

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masjid sebagai salah satu bangunan penting dalam kehidupan masyarakat memiliki peran yang sangat vital dalam memenuhi kebutuhan spiritual dan sosial umat Islam. Di tengah pesatnya perkembangan kota-kota besar seperti Kota Medan, permintaan akan fasilitas keagamaan yang memadai semakin meningkat. Salah satu masjid di Kota Medan adalah Masjid At-Thoharoh, yang tidak hanya berfungsi sebagai tempat ibadah, tetapi juga sebagai pusat kegiatan sosial dan keagamaan bagi masyarakat sekitarnya. Dalam konteks pembangunan dan perawatan masjid ini, perencanaan struktur atasnya menjadi aspek yang sangat penting untuk dipertimbangkan. Bangunan ini dievaluasi karena terdapat keraguan dalam pelaksanaan pembangunan Masjid At-Thoharoh. Hal ini disebabkan oleh perbedaan antara pihak perencana dan pihak pelaksana, di mana pembangunan tidak dilakukan oleh tim yang sama dengan yang merancangannya. Oleh karena itu, evaluasi ini dilakukan untuk meninjau kembali kesesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan guna memastikan kualitas serta ketepatan teknis bangunan yang telah dibangun.

Perencanaan struktur atas Masjid At-Thoharoh Kota Medan menuntut kehati-hatian dan kecermatan yang tinggi dalam memastikan keamanan, kekuatan, dan kestabilan bangunan tersebut. Sebagai bangunan publik yang sering kali menerima beban-beban yang signifikan, termasuk beban gempa, beban akibat kegiatan ibadah dan sosial, struktur atas masjid harus dirancang dengan sistem yang tepat agar mampu menahan dan mendistribusikan beban tersebut secara efektif. Pembangunan Masjid At-Thoharoh sejauh ini tidak memiliki data perencanaan yang komprehensif dan kognitif sehingga dapat dikatakan bangunan ini terqualifikasi sebagai '*Non-Engineered Building*'. Fakta di lapangan untuk Kota Medan pada umumnya memiliki kategori desain seismik (KDS) D. Salah satu sistem struktur yang umum digunakan dalam kondisi seperti ini adalah sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).

Studi perencanaan struktur atas Masjid At-Thoharoh Kota Medan dengan sistem rangka pemikul momen khusus menjadi relevan karena kebutuhan akan pemahaman yang mendalam tentang konsep dan implementasi sistem ini. Penelitian ini menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi perencanaan struktur atas masjid dengan sistem rangka pemikul momen khusus, serta menyusun rekomendasi dan solusi yang tepat dalam merancang struktur atas yang aman dan efisien. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kontribusi yang berarti dalam peningkatan kualitas dan keberlanjutan infrastruktur keagamaan di Kota Medan dan sekitarnya.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa permasalahan yang perlu diidentifikasi dalam penelitian ini, yaitu:

1. Pembangunan Masjid At-Thoharoh tidak dilakukan oleh tim yang sama dengan yang merancang. Hal ini menimbulkan potensi perbedaan dalam penerapan spesifikasi teknis yang telah dirancang sebelumnya.
2. Bangunan ini dikategorikan sebagai *Non-Engineered Building* karena tidak memiliki data perencanaan yang lengkap dan terdokumentasi secara sistematis, sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap struktur yang telah dibangun.
3. Kota Medan memiliki kategori desain seismik (KDS) D, yang berarti bangunan harus memiliki ketahanan terhadap beban gempa. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis untuk mengetahui apakah struktur Masjid At-Thoharoh telah memenuhi persyaratan ketahanan gempa sesuai SNI 1726-2019.

1.3 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini permasalahan dibatasi pada aspek teknik sipil seperti perencanaan konfigurasi struktur yang digunakan, pembebanan yang digunakan, pemodelan struktur, dan analisa struktur. Dengan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Perencanaan resistensi struktur terhadap gaya gempa berdasarkan peraturan SNI 1726-2019
2. Beban yang dipertimbangkan pada pemodelan struktur adalah beban mati, beban hidup, beban atap, beban seismik dan beban air hujan.
3. Perilaku struktur dianalisis menggunakan beban gempa linear respons spektrum dengan sistem struktur (SRPMK) menggunakan bantuan software *ETABS*.
4. Tangga dan struktur bawah pada penelitian ini tidak dipertimbangkan

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui dimensi dan ketebalan elemen struktur yang cukup mampu menahan beban-beban yang bekerja
2. Bagaimana mengetahui jumlah tulangan, jarak tulangan dan diameter tulangan dari komponen struktur beton bertulang sesuai SNI 2847- 2019
3. Bagaimana mengetahui kemampuan struktur akibat beban seismik yang dianalisis dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) sesuai SNI 1726-2019 menggunakan software *ETABS (Extended Three-dimensional Analysis of Building Systems)*.

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas,tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui dimensi dan ketebalan elemen struktur yang cukup mampu menahan beban-beban yang bekerja
2. Untuk mengetahui jumlah tulangan, jarak tulangan dan diameter tulangan dari komponen struktur beton bertulang sesuai SNI 2847- 2019 yang telah direncanakan

3. Untuk mengetahui kemampuan struktur akibat beban seismik yang dianalisis dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) sesuai SNI 1726-2019 menggunakan software *ETABS*.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu memberikan informasi data teknis dan akademis yang bersifat komprehensif dan kognitif untuk keperluan penambahan serta pengembangan bangunan Masjid At-Thoharoh di masa yang akan datang. Kemudian memberikan ilmu pengetahuan tambahan khususnya dalam lingkup teknik sipil untuk peningkatan kualitas dan keberlanjutan infrastruktur keagamaan di Kota Medan dan sekitarnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Secara keseluruhan untuk pembahasan selanjutnya, penelitian ini terdiri dari 5 bab yang secara ringkas bagian penulisannya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan literatur yang berkaitan dengan penelitian ini. Literatur yang digunakan dapat berasal dari peraturan (code), text book, maupun karya tulis yang pernah dibuat sebelumnya.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan dari tahap pengerjaan penelitian ini dimulai dari alur pelaksanaan kerja, dan software penunjang.

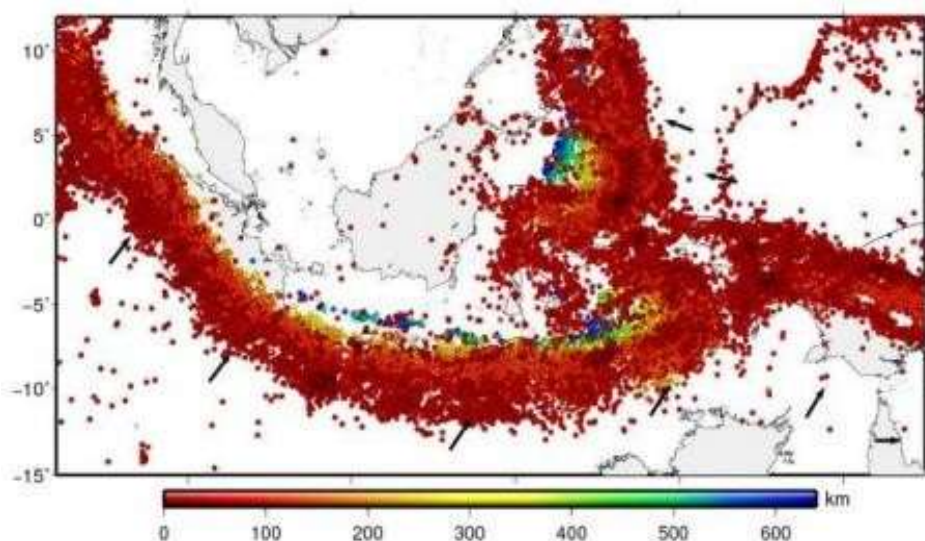
BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN

Bab ini berisi penjelasan pemodelan struktur gedung yang dilakukan pada program *ETABS*, termasuk pemodelan geometri, karakteristik penampang, pembebanan, dan pembahasan analisis yang telah dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempa

Menurut Kementerian ESDM (2016), gempa bumi merupakan peristiwa berguncangnya bumi yang disebabkan karena terjadi tumbukan antar lempeng bumi, patahan aktif aktivitas gunung api atau runtuhannya batuan. Lempeng samudera yang rapat massanya lebih besar ketika 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 penumpukan energi di zona subduksi dan zona patahan. Akibatnya di zona-zona itu terjadi tekanan, tarikan, dan geseran. Pada saat 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 bumi. Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng utama dunia yaitu lempeng Australia, Eurasia, dan Pasifik. Ada 25 daerah wilayah rawan gempa bumi di Indonesia, salah satunya yaitu wilayah Medan. Akibat utama gempa bumi adalah hancurnya bangunan-bangunan karena guncangan tanah. Penyebaran titik gempa di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1 Gempa Indonesia dalam Katalog PusGen 2016

Sumber: bnpb.go.id

2.2 Peraturan Yang Digunakan

Tabel 2.1 Peraturan yang digunakan

| SNI | Judul SNI |
|---------------|--|
| SNI 2847-2019 | Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan |
| SNI 1726-2019 | Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung Dan Non-Gedung |
| SNI 1727-2020 | Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain. |

2.3 Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen

Berdasarkan ASCE 7-16 (2016) sistem struktur penahan beban lateral, aksial dan momen yang di akibatkan oleh gempa dapat dipikul oleh suatu sistem yaitu sistem rangka pemikul momen. Sistem ini adalah sistem rangka dimana komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja.

Menurut Karisoh (2018) sistem ini terbagi atas 3 bagian yaitu sebagai berikut:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), sistem ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa yang rendah, keuntungan dari sistem ini adalah arsitekturalnya yang sederhana dan biaya yang murah sedangkan kerugian dari sistem ini yaitu struktur sangat beresiko jika sewaktu-waktu terjadi perubahan alam dan mempengaruhi kondisi tanah yang ada.
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), sistem ini memiliki tingkat daktilitas sedang dan digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa sedang, SRPMM diharapkan dapat menahan gaya-gaya yang ada lebih khususnya untuk kolom agar dapat menahan geser, pendetailan harus sesuai dengan yang disyaratkan oleh Badan Standarisasi Nasional (SNI) untuk perencanaan struktur tahan gempa.

keuntungan dari sistem ini adalah arsitektural yang sederhana, dan tidak memerlukan banyak perkuatan sedangkan kerugiannya yaitu struktur sangat beresiko jika sewaktu-waktu terjadi perubahan alam dan mempengaruhi kondisi tanah yang ada.

3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh, sistem ini harus digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa tinggi, prinsip dari sistem ini yaitu *strong column weak beam*, tahan terhadap geser dan memiliki pendetailan yang khusus, keuntungan dari sistem ini adalah dari arsitekturalnya yang sederhana sedangkan kerugiannya yaitu pendetailan yang kompleks sehingga dapat mempersulit pengerjaan.

Untuk pemilihan sistem ini dapat berdasarkan kategori desain seismik (KDS) dimana untuk SRPMB (KDS A-B), SRPMM (KDS B-C), SRPMK (KDS D-E-F) – (SNI 1726-2019 tabel 8 dan 9)

2.4 Struktur Gedung Tidak Beraturan

Struktur bangunan gedung terbagi menjadi dua yaitu struktur bangunan beraturan dan struktur bangunan tidak beraturan. Untuk jenis struktur bangunan tidak beraturan, terbagi lagi menjadi dua kategori yaitu ketidakberaturan vertikal dan ketidakberaturan horizontal. Dalam SNI 1726 (2019), tidak ada larangan adanya ketidakberaturan suatu struktur bangunan, namun harus dibatasi dan diberi ketentuan yang harus terpenuhi. Sebuah struktur dikatakan tidak beraturan apabila tidak memenuhi syarat keberaturan struktur.

2.4.1 Ketidakberaturan Horizontal

Struktur bangunan yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti yang tertera pada Tabel 2.2 harus dianggap memiliki ketidakberaturan horizontal.

Tabel 2.2 Ketidakberaturan horizontal pada struktur

| | Tipe dan penjelasan ketidakberaturan | Pasal Referensi | Penerapan kategori desain seismik |
|-----|---|-----------------|--|
| 1a. | Ketidakberaturan 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. | Tabel 16 | 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. | Ketidakberaturan 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. | Tabel 16 | E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D |
| 2. | Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut | Tabel 16 | D, E dan F D, E dan F |

| | Tipe dan penjelasan ketidakberaturan | Pasal Referensi | Penerapan kategori desain seismik |
|----|---|-----------------|--|
| | dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau. | | |
| 3. | Ketidakteraturan 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. | Tabel 16 | D, E, dan F D, E, dan F |
| 4. | Ketidakteraturan 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 | Tabel 16 | 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. | Ketidakteraturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik | Tabel 16 | 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

2.4.2 Ketidakberaturan Vertikal

Struktur bangunan yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti yang tertera pada Tabel 2.3 harus dianggap memiliki ketidakberaturan vertikal struktur.

Tabel 2.3 Ketidakberaturan vertikal struktur

| | Tipe dan penjelasan ketidakberaturan | Pasal Referensi | 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 | 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 | Tabel 16 | D, E, dan F |

| | Tipe dan penjelasan ketidakberaturan | Pasal Referensi | Penerapan kategori desain seismik |
|-----|---|-----------------|--|
| | sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya | | |
| 4. | Ketidakteraturan 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 | Tabel 16 | B,C,D,E, dan F D, E, dan F D, E, dan F |
| 5a. | Ketidakteraturan 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. | Tabel 16 | E dan F D, E, dan F |
| 5b. | Ketidakteraturan 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. | Tabel 16 | D, E, dan F B dan C D, E, dan F |

Sumber: SNI 1726-2019

2.5 Ketentuan Umum Bangunan Gedung Dalam Pengaruh Gempa

Berdasarkan SNI 1726 (2019), tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung terkait penetapan gempa rencana dengan kemungkinan umur struktur bangunan 50 tahun adalah 2%.

2.5.1 Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa

Di dalam SNI 1726 (2019), dijelaskan bahwa untuk berbagai resiko kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 2.4 pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa pada Tabel 2.5

Tabel 2.4 Kategori risiko bangunan untuk beban gempa

| 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, peternakan, dan perikanan➤ Fasilitas sementara➤ Gudang penyimpanan➤ Rumah jaga dan struktur lainnya | I |
| Semua gedung dan struktur lainnya, 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 |

| Jenis Pemanfaatan | Kategori Risiko |
|--|-----------------|
| <p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko 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 nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko 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 nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p> | III |

| Jenis Pemanfaatan | Kategori Risiko |
|--|-----------------|
| <p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bangunan-bangunan monumental ➤ Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan ➤ Rumah ibadah ➤ Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat ➤ Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan 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 energi 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 nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p> | IV |

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 2.5 Faktor keutamaan gempa

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

Sumber : SNI 1726:2019

2.5.2 Parameter Respons Tanah

Berdasarkan SNI 1726 (2019), parameter respon tanah disesuaikan berdasarkan klasifikasi situs tanah di lokasi tinjauan. Klasifikasi situs tanah harus sesuai dengan Tabel 2.6 dan berdasarkan profil tanah lapisan 30 meter paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium yang dilakukan oleh otoritas yang berwenang atau ahli desain geoteknik bersertifikat. Klasifikasi situs tanah dapat dilihat pada Tabel 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2.6 Klasifikasi situs tanah

| Kelas situs | V_s (m/detik) | N_a atau N_{ch} | S_u (Kpa) |
|---|--|---------------------|---------------|
| SA (batuan keras) | >1500 | N/A | N/A |
| SB (batuan) | 750 sampai 1500 | N/A | N/A |
| SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) | 350 sampai 750 | >50 | ≥ 100 |
| SD (tanah sedang) | 175 sampai 350 | 15 sampai 50 | 50 sampai 100 |
| SE (tanah lunak) | < 175 | < 15 | < 50 |
| | Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks palstisitas, $PI > 20$; 2. Kadar air, $w \geq 40\%$; 3. Kuat geser niralir $s_u < 25$ kPa | | |
| SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi) | Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: | | |

| Kelas situs | V _s (m/detik) | Na atau N _{ch} | S _u (Kpa) |
|--|--|-------------------------|----------------------|
| geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik – situs yang mengikuti 0) | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah ➤ Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan H > 3 m) ➤ Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H > 7,5 m dengan indeks plastisitas PI > 75) ➤ Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan H > 35 m dengan su < 50 kPa | | |

Sumber : SNI 1726:2019

Keterangan : N/A : tidak dapat dipakai

Berdasarkan SNI 1726 (2019) pasal 5.4.2, nilai \dot{N} harus ditentukan sesuai dengan perumusan sebagai berikut:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

d_i : tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter

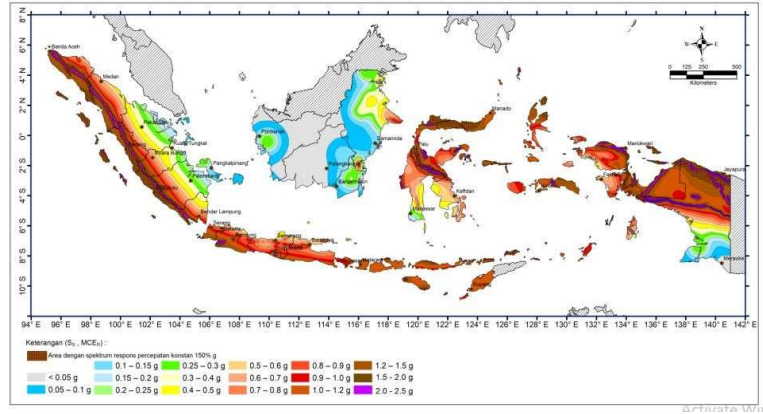
N_i : tahanan penetrasi standar

\dot{N} : tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata

2.5.3 Penentuan Spektral Desain

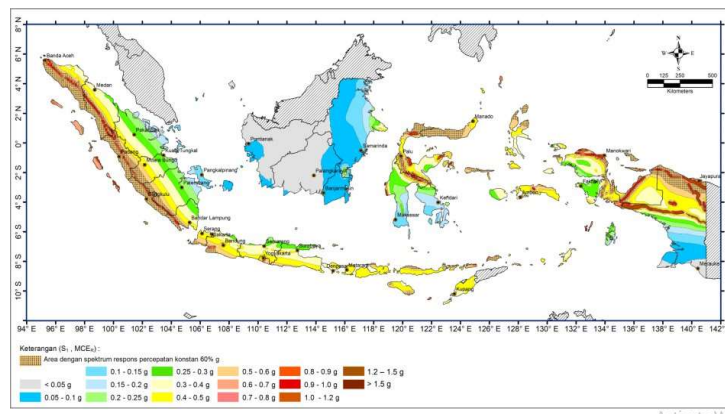
Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik 24 pada pasal 15 SNI 1726:2019 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Parameter gerak tanah S_s

dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan parameter gerak tanah S_1 dapat dilihat pada Gambar 2.3 sebagai berikut:



Gambar 2.2 Parameter gerak tanah, S_s

Sumber : SNI 1726:2019



Gambar 2.3 Parameter gerak tanah, S_1

Sumber : SNI 1726:2019

Berdasarkan SNI 1726 (2019), untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pangaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots (2.2)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots (2.3)$$

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan perioda 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots (2.5)$$

Jika digunakan prosedur desain yang disederhanakan sesuai pasal 8, maka nilai S_{DS} harus ditentukan dan nilai S_{D1} tidak perlu ditentukan.

2.5.4 Penentuan Koefisien Kelas Situs Bangunan

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs diklasifikasikan sebagai kelas situs SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak), SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti pasal 6.10.1 (SNI 1726-2019). Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situsnya, maka situs SE dapat digunakan. Koefisien situs (F_a) dapat dilihat pada Tabel 2.7 sebagai berikut:

Tabel 2.7 Koefisien situs, F_a

| Kelas situs | Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s | | | | | |
|-------------|--|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | $S_s \leq 0,25$ | $S_s \leq 0,5$ | $S_s \leq 0,75$ | $S_s \leq 1,0$ | $S_s \leq 1,25$ | $S_s \leq 1,5$ |
| 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 | 1,4 | 1,0 | 1,0 |
| SE | 2,4 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,8 |
| SF | SS ^(a) | | | | | |

Sumber : SNI 1726:2019

Menurut SNI 1726 (2019), dalam menentukan koefisien kelas situs F_a dan F_v sangat bergantung dari jenis tanah pada lokasi bangunan dan percepatan batuan

dasar pada periode pendek (S_s) serta percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1). Untuk nilai S_s yang tidak terdapat pada tabel, dapat dilakukan interpolasi linier. Parameter S_s pada kelas situs SF memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik. Koefisien situs (F_v) dapat dilihat pada Tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2.8 Koefisien situs, F_v

| Kelas situs | Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_I | | | | | |
|-------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | $S_I \leq 0,1$ | $S_I \leq 0,2$ | $S_I \leq 0,3$ | $S_I \leq 0,4$ | $S_I \leq 0,5$ | $S_I \leq 0,6$ |
| 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

Keterangan:

S_s : situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs spesifik

2.5.5 Penentuan Spektrum Respon Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.4 dan mengikuti ketentuan sebagai berikut:

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} ;
3. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{SD1}{T} \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{SD1 \cdot T_L}{T} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

$SD1$ = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

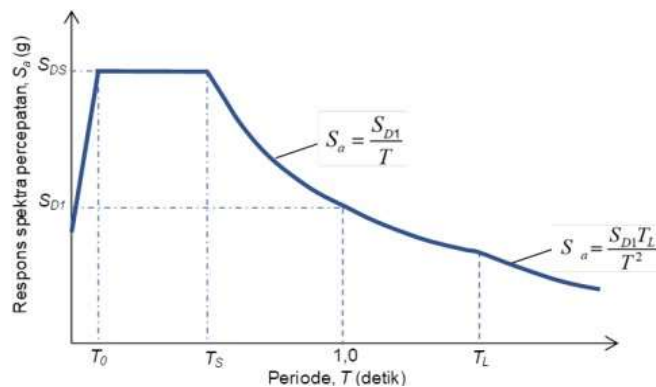
T = periode getar fundamental struktur.

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

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

T_L = Peta transisi periode panjang

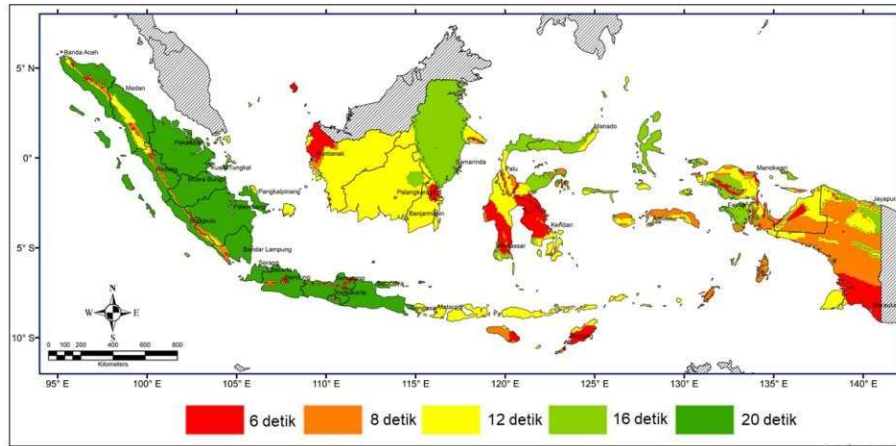
Kurva spektrum respon desain yang didapatkan berdasarkan kondisi tanah wilayah struktur bangunan dapat dilihat pada Gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 Spektrum respon desain

Sumber : SNI 1726:2019

Peta transisi periode panjang, T_L , yang dapat digunakan dalam aturan seismik dapat dilihat pada Gambar 2.5 sebagai berikut:



Gambar 2.5 Peta transisi periode panjang, T_L wilayah Indonesia

Sumber : SNI 1726:2019

2.5.6 Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Penentuan kategori desain seismik berdasarkan nilai S_{DS} dapat dilihat pada Tabel 2.9 sebagai berikut:

Tabel 2.9 Penentuan kategori desain seismik berdasarkan nilai S_{DS}

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

Sumber : SNI 1726:2019

Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain

seismik F. Penentuan kategori desain seismik berdasarkan nilai S_{D1} dapat dilihat pada Tabel 2.10 sebagai berikut:

Tabel 2.10 Penentuan kategori desain seismik berdasarkan nilai S_{D1}

| Nilai S_{D1} | Kategori Risiko | |
|-----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{D1} < 0,167$ | A | A |
| $0,167 \leq S_{D1} < 0,133$ | B | C |
| $0,133 \leq S_{D1} < 0,20$ | C | D |
| $0,20 \leq S_{D1}$ | D | D |

Sumber : SNI 1726:2019

2.5.7 Penentuan Sistem Struktur dan Parameter Sistem (R , C_d , Ω_0)

Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain. Penentuan sistem dan parameter sistem dapat dilihat dari kategori desain.

Setiap sistem penahan gaya gempa yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut sesuai dengan Tabel 2.11 sebagai berikut:

Tabel 2.11 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

| Sistem penahan gaya seismik | Koefisien modifikasi respons, R | Faktor kuat lebih sistem, Ω_0 | Faktor pembesaran defleksi, C_d | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) | | | | |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--|----|-------|-------|-------|
| | | | | Kategori desain seismik | | | | |
| | | | | B | C | D^d | E^d | F^e |
| C5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus | 8 | 3 | $5^{1/2}$ | TB | TB | TB | TB | TB |
| C6. Rangka beton | 5 | 3 | $4^{1/2}$ | TB | TB | TI | TI | TI |

| Sistem penahan gaya seismik | Koefisien modifikasi respons, R | Faktor kuat lebih sistem, Ω_0 | Faktor pembesaran defleksi, Cd | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, hn (m) | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---|---|----------------|----------------|----------------|
| | | | | Kategori desain seismik | | | | |
| | | | | B | C | D ^d | E ^d | F ^e |
| bertulang pemikul momen menengah | | | | | | | | |

Sumber : SNI 1726:2019

Keterangan:

TI : tidak diizinkan

TB : tidak dibatasi

2.5.8 Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasa perioda yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan (T_a). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur (T), diizinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan (T_a). Periode fundamental pendekatan (T_a) harus ditentukan dari persamaan sebagai berikut:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

h_n : ketinggian struktur dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur.

2.6 Metode Perhitungan Beban Gempa

Menurut Hafidz (2018), Respon dari suatu struktur akibat gempa sangat dipengaruhi oleh bentuk struktur itu sendiri. Bangunan dengan bentuk beraturan, sederhana dan simetris akan berperilaku baik terhadap gempa dibandingkan bangunan yang memiliki struktur tidak beraturan.

Pengaruh gempa rencana harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung. Gaya gempa rencana dapat dihitung menggunakan analisis statik ekuivalen, analisis dinamik ragam respon spektrum maupun analisis dinamik *time history* (Faizah, 2015).

Menurut Widodo (2021), Analisis riwayat waktu (*time history*) merupakan metode yang paling mendekati untuk meramalkan respons parameter dari struktur akibat gempa. Tetapi, untuk melakukan analisis riwayat waktu (*Time History*) diperlukan banyak perhitungan dan waktu yang cukup lama. Untuk penyederhanaan dari alasan tersebut, para ahli menjadikan efek beban dinamik oleh gempa menjadi gaya statik horizontal yang bekerja pada pusat massa, yang disebut dengan analisis statik ekuivalen

Analisis statik ekuivalen yaitu suatu analisis yang hanya memperhatikan ragam getar mode/ragam pertama. Ragam mode pertama tersebut dapat dianggap mengikuti garis lurus (tidak lagi garis lengkung). Respons struktur akibat gempa sangat dipengaruhi oleh bentuk bangunan itu sendiri. Untuk struktur bangunan beraturan pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa yang berperilaku statik, yaitu suatu representasi dari beban gempa setelah disederhanakan dan dimodifikasi. Gaya inersia yang bekerja pada massa akibat gempa disederhanakan menjadi ekuivalen beban statik (Nasution & Teruna, 2014)

Respon spektrum adalah salah satu metode pendekatan yang digunakan dalam rekayasa gempa untuk menganalisis dan memprediksi perilaku dinamis struktur terhadap guncangan gempa bumi. Metode ini digunakan untuk mengukur respons maksimum dari suatu sistem struktur *Single Degree Of Freedom* (SDOF), baik percepatan, kecepatan dan perpindahan akibat struktur tersebut dibebani oleh gaya luar tertentu. Absis dari respons spektra adalah periode alami sistem struktur dan ordinat dari respons spektra adalah respons maksimum (Chopra, 2012).

Menurut Amrullah (2019), pada dasarnya gempa bumi menghasilkan gerakan tanah yang menyebar dalam bentuk gelombang. Ketika gelombang ini mencapai struktur maka struktur merespons dengan bergetar. Respon ini dapat

diukur dalam bentuk percepatan, kecepatan, atau perpindahan. Respon spektrum memfokuskan pada percepatan sebagai parameter utama karena percepatan merupakan indikator utama dari gaya gempa yang dialami oleh struktur

2.7 Kombinasi Pembebanan

Menurut (SNI 1726-2019) struktur serta komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai di bawah:

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. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5. $0,9D + 1,0W$
6. $1,2D + 0,2 (0.6343) + L \pm 1.3 Q_x \pm 0.39 Q_y$
7. $1,2D + 0,2 (0.6343) + L \pm 0.39 Q_x \pm 1.3 Q_y$
8. $0,9D - 0,2 (0.6343) \pm 1.3 Q_x \pm 0.39 Q_y$
9. $0,9D - 0,2 (0.6343) \pm 0.39 Q_x \pm 1.3 Q_y$

2.8 Partisipasi Massa

Analisis terhadap partisipasi massa dilakukan dengan menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur. Ketentuan partisipasi massa untuk ragam satu badan kaku (*single rigid body*) dengan periode 0,05 detik diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0,05 detik (Youcef et al, 2018)

2.9 Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar adalah gaya lateral atau geser desain total yang terjadi pada tingkat dasar. Gaya geser dasar seismik dalam arah yang ditetapkan harus sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = C_s W \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan

W = berat seismik efektif

Untuk nilai koefisien respons seismik (C_s) ditentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter percepatan respons spektral desain periode pendek

R = koefisien modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

2.10 Simpangan Antar Tingkat

Menurut Muliadi,dkk (2017) simpangan (*drift*) adalah sebagai perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendatar tiap-tiap tingkat bangunan (*horizontal story to story deflection*). Simpangan pusat massa di tingkat-x (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral

δ_{xe} = simpangan di tingkat-x yang ditentukan dengan elastik

I_e = faktor keutamaan gempa

Simpangan antar tingkat (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.12 sebagai berikut:

Tabel 2.12 Simpangan antar tingkat izin, Δ_a

| 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 | $0,025h_{sx}^c$ | $0,020h_{sx}$ | $0,015h_{sx}$ |
| Struktur dinding geser kantilever batu bata | $0,010h_{sx}$ | $0,010h_{sx}$ | $0,010h_{sx}$ |
| Struktur dinding geser batu bata lainnya | $0,007h_{sx}$ | $0,007h_{sx}$ | $0,007h_{sx}$ |
| Semua struktur lainnya | $0,020h_{sx}$ | $0,015h_{sx}$ | $0,010h_{sx}$ |

Sumber: SNI 1726:2019

2.11 Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-Delta perlu dipertimbangkan karena ketika beban lateral akibat gempa bekerja pada suatu elemen struktural sehingga menyebabkan simpangan atau *drift* (Δ) yang mengakibatkan timbulnya eksentrisitas beban gravitasi (P) terhadap sumbu vertikal kolom, dari eksentrisitas yang timbul tersebut menghasilkan momen internal tambahan yang dapat mempengaruhi momen hasil analisis orde pertama (Istiono & Ramadhan, 2020).

Berdasarkan SNI 1726-2019 pengaruh P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10:

$$\theta = \frac{P_x \Delta_x}{V_x h_{sx} C_d} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

- P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat x. (kN).
- Δ = simpangan antar lantai tingkat (mm)
- I_e = faktor keutamaan gempa
- V_x = gaya geser seismik yang bekerja antar lantai tingkat x (kN)
- h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x (mm)

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral

Koefisien stabilitas (θ) tidak boleh melebihi (θ_{max}) yang ditentukan sebagai berikut:

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \dots\dots\dots (2.14)$$

dimana β adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat x dan x-1. Rasio ini diijinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0. Jika (θ) lebih besar dari (θ_{max}) struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang.

2.12 Pembebanan Struktur

Pada perencanaan bangunan bertingkat tinggi, komponen struktur direncanakan cukup kuat untuk memikul semua beban kerjanya. Pengertian beban itu sendiri adalah beban-beban baik secara langsung maupun tidak langsung yang mempengaruhi struktur bangunan pengertian dari beban-beban tersebut adalah: tersebut Menurut SNI 1727-2020.

1. Beban mati adalah beban dari berat semua bagian suatu bangunan yang sifatnya tetap termasuk material seperti kolom balok dan plat
2. beban hidup merupakan beban yang sifatnya dapat berubah ubah sesuai dengan penggunaan dalam bangunan, beban hidup dapat menopang beban mati, adapun jenis beban hidup adalah seperti kendaraan, manusia, furniture
3. Beban Angin adalah Semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
4. Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu, maka yang diartikan dengan gempa disini ialah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa.

2.12.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil sesuai tabel di bawah ini.

Tabel 2.13 Daftar berat sendiri material

| Material | Berat Volume (kg/m³) |
|-------------------------|--|
| Beton (Tidak Bertulang) | 2200 |
| Beton Bertulang | 2400 |
| Baja | 7850 |
| Bata Merah | 1700 |
| Adukan Semen | 2100 |
| Air | 1000 |
| Tanah Umum | 1800 |
| Kayu (Kelas I) | 1000 |
| Aspal | 1400 |

Sumber : SNI 1727-2020

Tabel berat volume material di atas digunakan sebagai dasar nilai beban yang dipikul oleh struktur bangunan. Setiap bangunan mempunyai jenis material tersendiri yang dipikul oleh masing-masing komponen struktur bangunan tersebut.

2.12.2 Beban Hidup

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 (Hilmi, 2014). 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.

Untuk Reduksi beban dapat dilakukan dengan mengalikan beban hidup dengan suatu koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada penggunaan bangunan. Besarnya koefisien reduksi beban hidup untuk perencanaan portal, ditentukan sebagai berikut:

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. Sesuai dengan ketentuan dalam SNI 1727 2020, besarnya beban hidup yang digunakan dalam desain terdapat pada tabel berikut.

Tabel 2.14 Beban hidup

| Material | Berat Volume (kN/m²) |
|------------------------|--|
| Atap Dak | 0,96 |
| Atap Dak Dengan Taman | 4,79 |
| Ruang Pasien | 1,92 |
| Ruang Kantor | 2,40 |
| Ruang Hall Dan Meeting | 4,79 |
| Ruang Lab dan Operasi | 4,79 |
| Ruang Poli | 1,92 |
| Plat Basement/Parkiran | 13,39 |

Sumber : SNI 1727-2020

2.12.3 Beban Angin

Beban angin yaitu semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negative ini dinyatakan dalam kg/m. Tekanan tiup harus diambil 25 kg/m, untuk tekanan tiup di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5

kin dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m. Untuk daerah-daerah di dekat laut dan daerah-daerah lain tertentu, dimana terdapat kecepatan-kecepatan angin yang mungkin menghasilkan tekanan tiup yang lebih besar dapat dihitung dengan rumus: $P=v/16$ (kg/m); dimana V adalah kecepatan angin dalam m/dtk, yang ditentukan oleh instansi yang berwenang.

2.12.4 Beban Hujan

Beban Hujan adalah beban akibat akumulasi massa air yang terjadi di atap selama hujan bercurah tinggi. Proses ini yang disebut sebagai genangan, sebagian besar terjadi di atap datar. Genangan di atap terjadi ketika limpasan setelah curah hujan kurang dari jumlah air yang tertahan di atap. Air yang terkumpul di atap datar atau rendah selama hujan dapat menimbulkan beban structural yang besar. Oleh karena itu, hal tersebut harus diperhatikan saat mendesain sebuah bangunan.

2.12.5 Beban Gempa

Untuk menganalisa gempa dapat dilakukan dengan cara statik ekuivalen ataupun dengan cara dinamis. Analisis Dinamis dilakukan untuk evaluasi yang akurat dan mengetahui perilaku struktur akibat pengaruh gempa yang sifatnya berulang. Analisis dinamik perlu dilakukan pada struktur-struktur bangunan dengan karakteristik yaitu mempunyai konfigurasi tidak beraturan, kekakuan yang tidak merata, dan bangunan yang menjulang tinggi Metode Analisis dinamis ini juga ada dua jenis yaitu Analisis Respon Dinamik Riwayat Waktu (Time History Analysis) yang memerlukan rekaman percepatan gempa rencana dan Analisis Ragam Spektrum Respon (Spectrum Modal Analysis) dimana respon maksimum dan tiap ragam getar yang terjadi didapat dan Spektrum Respon Rencana (Design Spectra). Code yang dipakai adalah Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726:2019).

Karena secara bentuk termasuk bangunan yang kompleks dan tinggi, dalam penghitungan desain bangunan digunakan analisis dinamis dengan design spectra atau response spectra. Berikut response spektrum yang di generate dari puskim.go.id yang kemudian di inputkan kedalam program untuk daerah Medan sekitar.

2.13 ETABS

Software ETABS merupakan aplikasi dalam membantu menganalisa struktur bangunan. ETABS merupakan *software* program yang tepat dalam menganalisa struktur bangunan, terutama dalam menganalisa gedung-gedung yang tinggi (*High Rise Building*).

2.13.1 Sejarah Program ETABS

Program ETABS merupakan program analisis struktur yang dikembangkan oleh perusahaan software Computers and Structures Incorporated (CSI) yang berlokasi di Berkeley, California, Amerika Serikat. Berawal dari peneliti dan pengembangan riset oleh Dr. Edward L. Wilson pada tahun 1970 di University Of California, Berkeley, Amerika Serikat. Maka pada tahun 1975 didirikan perusahaan CSI oleh Ashraf Habibullah.

Selain program analisis struktur ETABS, ada beberapa program yang dikembangkan oleh CSI, diantaranya program SAP dan SAFE. Program SAP sendiri adalah program pertama kali yang dikembangkan oleh perusahaan CSI. Program SAP, ETABS, dan SAFE sudah dipakai dan di aplikasikan (teruji) di lapangan oleh konstruktor - konstruktor di enam benua (dari total 7 benua) dan dipakai lebih dari 100 negara di dunia.

2.13.2 Peraturan SNI Tentang ETABS

Perhitungan respon dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana, dapat dilakukan dengan metode analisis ragam spektrum respons dengan memakai spektrum respons gempa rencana yang nilai koordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R, dimana I adalah Faktor Keutamaan, sedangkan R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan. Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metode ini harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%

Pasal 4.8.1 Unsur-unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi seperti balkon, kanopo dan balok kantilever berbentang panjang, balok transfer pada struktur gedung tinggi yang memikul beban gravitasi dari dua atau lebih tingkat di atasnya serta balok beton pratekan berbentang panjang, harus diperhitungkan terhadap komponen vertikal gerakan tanah akibat pengaruh Gempa Rencana, berupa beban gempa vertikal nominal statik ekuivalen yang harus ditinjau bekerja ke atas atau ke bawah yang besarnya harus dihitung sebagai perkalian faktor respons gempa vertikal C_v dan beban gravitasi termasuk beban hidup yang sesuai.

2.13.3 Tata Cara Pekerjaan Menggunakan ETABS V.19

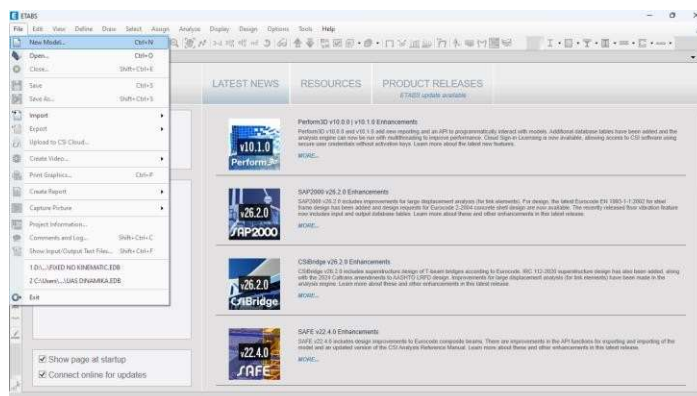
1. Buka ETABS versi 19



Gambar 2.6 Membuka ETABS V.19

Sumber: *Software ETABS*

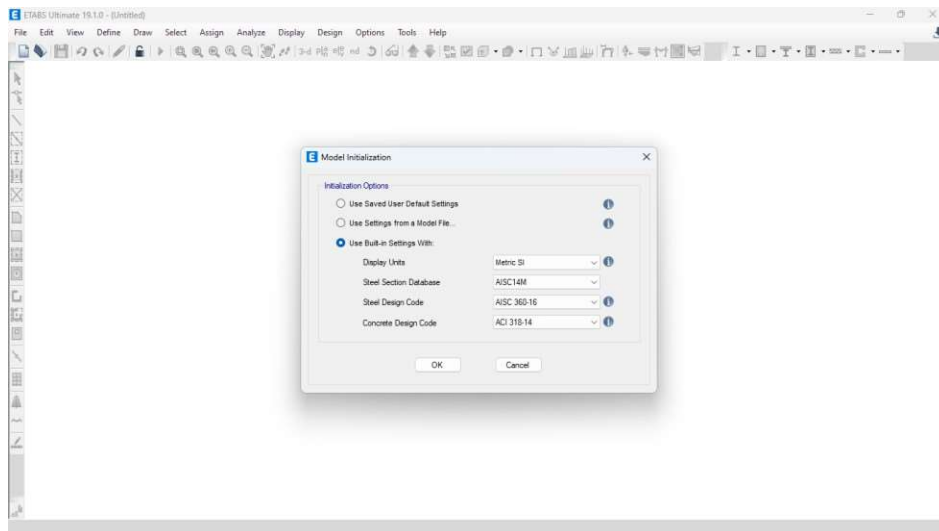
2. Selanjutnya untuk memulai pemodelan klik file lalu new model



Gambar 2.7 Tampilan pertama pada ETABS V.19

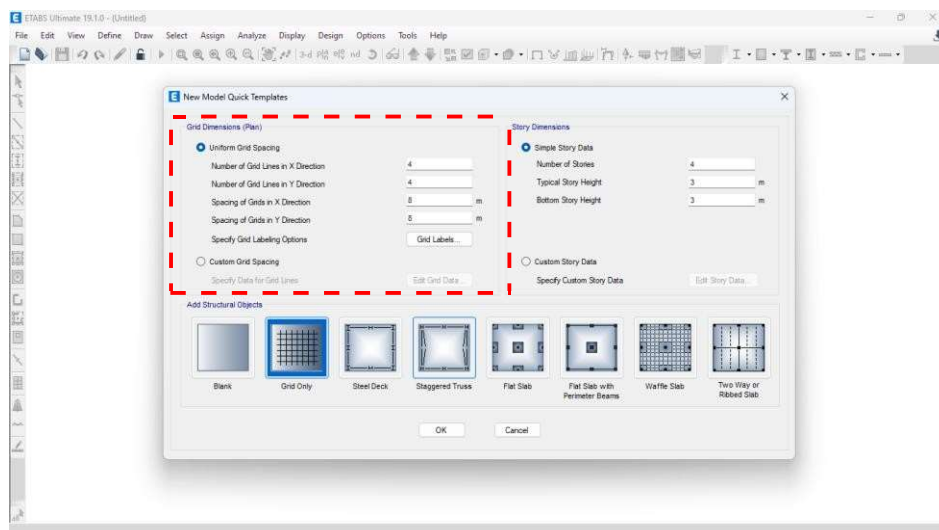
Sumber: *Software ETABS*

3. Pada lampiran tersebut kita melakukan pengaturan untuk menentukan unit satuan yang akan dipakai beserta kode-kode beserta kode-kode peraturan yang akan digunakan dalam melakukan pemodelan. Selanjutnya klik Ok



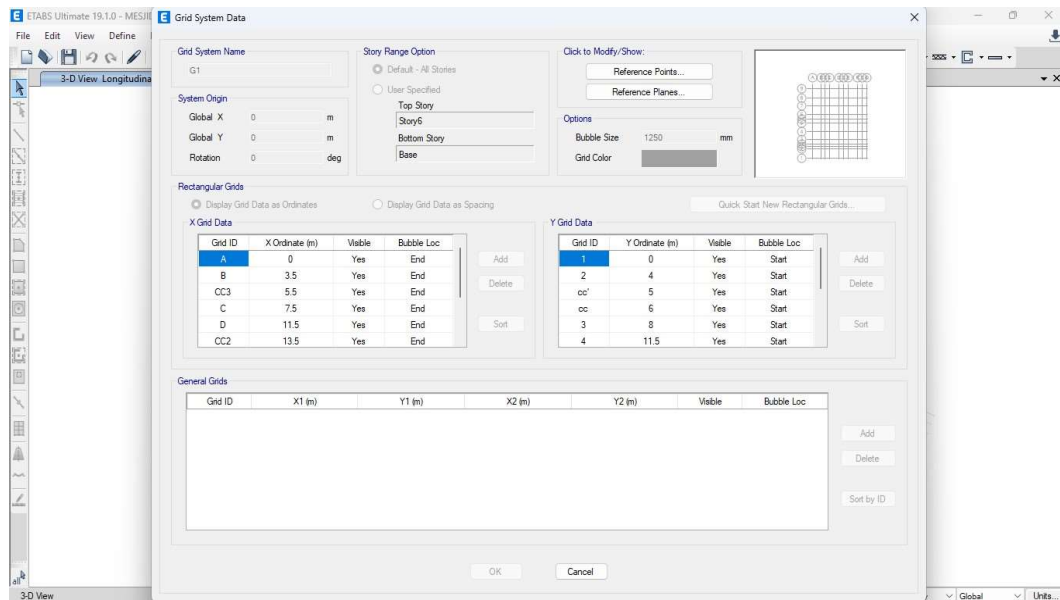
Gambar 2.8 Menentukan unit satuan yang akan dipakai
Sumber: *Software ETABS*

4. Setelah klik ok maka akan muncul tampilan seperti dibawah ini untuk melakukan pengaturan koordinat arah x dan y. Untuk melakukan pengeditan jumlah tingkat (story) klik *custom story data* lalu *edit story data*.



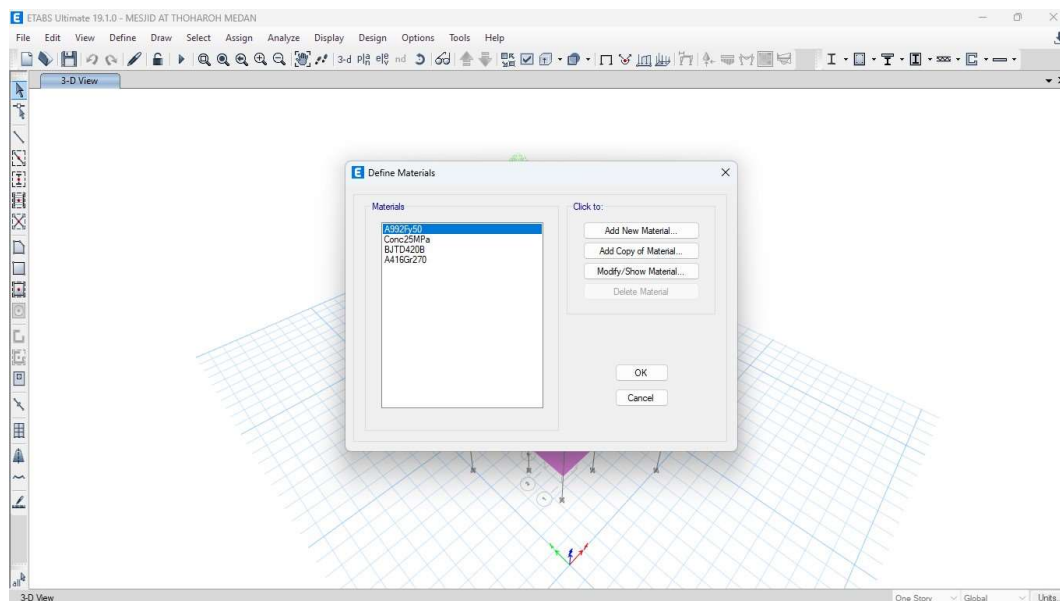
Gambar 2.9 Pengaturan koordinat
Sumber: *Software ETABS*

5. Menyesuaikan jumlah koordinat dan jumlah tingkat yang ada sesuai dengan pemodelan bangunan yang akan dilakukan. Setelah sesuai dengan pemodelan yang dilakukan kemudian klik ok.



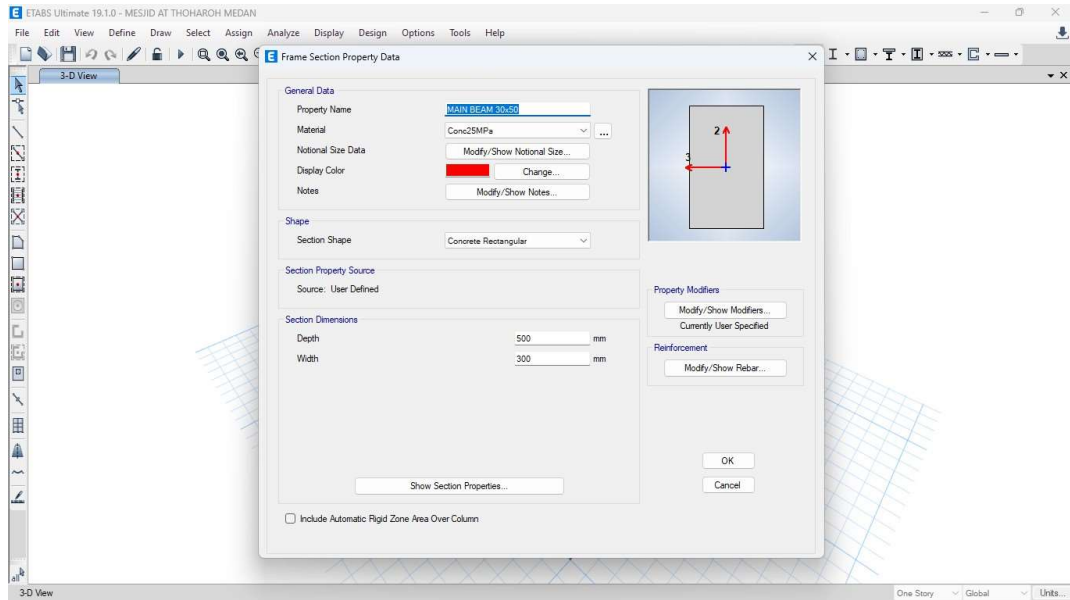
Gambar 2.10 Titik koordinat dan jumlah tingkat pada bangunan
Sumber: *Software ETABS*

6. Pengaditan material yang akan digunakan



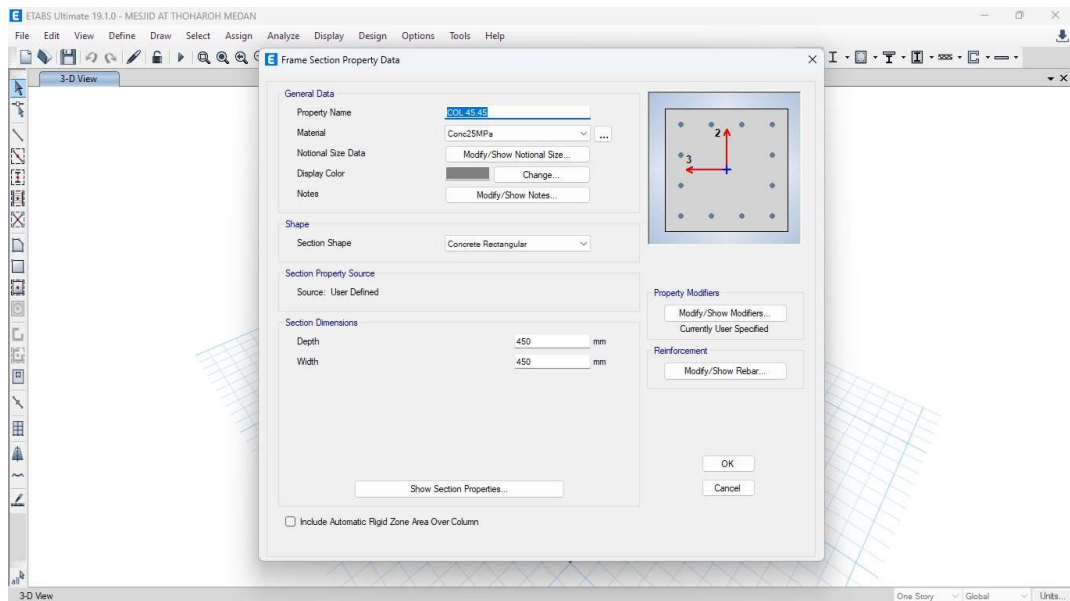
Gambar 2.11 Daftar material
Sumber: *Software ETABS*

7. Membuat frame balok



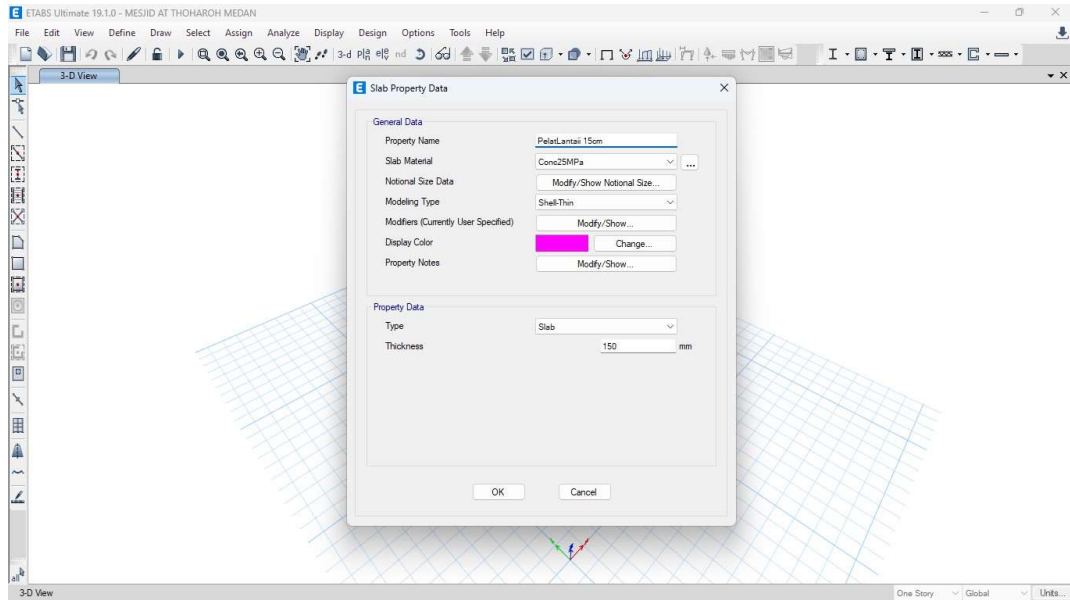
Gambar 2.12 Pemodelan balok
Sumber: *Software ETABS*

8. Membuat frame kolom



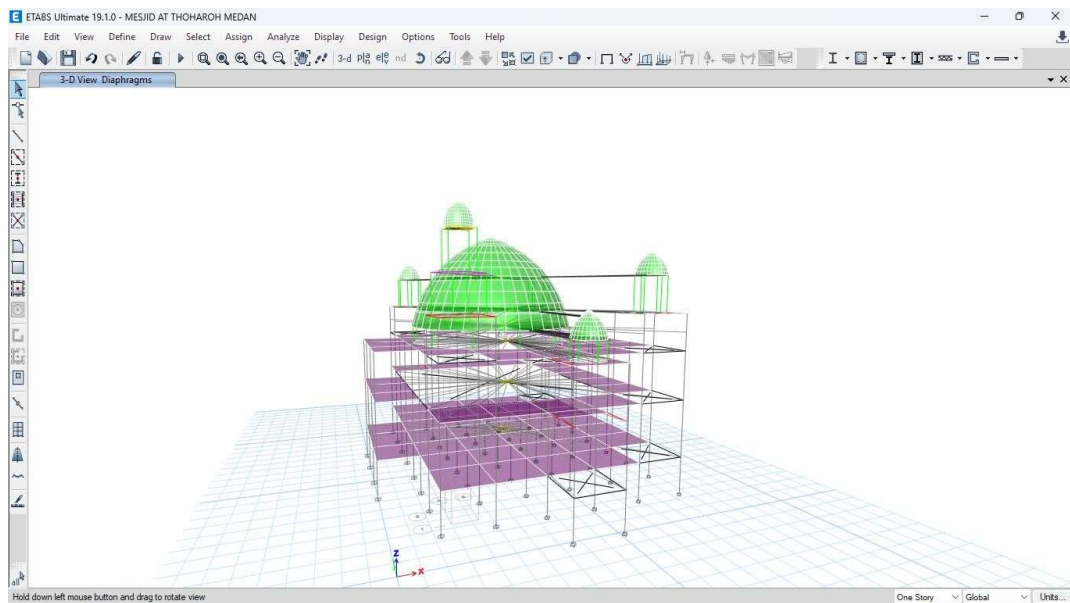
Gambar 2.13 Pemodelan kolom
Sumber: *Software ETABS*

9. Membuat kodefikasi pelat sesuai dengan pemodelan



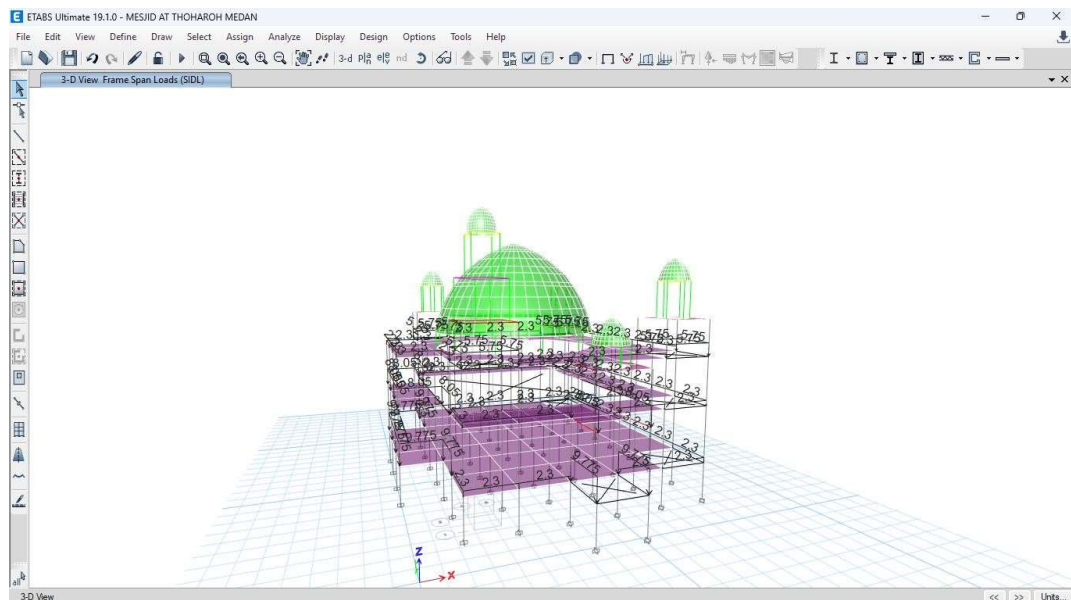
Gambar 2.14 Memodelkan pelat
Sumber: *Software ETABS*

10. Selanjutnya untuk membuat diafragma tiap tingkat, Langkah awal tandai tingkatan satu terlebih dahulu



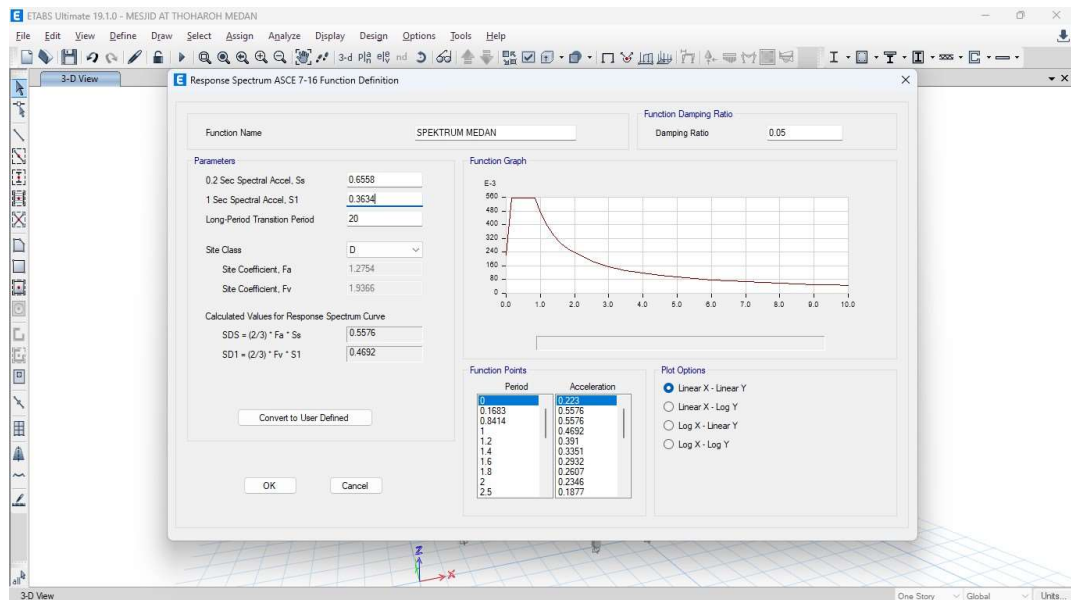
Gambar 2.15 Memasukkan diafragma pada masing-masing lantai
Sumber: *Software ETABS*

11. Masukkan beban mati, beban hidup, beban hujan, beban angin dan beban mati tambahan



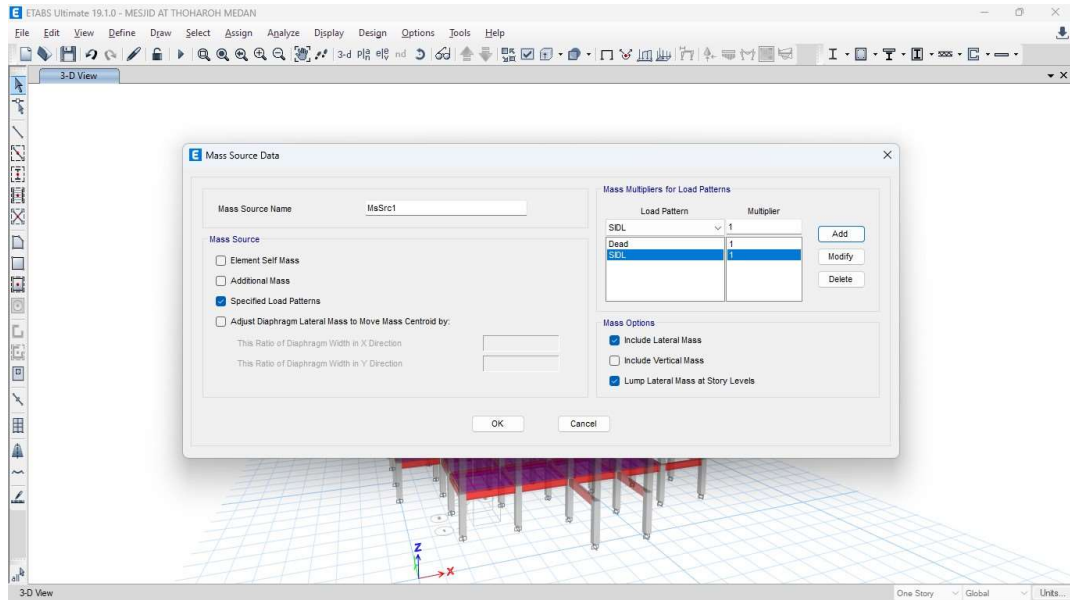
Gambar 2.16 Memasukkan beban SIDL pada dinding
 Sumber: *Software ETABS*

12. Setelah memasukkan dan mengumpulkan massa di satu titik, selanjutnya memasukkan beban gempa respons spektrum



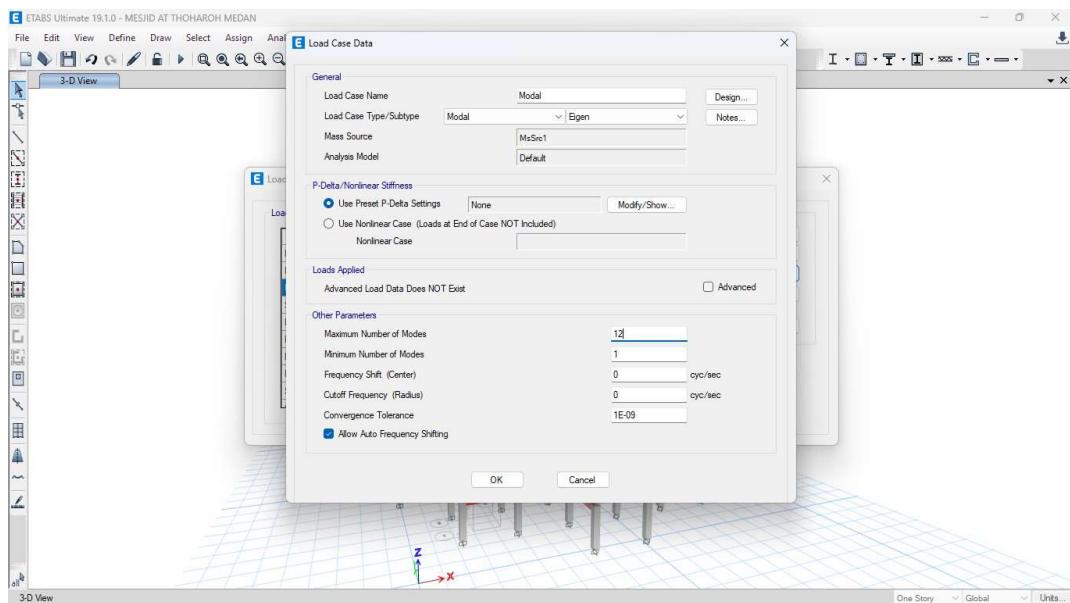
Gambar 2.17 Memasukkan beban gempa respons spektrum
 Sumber: *Software ETABS*

13. Pengaturan mass source seperti gambar dibawah ini



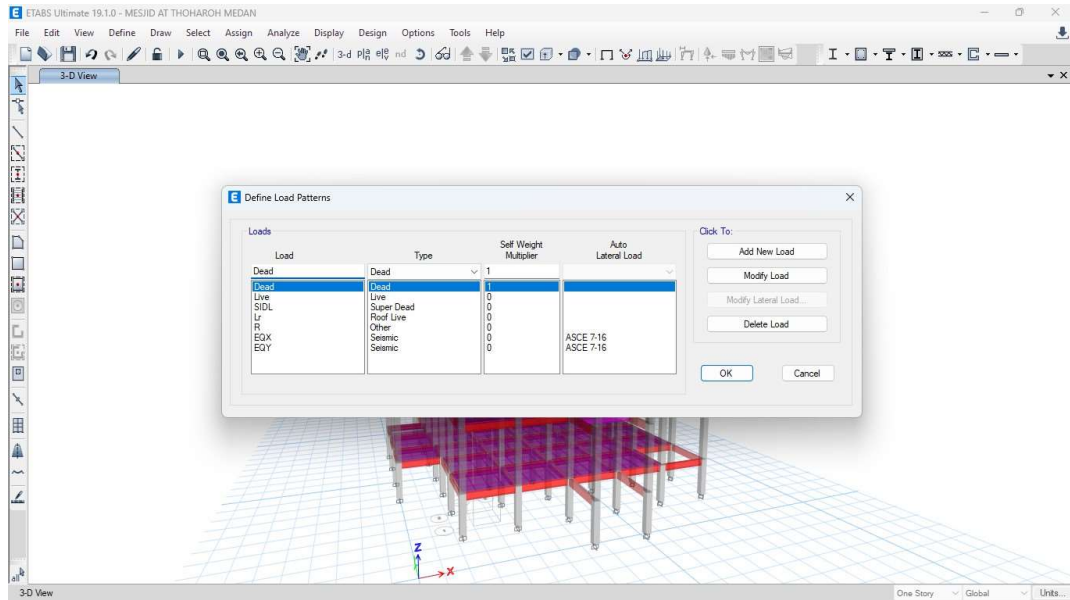
Gambar 2.18 Mengatur mass source pada bangunan
Sumber: *Software ETABS*

14. Pengaturan modal case



Gambar 2.19 Pengaturan modal case untuk bangunan
Sumber: *Software ETABS*

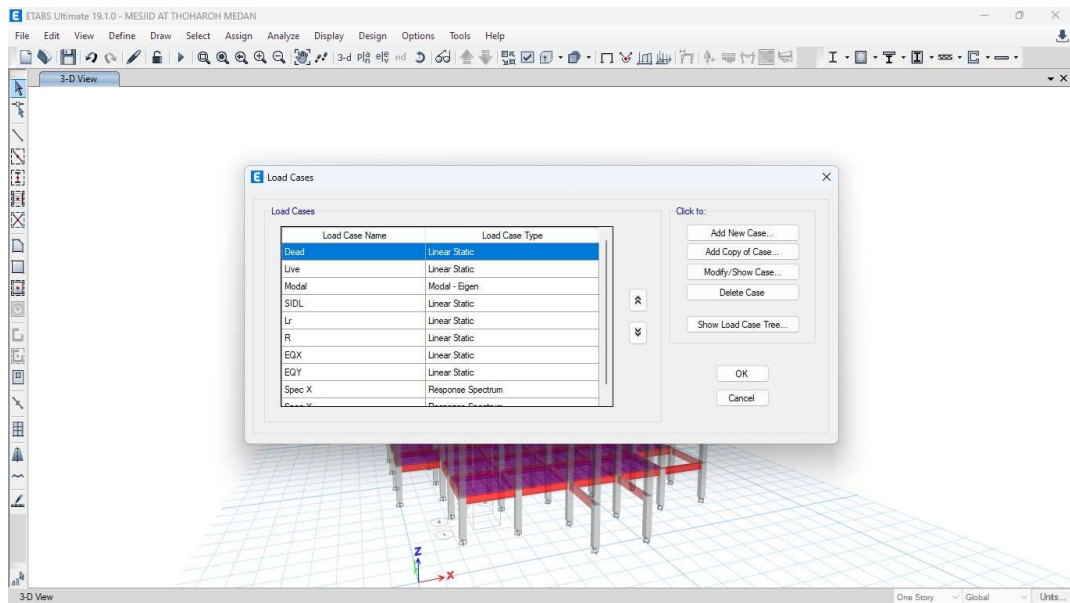
15. Masukkan jenis beban apa saja yang akan bekerja pada bangunan



Gambar 2.20 Define load pattern untuk memasukkan beban yang bekerja pada bangunan

Sumber: *Software ETABS*

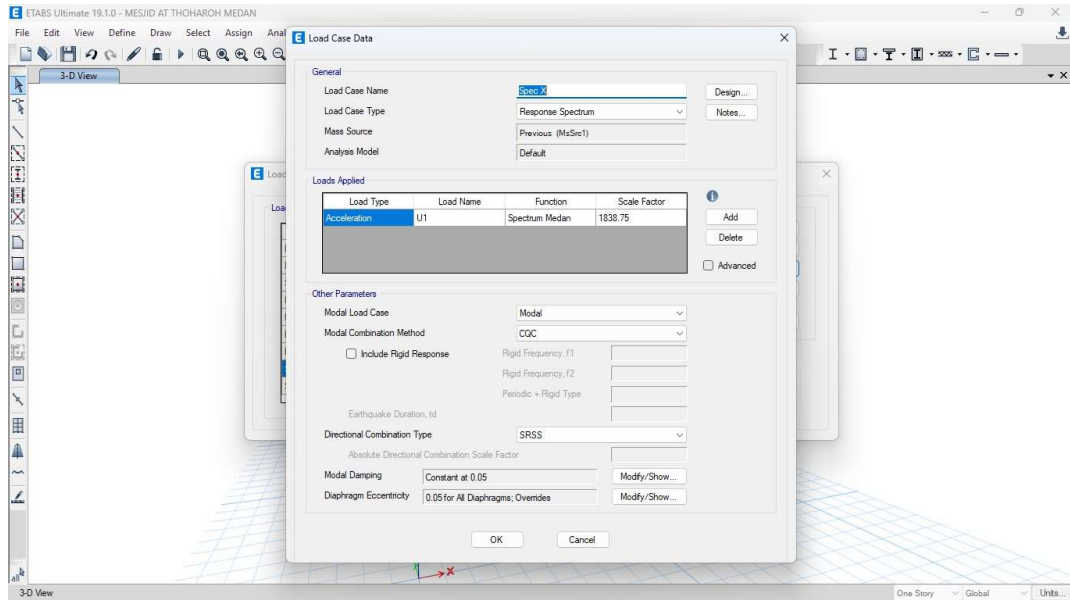
16. Masukkan case untuk beban gempa dengan cara *define load case*



Gambar 2.21 Tampilan *load case*

Sumber: *Software ETABS*

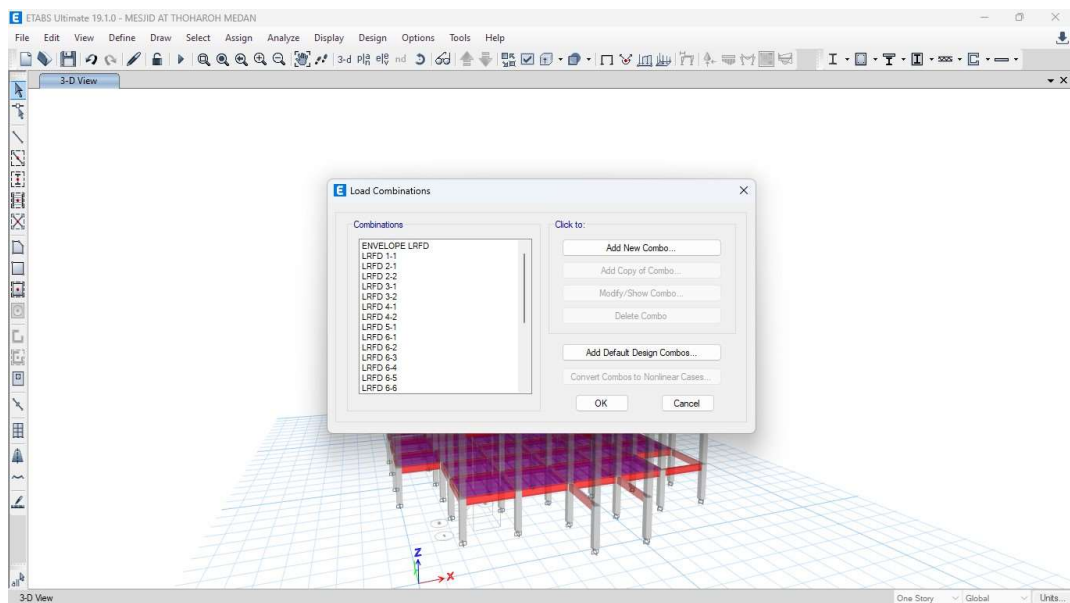
17. Melakukan skala awal pada beban respon spektrum



Gambar 2.22 Memasukkan respon spektrum

Sumber: *Software ETABS*

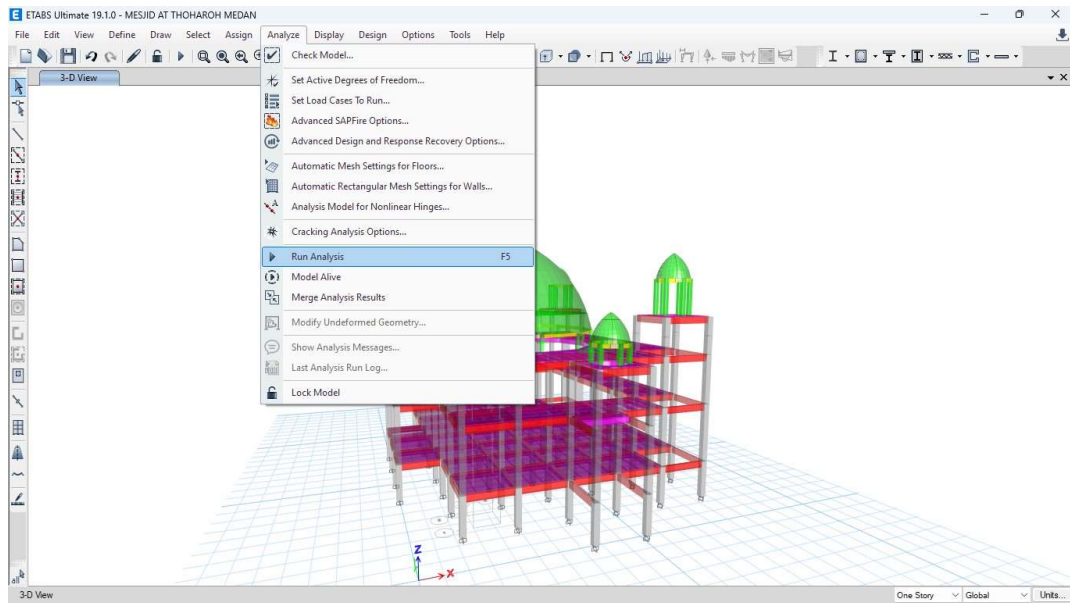
18. Memasukkan kombinasi seperti yang telah tertera pada SNI 1726-2019



Gambar 2.23 Pengaturan kombinasi

Sumber: *Software ETABS*

19. Setelah memasukkan beban kombinasi selanjutnya melakukan analisis struktur dengan cara klik *analyze, run analysis*.



Gambar 2.24 *Running* pada model struktur
Sumber: *Software ETABS*