

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu dalam penyusunan laporan ini, penulis mendapat referensi dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan. Berikut penelitian terdahulu, yaitu pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Perbandingan
1	Apran Heri Yulianto	Perancangan Struktur Gedung Rumah Sakit Ibu dan Anak 15 Lantai di Colomadu Provinsi Jawa Tengah	2021	Menggunakan acuan pasal 1727-2013. Perhitungan berat sendidi dan beban hidup dilakukan dengan cara manual.
2	I Putu Adi Sadu Gunawan, I Wayan Giatmajaya, I Gede Gegiranang	Analisis dan Pemodelan Struktur Gedung Rumah Sakit pada Wilayah Gempa Tinggi	2021	Acuan yang digunakan adalah SNI 1726 : 2012, SNI 1727 : 2013 dan SNI 2847 : 2013.
3	Roinson Sijabat, Rahelina Ginting, dan Ricky Yohanes Marbun	Evaluasi Struktur Atas Pada Gedung Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan – Sumatera Utara	2021	Acuan perhitungan struktu yang digunakan adalah SNI 2847 : 2013 sedangkan acuan pembebanan menggunakan SNI 1726 : 2012 dan SNI 2847 : 2013.

Lanjutan Tabel 2.1

No	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Perbandingan
4	Muhammad Bakri Saragih	Analisis Perhitungan Menggunakan SAP2000 dan Metode <i>Cross</i> di Gedung Kantor Dinas Kesehatan Kota Medan	2021	Penulis melakukan metode <i>cross</i> untuk menghitung struktur portal dan menggunakan SNI 1727 : 1989.
5	Risty Amelia Firdha, Mohd. Isneine, Hasti Riakara Husni dan Ratna Widyawati	Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Terhadap Beban Gempa Dengan Metode <i>Pushover Analysis</i> (Studi kasus : Gedung Rawat Inap Non-Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek	2021	Perhitungan data yang menggunakan metode <i>pushover</i> dan tidak menggunakan software SAP2000 untuk menghitung pengaruh gempa rencana.
6	Masmur Natolius Silaen	Analisis Struktur Kolom dan Balok pada Pembangunan Rumah Sakit Regina Maris Jl. Bridjend Katamso Medan	2022	Penulis melakukan perbandingan hasil perhitungan kolom dan balok menurut SNI 2013 dan SNI 2019 dengan software SAP2000.
7	Muhammad Babul Uyun, Totok Yulianto S.T.,M.T dan Dr. Agus Wiyono, M.T.	Analisis Struktur Gedung Rumah Sakit Toeloengredjo Berdasarkan SNI 2847 : 2019	2022	Gedung rumah sakit Toeloengrdjo difungsikan klinik pada lantai 1 dan 2, sedangkan lantai 3 digunakan sebagai <i>meeting room</i> .

Lanjutan Tabel 2.1

No	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Perbandingan
8	Fifi Benget S. Lumban Batu	Analisis Struktur Gedung Rumah Sakit Columdia Jl. Letda Sujono Medan	2023	Software SAP2000 digunakan hanya untuk menghitung struktur kolom dengan metode grafik Mn dan Pn.
9	Ainun Syukronul Amin	Perancangan Gedung Rumah Sakit 10 Lantai Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019	2023	Software yang digunakan pada penelitian ini adalah ETABS v21.0.0 dan tidak menghitung kekuatan struktur akibat gempa
10	Danang Dwi Nugroho dan Gayuh Aji Prasetyaningtyas	Analisis Pembebanan Struktur Gedung Terpadu Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Temanggung Terhadap Gempa Tertinggi	2023	Metodologi yang digunakan adalah deskriptif kualitatif. Pengujian pengaruh gempa rencana menggunakan 7,7 magnitude.

2.2 Landasan Teori

Pengertian bangunan adalah struktur buatan manusia yang terdiri atas dinding dan atap yang didirikan secara permanen disuatu tempat. Bangunan juga biasa disebut dengan rumah atau gedung, yaitu segala sarana prasarana atau infrastruktur dalam kebudayaan atau kehidupan manusia dalam membangun peradabannya. Bangunan memiliki beragam bentuk, ukuran, dan fungsi, serta telah mengalami penyesuaian sepanjang sejarah yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti bahan bangunan, kondisi cuaca, harga, kondisi tanah, dan alasan estetika.

2.3 Struktur Bangunan

Secara harfiah, struktur bangunan dapat diartikan sebagai bagian-bagian yang membentuk berdirinya sebuah bangunan, mulai dari pondasi, sloof, dinding, balok, kolom, ring, kuda-kuda, hingga atap. Fungsi utama dari struktur bangunan sebenarnya untuk mendukung keberadaan elemen-elemen konstruksi lain, seperti, tampak, interior, dan arsitektur bangunan, hingga membentuk suatu kesatuan. Oleh karenanya, meski memiliki tujuan yang sama, elemen-elemen yang terkandung pada struktur bangunan memiliki fungsi dan kegunaannya masing-masing. Bangunan adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukan baik yang di atas atau di bawah tanah dan menyatu dengan tempat kedudukan di air.

2.3.1 Pondasi

Pondasi merupakan komponen struktur pendukung bangunan terbawah yang berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah, sehingga harus memenuhi persyaratan untuk mampu meneruskan beban yang diteruskan sedemikian rupa sehingga kapasitas atau daya dukung tanah tidak terlampaui. Terdapat berbagai bentuk dan bahan pondasi yang saat ini diterapkan untuk mendukung bangunan. Bahan pondasi umumnya dibuat dari bahan yang tahan terhadap umur dan pengaruh tanah dimana pondasi tersebut di pasang. Secara umum dapat di golongkan menjadi pondasi dangkal dan pondasi dalam. Walau belum ada rekomendasi yang tepat tentang batasan kedalaman pondasi, untuk keperluan praktis, pondasi dengan kedalaman < 2.50 meter merupakan pondasi dangkal. Pondasi dapat berbentuk umpak (footing), pondasi memanjang (strip) maupun pondasi pancang.

Pondasi dangkal adalah jenis pondasi yang mentransfer beban bangunan ke tanah pada kedalaman yang dangkal, yaitu kurang dari 2 meter. Pondasi ini umumnya digunakan untuk bangunan dengan beban ringan hingga sedang, seperti rumah tinggal, ruko, dan gedung bertingkat rendah. Berikut adalah contoh pondasi dangkal yang umum digunakan. Pondasi dangkal yang paling sederhana adalah pondasi umpak dari bahan-bahan maupun dari beton. Untuk menahan beban bangunan relatif ringan, pondasi umpak ini cukup kuat dan dapat diletakkan pada permukaan tanah.

Agar pondasi dalam suatu bangunan kuat, maka pondasi harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Bentuk dan konstruksinya harus menunjukkan suatu konstruksi yang kokoh dan kuat untuk mendukung beban bangunan di atasnya.
2. Harus dibuat dari bahan yang tahan lama dan tidak mudah hancur, sehingga kerusakan pondasi tidak mendahului kerusakan bangunannya.
3. Tidak mudah terpengaruh oleh keadaan diluar pondasi, misalnya pengaruh air, tanah dll.
4. Harus terletak pada dasar tanah yang cukup kuat sehingga kedudukan pondasi stabil.

Dalam pemilihan bentuk dan jenis pondasi yang memadai, perlu diperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan pekerjaan tersebut. Hal ini dikarenakan tidak semua jenis pondasi dapat dilaksanakan di semua tempat. Berikut beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan jenis pondasi adalah:

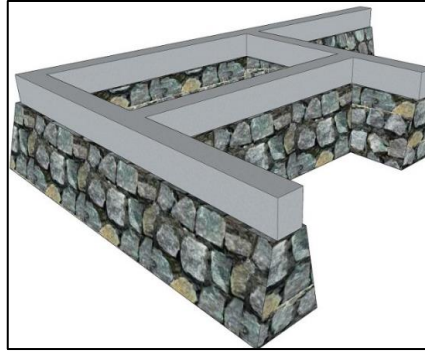
1. Keadaan tanah yang akan dipasang pondasi.
2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya.
3. Faktor lingkungan.
4. Waktu pekerjaan
5. Biaya
6. Ketersediaan material pembuatan pondasi di daerah tersebut.

Berikut adalah jenis-jenis pondasi yang dapat digunakan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pondasi Batu Kali

Pondasi batu kali adalah jenis pondasi yang menggunakan batu kali sebagai material utama. Batu kali dipilih karena memiliki kemampuan yang baik dalam menahan beban yang cukup besar dan kestabilannya di kondisi tanah tertentu. Biasanya, pondasi batu kali banyak digunakan untuk bangunan dengan struktur ringan atau sedang, seperti rumah tinggal, vila dan bangunan komersial kecil. Pondasi ini terbuat dari batu kali yang dipilih

dengan cermat dan biasanya dipecah sampai ukuran seragam untuk menghasilkan struktur yang kuat. Pasir digunakan untuk membantu menstabilkan struktur pondasi dan semen sebagai perekat untuk mengikat batu kali dan pasir menjadi struktur yang kokoh. Berikut adalah contoh pondasi batu kali seperti pada Gambar 2.1.

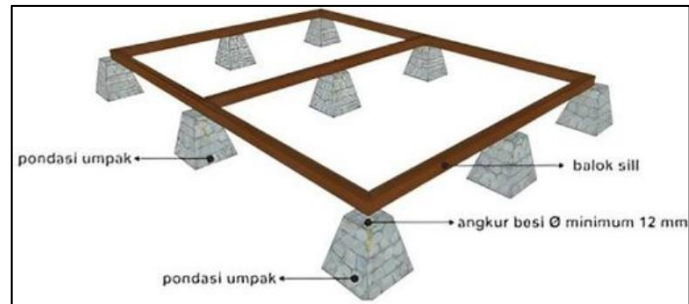


Gambar 2. 1 Pondasi Batu Kali.

Pondasi ini memiliki harga yang lebih murah bila dibandingkan dengan pondasi dangkal lainnya, mudah untuk dikerjakan dan cukup kuat untuk menahan bangunan dengan beban sedang. Akan tetapi pondasi ini tidak cocok untuk semua jenis tanah seperti, tanah yang lembek atau berlumpur.

2. Pondasi Umpak

Pondasi umpak adalah jenis pondasi dangkal yang terbuat dari batu, kayu, atau beton, yang digunakan untuk menopang struktur bangunan, seperti rumah panggung, gazebo, dan saung. Pondasi ini terdiri dari batu atau balok yang diletakkan di atas tanah sebagai tumpuan, dengan struktur bangunan di atasnya. Pondasi ini berfungsi untuk mendistribusikan beban bangunan ke tanah secara merata, sehingga mencegah bangunan ambles atau runtuh, meninggikan bangunan sehingga, dan estetika. Berikut ini adalah contoh pondasi umpak dapat dilihat pada Gambar 2.2.

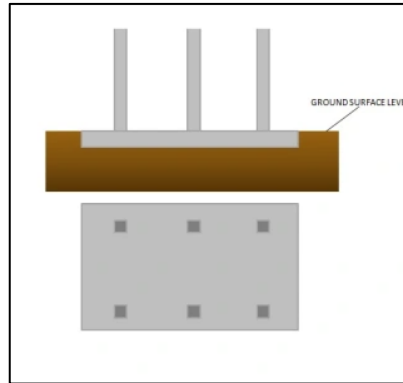


Gambar 2.2 Pondasi Umpak.

Dalam pengerjaannya, pondasi umpak termasuk pondasi yang mudah dibuat dan tidak memerlukan alat yang rumit. Dengan biaya yang murah, pondasi ini sangat tahan lama dan ramah lingkungan. Namun pondasi ini tidak cocok digunakan pada tanah yang labil atau mudah bergerak, karena dapat menyebabkan bangunan ambruk atau miring. pondasi ini juga memerlukan ruang yang luas, karena umpak harus ditanam dengan jarak tertentu. Salah satu kekurangan pondasi ini yaitu sensitif terhadap air, apabila pondasi ini dibuat dari bahan kayu maka harus menggunakan *waterproofing* untuk mencegah kerusakan akibat air.

3. Pondasi Rakit

Pondasi rakit, juga dikenal sebagai pondasi *raft*, adalah jenis pondasi bangunan yang menggunakan pelat beton bertulang besar dan tebal untuk mendistribusikan beban bangunan secara merata ke tanah. Pondasi ini ideal untuk digunakan pada tanah yang lemah atau tidak stabil, di mana jenis pondasi lain seperti pondasi telapak atau pondasi bor tidak cukup kuat. Pondasi jenis ini sangat cocok untuk beton bertingkat karena dapat mendistribusikan beban secara merata sehingga dapat mencegah retak dan penurunan struktur. berikut adalah contoh dari pondasi rakit ditunjukkan pada Gambar 2.3.

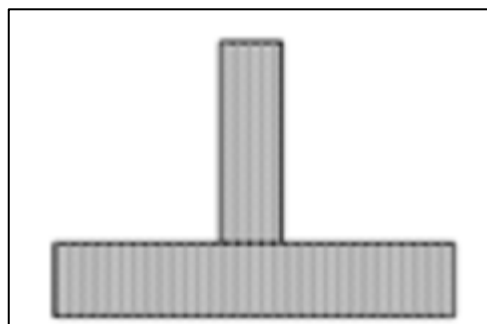


Gambar 2.3 Pondasi Rakit

Pondasi rakit termasuk salah satu pondasi dengan biaya yang lebih tinggi dibandingkan jenis pondasi lain, karena memerlukan perhitungan dan analisis yang cermat oleh insinyur sipil berpengalaman sehingga, membutuhkan lebih banyak beton dan baja dalam pembuatannya. Dalam pembuatannya sendiri, pondasi ini memakan waktu konstruksi yang lebih lama dan sensitif terhadap perubahan tanah.

4. Pondasi tapak (*Foot Plate*)

Pondasi tapak merupakan pondasi yang umum digunakan untuk bangunan bertingkat atau bangunan di atas tanah lembek. Pondasi ini terbuat dari beton bertulang dengan bentuk menyerupai telapak kaki, persegi atau persegi panjang. Pembuatan pondasi ini dapat dikombinasikan dengan pondasi batu kali atau langsung dengan sloof beton berdimensi tertentu untuk kepentingan pemasangan dinding. Konstruksi pondasi tapak mudah dirancang dan dibangun, sehingga biayanya relatif lebih murah. Pondasi ini ideal untuk digunakan pada tanah dengan daya dukung yang baik, stabil, dan tidak memerlukan banyak perawatannya khusus. Berikut adalah contoh pondasi tapak, dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pondasi Tapak

Pondasi ini tidak direkomendasikan untuk digunakan pada tanah yang labil, seperti tanah gambut atau tanah yang mudah dipindahkan. Kedalaman pondasi ini terbatas, sehingga tidak cocok untuk bangunan dengan beban yang besar dan pondasi ini memiliki resiko retak jika tanah disekitarnya mengalami pergerakan atau penurunan.

5. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran, juga dikenal sebagai pondasi caisson atau pondasi bor, adalah jenis pondasi dalam yang terbuat dari beton bertulang dengan bentuk silinder atau kerucut. Pondasi ini dibuat dengan cara menggali lubang ke dalam tanah hingga mencapai lapisan tanah yang stabil, kemudian lubang tersebut dicor dengan beton bertulang. Pondasi jenis ini cocok untuk bangunan bertingkat, Bangunan dengan beban berat dan dapat dibangun di tanah yang tidak stabil. Berikut adalah contoh dari pondasi sumuran, dapat dilihat pada gambar 2.5 sebagai berikut.



Gambar 2 5 Pondasi Sumuran

Adapun kelebihan dan kekurangan pondasi jenis ini adalah sebagai berikut:

a) Adaptabilitas Terhadap Tanah

Pondasi sumuran dapat disesuaikan dengan berbagai kondisi tanah, termasuk tanah yang lunak, berawa, atau berlumpur. Dengan merancang panjang dan diameter tiang yang sesuai, fondasi sumuran

dapat menembus lapisan tanah yang lebih stabil di bawahnya, memastikan kestabilan struktur bangunan di atasnya.

b) Distribusi Beban yang Efisien

Dengan menggunakan tiang-tiang yang ditanam dalam tanah, fondasi sumuran dapat mendistribusikan beban bangunan secara merata ke dalam tanah di sekitarnya. Hal ini membantu mengurangi risiko terjadinya penumpukan beban pada titik-titik tertentu yang dapat menyebabkan penurunan atau pergeseran tanah yang tidak diinginkan.

c) Ketahanan Terhadap Gempa dan Pembebanan Lateral

Fondasi sumuran memiliki keunggulan dalam menangani beban lateral, seperti gaya gempa atau tekanan hidrostatik dari air tanah. Struktur tiang-tiang yang ditanam ke dalam tanah memberikan stabilitas tambahan yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya-gaya lateral yang mungkin terjadi.

d) Pemeliharaan yang Mudah

Dibandingkan dengan beberapa jenis fondasi lainnya, perawatan dan pemeliharaan fondasi sumuran cenderung lebih sederhana dan murah. Tiang-tiang yang telah ditanam ke dalam tanah umumnya memerlukan sedikit perawatan setelah pembangunan selesai, selama tidak ada kondisi ekstrem yang memengaruhi struktur tanah di sekitarnya.

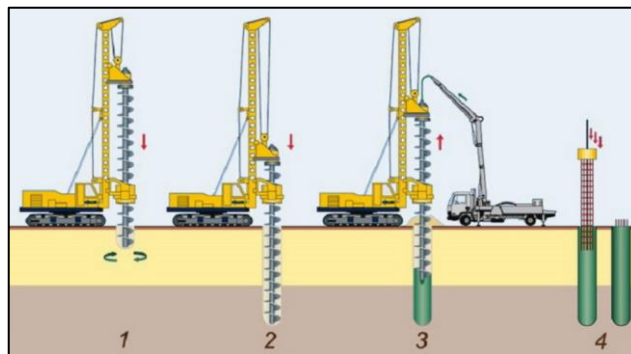
Diantara kelebihan seperti diatas, pondasi ini juga memiliki kekurangan, yaitu biaya yang tinggi karena memerlukan banyak sekali bahan material yang digunakan dan membutuhkan peralatan khusus seperti mesin bor dan pompa air

6. Pondasi bored pile

Pondasi bore pile merupakan sebuah pondasi dalam yang berbentuk layaknya tabung panjang dan ditancapkan ke dalam tanah. Tujuan dari penggunaan pondasi ini agar bangunan dapat berdiri dengan kokoh setelah proses pembangunan selesai. Pondasi bore pile ini memiliki jenis dan manfaat untuk konstruksi bangunan. Penggunaan bore pile ini difungsikan

untuk mengalirkan beban berat konstruksi ke dalam lapisan tanah yang lebih keras. Metode bore pile ini digunakan jika struktur permukaan tanah tidak kuat untuk menahan keseluruhan beban bangunan yang akan didirikan. Metode pengeboran yang dipakai untuk menancapkan pondasi ini menggunakan metode pengeboran berulang dengan tingkat getaran yang rendah. Biasanya pondasi ini digunakan untuk mengamankan bangunan bertingkat ataupun menjaga kestabilan bangunan di daerah lereng.

Apabila sudah merencanakan untuk membuat sebuah konstruksi bangunan, maka perlu mengikuti persyaratan struktur bangunan gedung yang sudah ditentukan. Persyaratan tersebut meliputi bangunan gedung yang dibuat harus kokoh, stabil, dan kuat supaya dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Berikut adalah contoh pondasi bored pile dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2 6 Pondasi Bored Pile

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan sebelum membuat pondasi ini yaitu biaya, tiang pancang bisa lebih mahal apabila dibandingkan dengan jenis pondasi yang lainnya dan juga waktu pemasangan pondasi ini juga dapat memakan banyak waktu tergantung kedalaman yang akan digunakan dalam pemasangan pondasi bored pile.

2.3.2 Sloof

Sloof merupakan salah satu struktur dari bangunan yang terletak di atas pondasi dan memiliki fungsi untuk mendistribusikan beban ke seluruh pondasi, mencegah tekanan yang tidak merata dan mencegah potensi retakan. Fungsi lain yang tak kalah penting dari sloof adalah sebagai pengunci dinding sehingga jika terjadi pergeseran tanah, maka dinding tidak

mudah roboh. Sloof biasanya terbuat dari beton yang diperkuat dengan batang baja atau jaring. Bahan lain seperti baja atau kayu juga dapat digunakan dalam beberapa kasus, tergantung pada desain dan kebutuhan bangunan. Berikut adalah contoh sloof yang terbuat dari bahan beton bertulang dapat dilihat ada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sloof

2.3.3 Kolom

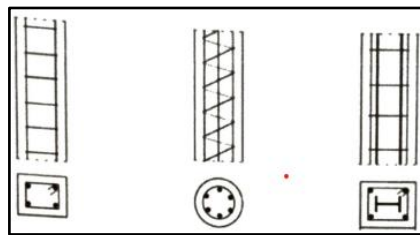
Kolom, atau yang juga dikenal dengan pilar, tonggak, atau saka, adalah elemen struktural penting dalam konstruksi bangunan. Fungsinya adalah untuk menyalurkan beban dari bagian atas bangunan seperti atap, lantai, dan beban hidup ke bagian bawah (fondasi). Kolom bekerja dengan cara menerima tekanan vertikal. Secara sederhana, membayangkan kolom sebagai tulang punggung bangunan. Jika kolom mengalami kegagalan, maka struktur bangunan di atasnya bisa runtuh. Oleh karena itu, perencanaan dan pembangunan kolom harus dilakukan dengan cermat dan memenuhi standar keamanan yang berlaku. Kolom merupakan elemen vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan komponen struktur yang paling penting, karena apabila kolom mengalami kegagalan maka berakibat keruntuhan struktur bangunan atas dari gedung secara keseluruhan

Kolom dibedakan menjadi beberapa jenis menurut bentuk dan susunan tulangan, serta letak atau posisi beban aksial penampang kolom. Disamping itu juga dapat dibedakan menurut ukuran panjang pendeknya kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateral. Jenis kolom

berdasarkan bentuk dan susunan dibedakan menjadi 3 macam, yaitu sebagai berikut:

- a. Kolom segi empat, berbentuk empat persegi panjang atau bujur sangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang.
- b. Kolom bulat dengan tulangan memanjang dan sengkang spiral.
- c. Kolom komposit, kolom yang terdiri dari beton dan profil baja structural yang berada di dalam beton.

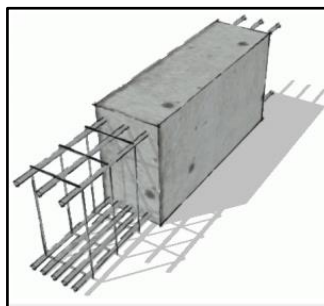
Jenis-jenis kolom dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Jenis-jenis kolom.

2.3.4 Balok

Balok merupakan struktur yang berfungsi menyalurkan momen ke struktur kolom. Balok sebagai elemen lentur, yaitu elemen yang memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. Fungsi dari balok diantaranya adalah meneruskan beban ke kolom, sebagai pengikat kolom, menambah kekuatan lentur plat lantai dan dapat menambah kekuatan horizontal pada struktur. Balok dapat dibuat dengan bahan seperti beton, baja, kayu dan juga kombinasi beton dan baja. Material yang sering digunakan untuk struktur bangunan termasuk balok adalah beton bertulang. Beton bertulang adalah dua jenis material konstruksi yang difungsikan secara bersamaan yaitu beton dan baja tulangan. Berikut adalah contoh balok beton bertulang seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Balok beton bertulang

2.3.5 Pelat

Pelat merupakan suatu elemen struktur yang mempunyai ketebalan relatif kecil jika dibandingkan dengan lebar dan panjangnya. Di dalam konstruksi beton, pelat digunakan untuk mendapatkan bidang atau permukaan yang rata. Tumpuan pelat pada umumnya dapat berupa balok-balok beton bertulang, struktur baja, dan dapat juga berupa tumpuan langsung di atas tanah. Biasanya, plat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom struktur bangunan. Bahan plat lantai juga bermacam-macam, mulai dari kayu, beton, hingga kayu semen (yumen).

Fungsi pelat lantai secara umum adalah untuk pemisah antara lantai bawah dengan lantai atas, untuk tempat berpijak diatas lantai, untuk menempatkan sistem kelistrikan pada ruang bawah, meredam suara dari ruang atas maupun ruang bawah, dan dapat menambah kekakuan bangunan pada arah horizontal. Sedangkan secara spesifik fungsi pelat dari beton dibandingkan pelat lantai bahan konstruksi lainnya adalah mampu menahan beban besar, menjadi isolasi suara yang baik, tidak dapat terbakar dan lapis kedap air, dapat dipasang tegel untuk keindahan lantai, dan merupakan bahan yang kuat, awet, tidak perlu perawatan dan dapat berumur panjang. Berikut adalah salah satu pelat yang terbuat dari beton seperti gambar 2.10.



Gambar 2.10 Pelat beton.

2.3.6 Atap

Atap pada bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada dibawahnya terhadap pengaruh panas, debu, hujan, angin

atau untuk keperluan perlindungan. Keberadaan atap pada gedung sangat penting mengingat fungsinya seperti payung yang melindungi seisi gedung dari gangguan cuaca. Oleh karena itu, sebuah atap harus benar-benar kokoh dan kuat. Ada berbagai jenis dan bentuk atap seperti pelana, limas, datar, dan pyramid. Atap juga memiliki jenis material yang berbeda sesuai dengan kebutuhan dan ketersediaan material yang ada di sekitar. Adapun jenis atap yang digunakan pada pembangunan gedung RSUD Ngudi Waluyo menggunakan atap onduline (Gambar 2.6). Atap onduline adalah atap ringan yang fleksibel dengan berbahan dasar bitumen (aspal) yang cocok untuk daerah tropis karena tidak berkarat dan korosi. Berikut adalah contoh atap onduline ditunjukkan pada gambar 2.11 sebagai berikut.



Gambar 2.11 Atap onduline.

2.4 Rangka Pemikul Momen

Rangka pemikul momen (SRPM) adalah sistem struktur bangunan yang dirancang untuk menahan beban dan momen lentur dengan cara menyalurkan momen ke kolom dan balok. SRPM umumnya digunakan pada bangunan gedung bertingkat tinggi, jembatan, dan struktur lainnya yang membutuhkan kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Sistem struktur rangka yang elemen-elemen struktur dan sambungannya menahan beban-beban lateral melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) (BSN , 2020)

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

SRPMB menggunakan balok dan kolom baja atau beton bertulang yang dihubungkan dengan sambungan kaku. Sistem ini cocok untuk bangunan dengan bentang yang kecil dan beban yang ringan.

2. Sistem Rangka Pemikul Momen Mnrngah (SRPMM)

SRPMM menggunakan balok dan kolom baja atau beton bertulang yang dihubungkan dengan sambungan semi-kaku. Sistem ini cocok untuk bangunan dengan bentang yang lebih besar dan beban yang lebih berat.

3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

SRPMK menggunakan balok dan kolom baja atau beton bertulang yang dihubungkan dengan sambungan plastik. Sistem ini cocok untuk bangunan dengan bentang yang sangat besar dan beban yang sangat berat.

Adapun tabel untuk sistem gaya seismik sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019 ditunjukkan pada Tabel 2.2 seperti berikut.

Tabel 2. 2 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik.

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
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	TI	TI
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khususm	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB

Tabel Lanjutan 2.2

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
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3	3½	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB

Tabel Lanjutan 2.2

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
3. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g,h}	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	8	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

Tabel Lanjutan 2.2

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
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus ^p	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI
2. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g,h}	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2½	TB	48	TI	TI	TI
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5½	2½	4½	TB	TB	48	30	TI
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3½	2½	3	TB	TB	TI	TI	TI
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI
8. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	5½	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
F. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa^g	4½	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI

(Sumber: SNI 1726:2019 Tabel 12)

2.5 Struktur Beton Bertulang

Struktur beton bertulang adalah komposit yang terbuat dari kombinasi beton dan tulangan baja. Beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, namun lemah dalam menahan gaya tarik. Tulangan baja, di sisi lain, memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan mampu menahan retakan pada beton. Kombinasi kedua material ini menghasilkan struktur yang kuat dan tahan lama, menjadikannya pilihan populer untuk berbagai jenis konstruksi. Komponen utama dari struktur ini adalah beton dan tulangan baja. Beton yang terbuat dari campuran semen, pasir, kerikil, dan air. Beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, namun lemah dalam menahan gaya tarik. Tulangan baja terbuat dari baja karbon yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Tulangan baja ditempatkan di dalam beton untuk memperkuat struktur dan mencegah retakan. Beton dan tulangan baja bekerja sama untuk menahan beban yang bekerja pada struktur. Beton menahan gaya tekan, sedangkan tulangan baja menahan gaya tarik. Saat beban diterapkan, beton akan retak, namun tulangan baja akan menahan retakan tersebut dan mendistribusikan beban secara merata.

Adapun struktur beton bertulang dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk dan fungsinya, seperti berikut:

1. Balok: Elemen struktur yang menopang beban vertikal dan horizontal.
2. Kolom: Elemen struktur yang menopang beban vertikal.
3. Slabs: Elemen struktur yang tipis dan datar, digunakan untuk lantai, atap, dan dinding.
4. Fondasi: Elemen struktur yang mentransfer beban struktur ke tanah.

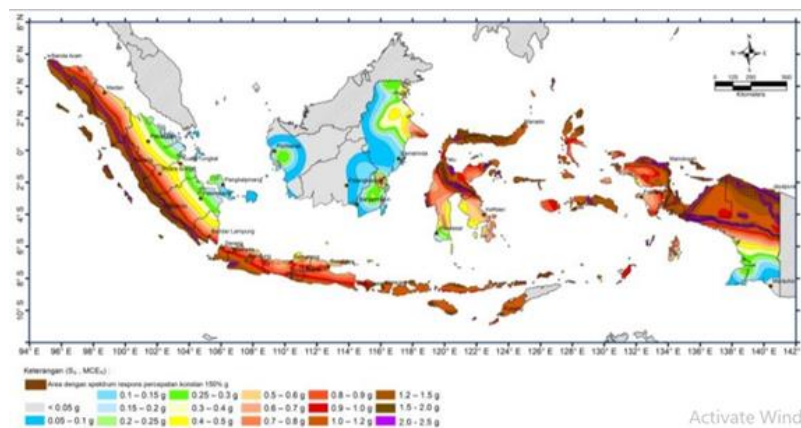
2.6 Perencanaan Gempa

Menurut SNI 1726:2019 perencanaan gempa menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non-gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui sebesar selama umur struktur bangunan 50 tahun sebesar 2%. Struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada di atas muka tanah. Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di bawah muka tanah. Struktur

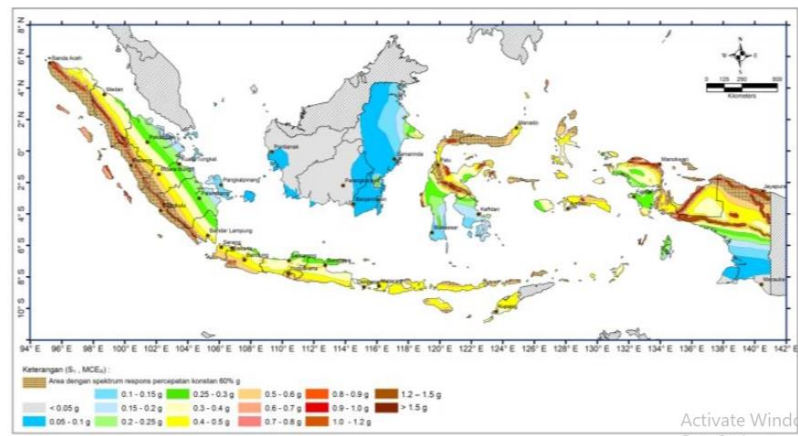
bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, sehingga mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Berikut ini penjelasan langkah-langkah analisis beban seismik berdasarkan SNI Gempa 1726:2019 untuk bangunan gedung.

2.6.1 Wilayah Gempa dan Spektrum respons

Wilayah gempa ditetapkan berdasarkan parameter S_s periode pendek 0,2 detik dan S_1 percepatan batuan dasar pada percepatan batuan Dasar pada periode 1 detik. Wilayah gempa dibagi berdasarkan percepatan maksimum batuan dasar dan respon spektra di batuan dasar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 2.12 dan Gambar 2.13 dibawah ini wilayah gempa di Indonesia adalah sebagai berikut:



Gambar 2.12 Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons 0,2 detik
(Sumber: SNI 1726:2019)



Gambar 2.13 Wilayah Indonesia untuk Spektrum respons 1 detik

(Sumber: SNI 1726:2019)

Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, ditentukan dengan Persamaan 2.1 dan 2.2 sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} \quad (2.1)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} \quad (2.2)$$

Sedangkan nilai S_{MS} dan S_{M1} ditentukan dengan Persamaan 2.3 dan 2.4 sebagai berikut:

$$S_{MS} = \frac{2}{3} \cdot S_s \quad (2.3)$$

$$S_{M1} = \frac{2}{3} \cdot S_1 \quad (2.4)$$

Dimana:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek.

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Koefisien situs faktor implikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek, F_a dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCE_a) terpakai pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS_{(a)}$					

(Sumber: SNI 1726-2019, Tabel 6)

Faktor implikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik, F_v dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCE_R) terpakai pada periode pendek, $T = 1$ detik, S_1					
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s = 0,5$	$S_s \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS_{(a)}$					

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 5)

Berdasarkan nilai SDS yang sudah ditentukan maka struktur dapat ditentukan maka struktur dapat ditetapkan dalam salah satu kategori desain seismic, sesuai Tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek.

Nilai SDS	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS \leq 0,167$	A	A
$0,167 < SDS < 0,33$	B	C
$0,33 < SDS < 0,5$	C	D
$0,5 \leq SDS$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 8)

Berdasarkan nilai SD_1 yang sudah ditentukan maka stuktur dapat ditetapkan dalam salah satu kategori desain seismic sesuai Tabel 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik

Nilai SD_1	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS \leq 0,167$	A	A
$0,167 < SDS < 0,33$	B	C
$0,33 < SDS < 0,5$	C	D
$0,5 \leq SD_1$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2019. Tabel 9)

2.6.2 Kategori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutaman

Adapun kategori resiko sesuai tabel SNI 1726 tahun 2019, untuk berbagai resiko struktur bangunan gedung dan non gedung ditunjukkan pada Tabel 2.7 sebagai berikut:

Tabel 2. 7 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa.

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk manusia, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, Peternakan, dan perikanan, - Fasilitas sementara, - Gudang penyimpanan, <p>Rumah jaga dan struktur kecil lainnya.</p>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, II, III, IV termasuk tapi tidak dibatasi untuk</p> <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

Tabel Lanjutan 2.7

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop, - Gedung pertemuan, - Stadion, - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat, - Fasilitas penitipan anak, - Penjara, - Bangunan untuk orang jompo. <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa, - Fasilitas penanganan air, - Fasilitas penanganan limbah, - Pusat telekomunikasi. <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses penganganan, penyimpanan, penggunaan, atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Tabel Lanjutan 2.7

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk tepi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi keadaan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energy dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	IV

(Sumber: SNI 1726:2019. Tabel 3)

Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan faktor keutamaan gempa *I_e* ditunjukkan pada Tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2. 8 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,225
IV	1,50

(Sumber: SNI 1726:2019. Tabel 4)

2.6.3 Kelas Situs (SA-SF)

Klasifikasi suatu situs digunakan untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam rumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu seperti pada Tabel 2.4. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 2.4, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, dengan minimal mengukur secara independen dua dari tiga parameter tanah yang tercantum dalam Tabel 2.4. Dalam hal ini, kelas situs dengan kondisi yang lebih buruk harus diberlakukan. Apabila tidak tersedia data tanah yang spesifik pada situs sampai kedalaman 30 m, maka sifat-sifat tanah harus diestimasi oleh seorang ahli geoteknik yang memiliki sertifikat/ijin keahlian yang menyiapkan laporan penyelidikan tanah berdasarkan kondisi getekniknya. Penetapan kelas situs SA dan kelas situs SB tidak diperkenankan jika terdapat lebih dari 3 m lapisan tanah antara dasar telapak atau rakit fondasi dan permukaan batuan dasar.

Tabel 2. 9 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/dt)	N atau Nch	Su (kpa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 s/d 1500	N/A	N/A

Tabel Lanjutan 2.9

Kelas Situs	Vs (m/dt)	N atau Nch	Su (kpa)
SC (tanah keas, sangat padat, dan batuan lunak)	350 s/d 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, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $S_u \ll 25$ kPa		
SE (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan metode spesifik)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh 2. Lempung sangat organik dan/atau gambut ($H > 3$ m) 3. Lempung berplastisitas sangat tinggi ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) 4. Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan S_U		

(Sumber: SNI 1726:2019)

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

2.7 Pembebanan Struktur

Pembebanan adalah gaya luar yang bekerja dalam suatu struktur. Menentukan besarnya pembebanan terhadap struktur secara pasti, bukan hal yang mudah. Biasanya perhitungan pembebanan hanya merupakan estimasi saja. Saat merencanakan struktur bangunan khususnya dalam perhitungan mekanika ada dua

macam pembebanan yaitu beban p dan beban q , dimana beban p adalah beban terpusat seperti berat kendaraan atau berat struktur terpusat di atasnya dan beban q adalah beban merata seperti berat sendiri struktur atau berat suatu benda yang membebani semua bagian struktur secara merata. Beban beban yang bekerja pada struktur seperti beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*) dan beban gempa (*earthquake*), menjadi bahan perhitungan awal dalam sebuah perencanaan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya yang bekerja pada setiap komponen struktur, kemudian dapat dilakukan perhitungan struktur untuk mengetahui besarnya kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan oleh masing-masing struktur (Bakri Saragih - 2021).

2.7.1 Beban Mati

Beban mati yaitu beban yang didominasi berat struktur yang melibatkan elemen dinding, lantai, atap, langit-langit, tangga, dinding pemisah permanen dan juga sentuhan akhir, komponen arsitektur yang tetap diam dan beberapa perlengkapan serta barang yang tidak bergerak (Syukronul dkk., 2023)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk semua elemen tambahan, mesin – mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu. beban mati yang diakibatkan oleh konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layanan tetap. Untuk menghitung besarnya beban mati atau elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut berdasarkan volume elemen. Berat satuan (*unit weight*) material telah ditentukan dan telah banyak dicantumkan tabelnya pada sejumlah standar atau peraturan pembebanan. Berdasarkan SNI 1727 tahun 2020 meliputi beban pasir setebal 1 cm besaran 0.016 KN/m^2 , beban spesi setebal 3 cm memiliki besaran 0.66 KN/m^2 , besaran keramik setebal 1 cm memiliki besaran 0.22 KN/m^2 , beban plafond memiliki besaran 0.2 KN/m^2 , beban mekanik dan elektrikal memiliki besaran 0.25 KN/m^2 . (Badan Standardisasi Indonesia, 2020)

2.7.2 Beban Hidup

Beban Hidup (Live Load) adalah beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung yang berasal dari barang atau orang yang dapat berpindah tempat sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai (Masmur, 2022). Beban hidup juga bisa diartikan sebagai beban-beban yang dihasilkan oleh manusia maupun barang-barang yang berpindah tempat serta peralatan lain yang dapat berpindah-pindah yang sifatnya tidak tetap (Dwi Nugroho dkk. 2023)

Beban hidup merupakan beban yang besar dan posisinya dapat berubah-ubah. Termasuk beban ini adalah berat manusia, perabotan yang dipindah-pindah, kendaraan, dan beban barang lain yang sering berpindah tempat, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khususnya pada atap kedalaman beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekan jatuh butiran air. Kedalaman beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa, dan beban khusus. Definisi beban hidup menurut pasal 4.1 SNI 1727 tahun 2020 adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung tersebut atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan. (Badan Standardisasi Indonesia, 2020)

2.7.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah suatu beban yang bekerja pada struktur karena adanya gerakan tanah akibat gempa (Babul Uyun et al. 2022). Secara lebih spesifik, masalah beban gempa bumi telah diatur dalam peraturan tersendiri yaitu Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung SNI 1726 – 2019. Beban gempa merupakan fenomena yang diakibatkan oleh benturan atau gesekan lempeng tektonik bumi yang terjadi sehingga terjadi pelepasan energi gempa yang merambat ke dalam atau di permukaan bumi. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan. Gaya yang timbul ini disebut gaya inersia. Besar gaya-gaya tersebut bergantung pada

banyak faktor. Massa bangunan merupakan faktor yang paling utama karena gaya tersebut melibatkan inersia. Faktor lain adalah cara massa tersebut terdistribusi, kekakuan struktur, kekakuan tanah, jenis pondasi, adanya mekanisme redaman pada bangunan, dan tentu saja perilaku dan besar getaran itu sendiri. Perilaku dan besar getaran merupakan aspek yang sulit ditentukan secara tepat karena sifatnya yang acak (random), sekalipun kadang kala dapat ditentukan juga. Gerakan yang diakibatkan tersebut berperilaku tiga dimensi. Gerakan tanah horisontal biasanya merupakan yang terpenting dalam tinjauan desain struktural.

2.7.4 Kombinasi Pembebanan

Suatu struktur bangunan harus dirancang menggunakan kombinasi pembebanan agar struktur bangunan menghasilkan kekuatan yang mampu menahan beban-beban terfaktor berdasarkan peraturan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non-gedung. Kombinasi-kombinasi pembebanan untuk metode ultimit adalah sebagai berikut:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,02 + L + 0,5((Lr \text{ atau } R)$
5. $0,9D + 1,0W$
6. $1,2D + Ev + Eh + L$
7. $0,9D - Ev + Eh$

2.8 Ketidakberaturan Struktur

Struktur harus diklasifikasikan beraturan atau tidak beraturan berdasarkan pada kriteria SNI 1726 : 2019. Klasifikasi tersebut harus didasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur, berupa konfigurasi bentuk, ukuran, macam, penempatan struktur utama bangunan, dan penempatan bagian pengisi.

2.8.1 Ketidakberaturan Horizontal

Adapun ketidakberaturan horizontal pada struktur dapat dilihat pada Tabel 2.10 sebagai berikut:

Tabel 2.10 Ketidakberaturan horizontal pada struktur.

	Tipe dan penjelasan ketidakteraturan	Pasal referens	Penerapan kategori desain seismik
1a.	Ketidakteraturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	0 0 0 0 Tabel 16 0	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b.	Ketidakteraturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	0 0 0 0 0 0 Tabel 16 0	E dan F D B, C, DAN d C dan D C dan D D B, C, dan D
2.	Ketidakteraturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.	0 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F

Tabel Lanjutan 2.10

3.	Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 % dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	0 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
4.	Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	0 0 0 Tabel 16 0	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5.	Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	0 0 Tabel 16 0	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

(Sumber: SNI-1726-2019)

2.8.2 Ketidakberaturan Vertikal

Ketidakberaturan vertikal pada struktur bangunan mengacu pada variasi geometri atau konfigurasi struktur yang menyimpang dari bentuk reguler vertikal. Variasi ini dapat menyebabkan distribusi gaya lateral yang tidak merata dan meningkatkan kerentanan bangunan terhadap gempa bumi. Adapun ketidakberaturan vertikal pada struktur dapat dilihat pada Tabel 2.11 sebagai berikut:

Tabel 2.11 Ketidakberaturan vertikal pada struktur.

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referens	Penerapan kategori desain seismik
1a.	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya	Tabel 16	D, E, dan F
1b.	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	0 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
2	Ketidakberaturan Berat (Massa) didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 16	D, E, dan F
3	Ketidakberaturan Geometri Vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya	Tabel 16	D, E, dan F

Tabel Lanjutan 2.11

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referens	Penerapan kategori desain seismik
4	Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.	0 0 Tabel 16	B, C, D, E, dan F D, E, dan F D, E, dan F
5a.	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	0 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
5b.	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	0 0 Tabel 16	D, E, dan F B dan C D, E, dan F

(Sumber: SNI-1726-2019)

2.9 SAP2000

Teknik sipil merupakan salah satu bidang keilmuan yang terus berkembang yang berkaitan dengan desain, konstruksi, dan pemeliharaan infrastruktur seperti jalan raya, jembatan, gedung, dan lain sebagainya. Era digital semakin berkembang pesat yang tentu saja mempengaruhi perkembangan di dunia teknik sipil. Seiring berkembangnya teknologi dalam dunia teknik sipil banyak sekali program yang memudahkan dalam perhitungan struktur salah satu contohnya adalah *Structural Analysis Program 2000* (SAP 2000) yang digunakan untuk membantu pada bidang teknik sipil dalam mengoptimalkan sebuah perhitungan struktur.

SAP2000 (*Structural Analysis Program 2000*) adalah perangkat lunak analisis dan desain struktur, seperti jembatan, bangunan, menara, stadion dan lain-lain. Software tersebut mempunyai tampilan yang hampir sama dengan ETABS karena dikembangkan oleh perusahaan yang sama yaitu CSI (*Computers and Structures, inc*) sejak tahun 1975. SAP2000 memiliki fitur-fitur canggih, seperti analisis linier dan nonlinier, desain seismik, desain podasi, dan analisis kinerja struktur. SAP2000 juga memiliki antarmuka yang mudah digunakan dan dokumentasi yang lengkap. Langkah-langkah dalam mengoperasikan Program SAP2000 (*Structural Analysis Program 2000*) adalah sebagai berikut:

1. Membuka program SAP2000 ditunjukkan pada Gambar 2.14 sebagai berikut:

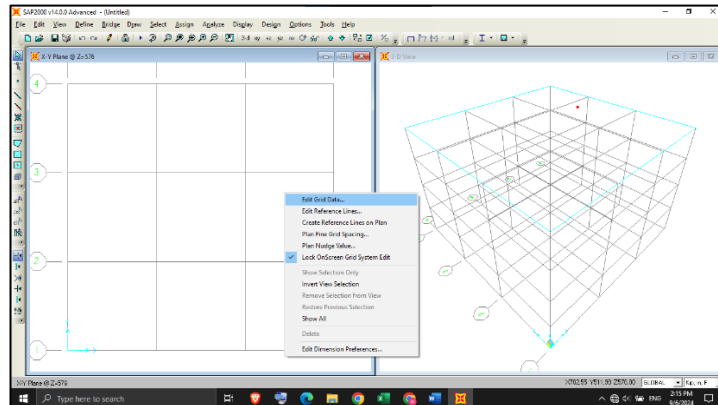


Gambar 2.14 Membuka program SAP2000
(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)

Gambar 2.17 Menentukan grid

(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)

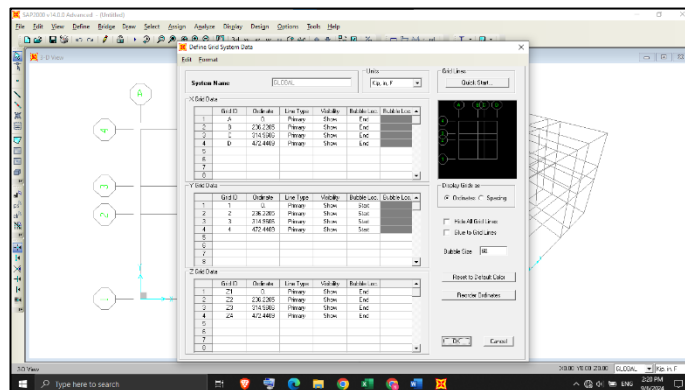
- Setelah selesai kemudian melakukan pengaturan koordinat arah x dan y untuk melakukan pengeditan klik kanan *edit grid data* lalu *modify Show System*. Ditunjukkan pada Gambar 2.18 sebagai berikut:



Gambar 2.18 Pegaturan koordinat

(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)

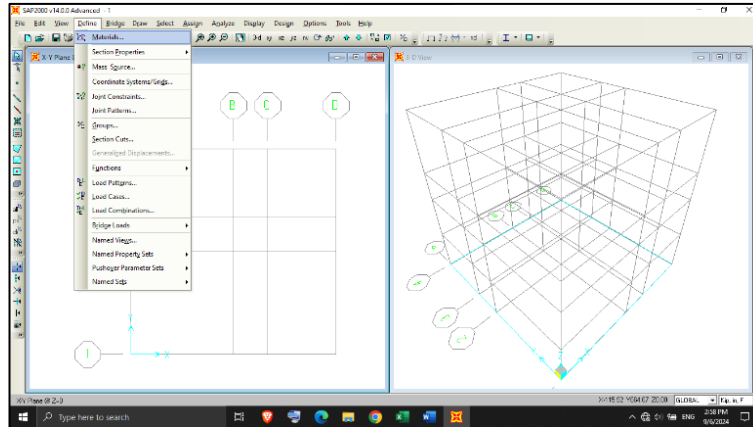
- Menyesuaikan Jumlah Koordinaat dan jumlah tingkat yang ada sesuai dengan pemodelan bangunan yang akan dilakukan. Setelah sesuai yang dilakukan adalah klik OK. Ditunjukkan pada Gambar 2.19 sebagai berikut:



Gambar 2. 19 Menentukan jumlah koordinat

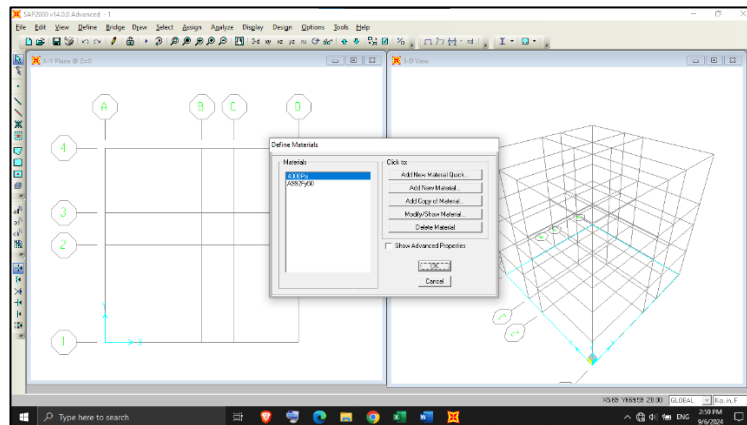
(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)

- Melakukan pengeditan material dengan cara *define, materials*. Ditunjukkan pada Gambar 2.20 sebagai berikut:



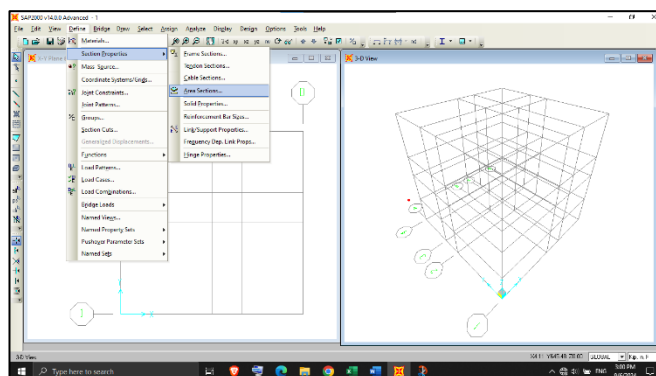
Gambar 2.20 Pengeditan material
(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)

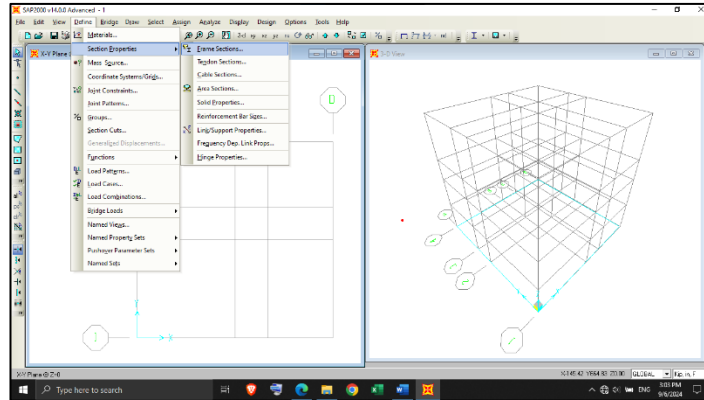
8. Selanjutnya klik *add new material*. Ditunjukkan pada Gambar 2.21 sebagai berikut:



Gambar 2. 21 Tampilan pemilihan material
(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)

9. Melakukan pembuatan frame balok dan kolom dengan cara *define, section properties, frame section*. Ditunjukkan pada Gambar 2.22 sebagai berikut:

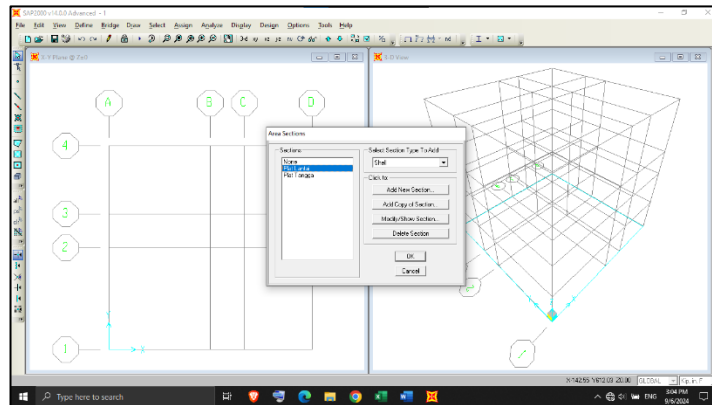




Gambar 2.25 Membuat pelat

(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)

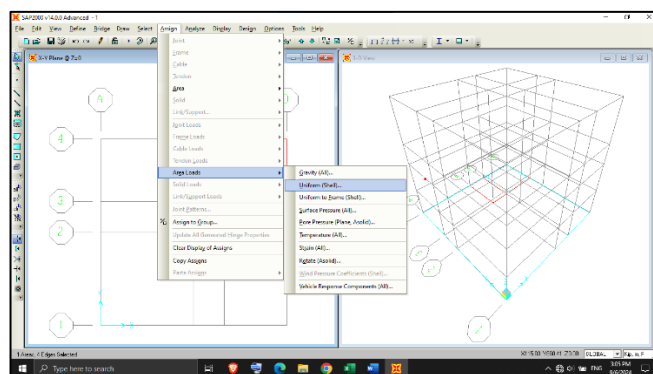
13. Setelah itu *add new Sections*. Ditunjukkan pada Gambar 2.26 sebagai berikut:



Gambar 2. 26 Tampilan membuat pelat

(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)

14. Menentukan jenis-jenis beban pelat yang bekerja pada bangunan dengan cara *assign, Area loads, uniform to frame (shell)*. Ditunjukkan pada Gambar 2.27 sebagai berikut:

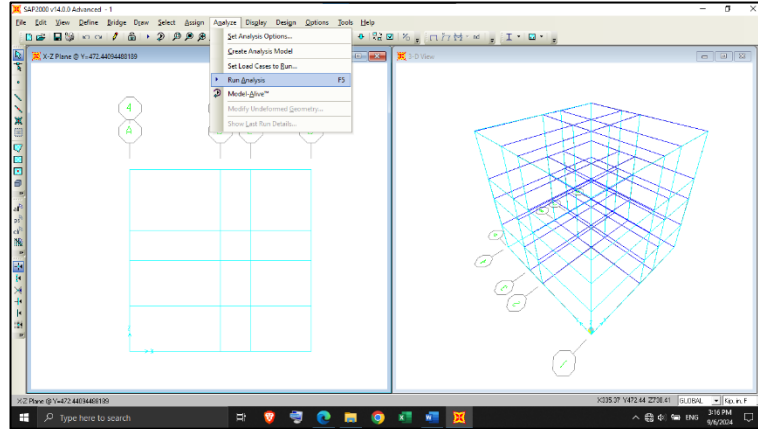


Gambar 2. 27 Menentukan jenis beban pelat

(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)

15. Melakukan analisis struktur dengan cara klik *analyze, run analysis*.

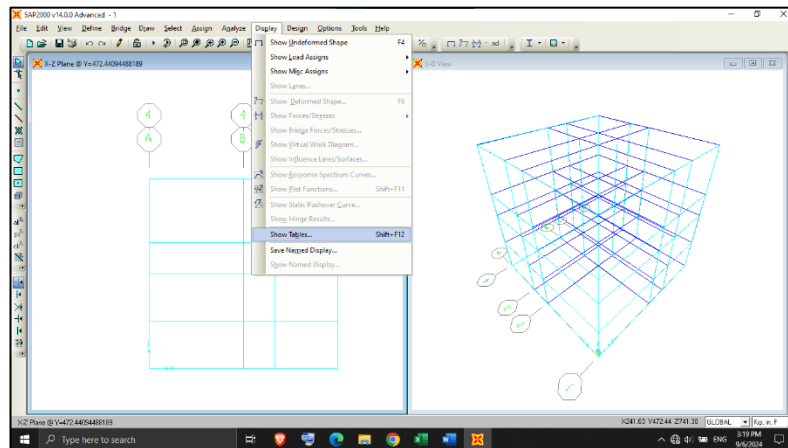
Ditunjukkan pada Gambar 2.28 sebagai berikut:



Gambar 2.28 Analisis struktur

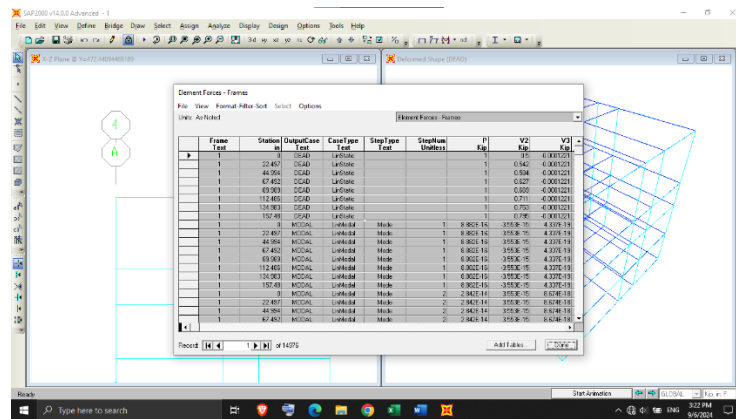
(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)

16. Melihat atau mendisplay momen maksimum dengan cara *display Show Tables*. Ditunjukkan pada Gambar 2.29 dan Gambar 2.30 sebagai berikut:



Gambar 2.29 Tampilan momen maksimum

(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)



Gambar 2.30 Tampilan momen maksimum
(Sumber: Screenshot SAP2000, 2024)