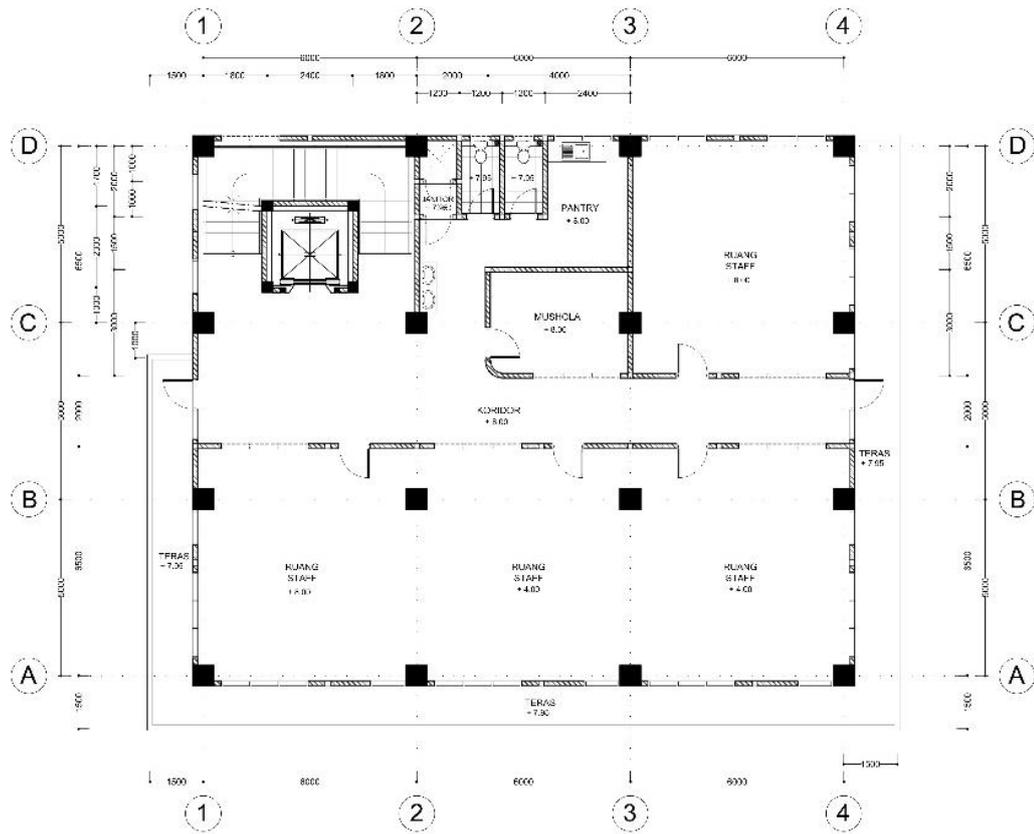
Pada denah lantai 1 dapat dilihat jarak bentang arah X adalah 18 meter dan bentang arah Y adalah 15 meter dengan jarak kolom arah X adalah 6 meter dan jarak kolom arah Y adalah 5 meter dengan ukuran kolom 60 cm x 60 cm.



Gambar 4. 2 Denah lantai 2

Sumber: (DED pembangunan gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru)

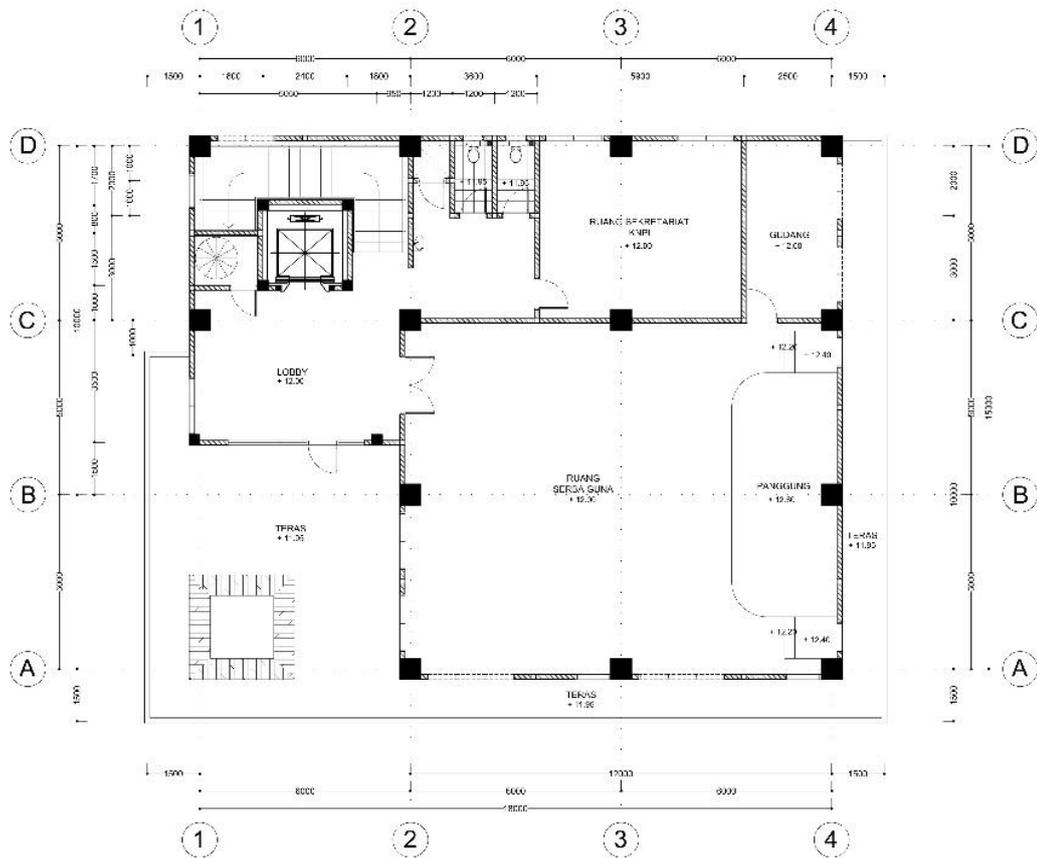
Pada denah lantai 2 dapat ditentukan jarak bentang arah X adalah 18 meter dan bentang arah Y adalah 15 meter dengan jarak kolom arah X adalah 6 meter dan jarak kolom arah Y adalah 5 meter dengan ukuran kolom 60 cm x 60 cm pada lantai 2 terdapat balok kantilever yang mengelilingi bagian samping dan depan gedung dengan Panjang 1,5 meter.



Gambar 4. 3 Denah lantai 3

Sumber: (DED pembangunan gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru)

Pada denah lantai 3 dapat ditentukan jarak bentang arah X adalah 18 meter dan bentang arah Y adalah 15 meter dengan jarak kolom arah X adalah 6 meter dan jarak kolom arah Y adalah 5 meter dengan ukuran kolom yang bervariasi dan berbeda dari lantai sebelumnya yaitu 60 cm x 40 cm untuk setiap kolom yang berada pada setiap sisi dan 4 kolom ukuran 40 cm x 40 cm yang berada di tengah, pada lantai 3 juga terdapat balok kantilever yang mengelilingi bagian samping dan depan gedung dengan Panjang 1,5 meter.

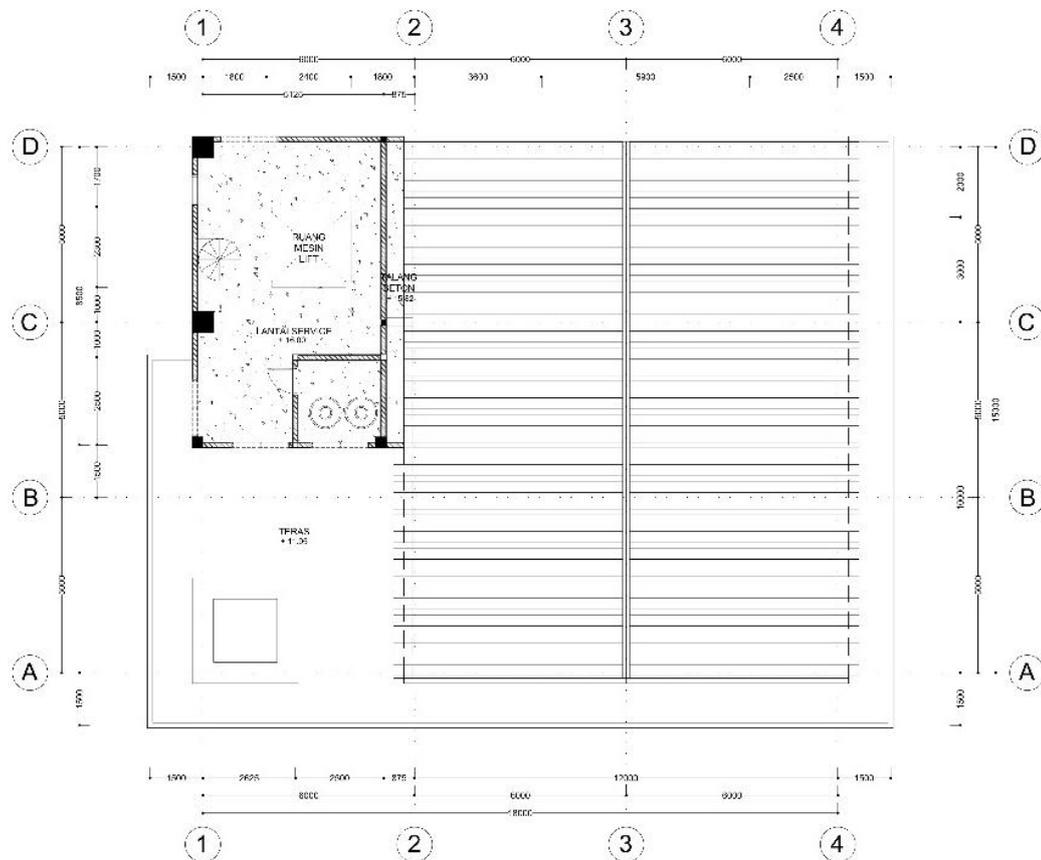


Gambar 4. 4 Denah lantai 4

Sumber: (DED pembangunan gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru)

Pada denah lantai 4 dapat ditentukan jarak bentang arah X adalah 18 meter dan bentang arah Y adalah 15 meter dengan jarak kolom arah X adalah 6 meter dan jarak kolom arah Y adalah 5 meter dengan ukuran kolom yang bervariasi dan hampir sama dari lantai sebelumnya yaitu 60 cm x 40 cm untuk setiap kolom yang berada pada setiap sisi yang membedakan dari lantai 3 atau lantai adalah hanya terdapat 3 kolom ukuran 40 cm x 40 cm yang berada di tengah, pada lantai 4 juga terdapat balok kantilever yang mengelilingi bagian samping dan depan gedung dengan Panjang 1,5 meter dari denah lantai 4 dapat diketahui kolom yang terletak

pada sudut kiri bawah atau sumbu X.0 dan Y.0 tidak dihilangkan atau kolom tersebut hanya berada pada lantai 1, 2 dan 3.



Gambar 4. 5 Denah lantai atap

Sumber: (DED pembangunan gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru)

Pada denah lantai atap dapat dilihat bentang jarak arah X adalah 6 meter dan bentang jarak arah Y adalah 8,5. Jarak kolom arah X bervariasi yaitu 5,125 dan 6 meter dan arah Y jaraknya juga bervariasi yaitu 3,5 meter dan 5 meter pada lantai atap tidak terdapat kantilever yang mengelilingi setiap sisi Gedung dan menggunakan kolom dengan dimensi 40 cm x 40 cm dan kolom ukuran 25 cm x 25 cm, lantai atap pada gedung ini difungsikan untuk ruang mesin lift.

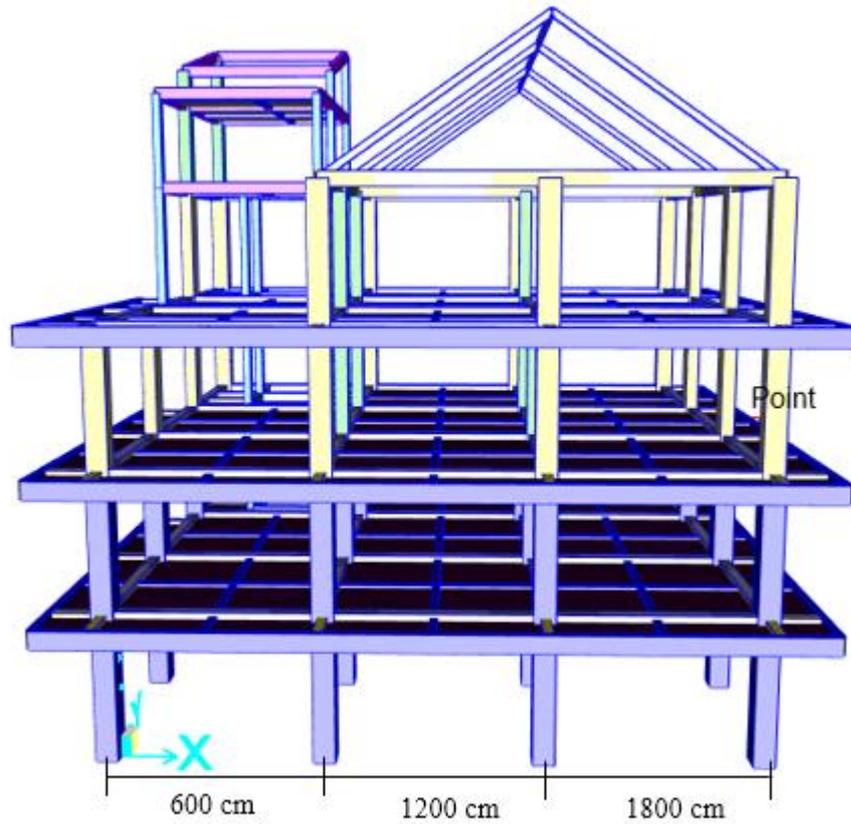
2. Data koordinat struktur gedung

Gedung berukuran 15,6 meter pada sisi terlebar dan 33,6 meter pada sisi terpanjang dengan total luas bangunan kurang lebih 542,16 m². Struktur terdiri dari rangka beton bertulang, dengan elevasi total bangunan 21,50 meter (hingga ring balok atap). Perhitungan analisa struktur menggunakan program SAP2000.

Dalam menentukan sistem koordinat perlu diketahui jarak absis untuk mempermudah dalam permodelan gedung, jarak absis merupakan total jarak yang dimulai dari sumbu X0, Y0 dan Z0 berbeda dengan jarak. Dapat dilihat pada gambar 4. 6. Berikut merupakan tabel titik koordinat arah X, Y dan Z yang diambil dari data Gedung.

Tabel 4. 1 Koordinat arah X (Sumber: DED pembangunan gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru)

No	Label	Jarak (mm)	Absis (mm)
1	X0	0	0
2	X1	1500	1500
3	X2	3000	4500
4	X3	3000	7500
5	X4	3000	10500
6	X5	3000	13500
7	X6	3000	16500
8	X7	3000	19500
9	X8	1500	21000
Total Panjang (Sumbu X)		21000	



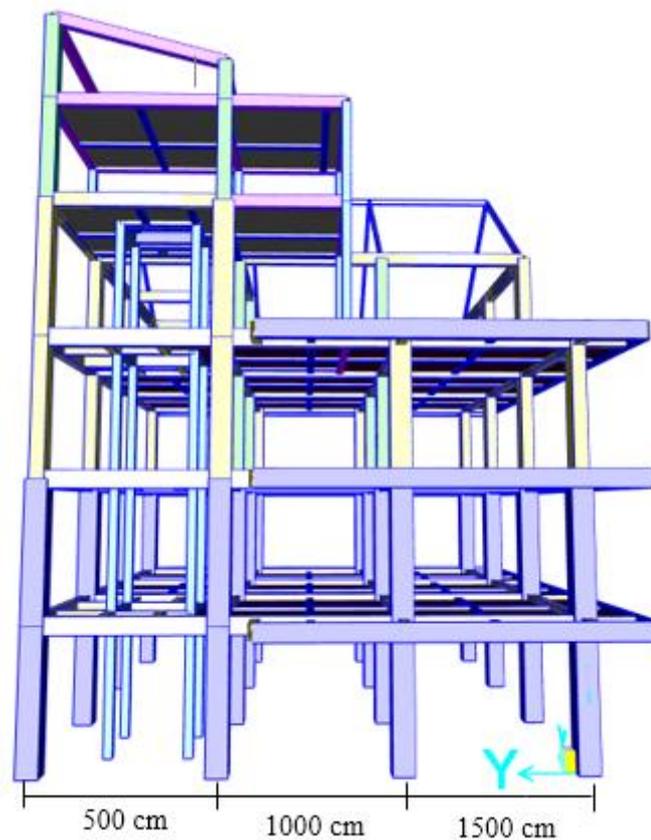
Gambar 4. 6 Jarak absis arah X

Tabel 4. 2 Koordinat arah Y (Sumber: DED pembangunan gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru)

No	Label	Jarak (mm)	Ordinat (mm)
1	Y0	0	0
2	Y1	1500	1500
3	Y2	2500	4000
4	Y3	2500	6500
5	Y4	2500	9000
6	Y5	1500	10500

Lanjutan tabel 4. 3

No	Label	Jarak (mm)	Ordinat (mm)
7	Y6	1000	11500
8	Y7	1000	12500
9	Y8	2300	14800
10	Y9	1700	16500
Total Panjang (Sumbu Y)		16500	



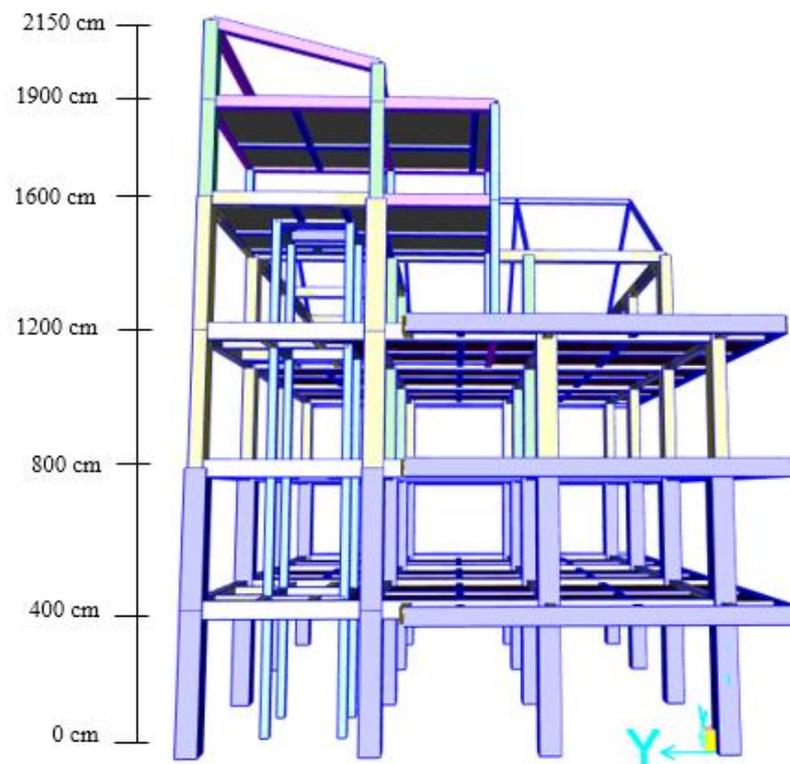
Gambar 4. 7 Jarak ordinat arah Y

Tabel 4. 3 Koordinat arah Z (Sumber: DED pembangunan gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru)

No	Label	Jarak (mm)	Elevasi (mm)
1	Z0	0	0
2	Z1	4000	4000

Lanjutan tabel 4. 4

No	Label	Jarak (mm)	Elevasi (mm)
3	Z2	4000	8000
4	Z3	4000	12000
5	Z4	4000	16000
6	Z5	3000	19000
7	Z6	1200	20200
8	Z7	1300	21500
Total Panjang (Sumbu Z)		21300	



Gambar 4. 8 Jarak elevasi arah Z

3. Data pembebanan

Analisis pembebanan bertujuan agar diinput pada struktur yang telah dibuat pemodelan 3D pada program SAP2000 v.26 yang sesuai dengan data-data gedung.

Tabel 4. 4 Jenis beban mati pada Gedung (Sumber: PPPURG 1987)

No	Jenis Beban Mati	Berat	Satuan
1	Baja	78,5	kN/m ³
2	Beton	22	kN/m ³
3	Pasangan batu kali	22	kN/m ³
4	Mortar, spesi	22	kN/m ³
5	Beton bertulang	24	kN/m ³
6	Pasir	16	kN/m ³
7	Lapisan aspal	14	kN/m ³
8	Air	10	kN/m ³
9	Dinding pasangan 1/2 batu bata	2,5	kN/m ³
10	Curtain wall kaca + Rangka	0,6	kN/m ³
11	Langit-langit dan penggantung	0,2	kN/m ³
12	Cladding metal sheet + Rangka	0,2	kN/m ³
13	Finishing lantai (tegel atau keramik)	22	kN/m ³
14	Marmer, granit per cm tebal	0,24	kN/m ³
15	Instalasi plumbing (ME)	0,25	kN/m ³
16	Penutup atau genteng	0,5	kN/m ³
16	Penutup atau genteng	0,5	kN/m ³

a. Uraian beban

1) Beban mati tambahan pada lantai (SDL):

$$\text{Berat pasir setebal 1cm} = 0.16 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat spesi setebal 3cm} = 0.66 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat keramik setebal 1cm} = 0.24 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat plafon \& penggantung} = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat instalasi ME} = 0.25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total beban mati tambahan pada lantai} = 1.51 \text{ kN/m}^2$$

2) Beban mati tambahan pada lantai atap (SDL):

Berat waterproofing	= 0.28 kN/m ²
Berat plafon & penggantung	= 0.2 kN/m ²
Berat instalasi ME	= 0.25 kN/m ²
Total beban mati tambahan pada lantai atap	= 0.73 kN/m ²
3) Beban mati pada balok lantai:	
Beban dinding tinggi 3.5\m 1/2 bata	= 6.1 kN/m
4) Beban hidup pada balok lantai:	
Lobi dan koridor lantai pertama	= 4.79 kN/m ²
Kantor	= 2.40 kN/m
5) Beban hidup pada lantai atap:	
Beban orang & perlengkapan	= 1.0 kN/m ²

B. Parameter seismik gempa

Berdasarkan peraturan yang berlaku di Indonesia untuk perhitungan gempa, maka sebelum melakukan analisa struktur perlu ditentukan terlebih dahulu parameter parameter yang akan digunakan dalam analisa. Parameter-parameter yang digunakan dalam desain ini mencakup:

a. Letak lokasi pembangunan

Lokasi bangunan terletak pada:

Lintang : -4.409733962205452

Bujur : 119.61845397949219

Pengambilan titik gempa pada penelitian ini adalah Kota Makassar

b. Kategori resiko

Tabel 4. 5 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa (Sumber: SNI 1726:2019)

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Berdasarkan tabel 4. 5 kategori risiko bergantung kepada fungsi gedung. Dalam desain ini digunakan fungsi bangunan sebagai Gedung Perkantoran.

c. Faktor keutamaan gempa

Hasil penentuan kategori risiko selanjutnya menjadi parameter untuk menentukan faktor keutamaan gempa.

Tabel 4. 6 Faktor keutamaan gempa (Sumber: SNI 1726-2019)

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

Berdasarkan tabel 4. 5, maka faktor keutamaan gempa yang digunakan dalam desain ini sebesar 1,0.

d. Menentukan Kelas Situs (SA-SF)

Dalam analisis gempa bumi, spektrum respons digunakan untuk menentukan gaya yang bekerja pada struktur. Ini adalah diagram yang

menunjukkan hubungan antara respons maksimum suatu struktur—yang dapat berupa kecepatan, percepatan, atau perpindahan—dan periode alami getaran struktur selama gempa bumi. SNI 1726:2019 mengatur spektrum respons dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti percepatan tanah maksimum, koefisien modifikasi respons, dan periode fundamental struktur.

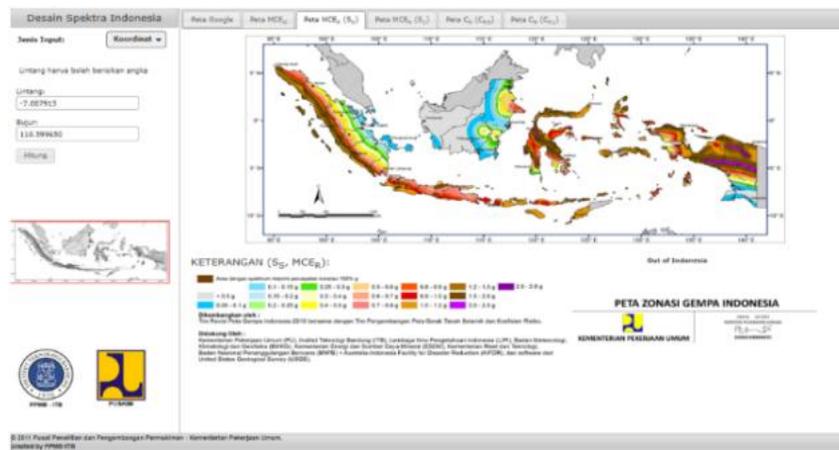
SNI 1726:2019 menetapkan faktor skala untuk menyesuaikan spektrum respons standar dengan karakteristik gempa di lokasi tertentu di Indonesia. Faktor skala ditentukan berdasarkan kondisi tanah, tingkat risiko gempa, dan periode ulang gempa, dan digunakan untuk mengalikan spektrum respons untuk menghasilkan nilai yang sesuai dengan kondisi gempa setempat.

Tabel 4. 7 Kelas situs SA-SF (Sumber: SNI 1726-2019)

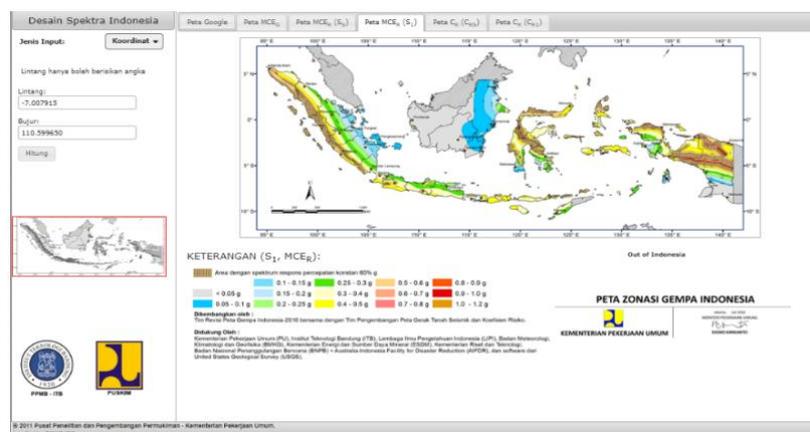
Kelas situs	v_s (m/detik)	N Atau N_{ch}	s_u (kPa)
SA (Batuan Keras)	>1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 – 1500	N/A	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 – 750	>50	≥ 100
SD (Tanah sedang)	175 – 350	15 – 50	50 - 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :		
	1. Indeks plastisitas, $PI > 20$,		
	2. Kadar air, $w > 40\%$		
SF (Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs)	3. Kuat geser niralir $s_u < 25$ kPa		
	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:		
	- 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 $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < kPa$			

Berdasarkan data tanah, tanah dilokasi ini termasuk kelas situs SD (Tanah Sedang). Berikut ini adalah gambar yang diambil dari website resmi PUSKIM PU desain spektra Indonesia 2011 dari peta tersebut dapat kita tentukan nilai S_s dan S_1 parameter percepatan batuan dasar periode 0,2 detik dan periode 1 detik.

e. Menentukan Parameter percepatan Gempa (S_s Dan S_1)



Gambar 4. 9 Respon spectra percepatan periode pendek 0,2 Detik (S_s)
 Sumber: (<http://www.puskim.pu.go.id/desain Spektra Indonesia 2011>)



Gambar 4. 10 Respon spectra percepatan panjang 1 Detik (S_1)
 Sumber: (<http://www.puskim.pu.go.id/desain Spektra Indonesia 2011>)

Berdasarkan kelas situs dan lokasi, diperoleh nilai parameter sebagai berikut:

Parameter percepatan batuan dasar periode pendek $S_s = 0.225 g$

Parameter percepatan batuan dasar periode 1 detik $S_I = 0.109 g$

f. Menentukan Koefisien Situs

Untuk mengukur respons spektral percepatan gempa MCER pada permukaan tanah, faktor amplifikasi seismik diperlukan pada 0,2 detik dan 1 detik, masing-masing. Faktor amplifikasi ini termasuk faktor amplifikasi getaran akibat percepatan untuk getaran periode pendek (01) dan faktor amplifikasi getaran akibat percepatan untuk getaran 1 detik (02):

$$S_{MS} = F_a S_I$$

$$S_{MI} = F_v S_I$$

Kemudian dengan didapat nilai SMS, SM1 langkah selanjutnya adalah mencari harga SDS, SD1 menggunakan rumus empiris sebagai berikut:

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS}$$

$$S_{DI} = 2/3 S_{MI}$$

Keterangan:

S_{DS} : parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen

S_{DI} : parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen

S_{MS} : parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

S_{MI} : percepatan percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.

Koefisien situs untuk periode pendek (0,2 detik) dikenal sebagai F_a (**0,2 detik**). Nilai ini digunakan dalam perhitungan spektra percepatan permukaan untuk menentukan beban gempa pada struktur bangunan. Koefisien ini bervariasi tergantung pada kelas situs tanah dan digunakan untuk menyesuaikan spektra percepatan dasar dengan kondisi lokal

Tabel 4. 8 Koefisien situs F_a (Sumber: SNI 1726:2019)

Kelas Situs	Ss (Percepatan Respons Spektra Periode pendek, T = 0,2 detik)				
	Ss < 0,25	Ss = 0,5	Ss = 0,7	Ss = 1	Ss > 1,25
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.2	1.2	1.1	1	1
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS				

Koefisien situs untuk periode panjang (1 detik) dikenal sebagai F_v (**1 detik**). Nilai ini digunakan dalam perhitungan spektra percepatan permukaan untuk menentukan beban gempa pada struktur bangunan. Koefisien ini juga bervariasi tergantung pada kelas situs tanah dan digunakan untuk menyesuaikan spektra percepatan dasar dengan kondisi lokal.

Tabel 4. 9 Koefisien situs F_v (Sumber: SNI 1726:2019)

Kelas Situs	Ss (Percepatan Respons Spektra Periode pendek, T = 1 detik)				
	Ss ≤ 0,1	Ss = 0,2	Ss = 0,3	Ss = 0,4	Ss ≥ 0,5
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
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	2.6	2.4	2.4
SF	SS				

Berdasarkan tabel 4. 8 dan tabel 4. 9 koefisien situs $F_a = 1,6$ dan koefisien situs $F_v = 2$

Sehingga dapat dicari nilai S_{MS} dan S_{MI} :

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a S_s \\ &= 1,6 \times 0,225 \\ &= 0,35952 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{MI} &= F_v \cdot S_I \\ &= 2,4 \times 0,109 \\ &= 0,26088 \text{ g} \end{aligned}$$

Maka, selanjutnya menghitung S_{DS} dan S_{DI} :

$$\begin{aligned} S_{DS} &= 2/3 S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,360 \\ &= 0,240 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{DI} &= 2/3 S_{MI} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,261 \\ &= 0,174 \text{ g} \end{aligned}$$

g. Menentukan respon desain S_a

Kurva spektrum respons desain harus dibuat dengan mempertimbangkan gambar spektrum gempa rencana dan persyaratan berikut jika metode gerakan tanah spesifik lokasi tidak digunakan dan spektrum respons rencana diperlukan oleh metode ini:

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

$$= 0,2 \frac{0,174 g}{0,240 g}$$

$$= 0,145 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS}$$

$$= \frac{0,174 g}{0,240 g}$$

$$= 0,726 \text{ detik}$$

Dalam menentukan periode fundamental struktur T dapat diperoleh dari hasil analisis struktur yang akan ditinjau. Namun SNI Gempa 2019 memberi persyaratan bahwa periode fundamental yang akan dipakai sebagai perhitungan tidak boleh melebihi dari batas atas periode fundamental pendekatan yang mana nilainya adalah perkalian dari koefisien periode batas atas (C_u) dengan periode pendekatan (T_a). Untuk memudahkan pelaksanaan, periode alami fundamental T ini boleh langsung digunakan periode pendekatan T_a , Periode pendekatan ditentukan berdasarkan Persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \cdot h_n^x \\ &= 0,0466 \times 21,5^{0,9} \\ &= 0,73719 \text{ detik} \end{aligned}$$

Keterangan:

T_a = perioda fundamental pendekatan (detik)

C_t = ditentukan dalam tabel 4. 10

h_n = batasan tinggi struktur (m)

x = ditentukan pada tabel 4. 10

Tabel berikut merupakan nilai parameter periode pendekatan C_t dan x SNI 1726 tahun 2019 yang digunakan dalam persamaan diatas

Tabel 4. 10 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x (Sumber: SNI 1726-2019)

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0.0724	0.8
Rangka beton pemikul momen	0.0466	0.9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0.0731	0.75

Tabel 4. 11 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Berdasarkan tabel 4. 11 dengan nilai $S_{D1} = 0.174$ g, maka didapat koefisien $C_u =$

1.4

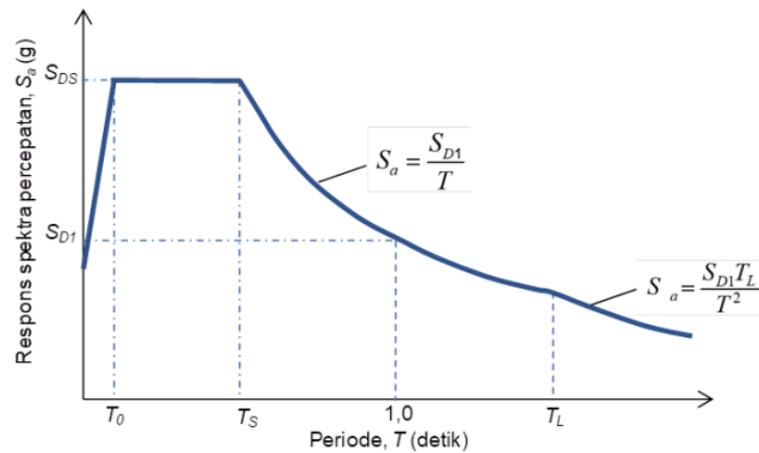
$$\begin{aligned}
 T_{max} &= C_u \cdot T_a \\
 &= 1,4 \times 0,4687 \\
 &= 0,656 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

T_{max} = periode pendekatan maximum

C_u = diperoleh berdasarkan tabel 4. 11

T_a = perioda fundamental pendekatan (detik)



Gambar 4. 11 Respon spektrum desain

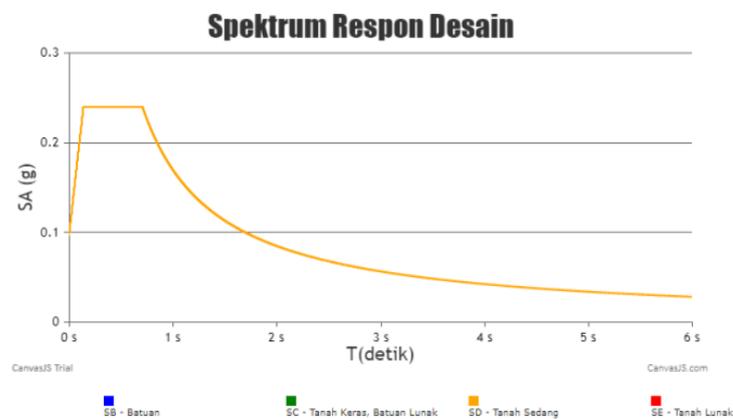
Sumber: (SNI 1726:2019)

Spektrum percepatan desain S_a harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 T/T_0)$$

- 1) Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan kurang dari atau sama dengan T_s , spektrum percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} .
- 2) Spektrum percepatan desain, S_a , dihitung menggunakan Persamaan untuk periode yang lebih besar dari T_s :

$$S_a = S_{D1}/T$$



Gambar 4. 12 Grafik respon spektrum tanah sedang

Sumber: (Aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia 2021)

h. Menentukan kategori desain seismik (A-D)

Struktur harus memiliki suatu Kategori Desain Seismik (KDS) yang mengikuti ketentuan seperti berikut:

- 1) Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III dengan nilai $S_1 > 0,75$ harus ditetapkan sebagai struktur dengan Kategori Desain Seismik E.
- 2) Struktur dengan kategori resiko IV dengan nilai $S_1 > 0,75$ harus ditetapkan sebagai struktur dengan Kategori Desain Seismik F.
- 3) Struktur yang memiliki ketentuan diluar ketentuan tersebut, jenis Kategori Desain Seismiknya ditetapkan berdasarkan hubungan nilai SDS dan SD1 terhadap Kategori Resiko Gedung.

Tabel 4. 12 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (Sumber: SNI 1726-2019)

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko			
	I	II	III	IV
$S_{DS} \leq 0,167$	A	A	A	A
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	B	B	B
$0,33 < S_{DS} < 0,5$	C	C	C	C
$S_{DS} \geq 0,5$	D	D	D	D

Tabel 4. 13 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (Sumber: SNI 1726-2019)

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko			
	I	II	III	IV
$S_{D1} \leq 0,067$	A	A	A	A
$0,067 < S_{D1} < 0,133$	B	B	B	B
$0,133 < S_{D1} < 0,2$	C	C	C	C
$S_{D1} \geq 0,2$	D	D	D	D

Berdasarkan tabel 4. 12 dan tabel 4. 13 maka diperoleh kategori desain seismik S_{DS} dan S_{DI} sebagai berikut:

$$S_{DS} = 0,240 \text{ Kategori Desain Seismik B}$$

$$S_{DI} = 0,174 \text{ Kategori Desain Seismik C}$$

Tabel 4. 14 Kategori desain seismik (KDS) dan resiko kegempaan (Sumber: SNI 1726-2019)

Tinggi Resiko Kegempaan		
Rendah	Menengah	Tinggi
KDS : A , B	KDS : C	KDS : D, E, F
SRPMB / M / K	SRPMM / K	SRPMK

Keterangan:

SRPMB : Sistem rangka pemikul momen biasa

SRPMM : Sistem rangka pemikul momen menengah

SRPMK : Sistem rangka pemikul momen khusus

i. Pemilihan Sistem struktur dan parameter sistem (R, Cd, Ω_0)

Sistem penahan gaya gempa adalah Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah, dari parameter dan pemilihan sistem gedung didapat Berdasarkan tabel 4. 15.

$$\text{Faktor reduksi gempa (R)} = 4.5$$

$$\text{Faktor kuat lebih } \Omega_0 = 3$$

$$\text{Faktor pembesaran defleksi Cd} = 4$$

Tabel 4. 15 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik (Sumber: SNI 1726-2019)

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19.Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20.Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
21.Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
22.Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23.Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25.Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26.Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^k	TI ^k	TI ^k
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^l	TI ^l	TI ^l

j. Kombinasi pembebanan

- 1) Comb 1 = 1.4 D + 1.4 SDL
- 2) Comb 2 = 1.2 D + 1.2 SDL +1.6 LL
- 3) Comb 3 = 1.25 D + 1.25 SDL +
- 4) Comb 4 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL + 1 EDx - 0.3 Ed
- 5) Comb 5 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL - 1 EDx + 0.3 Edy
- 6) Comb 6 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL - 1 EDx - 0.3 Edy
- 7) Comb 7 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL + 1 EDy + 0.3 Edx
- 8) Comb 8 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL + 1 EDy - 0.3 Edx
- 9) Comb 9 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL - 1 EDy + 0.3 Edx
- 10) Comb 10 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL - 1 EDx - 0.3 Edy
- 11) Comb 11 = 0.85 D + 0.85 SDL + 1 EDx + 0.3 Edy
- 12) Comb 12 = 0.85 D + 0.85 SDL 1 EDx - 0.3 Edy

$$13) \text{ Comb 13} = 0.85 D + 0.85 \text{SDL} + 1 \text{ED}_x + 0.3 \text{Ed}_y$$

$$14) \text{ Comb 14} = 0.85 D + 0.85 \text{SDL} + 1 \text{ED}_x - 0.3 \text{Ed}_y$$

$$15) \text{ Comb 15} = 0.85 D + 0.85 \text{SDL} + 1 \text{ED}_y + 0.3 \text{Ed}_x$$

$$16) \text{ Comb 16} = 0.85 D + 0.85 \text{SDL} + 1 \text{ED}_y - 0.3 \text{Ed}_x$$

$$17) \text{ Comb 17} = 0.85 D + 0.85 \text{SDL} + 1 \text{ED}_y + 0.3 \text{Ed}_x$$

$$18) \text{ Comb 18} = 0.85 D + 0.85 \text{SDL} + 1 \text{ED}_y - 0.3 \text{Ed}_x$$

Keterangan:

D = Beban Mati Sendiri Struktur

S_{DL} = Beban Mati Tambahan Pada Struktur

LL = Beban Hidup

E_{dx} = Beban Gempa Arah x (dipilih beban gempa dinamik)

E_{Dy} = Beban Gempa Arah y (dipilih beban gempa dinamik)

SNI 1726 (2019) pasal 8.3.2.3 Jika beban gempa ditambahkan maka perlu modifikasi pada

$$6) (1.2 + 0.2 \text{sds}) D + \text{eq}_x + \text{ed}_y$$

$$7) (0.9 - 0.2 \text{sds}) D + \text{eq}$$

C. Permodelan dan analisis

Proses analisa struktur dilakukan menggunakan program SAP2000 beberapa tahap yang perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil analisa melalui program ini yaitu:

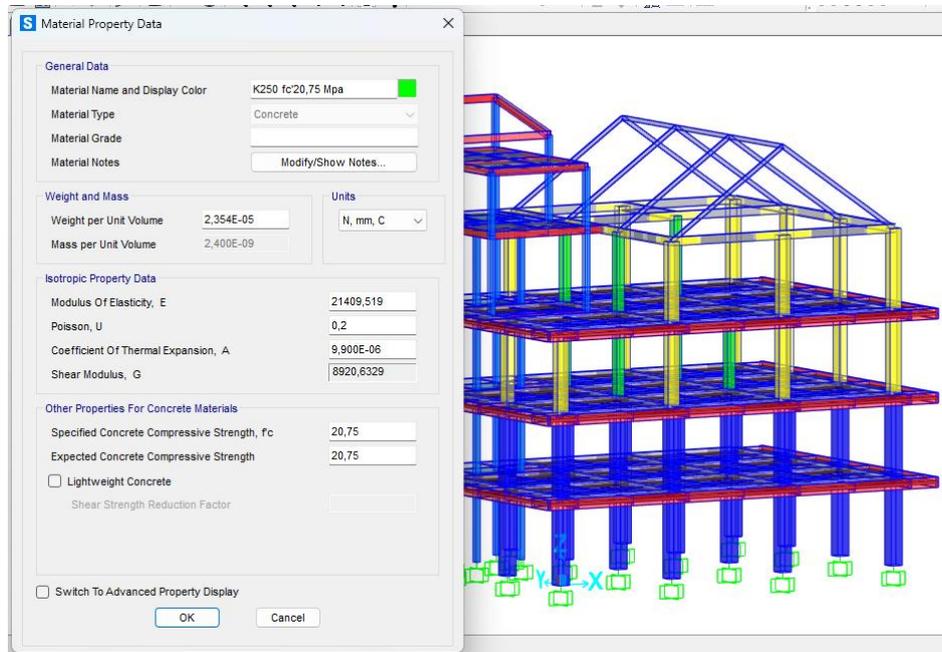
a. Pendefinisian material yang akan digunakan

Beton : Fc 20,75 MPa

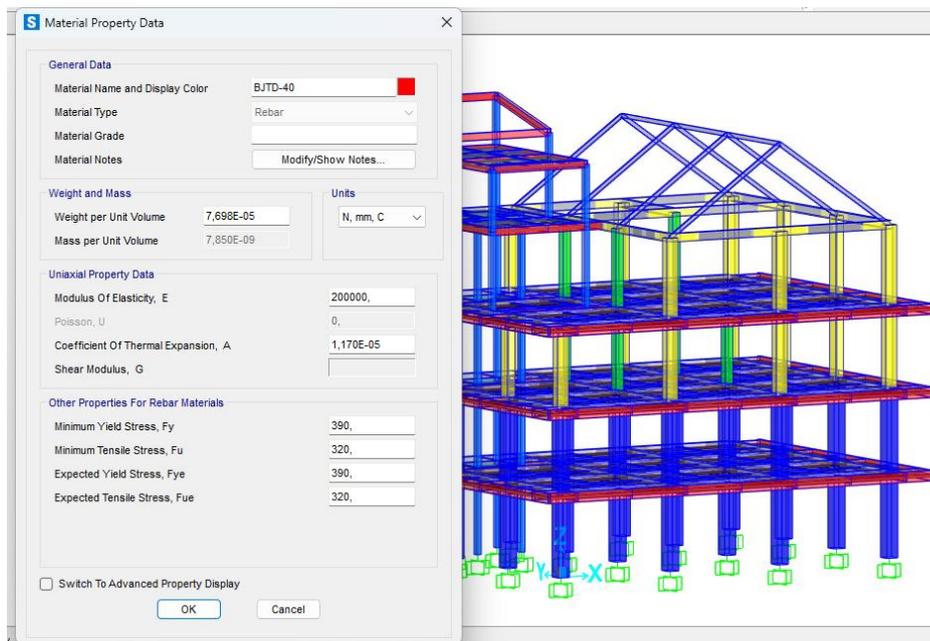
Baja tulangan ulir (BJTD) : Fy 390 MPa

Baja tulangan polos (BJTP) : F_y 240 Mpa

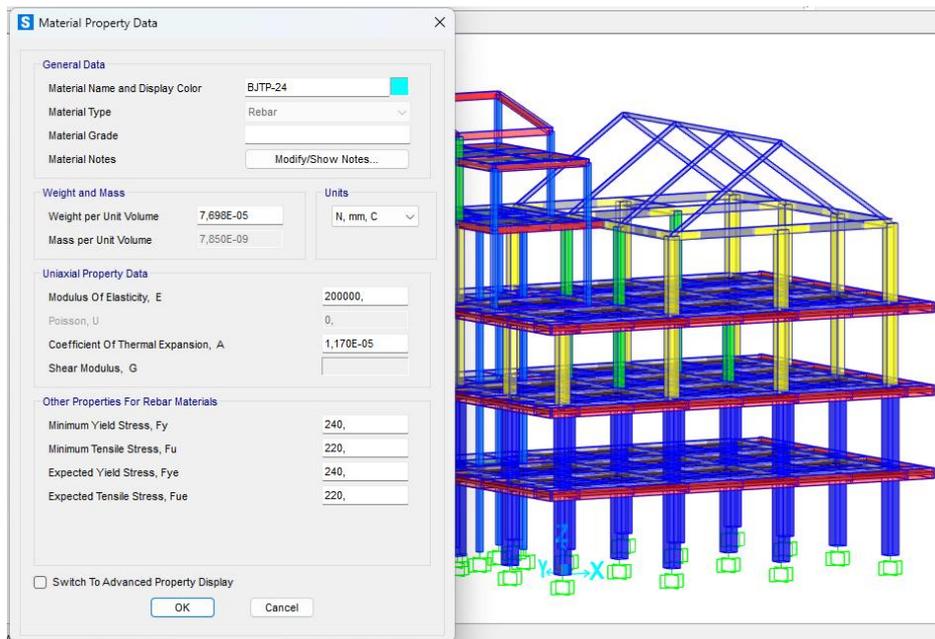
Pendefinisian material tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 13 Material property beton F_c 20,75 Mpa
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)



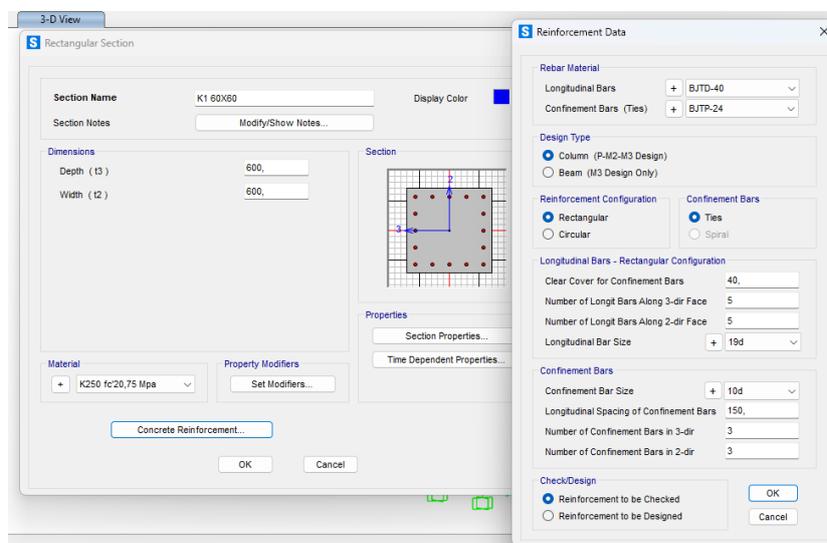
Gambar 4. 14 Material property Baja tulangan ulir F_y 390 Mpa
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)



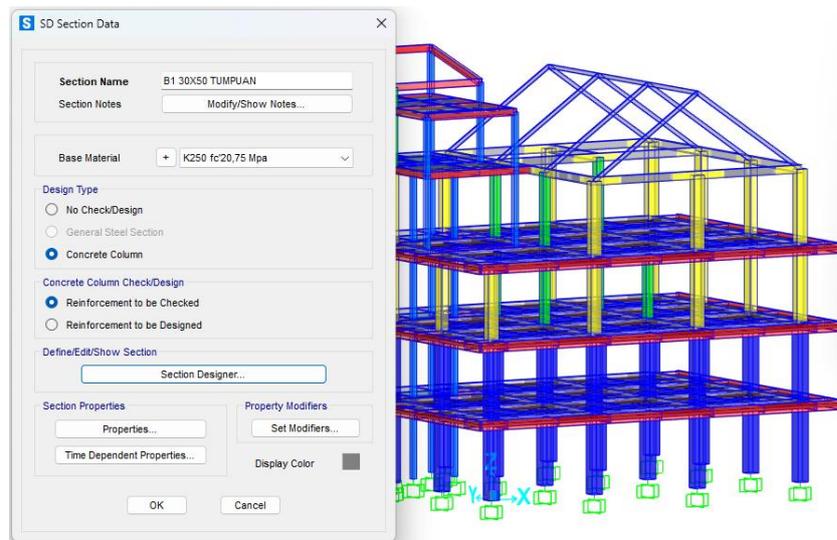
Gambar 4. 15 Material property Baja tulangan polos Fy 240 Mpa
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

k. Pendefinisian dimensi penampang yang akan digunakan

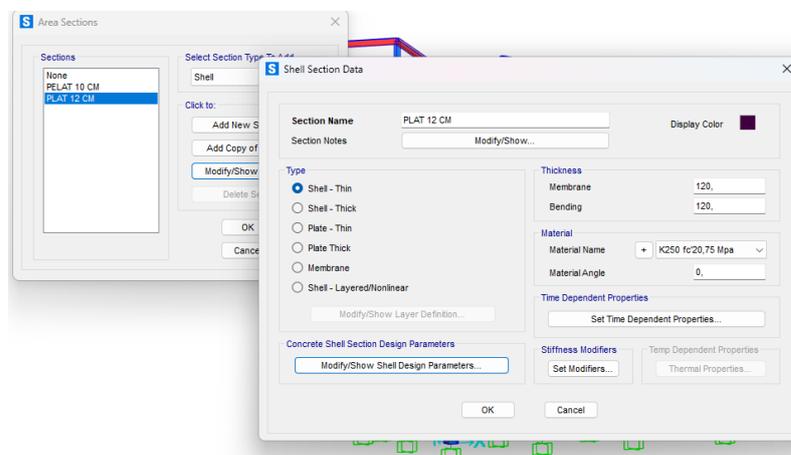
Dalam analisa ini kolom, balok dan pelat lantai menggunakan beton bertulang pendefinisian penampang tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 16 Definisi penampang kolom
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)



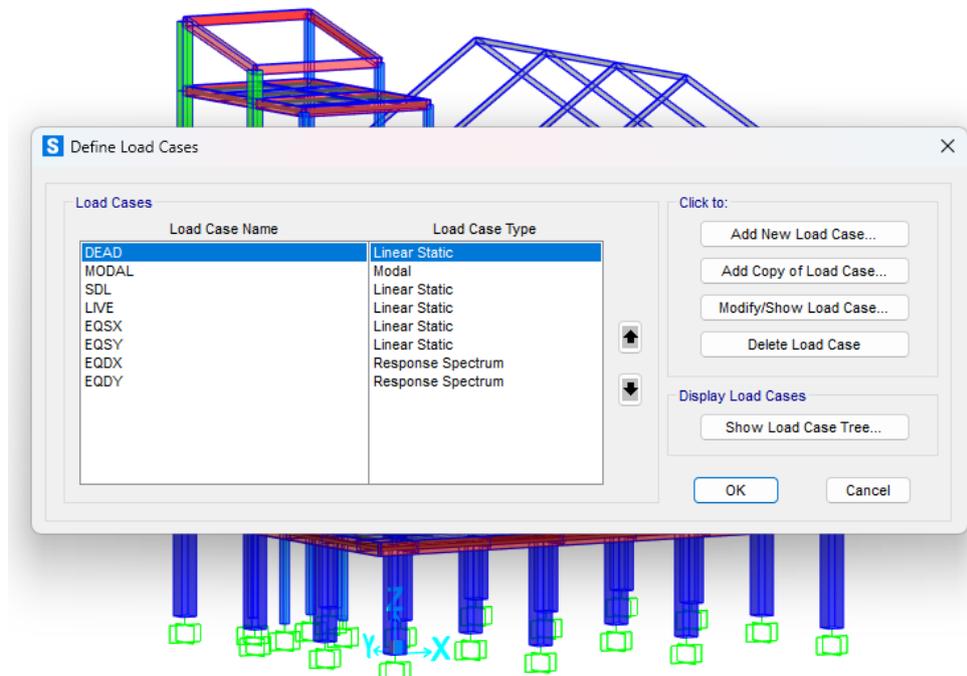
Gambar 4. 17 Definisi penampang balok
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)



Gambar 4. 18 Definisi penampang pelat
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

1) Pendefinisian beban yang akan digunakan

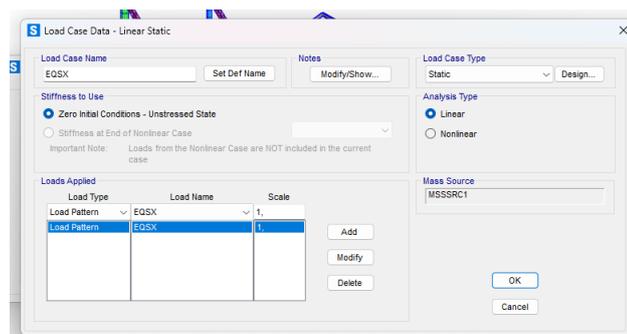
Beban-beban yang akan digunakan dalam analisa struktur akan didefinisikan satu per satu berdasarkan klasifikasinya, pendefinisian beban yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar berikut:



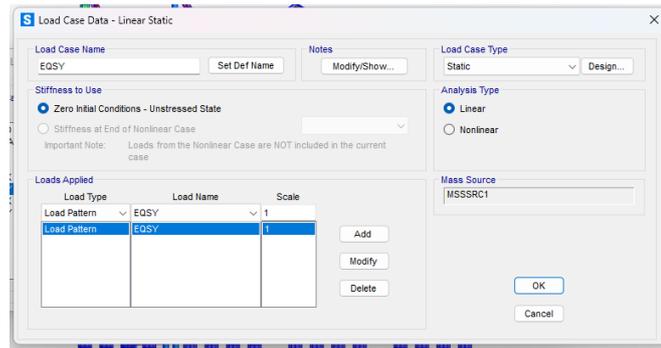
Gambar 4. 19 Pendefinisian beban yang digunakan
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

2) Pendefinisian beban gempa

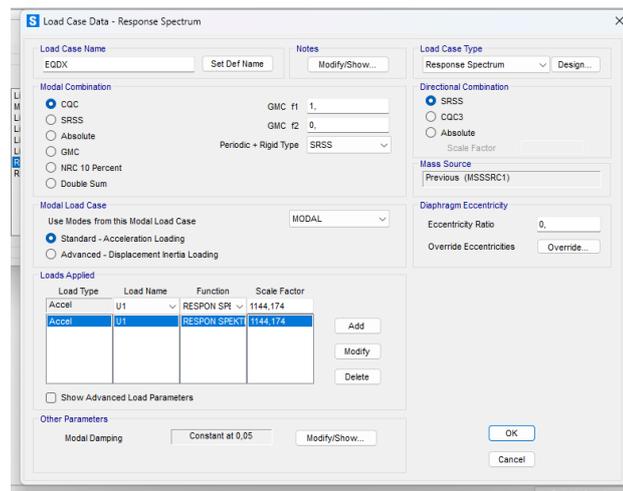
Beban gempa terbagi menjadi dua beban gempa yang terjadi pada sumbu X dan beban gempa yang terjadi pada sumbu Y. Kedua beban gempa ini perlu didefinisikan berdasarkan nilai-nilai parameter seismik gempa yang sudah ditentukan dan diatur dalam SNI 1726 tahun 2019. Pendefinisian beban gempa statik dan beban gempa dinamik dapat dilihat pada gambar berikut:



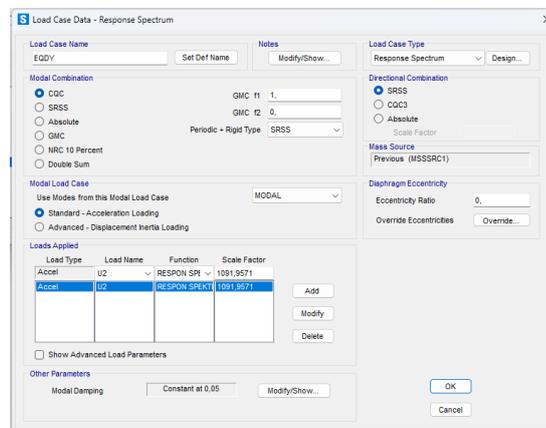
Gambar 4. 20 Definisi beban gempa statik arah X
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)



Gambar 4. 21 Definisi beban gempa statik arah Y
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)



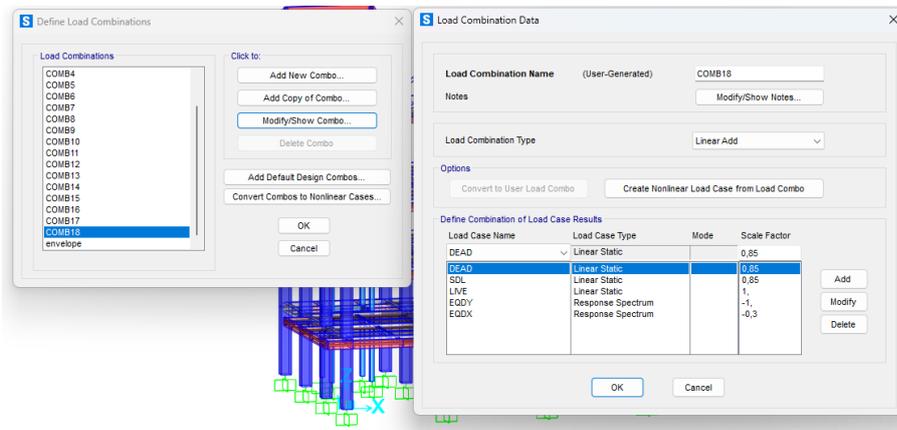
Gambar 4. 22 Definisi beban gempa dinamik arah X
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)



Gambar 4. 23 Definisi beban gempa dinamik arah Y
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

3) Kombinasi pembebanan

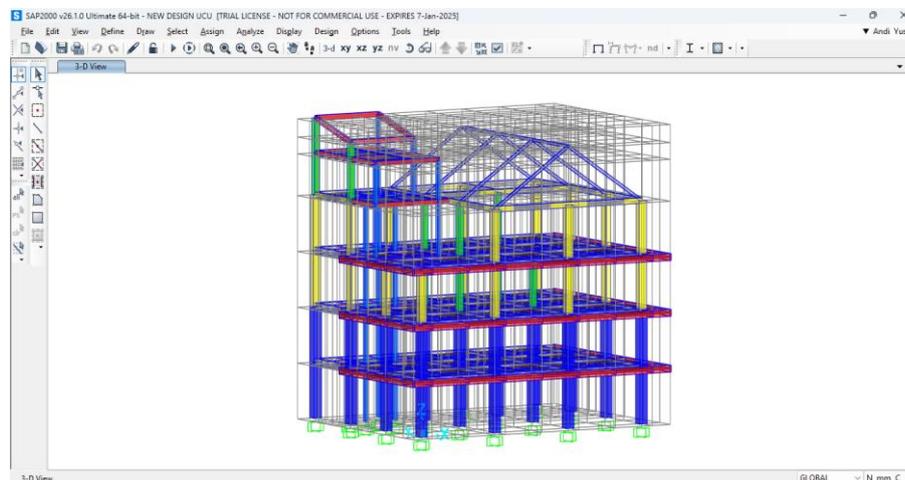
Nilai-nilai kombinasi pembebanan yang akan digunakan pada program SAP2000 bertujuan untuk mengombinasikan keseluruhan beban yang terjadi pada gedung dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 24 Kombinasi pembebanan (Load combination)

Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

4) Permodelan struktur



Gambar 4. 25 Tampilan permodelan struktur 3D pada program SAP2000

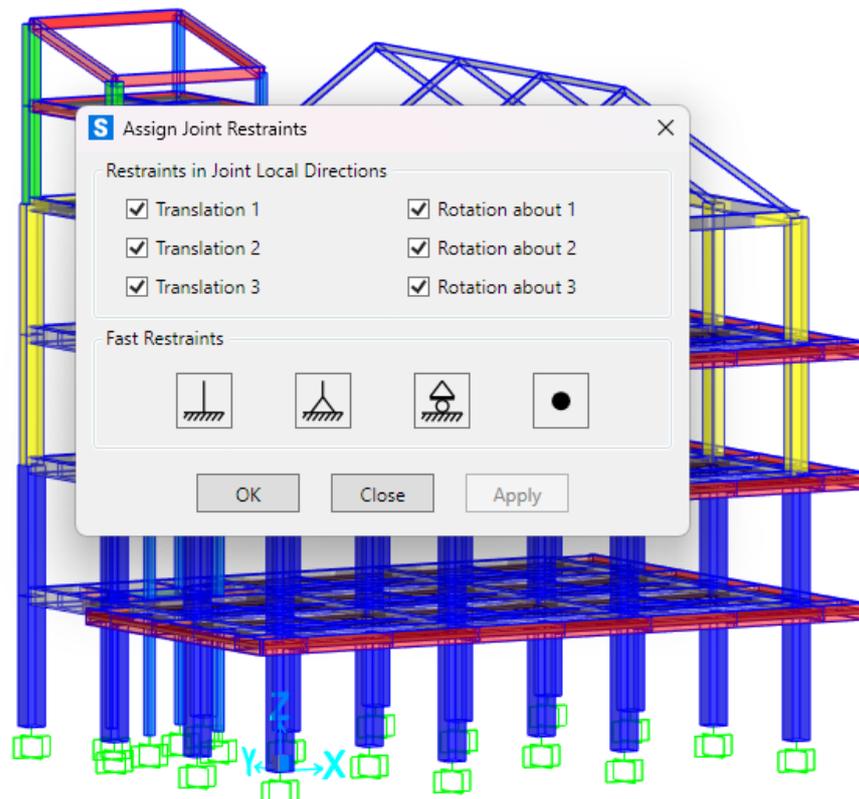
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

Struktur gedung yang akan dianalisa Digambar dalam program SAP2000 v.26. Ukuran dan bentuk permodelan struktur harus mengikuti gambar rencana

pembangunan agar beban-beban yang terjadi dapat dianalisa semirip mungkin dengan beban-beban yang akan terjadi secara nyata. Memasukkan profil penampang sesuai dengan rencana awal. Jika terdapat kegagalan struktur maka perlu dilakukan engineering judgement agar hasil akhir analisa yang diperoleh tidak terdapat kegagalan struktur. Proses ini merupakan *trial and error*.

5) Menetapkan jenis perletakan/restraint

Permodelan pondasi diasumsikan sebagai jepit, karena desain pondasi yang menggunakan *bore pile* (pondasi dalam), sehingga kedudukan pondasi dianggap tidak mengalami rotasi dan translasi. Permodelan tumpuan tersebut dapat dilihat pada **gambar 4. 26**



Gambar 4. 26 Definisi tumpuan pada program SAP2000
 Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

6) Beban rencana

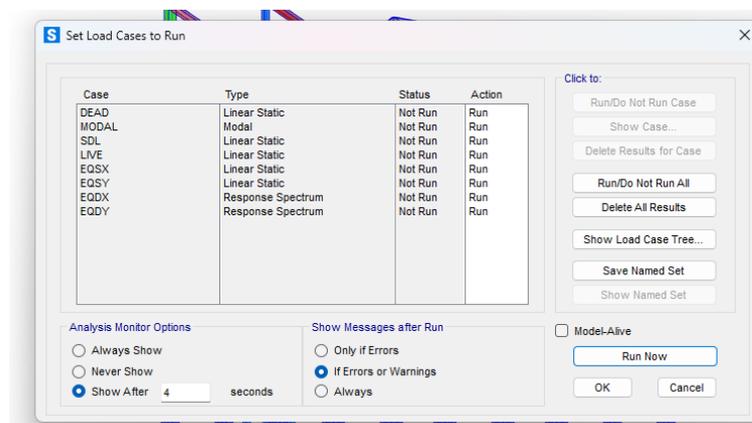
Setelah melakukan proses pemodelan struktur, selanjutnya perlu dimasukkan nilai-nilai beban rencana yang akan membebani gedung sesuai dengan klasifikasi masing-masing.

7) Pengecekan Error

Sebelum menjalankan program untuk melakukan analisa struktur, perlu dilakukan terlebih dahulu pengecekan error pada struktur yang sudah dimodelkan didalam program SAP2000 v.26. Penampang yang error akan terdeteksi saat melakukan proses analisa (*Run analysis*).

8) Menjalankan proses analisa program (Run Analysis)

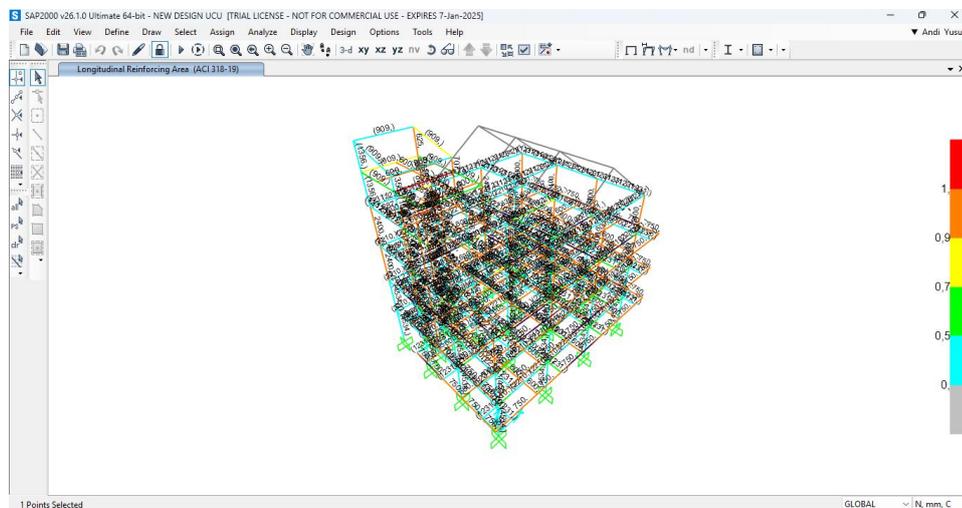
Program akan melakukan analisa secara otomatis. Jika terdapat kegagalan struktur, maka perlu dilakukan pengecekan mengenai jenis kegagalan yang terjadi dan dilakukan tindakan untuk mencegah kegagalan struktur seperti memperbesar profil penampang yang digunakan ataupun menambahkan perkuatan-perkuatan. Lakukan proses *trial and error* sehingga struktur dinyatakan aman.



Gambar 4. 27 Run analysis program SAP2000
 Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

9) Hasil analisis SAP2000

Struktur yang sudah ada dan telah dibangun adalah struktur yang dikaji dan dihitung. Gedung perkantoran di Kabupaten Barru adalah jenis bangunan yang dikaji. Untuk memastikan bahwa model yang dievaluasi benar-benar sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan, pemodelan struktur dilakukan berdasarkan rancangan yang dibuat oleh engineer DED yang rinci. Analisis struktur menggunakan SAP200 v.26. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur yang dibangun dapat menahan beban gempa dan beban lainnya.



Gambar 4. 28 Pengecekan struktur penampang kombinasi beban gempa
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

Tidak ada balok atau kolom yang diwarnai merah, jadi Gambar 4. 28 menunjukkan bahwa kolom, sebagai elemen struktur, masih dapat menahan beban yang diberikan.

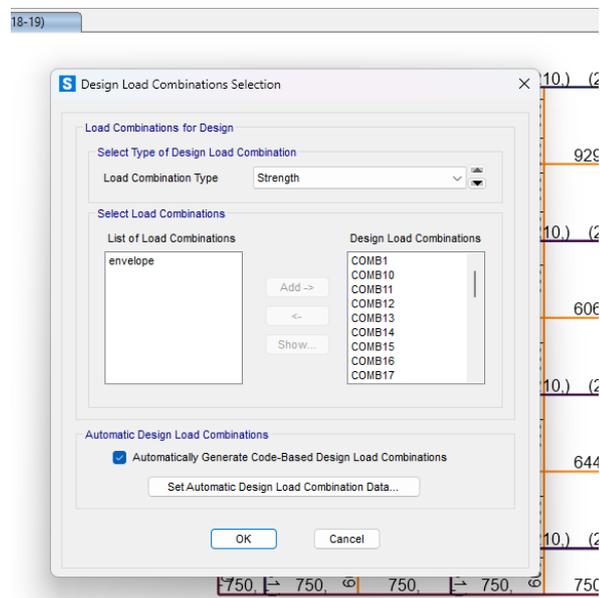
Setelah menjalankan hasil perangkat lunak di menu "Periksa Struktur Desain", gambar di atas menunjukkan ketahanan struktur. Warna yang dibuat oleh perangkat lunak SAP200 v.26 menunjukkan penilaian ketahanan struktur. Warna-

warna ini menunjukkan hubungan antara beban yang dihitung secara otomatis oleh perangkat lunak dan kapasitas menahan beban penampang elemen struktur.

Deskripsi ketahanan SAP200 v.26 diberikan di bawah ini:

- a) Warna biru muda dan abu-abu : rasio 0.00 sampai 0.50 : Sangat Aman
- b) Warna hijau : rasio 0.50 sampai 0.70 : Aman
- c) Warna kuning : rasio 0.70 sampai 0.90 : Aman
- d) Warna orange : rasio 0.90 sampai 0.94 : Cukup Aman
- e) Warna merah : rasio ≥ 0.95 : Kritis (Over Stress/OS)

10) Kombinasi beban yang terinput



Gambar 4. 29 Kombinasi beban yang digunakan
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

Berikut adalah kombinasi pembebanan yang di input dalam program SAP2000:

- a) Comb 1 = 1.4 D + 1.4 SDL
- b) Comb 2 = 1.2 D + 1.2 SDL + 1.6 LL

- c) Comb 3 = 1.25 D + 1.25 SDL +
- d) Comb 4 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL + 1 ED_x - 0.3 Ed
- e) Comb 5 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL - 1 ED_x + 0.3 Ed_y
- f) Comb 6 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL - 1 ED_x - 0.3 Ed_y
- g) Comb 7 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL + 1 ED_y + 0.3 Ed_x
- h) Comb 8 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL + 1 ED_y - 0.3 Ed_x
- i) Comb 9 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL - 1 ED_y + 0.3 Ed_x
- j) Comb 10 = 1.25 D + 1.25 SDL + 1 LL - 1 ED_x - 0.3 Ed_y
- k) Comb 11 = 0.85 D + 0.85 SDL + 1 ED_x + 0.3 Ed_y
- l) Comb 12 = 0.85 D + 0.85 SDL 1 ED_x - 0.3 Ed_y
- m) Comb 13 = 0.85 D + 0.85 SDL 1 ED_x + 0.3 Ed_y
- n) Comb 14 = 0.85 D + 0.85 SDL 1 ED_x - 0.3 Ed_y
- o) Comb 15 = 0.85 D + 0.85 SDL 1 ED_y + 0.3 Ed_x
- p) Comb 16 = 0.85 D + 0.85 SDL 1 ED_y - 0.3 Ed_x
- q) Comb 17 = 0.85 D + 0.85 SDL 1 ED_y + 0.3 Ed_x
- r) Comb 18 = 0.85 D + 0.85 SDL 1 ED_y - 0.3 Ed_x

Keterangan:

D = Beban Mati Sendiri Struktur

S_{DL}= Beban Mati Tambahan Pada Struktur

LL = Beban Hidup

ED_x = Beban Gempa Arah x (dipilih beban gempa dinamik)

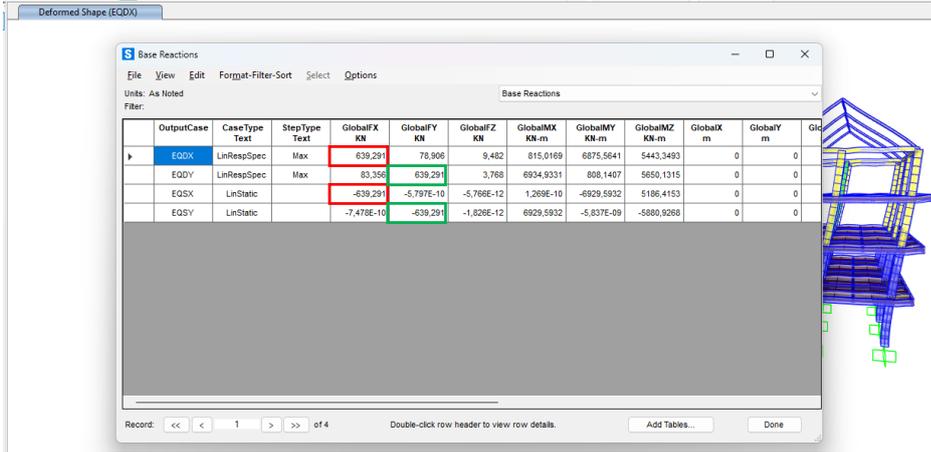
ED_y= Beban Gempa Arah y (dipilih beban gempa dinamik)

SNI 1726 (2019) pasal 8.3.2.3 Jika beban gempa ditambahkan maka perlu modifikasi pada $(1.2 + 0.2 sds) D + eqx + edy$ dan $(0.9 - 0.2sds) D + eq$

Selain beban pada balok, digunakan juga beban yang dianggap bekerja pada pelat lantai. Beban-beban yang bekerja merupakan beban hidup (Live Load) dan beban mati tambahan (SDL / Super Imposed Dead Load).

11) Gempa statik dan dinamis

Beban gempa yang terjadi ada 2, yaitu beban gempa statik (Static) dan beban gempa dinamis (Spec). Akan tetapi, pada saat perhitungan, designer menggunakan beban gempa dinamis (Response Spectrum). Menurut SNI 1726:2019, besarnya nilai beban gempa dinamis minimal harus sama dengan besarnya nilai beban gempa statis ($Static \geq Spec$).



The screenshot shows the 'Base Reactions' table in SAP2000. The table lists results for four cases: EQDX, EQDY, EQSX, and EQSY. The columns include OutputCase, CaseType, StepType, and various global force and moment components (GlobalFX, GlobalFY, GlobalFZ, GlobalMX, GlobalMY, GlobalMZ, GlobalX, GlobalY). The values for GlobalFX and GlobalFY are highlighted in red and green, indicating the maximum static and dynamic seismic loads in the X and Y directions respectively.

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
EQDX	LinRespSpec	Max	639,291	78,906	9,482	815,0169	6875,5641	5443,3493	0	0	0
EQDY	LinRespSpec	Max	83,356	639,291	3,768	6934,9331	808,1407	5650,1315	0	0	0
EQSX	LinStatic		-639,291	-5,797E-10	-5,768E-12	1,269E-10	-6929,5932	5186,4153	0	0	0
EQSY	LinStatic		-7,478E-10	-639,291	-1,828E-12	6929,5932	-5,837E-09	-5880,9288	0	0	0

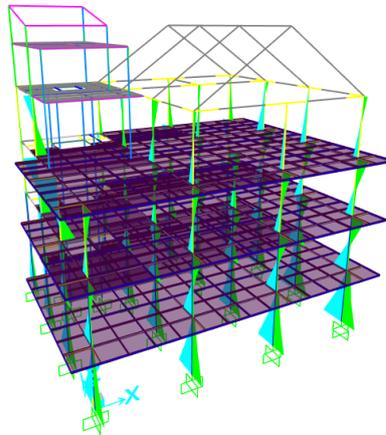
Gambar 4. 30 Pengecekan gempa statik dan dinamik
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

Dari Gambar 4. 30, dapat dilihat bahwa nilai beban gempa statik arah X, yaitu sebesar 639,291 kN dan untuk beban gempa dinamis arah X, yaitu sebesar 639,291 kN. Beban gempa statik arah Y, yaitu sebesar 639,291 kN dan untuk beban gempa dinamis arah Y, yaitu sebesar 639,291 KN. Artinya, bahwa nilai beban

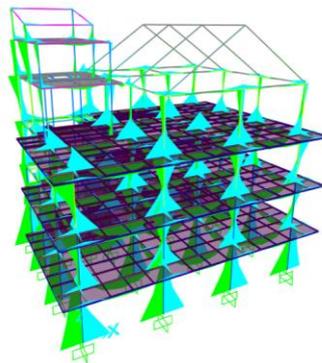
gempa dinamis untuk kedua arah (arah X dan Y) sudah lebih besar dari nilai beban gempa statis dan dapat digunakan pada saat perhitungan kombinasi pembebanan.

Tabel 4. 16 Hasil penjumlahan geser dasar untuk masing-masing gempa (Sumber: Hasil analisis SAP2000 v.26)

Base Shear	Dinamik (V_D) Geser Dasar (kN)	Statik (V_S) Geser Dasar (kN)	Faktor Skala V_S/V_D	Kontrol ($V_D \geq 100\%V_S$)
Arah X	639,29	639,29	1,00	OK
Arah Y	639,29	639,29	1,00	OK



Gambar 4. 31 Diagram momen 2-2
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)



Gambar 4. 32 Diagram momen 3-3
Sumber: (Pengolahan data SAP2000)

Gambar diatas adalah diagram momen yang menunjukkan besarnya momen pada balok. Untuk membedakan arah momen, jika arah momen searah jarum jam disebut dengan momen positif dan sebaliknya momen yang arahnya berlawanan dengan arah jarum jam disebut momen negatif.

12) Pemeriksaan simpangan antar lantai (Story Drift)

Simpangan antar tingkat desain (Δ) seperti ditentukan dalam SNI 1729 tahun 2019 pasal 7.8.6 atau 7.9, tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) seperti didapatkan dari tabel 4. 17 untuk semua tingkat.

$$\Delta_x = \frac{(\delta_2 - \delta_1) x C_d}{I} < \Delta_a \quad \longrightarrow \quad \Delta_a = 0,025 h_x$$

Keterangan :

Δ_x = simpangan antar lantai

δ = defleksi yang terjadi

I = faktor keutamaan gempa

h_x = tinggi tingkat di bawah tingkat x

C_d = Faktor pembesaran defleksi

Gambar 4. 33 Rumus persimpangan antar lantai

Sumber: (SNI 1726:2019)

Tabel 4. 17 Simpangan antar tingkat izin Δ_a^{a-b} (Sumber: SNI 1726:2019)

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	0,025 h_{sx} ^c	0,02 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Tabel 4. 18 Simpangan Lantai Arah x (Δ_x) (Sumber: Hasil analisa SAP2000)

Lantai	Hsx (mm)	dx (mm)	Δ_x (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
ATAP	3000	0,0335	0,0082	75	AMAN
L5	4000	0,0315	0,0290	100	AMAN
L4	4000	0,0242	0,0391	100	AMAN
L3	4000	0,0145	0,0371	100	AMAN
L2	4000	0,0052	0,0207	100	AMAN
Dasar	0	0	0	0	-

Tabel 4. 19 Simpangan Lantai Arah y (Δ_y) (Sumber: Hasil analisa SAP2000)

Lantai	Hsx (mm)	dy (mm)	Δ_y (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta y < \Delta$ ijin
ATAP	3000	0,0407	0,0240	75	AMAN
L5	4000	0,0347	0,0355	100	AMAN
L4	4000	0,0258	0,0424	100	AMAN
L3	4000	0,0152	0,0389	100	AMAN
L2	4000	0,0055	0,0220	100	AMAN
Dasar	0	0	0	0	-

Jika tidak memenuhi atau tidak aman maka gedung terlalu fleksible perlu di perbesar lagi pada penampangnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data dan hasil analisa beban gempa pada struktur Gedung kantor dinas pariwisata pemuda dan olahraga Kabupaten Barru dengan menggunakan *software* SAP2000 v.26 maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari analisis yang dilakukan diperoleh hasil penjumlahan geser dasar untuk gempa statik arah X dan arah Y adalah 639,29 kN dan gempa dinamis arah X dan arah Y adalah sebesar 639,29 kN memenuhi persyaratan SNI yaitu geser dasar dinamis sama dengan 100% geser dasar statik.
2. Analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa beban gempa memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja struktur Gedung Kantor Dinas Pariwisata Pemuda dan Olahraga Kabupaten Barru. Semua elemen struktur, termasuk kolom, balok, dan pelat, mampu menahan beban gempa yang ditetapkan. Hasil analisis menggunakan *software* SAP2000 menunjukkan bahwa struktur tetap dalam kondisi aman meskipun mengalami beban gempa.
3. Evaluasi desain gedung berdasarkan analisis beban gempa menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur memenuhi batas-batas yang diizinkan oleh peraturan SNI 1726:2019. Deformasi dan gaya dalam pada elemen-elemen struktur berada di bawah ambang batas, yang mengindikasikan bahwa desain gedung ini telah sesuai dengan standar keamanan dan kestabilan yang diperlukan.

4. Dalam hal material campuran beton f_c 25 memiliki kelebihan seperti kekuatan tekan yang tinggi dan ketahanan terhadap beban statis dan dinamis, serta ketahanan terhadap korosi jika menggunakan material yang tepat. Di sisi lain, baja polos dan baja ulir memiliki kekuatan tarik yang sangat baik, ringan, dan dapat menahan beban yang lebih besar dalam ukuran yang lebih kecil. Namun, beton bertulang rentan terhadap retak akibat tarikan dan memerlukan perawatan yang baik untuk memastikan daya tahannya, sementara baja, jika tidak dilindungi dengan baik, rentan terhadap korosi dan memiliki kekuatan yang lebih rendah pada suhu tinggi dibandingkan dengan beton. Dengan demikian, perencanaan struktur harus dilakukan secara teliti untuk memastikan keamanan dan kinerja gedung yang optimal terhadap beban gempa.

B. Saran

Berdasarkan analisis struktur gedung bertingkat, disarankan dalam suatu perencanaan ada beberapa hal yang harus di perhatikan, sebagai berikut:

1. Seorang perencana struktur hendaknya selalu mengikuti perkembangan peraturan dan pedoman-pedoman (standar) dalam perencanaan struktur dan memperhatikan penginputan data, penentuan dimensi dan material ke dalam aplikasi software yang digunakan agar output data yang dihasilkan lebih akurat.
2. Sebelum perencanaan struktur sebaiknya dilakukan estimasi awal pada ukuran elemen struktur, sehingga tidak terjadi penentuan elemen struktur berulang-ulang, sehingga mendapatkan hasil perhitungan yang maksimal dan mendapatkan struktur kuat namun efisien biaya.

3. Saran untuk perencana struktur adalah agar selalu mengikuti perkembangan peraturan dan standar dalam perencanaan struktur, serta melakukan estimasi awal pada ukuran elemen struktur untuk meningkatkan efisiensi biaya dan keakuratan hasil perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Standar Nasional Indonesia SNI 1726:2019*. 1–248.
- Batara, I. (2013). *Modul Pelatihan Program Sap2000 Modul Pelatihan Program Sap2000*.
- Febrianto, A., & Putra, H. (2024). Analisis Seismik Struktur Bangunan Menggunakan ASCE 41-17 dan SNI 1726: 2019. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 9(2), 211–220.
- Nasional, B. S. (2012). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. *Sni, 1726*, 2012.
- Ramadhika Dwi Poetra. (2019). BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local.*, 1(69), 5–24.
- Salim, R., Intan, R. P., Ray, N., & Cahyono, M. S. D. (2023). Pengukuran Desain Ketahanan Bangunan Baja Tahan Gempa Menggunakan SAP 2000. *Anggapa Journal-Building Design and Architecture Management Studies*, 2(2), 21–30.
- Salim, R., Pratama Intan, R., Ray, N., Shofwan, M., Cahyono, D., & Kunci, K. (2023). Pengukuran Desain Ketahanan Bangunan Baja Tahan Gempa Menggunakan SAP 2000 STATUS ARTIKEL. *Surabaya Jurnal Anggapa*, 2(2), 21–30.
- SARAGIH, M. B. (2021). *Analisis Perhitungan Struktur Dengan Menggunakan Sap 2000 Dan Metode Cross Di Gedung Kantor Dinas Kesehatan Kota Medan*. 65.
- Sudarman, S., Manalip, H., Windah, R. S., & Dapas, S. O. (2014). Analisis Pushover Pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium. *Jurnal Sipil Statik*, 2(4), 130731.
- Tampubolon, S. P., Sarasantika, I. P. E., & Suarjana, I. W. G. (2022). Analisis Kerusakan Struktur Bangunan dan Manajemen Bencana Akibat Gempa Bumi, Tsunami, dan Likuifaksi di Palu: Analysis of Building Structure Damage and Disaster Management Due to Earthquake, Tsunami, and Liquefaction in Palu. *Bentang: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 10(2), 169–186.