

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Pembangunan gedung-gedung komersial di kota-kota besar Indonesia, termasuk Kota Parepare, telah mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Di tengah pertumbuhan ini, penting bagi para insinyur sipil dan arsitek untuk memastikan bahwa struktur bangunan memenuhi standar keamanan dan kinerja yang ditetapkan.

Dengan berkembangnya teknologi dan perangkat lunak komputer, aplikasi ETABS v.20 (*Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems*) telah menjadi salah satu program perangkat lunak teknik sipil yang paling populer dan sangat berguna untuk menganalisis perilaku struktur bangunan. Aplikasi ETABS v.20 memberikan kemampuan simulasi yang canggih dan akurat untuk menguji respon struktur bangunan terhadap berbagai beban seperti gempa, angin, dan gravitasi.

Namun karena setiap bangunan memiliki karakteristik dan parameter yang unik, maka analisis struktur menggunakan aplikasi ETABS v.20 harus disesuaikan untuk menyesuaikan dengan kondisi fisik dan beban sebenarnya pada lokasi bangunan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisis struktur bangunan Gedung kantor cabang BRI di kota parepare dengan menggunakan aplikasi ETABS versi 20. Tujuannya adalah untuk: Buat model struktur bangunan secara akurat dan pertimbangkan semua faktor penting yang memengaruhi perilaku struktur, seperti

sifat material dan geometri bangunan. Mengevaluasi kinerja struktur bangunan dalam menghadapi beban gravitasi dan lateral serta mengidentifikasi potensi kelemahan dan kelemahan pada struktur.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan pentingnya melakukan analisis struktur pada bangunan komersial menggunakan perangkat lunak ETABS V.20,. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang struktur bangunan dan aplikasi perangkat lunak analisis struktural, diharapkan dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya keamanan struktural dalam pembangunan kota yang berkelanjutan.

Berdasarkan pembahasan dan permasalahan yang telah dibahas diatas, maka penelitian ini menggunakan metode perangkat lunak aplikasi ETABS v.20 untuk membahas dan menganalisis kekuatan struktur bangunan. Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini membahas permasalahan tersebut dengan judul sebagai berikut: **“ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG MENGGUNAKAN SOFTWARE *ETABS V.20*. STUDI KASUS GEDUNG KANTOR CABANG BRI JALAN KARAENG BURANE KOTA PAREPARE)**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan penelitian yang telah saya kemukakan maka rumusan masalah dapat disusun sebagai berikut :

1. Bagaimana permodelan struktur bangunan gedung kantor cabang BRI kota parepare menggunakan program aplikasi *ETABS v.20*
2. Bagaimana hasil evaluasi desain gedung kantor cabang BRI kota parepare

berdasarkan hasil analisis struktur *ETABS v.20*

C. Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian bertujuan sebagai berikut :

1. Tujuan penelitian adalah menyusun pemodelan struktur bangunan menggunakan program aplikasi *ETABS v.20*. serta menganalisis kekuatan maksimum struktur bangunan gedung BRI kota parepare.
2. dapat mengetahui hasil evaluasi struktur bangunan gedung sesuai standar SNI 2019. serta mengetahui tentang batas kekuatan maksimum suatu bangunan untuk menahan beban-beban yang bekerja.

D. Batasan Masalah

Untuk memudahkan pembahasan penelitian peneliti menyatakan membatasi masalah yaitu sebagai berikut :

1. Gedung yang di analisa adalah Gedung kantor cabang BRI Jl. Karaeng Burane No.5, Mallusetasi, Kec. Ujung, Kota Parepare, Sulawesi Selatan
2. Penggunaan data sekunder (data dokumen DED yang diteliti kembali untuk keperluan penelitian, tanpa menggunakan data primer).
3. Struktur yang di analisis meliputi struktur atas yaitu klm, balok, plat lantai.
4. Jenis beban yang dipertimbangkan dalam analisis perilaku struktur meliputi beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi terdiri atas beban mati dan beban hidup menurut ketentuan Peraturan Pembanan Bangunan Indonesia untuk Gedung Tahun 1987. Sedangkan beban lateral yang dianalisis adalah beban gempa.
5. Pengolahan informasi data output menggunakan program Aplikasi ETABS.

E. Manfaat Menelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini meningkatkan pengetahuan khususnya dalam teknik sipil.
2. Penelitian ini memberikan kesempatan untuk lebih memahami karakteristik struktur bangunan kantor cabang BRI kota parepare, termasuk kinerja strukturnya dalam menahan gravitasi dan beban lateral. Oleh karena itu, penelitian ini membantu mengidentifikasi potensi kerusakan pada struktur, yang kemudian dapat diperbaiki atau ditingkatkan agar bangunan lebih aman.
3. Meningkatkan pemahaman tentang penggunaan program ETABS v20,

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan diatur dalam pedoman penulisan skripsi fakultas teknik universitas muhammadiyah parepare sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdapat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Dalam bab ini membahas tentang dasar teori mengenai rumus-rumus pada penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini terdapat gambaran umum alur penelitian, mulai waktu dan lokasi penelitian, serta diagram alir penelitian tersebut.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas secara keseluruhan tentang hasil penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran keseluruhan penulis berdasarkan dari hasil analisa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Struktur Bangunan

Suatu sistem struktur kerangka terdiri dari rakitan elemen struktur. Dalam sistem struktur konstruksi beton bertulang, elemen balok, kolom, atau dinding geser membentuk struktur kerangka yang disebut juga sistem struktur portal. Sistem struktur yang tidak dibedakan unsur elemennya, seperti pelat, cangkang, atau tangki dinamakan sistem struktur kontinum. Setiap elemen-elemen struktur mempunyai fungsi dan karakteristik yang berbeda. Pada suatu sistem struktur, elemen-elemen struktur mempunyai suatu mekanisme penyaluran beban dari atas ke tanah (sistem Fondasi) (Nasution, 2009).

Berdasarkan SNI 1726: 2012, struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur atas adalah bagian dari struktur gedung yang berada di atas muka tanah. Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di bawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur besmen, dan/atau struktur fondasinya. (Shakespeare 2014)

1. Beton Bertulang

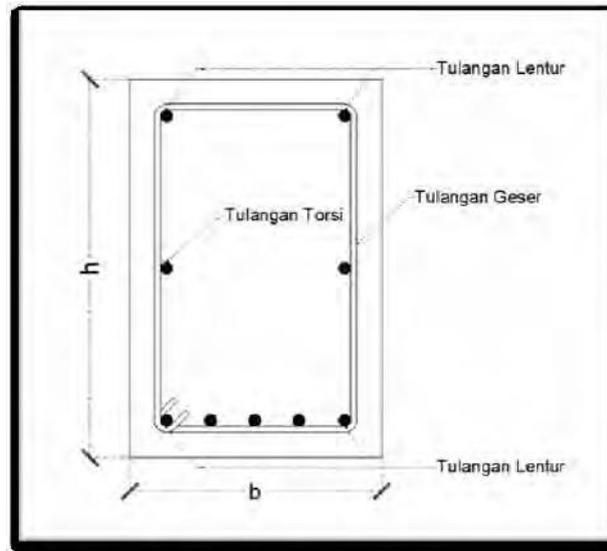
Beton bertulang adalah material komposit dimana tulangan baja disusun ke dalam beton sedemikian rupa, berfungsi menahan gaya tarik pada struktur. Kedua material tersebut bekerja sama untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada elemen tersebut. Kombinasi kedua material menjadikan beton bertulang mempunyai sifat yang sangat kuat terhadap gaya tekan dan tarik. (Rifaldo 2020)

Namun dibalik kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh beton bertulang jika dibandingkan dengan bahan material lainnya, beton bertulang juga memiliki masalah yang dapat mengurangi keunggulannya. Diantara masalah yang sering dijumpai adalah masalah keretakan yang terjadi pada bahan tersebut. Keretakan pada beton bertulang diakibatkan oleh beban yang bekerja pada beton tersebut. Jika diperhatikan, retak struktur pada balok memiliki pola vertikal dan diagonal, selain itu terdapat juga pola retak-retak rambut.(Anna 2011)

Menurut (Asroni, 2010) secara sederhana, beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil). Untuk memperbaiki mutu beton, ditambahkan pula bahan lain (admixture). Beton memiliki ketahanan terhadap gaya tekan yang tinggi, namun ketahanan terhadap gaya tarik sangat rendah.

2. Struktur Balok

Balok adalah elemen struktur horizontal yang menahan beban yang menyebabkan gaya lentur dan geser yang bertumpu dan membentang diantara kolom. Balok berfungsi untuk menerima beban yang disalurkan oleh plat ke arahnya untuk kemudian diteruskan ke struktur kolom.

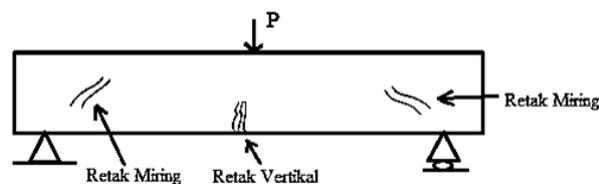


Gambar 2. 1 Susunan Tulangan Balok (*Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019*)

Pada **Gambar 1**, kita melihat balok ditumpuk secara merata di seluruh area. Balok tersebut ditopang oleh penyangga sederhana pada setiap ujungnya. Pada kondisi pembebanan tersebut, balok mengalami lentur sehingga menimbulkan tegangan tarik dan tekan pada penampang balok. Pembebanan tersebut menimbulkan tegangan tekan pada serat bagian atas penampang balok dan tegangan tarik pada serat bagian bawah. Beban yang relatif kecil pada kolom akan menyebabkan anomali aliran tekanan. Dalam keadaan ini, tegangan lunak dan tekan belum mencapai kekuatan ultimat bahan dasar atau penopang. Pada kondisi ini distribusi tegangan tekan bersifat linier.

Perilaku balok beton bertulang ketika diberikan gaya berupa perilaku akibat lentur dan geser. Perilaku akibat lentur pada balok beton berupa terjadinya lendutan pada balok yang di bebani tegak lurus. Perilaku akibat geser yang terjadi pada balok dapat dilihat dari pola retak dan keruntuhan melintang yang terjadi ketika diberikan gaya. Jika ada sebuah balok yang ditumpu secara sederhana (yaitu dengan tumpuan

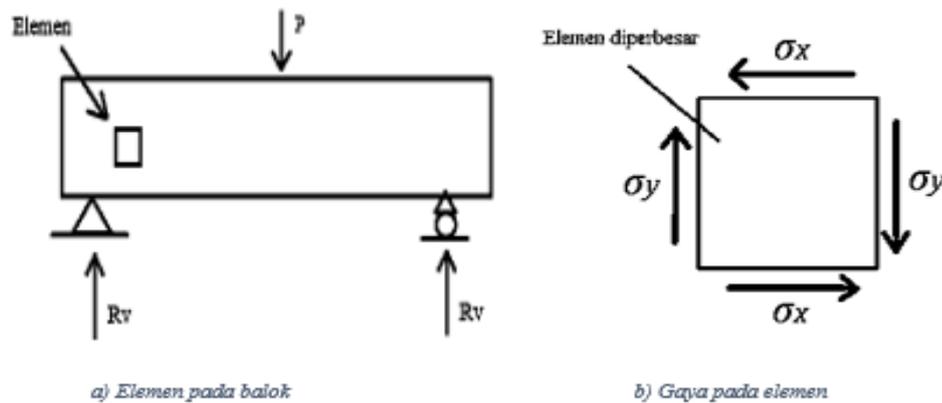
sendi-rol) kemudian di atas balok diberi beban cukup berat. Balok tersebut dapat terjadi dua jenis retakan berupa retak yang arahnya vertikal dan retakan yang arahnya miring. Retak vertikal terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan beban lentur sehingga biasanya terjadi pada daerah lapangan atau tengah bentang balok. Hal ini terjadi karena pada daerah ini timbul momen lentur paling besar. Retak miring terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan gaya geser sehingga biasanya terjadi pada daerah ujung atau dekat tumpuan balok, karena pada daerah ini timbul gaya geser/gaya lintang paling besar. (Dimas Arief Wicaksono, Reni Suryanita, and Zulfikar Djauhari 2019)



Gambar 2. 2 Keruntuhan Lentur dan Geser pada Balok. (Dimas Arief Wicaksono, Reni Suryanita, and Zulfikar Djauhari 2019)

3. Kuat Geser Pada Balok

Hampir semua elemen struktur dirancang untuk mampumenerima gaya-gaya luar. Elemen struktur akan memberikan perlawanan terhadap gaya-gaya luar yang terjadi berupa tegangan normal, tegangan lentur, tegangan torsi, dan tegangan geser. Pada balok di atas dua tumpuan, tegangan geser dan lentur timbul di sepanjang bagian balok yang menahan gaya luar yang terjadi di atas permukaan balok. Reaksi tumpuan dan gaya yang diberikan mengakibatkan geser antar material penyusun beton. Untuk mempermudah memahami geser yang terjadi pada elemen balok dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 2. 3 Geser pada Elemen Balok Sederhana

Arah reaksi vertikal ke atas, sehingga pada permukaan bidang elemen sebelah kiri terjadi gaya geser dengan arah ke atas pula. Karena elemen beton berada pada keadaan stabil berarti terjadi keseimbangan gaya vertikal pada elemen beton sehingga pada permukaan bidang elemen sebelah kanan timbul gaya geser ke bawah. Kedua gaya geser pada kedua permukaan bidang yaitu bidang kiri dan kanan ini besarnya sama. Akibat gaya geser ke atas pada kedua permukaan bidang kiri dan gaya geser ke bawah pada permukaan bidang kanan maka pada elemen beton timbul momen yang arahnya sesuai dengan arah putaran jarum jam. Elemen beton berada pada keadaan stabil berarti terjadi keseimbangan momen pada elemen beton sehingga momen yang ada harus dilawan oleh momen lain yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan dengan arah putaran jarum jam. Momen lawan yang arahnya berlawanan dengan arah putaran jarum jam tersebut dapat terjadi jika ada permukaan bidang elemen sebelah atas ada gaya geser dengan arah kiri dan pada permukaan bidang elemen sebelah bawah ada gaya geser dengan arah ke kanan. (Dimas Arief Wicaksono, Reni Suryanita, and Zulfikar Djauhari 2019)

4. Struktur Kolom

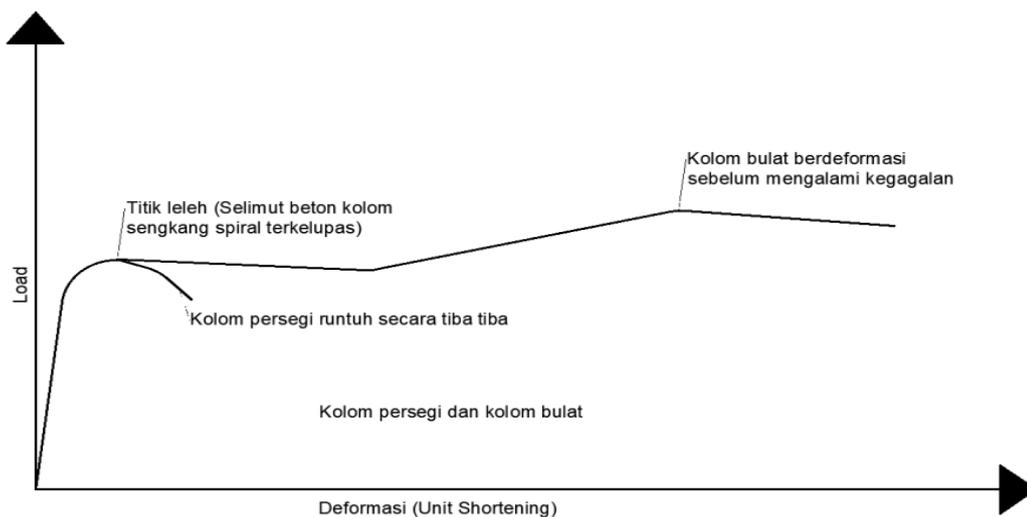
Kolom adalah elemen struktur batang vertikal yang menahan beban aksial, yang mana pada elemen ini didesain untuk terkena beban aksial dan momen serta gaya geser. Kolom meneruskan beban –beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fondasi.

Ketika beton dan tulangan baja bekerja sama dalam kondisi tekan , beban yang dipikul (pada beton & baja) berubah terus menerus secara beraturan selama periode pembebanan. Awalnya , tegangan yang terjadi pada tulangan (E_s / E_c) kalidari tegangan pada beton (berdasarkan teori elastis). Ketika terjadi pengaruhrangkak dan susuk pada kolom, baja tulangan perlahan-lahan memikul beban lebih besar dibandingkan kapasitas elastisnya.

Bila membandingkan perilaku kolom yang menggunakan sengkang persegi (kolom persegi) dan sengkang spiral (kolom bulat), tentu keduanya memiliki perbedaan yang cukup signifikan . Hal itu dapat dilihat pada **Gambar 4.** yang berupa hubungan antara gaya dan deformasi. Kolom bulat disaat menerima aksial tekan akan mengalami leleh (yielding) pada kondisi beban tertentu. Bila beban terus diberikan, maka selimut beton pada kolom bulat akan terkelupas dan elemen kolom akan mulai berhenti berdeformasi secara lateral. Hal ini dikarenakan semgkang spiral secara efektif mengikat inti beton yang berada di tengah dan mencegah agar kolom tidak runtuh. Bila tulangan sengkang di desain dengan baik, maka kuat inti beton yang ada di tengah bisa lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi kolom yang masih utuh (sebelum selimut beton terkelupas). Kondisi seperti ini bisa di sebut dengan kuat batas maksimum (*ultimate strenght*) dari kolom bulat.

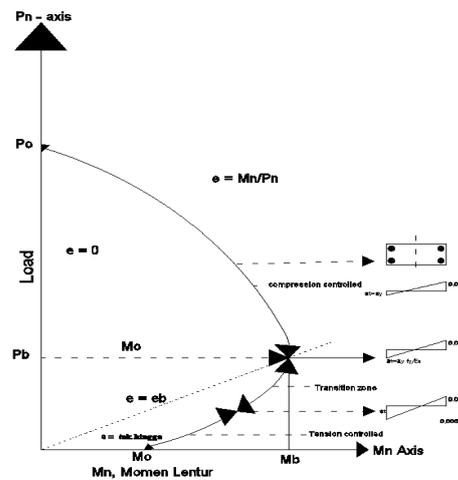
Berbeda halnya dengan perilaku kolom persegi yang tidak menunjukkan kapasitas deformasi yang serupa kolom bulat. Hubungan force – deformation dari kolom persegi hanya memiliki one peak , seperti yang terlihat pada **Gambar 4**. Saat kondisi tersebut terjadi, selimut pada kolom akan mengelupas dan tulangan longitudinal diantara sengkang akan mulai mengalami tekuk.

Dengan fenomena tersebut, bisa di katakan bahwa pada kolom persegi tidak terdapat fenomena yield (leleh).Titik pumcan (one peak) pertama yang terjadi adalah kuat batas maksimum (*ultimate strenght*) dari kolom persegi.



Gambar 2. 4 Space truss analogy *Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019*

Kolom merupakan elemet struktur yang menerima kombinasi beban yang berupa aksial tekan dan moment. Dari interaksi dua parameter tersebut (P & M), terdapat sejumlah kombinasi kekuatan yang tak terhitung jumlahnya, Interaksi dari aksial tekan (P) dan moment (M) di wujudkan dalam sebuah kurva yang di kenal sebagai diagram interaksi P – M , seperti yang terlihat pada **Gambar 2.5**



Gambar 2. 5 Diagram indeks P – M elemen kolom Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.

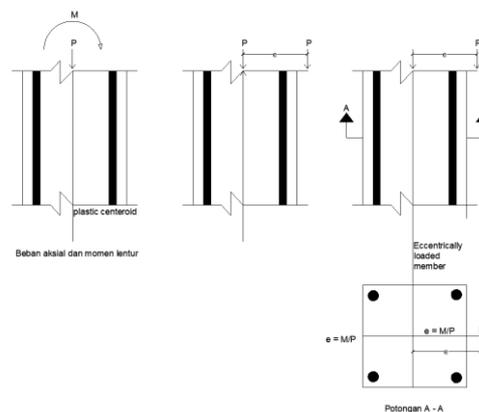
Berdasarkan rasio P & M, diagram interaksi tersebut terbagi menjadi dua kondisi, yaitu : compression dan tension. Pada kondisi compression (tekan), hampir seluruh/sebagian penampang kolom mencapai regangan maksimum tekan sebesar $\epsilon_c = 0,003$, sebelum tulangan baja mengalami lelehnya (ϵ_y) dan disaat bersamaan pula, material kolom mencapai regangan tekannya ($\epsilon_c = 0,003$). Diantara dua kondisi tersebut terdapat kondisi yang berimbang antara P dan M yang dikenal dengan istilah kondisi regangan berimbang (*balanced strain condition*).

Kondisi regangan berimbang dikenal juga dengan istilah compression control limit (batas kontrol tekan). Hal ini mengandung arti bahwa bila interaksi P & M berada di atas batas ini, maka kondisi kolom dikategorikan sebagai compression controlled ini, faktor reduksi kolom adalah 0,75 untuk kolom bulat dan 0,65 untuk kolom persegi, seperti yang ditentukan SNI 2847-2019; Pasal 21.2.2; Gambar R21 .2.2b; Hal-472. Sedangkan untuk wilayah yang berada di bawah compression control limit, terbagi menjadi dua bagian yaitu: tension controlled dan transition zone.

Pada kondisi tension controlled , regangan pada lapisan ekstrim tulangan tarik tercapai $\epsilon_t \geq 0,005$ dan faktor reduksi kekuatan dalam kondisi ini mencapai 0,9. Selain itu pada kondisi tension controlled, elemen struktur menerima beban hanya berupa momen lentur tanpa adanya gaya aksial tekan (meskipun ada, namun terbilang sangat kecil sehingga bisa diabaikan). Sedangkan pada transition zone, regangan yang terjadi adalah $f_y / E_s < \epsilon_t < 0,005$ dan faktor reduksi bervariasi linear antara 0,75 – 0,9 untuk kolom bulat dan antara 0,65 – 0,9 untuk kolom persegi.

Pada **Gambar 2.5** dapat dilihat pula bahwa perbandingan antara P / M bisa dinyatakan dengan istilah (e). Disaat kolom hanya menerima beban tekan eksentris, maka kolom akan menerima pengaruh tekan dan sekaligus momen . Momen tersebut muncul dikarenakan adanya pengaruh eksentrisitas beban. Oleh karena itu pada diagram interaksi $P - M$,sumbu vertikal diagram menyatakan nilai $e = 0$ dan sumbu horizontal diagram menyatakan $e = \infty$.

Konsep beban eksentris ini sering digunakan sebagai pendekatan dalam proses analisa dan desain dari struktur beton bertulang untuk menyatakan gaya aksial tekan dan momen (hanya dengan satu gaya tekan eksentris).



Gambar 2. 6 . Kolom yang dibebani beban eksentris *Yudha Lesmana, Teori Desain Struktur Beton Bertulang, 2019.*

B. Pembahasan Struktur

Dalam pembahasan kali ini kami membahas tentang struktur yang diperoleh dari proyek penelitian di Gedung kantor cabang BRI kota parepare. Hal ini tergantung pada evaluasi struktur perusahaan dan pertimbangan perhitungan serta hasil perhitungan dari berbagai tinjauan.

1. Mutu beton & Baja tulangan

Dalam kondisi tension conrolled, beton dengan kualitas berbeda diterapkan pada elemen struktur, bergantung pada pentingnya bangunan dan kasusnya. Beton mutu ini diaplikasikan pada berbagai bagian seperti pondasi, kolom, balok, pelat atap, pelat lantai. Kuat tekan baku (f_c') silinder beton dihitung berdasarkan kuat tekan beton yang dicapai setelah umur umur 28 hari sebagai berikut:

1. MUTU BAHAN YANG DIGUNAKAN

BAGIAN KONTRUKSI	MUTU BETON f_c' *)	MUTU BAJA TULANGAN
		ULIR
KOLOM	$f_c' = 30 \text{ MPa}$	$f_y = 420 \text{ MPa}$ (BJTS - 420B)
BALOK, SLOOF, PELAT	$f_c' = 30 \text{ MPa}$	$f_y = 420 \text{ MPa}$ (BJTS - 420B)
PILE CAP	$f_c' = 30 \text{ MPa}$	$f_y = 420 \text{ MPa}$ (BJTS - 420B)
TIANG PONDASI	$f_c' = 30 \text{ MPa}$	$f_y = 420 \text{ MPa}$ (BJTS - 420B)
* f_c' = Tegangan hancur karakteristik dari silinder berumur 28 hari		

Gambar 2. 7 Mutu bahan yang di gunakan *PT. Bangun Konstruksi Pratama 2024*

BJTS 420B khusus dinding geser, longitudinal kolom (plat struktur atas dan balok).

C. Beban Struktur

1. Beban Mati (DL)

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

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

2. Beban hidup (LL)

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

3. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban dinamik dengan arah bolak-balik yang tidak bekerja terus-menerus pada struktur bangunan atau dapat dikatakan merupakan beban sementara yang bekerja pada bangunan. Besarnya beban gempa tergantung

dari beberapa faktor salah satunya yaitu wilayah kegempaan dimana gempa tersebut terjadi, maka koefisien daerah (kd) ditentukan berdasarkan letak geografis dari bangunan tersebut.

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

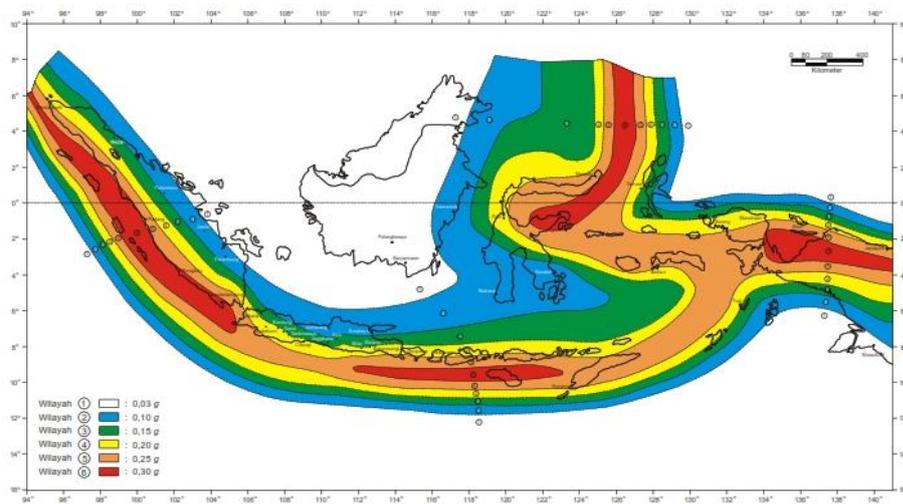
Dalam tahap proses penelitian, penulis disini menggunakan aplikasi atau website Puskim PU Indonesia Design Response Spectrum 2021 Gambar 7. yang dikembangkan oleh berbagai pihak kepentingan seperti Institut Teknologi Bandung (ITB) dan PUPR (Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat), menentukan percepatan berdasarkan koordinat lokasi.

Berdasarkan pada peta (Lintang -4.0126989 Bujur 119.624079) Parameter Gerak Tanah pada gambar di bawah ini di peroleh data respon spektrum gempa pada wilayah tersebut, sesuai dengan SNI 1726 – 2019.

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

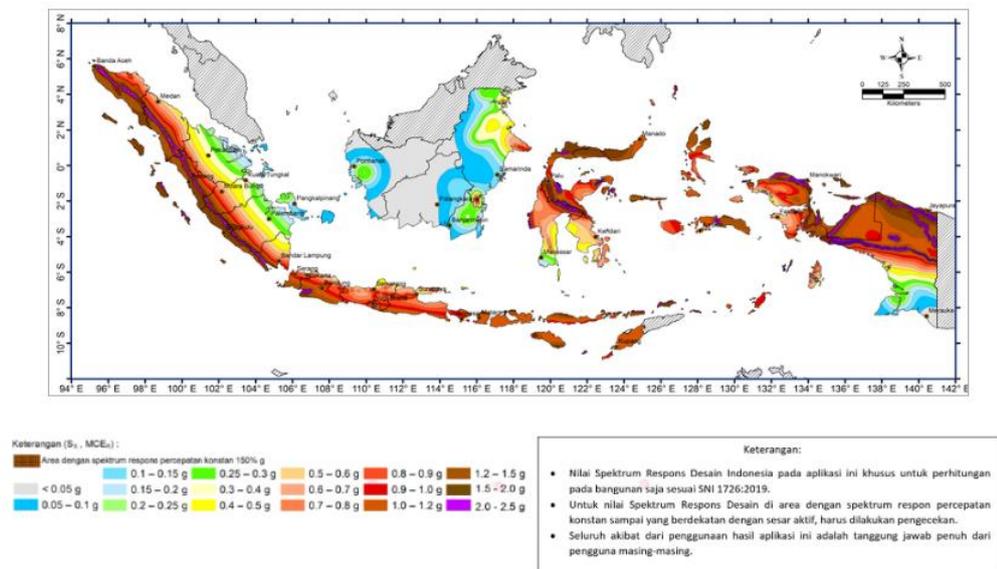
- $PGA = 0.2765 \text{ g}$
- $TL = 6 \text{ detik}$
- $S_s = 0,6019\text{g}$
- $S_1 = 0,2005\text{g}$

SNI-1726-2002

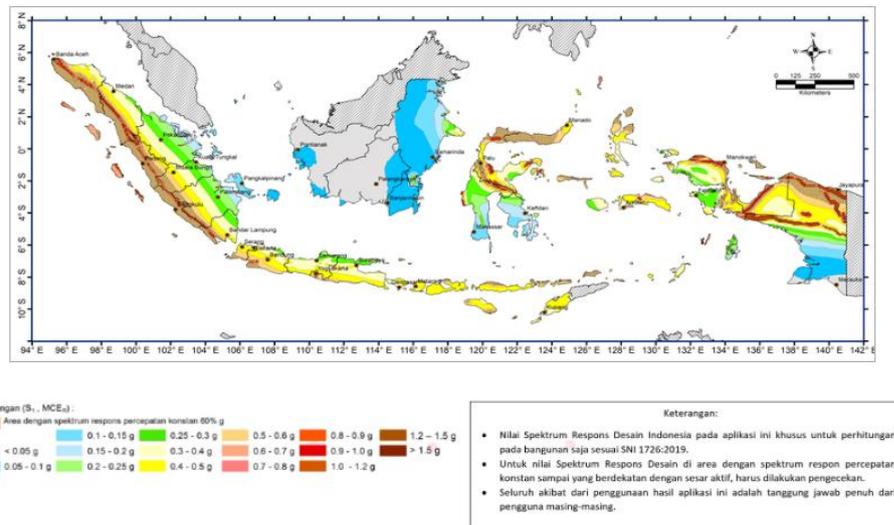


Gambar 2. 8 Percepatan Gempa Dasar SNI 03-1726-2002 (BSN, SNI 03-1726-2002 Standar

Berdasarkan Gambar 7. yaitu SNI 03-1726-2002, wilayah Kota Parepare termasuk kedalam wilayah 2 dengan nilai percepatan gempa dasar yaitu 0.10 g.



Gambar 2. 9 Ss Gempa Untuk Wilayah parepare (Puskim Desain Spektra Indonesia 2021



Gambar 2. 10 S₁ Gempa Untuk Wilayah Makassar (*Puskim Desain Spektra Indonesia 2021*)

Dengan memasukkan kelas situs SB (batuan) untuk hasil faktor keutamaan = 1.0 dan kategori resiko II (SNI-1726-2019, pada halaman 24), maka dengan bantuan sistem pengimputan data pada spektra Indonesia didapatkan :

Faktor amplifikasi :

Tabel 2. 1 Koefisien situs, F_a (SNI 1726 – 2019 pada halaman 34)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, S _g					
	S _g ≤ 0,25	S _g = 0,5	S _g = 0,75	S _g = 1,0	S _g = 1,25	S _g ≥ 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)		

Catatan :

SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs-spesifik.

Tabel 2. 2 Koefisien situs, F_v (SNI 1726 – 2019)

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

- F_a (Faktor amplifikasi untuk periode pendel) : 0,9
- F_v (Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik) : 0,8

Parameter spektra desain didapatkan :

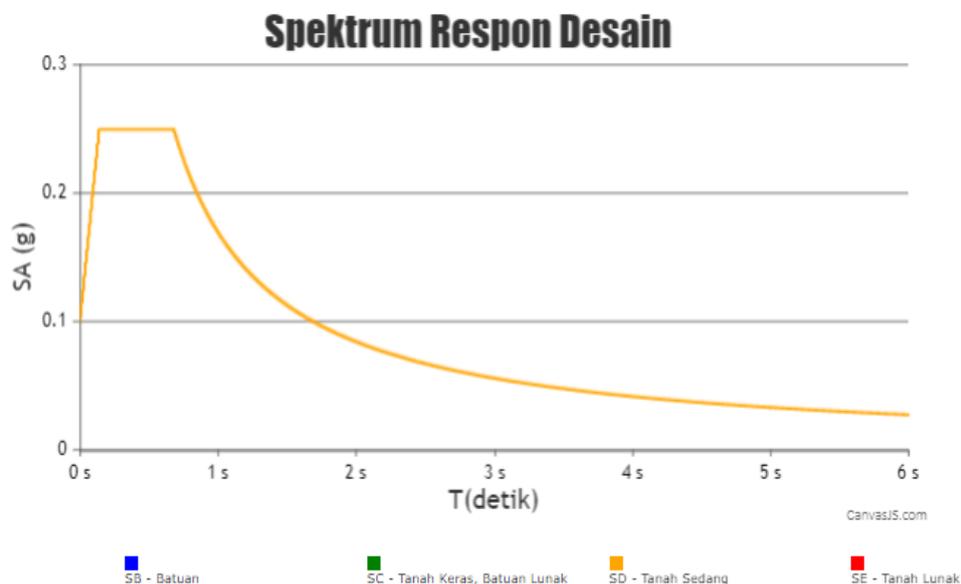
$$M_{MS} = F_a \times S_s \quad (1)$$

$$M_{M1} = F_v \times S_s \quad (2)$$

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

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

- $M_{MS} = 0,248$
- $M_{M1} = 0,221$
- S_{ds} (Periode Pendek) : 0.16 g
- S_{d1} (Periode 1 Detik) : 0.14 g



Gambar 2. 11 Grafik Spektrum Respon Desain (*Puskim Desain Spektra Indonesia 2021 <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>*)

Tabel 2. 3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (*SNI 1726-2019 pada halaman 37*)

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,176$	A	A
$0,176 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2. 4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (*SNI 1726-2019 pada halaman 37*)

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,076$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Berdasarkan desain parameter spektra diatas, tentu dapat dikategorikan Desain Seismik C.

Jika spektrum respons desain diperlukan berdasarkan metode ini dan tidak ada metode gerakan tanah khusus yang digunakan untuk lokasi tertentu, maka kurva spektrum respons desain harus dibuat dengan mengacu pada Gambar 2.4 dan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan di bawah ini.

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

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

- 2) Jika periode sama atau lebih besar dari T_0 , tetapi lebih kecil atau sama dengan T_{S1} , spektrum respon percepatan desain, S_{a1} , setara dengan S_{DS1} .
- 3) apabila periode lebih besar dari T_S namun tetap lebih kecil atau sama dengan T_L , spektrum respon percepatan desain S_a akan menjadi pertimbangan. diambil berdasarkan persamaan:

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

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

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

Keterangan :

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

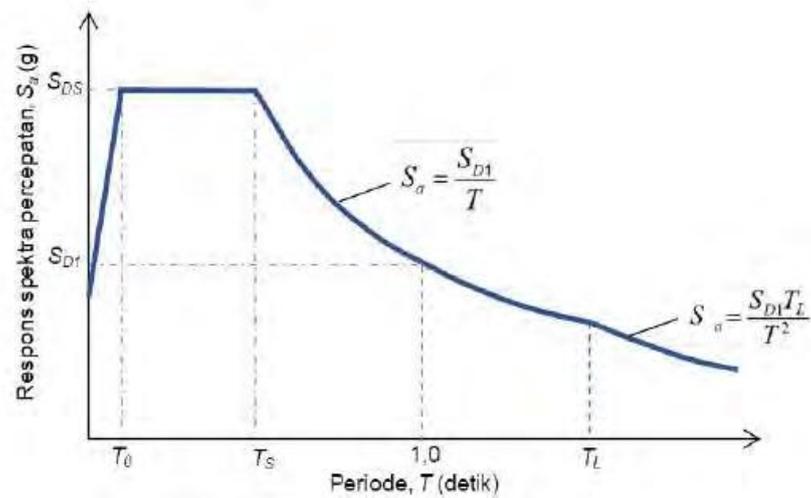
S_{D1} = parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

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

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

T_L = Gambar 10. menampilkan peta transisi untuk periode panjang.



Gambar 2. 12 spektrum respon desain berdasarkan *SNI 1726-2019 (SNI-1726-2019)*

4. Kombinasi Pembebanan Struktur

Dari penjelasan di atas dan informasi gempa sebelumnya dan selanjutnya, faktor redundansi ρ diasumsikan sebesar 1,0. Berdasarkan Tabel 5.3.1 pada halaman 84 SNI 2847-2019, kombinasi beban pada desain struktur sebagai berikut:

- Comb 1 = 1,4 D
- Comb 2 = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
- Comb 3 = 1,2 D + 1,6 Lr atau R + (1,0 L atau 0,5 W)
- Comb 4 = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr atau R)
- Comb 5 = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L
- Comb 6 = 0,9 D + 1,0 W
- Comb 7 = 0,9 L + 1,0 E

Keterangan :

D : Beban Mati

W : Beban Angin

E : Beban Gempa

L : Beban Hidup

Lr : Beban Hidup Atap

R : Beban Hujan

D. ETABS

1. Sejarah singkat program ETABS

Program aplikasi computer ETABS merupakan alat bantu sarana untuk melakukan perhitungan struktur gedung. Program ini sangat membantu dalam proses untuk melakukan analisis pada bangunan gedung. Dengan menggunakan alat bantu ini maka proses perhitungan struktur menjadi lebih cepat dengan tingkat ketelitian yang tinggi.

Didalam menyusun input dari Program aplikasi computer ETABS diperlukan pemahaman dan pengertian tentang pemodelan dari bangunan gedung yang di modelkan kedalam program Etabs. Untuk mendefinisikan bangunan gedung ke dalam model maka model harus dapat mewakili dari kondisi bangunan gedung yang ada, sehingga model akan merepresentasikan dari bangunan gedung yang sebenarnya.

Model yang telah di running akan memberikan output dari model bangunan gedung dandapat digunakan untuk penggambaran detail dari elemen struktur gedung.(Koespiadi 2016)

2. Menu dan fungsi menu pada program ETABS

a. Menu file

- 1) 'New Model' digunakan untukgmembuat model ETABS baru. Ada beberapa menu pilihan yang ada di menu 'New Modelf yaitu:
 - a) 'Default.edb' digunakan untuk membuka dan memodifikasi default dari program ETABS dalam ekstensi 'EDB.
 - b) 'No' perintah ini berarti tidak memilihg tetapi akan muncul menu yang sama dengang perintah 'default.edb'.
- 2) 'Print Tabef digunakan untukg mencetak dan menyimpan data yang sudah dianalisis. Dalam menu Print Tabel adagbeberapa menu pilihan yang dapat digunakan untuk menyimpan data, yaitu:
 - a) 'Input' digunakan untukg menyimpan input sesuai pilihan yang disediakan dalam bentuk teks. Ekstensi fileyang dihasilkan adalah '.TXT.
 - b) 'Analysis Output' digunakan untukg menyimpan output hasil analisis data sesuai pilihan yang disediakan dalam bentuk teks. Ekstensi file yang dihasilkan adalah .TXT.
 - c) 'Summary Report digunakan untuk menyimpan ringkasan analisis yang telah dikerjakan (hasil analisis).

- d) 'Steel Frame Design' digunakan untuk menyimpan hasil analisis desain model frame baja dalam ekstensi '.TXT'.
- e) 'Concrete Frame Design' digunakan untuk menyimpan hasil analisis desain model frame beton dalam ekstensi '.TXT'.

b. Menu edit

- 1) 'Edit Grid Data' digunakan untuk memperbaiki/menambah grid (garis bantu) dalam arah X dan Y.
 - a) 'Edit Story Data' digunakan untuk memperbaiki ,menambah, menghapus (mengedit) grid.
 - b) 'Edit Story' digunakan untuk memperbaiki (mengedit) grid dalam arah Z (gravitasi).
 - c) 'Insert Story' digunakan untuk menambahkan jumlah grid dalam arah Z.
 - d) 'Delete Story' digunakan untuk menghapus/menghilangkan grid yang telah dibuat.

c. Menu view

- 1) 'Set 3D View' digunakan untuk mengatur tampilan model pada window yang diaktifkan dalam pandangan 3 dimensi.
- 2) 'Set Plan View' digunakan untuk mengatur tampilan denah/tingkat (gambar denah) dari model pada window yang diaktifkan dalam pandangan 2 dimensi.

- 3) 'Set Elevation View' digunakan untuk mengatur tampilan tampak (gambar potongan) dari model pada window yang diaktifkan dalam pandangan 2 dimensi.
- 4) 'Set Building View Option' digunakan untuk menyetting tampilan yang akan dikeluarkan/dilihat sesuai pilihan yang disediakan.
- 5) 'Change Axes Location' digunakan untuk mengubah/menggeser koordinat dasar/benchmark (X,Y,Z) ke posisi yang direncanakan.

d. Menu define

- 1) 'Material Properties' digunakan untuk memasukkan jenis material (baja, beton, atau material struktur lainnya) yang akan dipakai dalam perancangan termasuk data mengenai sifat mekanik bahan yang akan digunakan tersebut.
- 2) 'Frame Sections' digunakan untuk berbagai fungsi, yaitu: mengimpor potongan penampang/profil dari database yang tersedia, membuat potongan penampang/profil beserta dimensiannya, memeriksa kembali atau memodifikasi potongan penampang /profil, atau menghapus potongan penampang/profil yang ada.
- 3) 'Wall/Slab/Deck Sections' digunakan untuk berbagai fungsi, yaitu : membuat deck, lantai dan dinding, memodifikasi atau memeriksa kembali property yang sudah ada dan menghapus property yang sudah ada.
- 4) 'Diaphragms' digunakan untuk membuat, memodifikasi dan menghapus diafragma yang direncanakan.

- 5) 'Response Spectrum Functions' digunakan untuk beberapa fungsi, yaitu: mengakses fungsi repons spectrums sesuai peraturan, serta membuat, memodifikasi atau menghapus fungsi reaksi dari text file yang ada. Perintah ini digunakan untuk menganalisis struktur secara dinamik.
- 6) 'Time History Functions' digunakan untuk menentukan, membuat dan memodifikasi fungsi time histor yang akan digunakan untuk analisis dinamik.
- 7) 'Static Load Cases' digunakan untuk menentukan jenis pembebanan yang akan bekerja pada struktur yang direncanakan.
- 8) 'Response Spectrum Cases' digunakan untuk menentukan tipe respons spektrum yang akan digunakan sesuai dengan input data yang telah dibuat dengan perintah 'Response Spectrum Functions'.
- 9) 'Time History Cases' digunakan untuk menentukan tipe riwayat waktu gempa (time history) yang akan digunakan sesuai dengan input data yang telah dibuat dengan perintah 'Time History Functions'.
- 10) 'Load Combinations' digunakan untuk membuat tipe kombinasi pembebanan yang direncanakan.
- 11) 'Mass Source' digunakan untuk menentukan dan memodifikasi massas yang akan direncanakan pada model.

e. Menu draw

- 1) 'Select Object' digunakan untuk memilih objek yang diinginkan.
- 2) 'Reshape Object' digunakan untuk mengubah atau memindah objek yang diinginkan.

- 3) 'Draw Line Objects' digunakan untuk berbagai fungsi, yaitu:
 - a) 'Draw Lines' digunakan untuk menggambar frame yang direncanakan, caranya yaitu menghidupkan perintah 'draw lines', lalu klik kiri mouse pada joint awal yang diinginkan lalu lepaskan klik. Setelah itu gerakkan mouse ke joint, lalu klik kiri, dan seterusnya sampai pada joint terakhir klik kiri, lalu klik kanan untuk mengakhiri.
 - b) 'Create Lines in Region or at Clicks' digunakan juga untuk membuat frame yang direncanakan, caranya yaitu dengan menghidupkan perintah 'Create Lines in Region or at Clicks' lalu klik kiri mouse pada grid yang telah dibuat.
- 4) 'Draw Area Objects' digunakan untuk menggambar bidang/area. Ada beberapa menu untuk penggambaran bidang, yaitu:
 - a) 'Draw Areas' digunakan untuk menggambar semua bentuk bidang/area (persegi panjang, bujur sangkar, segitiga, lingkaran, atau polygon tak beraturan lainnya).
 - b) 'Draw Rectangular Areas' digunakan untuk menggambar bidang berbentuk bujur sangkar atau persegi panjang. Sebelum melakukan perintah di atas, tampilan window harus dalam dua dimensi, bias dalam 'Plan View (gambar denah)' atau 'Elevation View (gambar potongan)'.
 - c) 'Creates Areas at Click' digunakan juga untuk membuat bidang/area. Caranya yaitu dengan klik kiri pada mouse pada bidang yang telah

dibuat gridnya. Sebelum melakukan perintah di atas, tampilan window harus dalam dua dimensi.

- 5) 'Snap To' untuk menggambar/mengedit objek dengan tepat dan cepat
 - a) 'Grid Intersection and Points' digunakan untuk mengedit pertemuan titik dan grid pada sistem koordinat yang sama atau sistem grid yang sama.
 - b) 'Intersections' digunakan untuk mengedit pertemuan antara garis dengan garis lainnya, dan antara ujung/tepi yang satu dengan ujung/tepi lainnya.

f. Menu select

- 1) 'at Pointer/in Window' digunakan untuk memilih objek dengan pointer. Sebelum perintah ini dihidupkan window yang dipilih harus diaktifkan dahulu.
- 2) 'Intersecting Line' digunakan untuk memilih objek dengan cara menarik garis (menggunakan mouse) pada objek tersebut.
- 3) 'by Frame Sections' digunakan untuk memilih objek yang berbentuk frame sajah (penampang/profil).
- 4) 'by Wall/Slab/Deck Sections' digunakan untuk memilih objek yang berbentuk bidang/area (dinding, lantai, dan deck).
- 5) 'All' digunakan untuk memilih semua objek yang telah dibuat.
- 6) 'Deselect' digunakan mengembalikan objek dari perintah 'select' (memilih objek) ke posisi tidak memilih. Perintah tidak memilih dapat

digunakan sesuai pilihan yang diinginkan (bisa tidak memilih semua objek atau juga tidak memilih objek tertentu).

- 7) 'Get Previous Selection' digunakan untuk mengembalikan atau mengulang objek yang telah dipilih namun telah diedit dengan perintah 'deselect' atau 'clear selection'.
- 8) 'Clear Selection' digunakan untuk mengembalikan objek dari perintah 'select' (memilih objek) ke posisi tidak memilih sama sekali.

g. Menu assign

- 1) 'Joint/Point' digunakan untuk mengedit titik objek atau titik pertemuan (joint).
 - a) 'Diaphragms' digunakan untuk menentukan tipe diafragma yang telah dibuat sebelumnya.
 - b) 'Restraints (Supports)' digunakan untuk menentukan derajat kebebasan pada objek yang dipilih (titik, rol, sendi atau jepit).
- 2) 'Frame/Line' digunakan untuk mengedit frame atau garis.
 - a) 'Frame Sections' digunakan untuk menentukan property potongan penampang/profil pada objek frame.
 - b) 'Frame Output Stations' digunakan untuk mengedit hasil output (tabel) yang akan dikeluarkan. Untuk melihat gaya, reaksi, momen, dan torsi yang pokok/utama saja.
 - c) 'Local Axes' digunakan untuk mengedit/mengubah arah koordinat sumbu lokal pada objek yang direncanakan.

- 3) 'Shell/Area' digunakan untuk mengedit dan memodifikasi objek yang berbentuk karea/bidang.
 - a) 'Wall/Slab/Deck Section' digunakan untuk mengedit dinding, lantai dan dek.
 - b) 'Diapragms' digunakan untuk menentukan tipe diafragma yang telah ditetapkan sebelumnya.
 - c) 'Local Axes' digunakan untuk mengedit penempatan arah sumbu lokal pada objek bidang yang dipilih.
- 4) 'Joint/Point Loads' digunakan untuk mengedit pembebanan pada suatu joint atau padaksuatu titik.
 - a) 'Force' digunakan untuk menentukan besar gaya atau momen pada suatu titik pertemuan (joint) atau pada suatu titik (point).
- 5) 'Frame/Line Loads' digunakannuntuk mengedit pembebanan pada suatu frame.
 - a) 'Point' digunakan untuk menentukanjbeban terpusat pada frame.
 - b) 'Distributed' digunakan untuk menentukannbeban terbagi merata pada frame.
- 6) 'Shell/Area Loads' digunakan untuk mengeditnpembebanan pada bidang (dinding, lantai atau dek).
 - a) 'Uniform' digunakan untuk menentukanhbeban terbagi merata pada bidanggyang dipilih.

h. Menu analyze

- 1) 'Set Analys Options' digunakan untuk menyetting analisis yang akan digunakan pada model yang telah direncanakan.
- 2) 'Check Model' digunakan untuk mengecek kembali model yang telah dibuat sebelum 'running analysis' dijalankan.
- 3) 'Run Analysis' digunakan untuk menjalankan analisis pada model yang telah direncanakan.

i. Menu display

- 1) 'Show Underformed Shape' digunakan untuk menampilkan model pada bentuk yang beraturan.
- 2) 'Show Loads' digunakan untuk menampilkan nilai pembebanan.
 - a) 'Joint/Point' digunakan untuk menampilkan beban pada titik pertemuan (joint) atau pada titik (point).
 - b) 'Frame/Line' digunakan untuk menampilkan beban pada frame atau garis.
 - c) 'Shell/Area' digunakan untuk menampilkan beban pada bidang.
- 3) 'Show Deformed Shape' digunakan untuk menampilkan model dengan bentuk yang tidak beraturan.
- 4) 'Show Mode Shape' digunakan untuk menampilkan model sesuai mode yang dipilih.
- 5) 'Show Member Forces/Stress Diagram'
 - a) 'Support/Spring Reactions' digunakan untuk menampilkan gaya-gaya yang terjadi pada fondasi.

- b) 'Frame/Pier/Spandrel Forces' digunakan untuk menampilkan gaya-gaya pada frame/pier/spandrel.
- 6) 'Show Tables' digunakan untuk menampilkan tabel sesuai output pilihan yang disediakan.

j. Menu design

- 1) 'Steel Frame Design'
 - a) 'Select Design Combo' digunakan untuk mengedit/mengaktifkan kombinasi pembebanan yang telah dibuat.
 - b) 'Start Design/Check of Structure' digunakan untuk memeriksa struktur yang telah dianalisis.
- 2) 'Concrete Frame Design'
 - a) 'Select Design Combo' digunakan untuk mengedit/mengaktifkan kombinasi pembebanan yang telah dibuat.
 - b) 'Start Design/Check of Structure' digunakan untuk memeriksa struktur yang telah dianalisis.

k. Menu option

- 1) 'Preferences'
 - a) 'Steel Frame Design' digunakan untuk menyetting desain frame baja.
 - b) 'Concrete Frame Design' digunakan untuk menyetting desain frame beton
 - c) 'Reinforcement Bar Sizes' digunakan untuk menyetting/membuat desain tulangan beton.

d) 'Live Load Reduction' digunakan untuk menyetting koefisien reduksi beban hidup.

2) 'Colors'

a) 'Display' digunakan untuk menyetting warna-warna pada objek yang direncanakan (balok, kolom, lantai, dinding, Background dan lainnya).

b) 'Output' digunakan untuk menyetting warna output yang akan ditampilkan.

c) 'Window'

3) 'Window'

a) 'One' digunakan untuk menampilkan model dalam satu tampilan window.

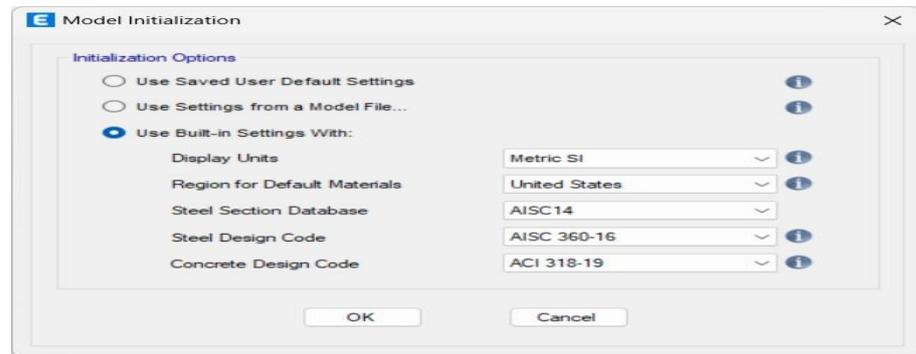
b) 'wo Tiled Vertically' digunakan untuk menampilkan model dalam dua tampilan window dalam arah vertikal.

4) 'Lock Model' digunakan untuk mengunci model atau membukanya kembali.

3. Langkah langkah kerja ETABS

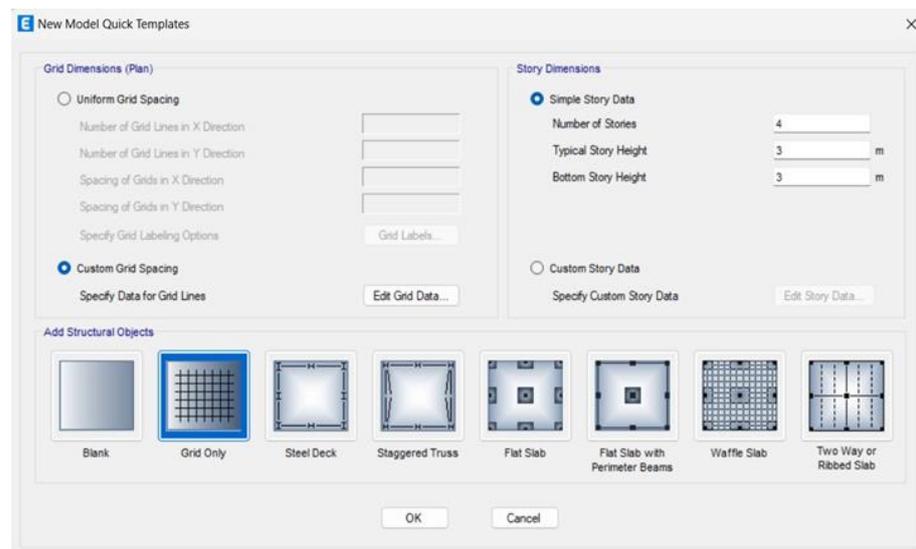
a. Menentukan model

1) Klik *Use Built-in Setting With* kemudian *Steel Section Database* dan pilih AISC14, kemudian *Steel Design Code* dan pilih AISC360-16, kemudian *Concrete Design Code* dan pilih ACI 318-19 seperti gambar berikut



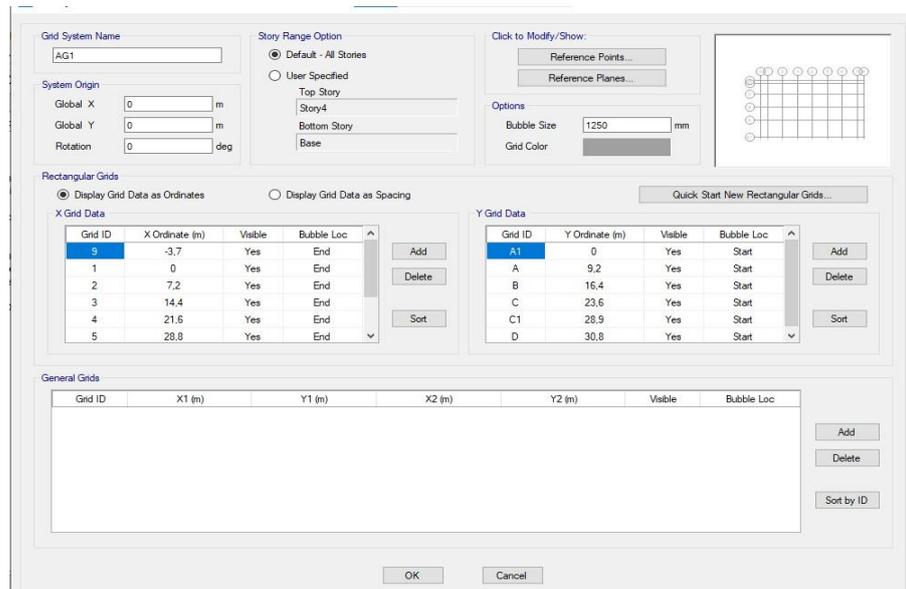
Gambar 2. 13 Model Initiation

- 2) Setelah klik ok lalu klik *Costum Grid Spacing* setelah itu lalu klik *Edit Grid Data* dan pilih *Grid only*



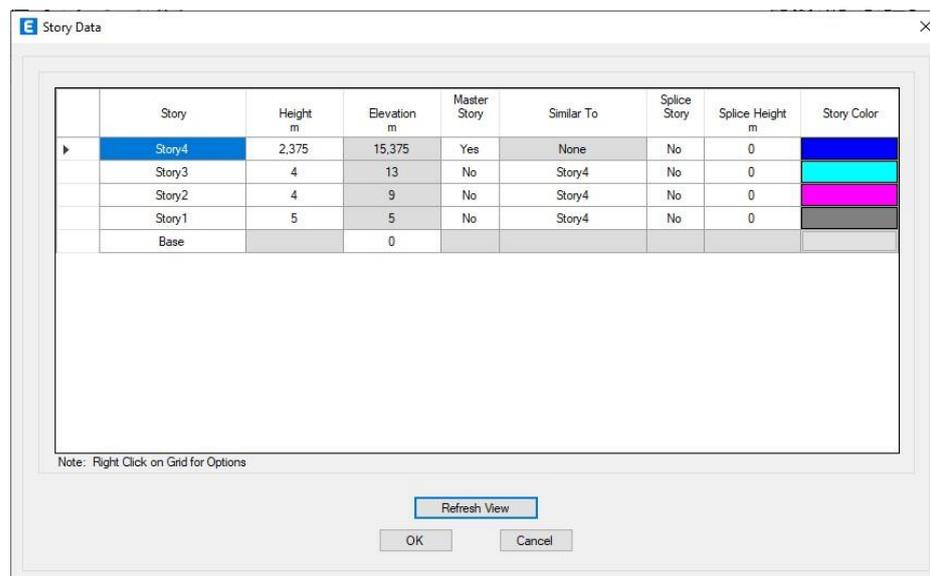
Gambar 2. 14 New Model Quick Templates

- 3) Setelah itu maka muncul tampilan seperti di bawah ini, lalu klik *Display Grid Data as Spacing* untuk melakukan pengaturan koordinat dan untuk nilai arah X yaitu (-3,7) , (0,0) , (7,2) , (14,4) ,(21,6) , (28,8) dan untuk arah Y nilainya yaitu (0,0) , (9,2) , (16,4) , (23,6) , (28,9) , (30,8) setelah memasukkan nilainya maka klik OK



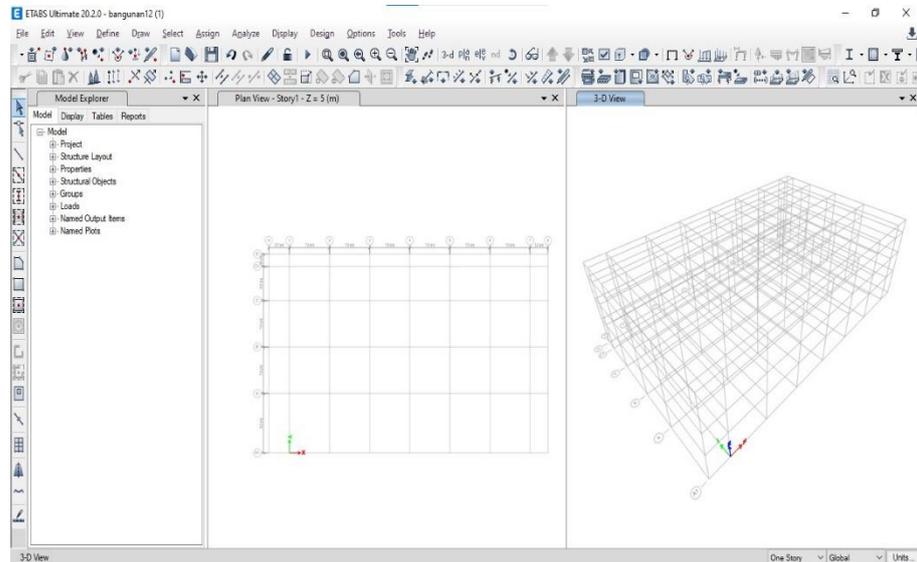
Gambar 2. 15 Grid Sistem

- 4) Kemudian klik *Costum Story Data* lalu *Edit Story Data*, selanjutnya masukkan jumlah koordinat dan jumlah tingkat yaitu LT1 5,0, LT2 4,0, LT3 4,0 dan RoofTop/Atap 2,375. Setelah sesuai dengan pemodelan yang dilakukan.



Gambar 2. 16 Story Data

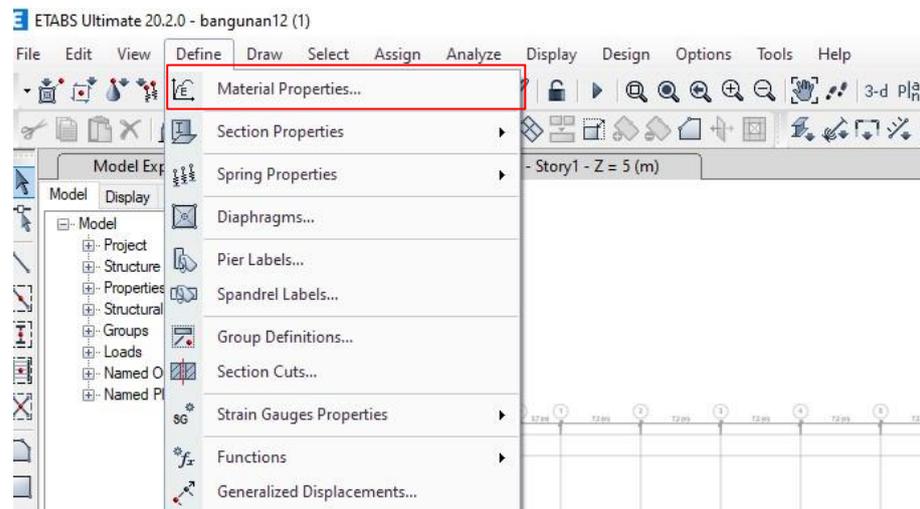
5) Setelah klik ok maka akan muncul seperti tampilan di bawah



Gambar 2. 17 Tampilan Grid

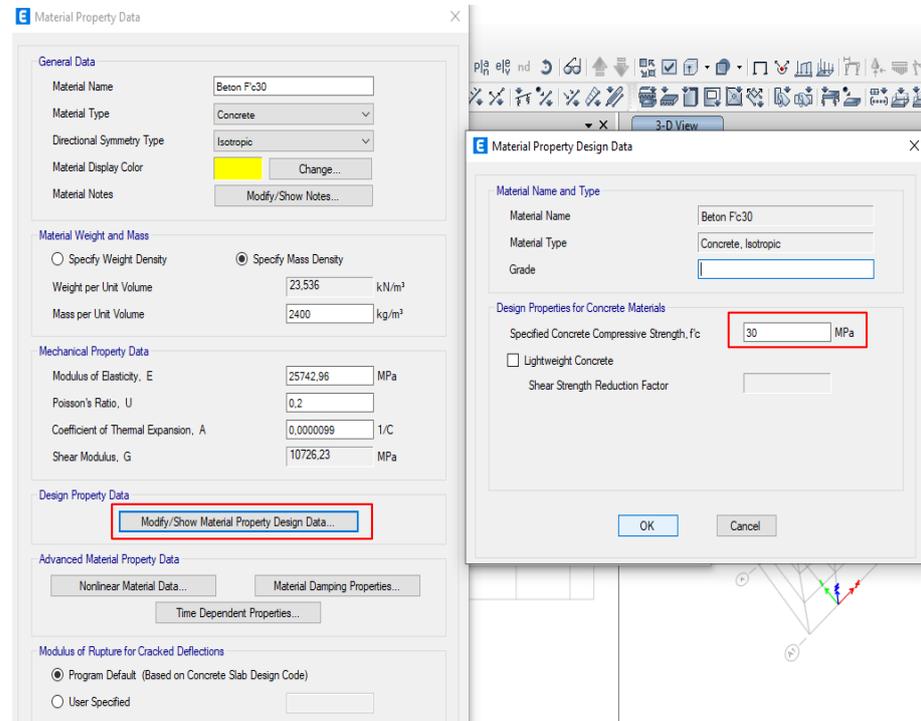
b. Penentuan material properti

1) Klik Define kemudian klik material properties



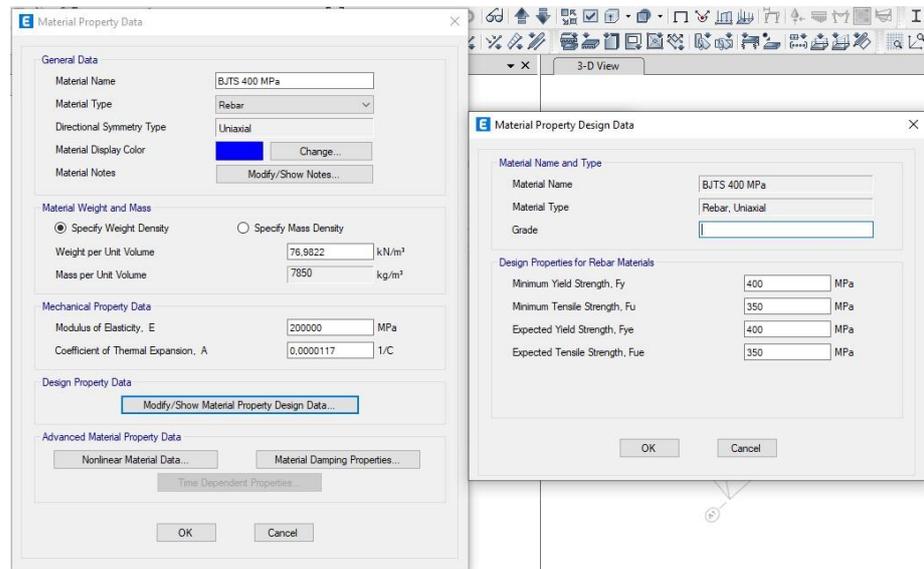
Gambar 2. 18 Material Properti

- 2) Klik *Add New Material* kemudian *Klik Material Type* dan pilih concrete Klik **OK**



Gambar 2. 19 Material Propertis Data Beton

- 3) Kemudian klik *Modif/Show Material property Design Data* kemudian isi di bagian *specified concrete compressive strength, f_c* sebesar 30 MPa
- 4) Setelah itu klik *Modify/ Show Material Property* lalu pilih nama material BJTS 420 MPa, kemudian masukkan data pada *Minimum Yield Strength F_y* 420 MPa, *Minimum Tesile Strength F_u* yaitu 350 MPa, *Expected Strength F_{ye}* yaitu 420 MPa, *Expected Tensile Strength F_{ue}* yaitu 350 MPa seperti gambar dibawah ini. Kemudian Klik Ok jika selesai

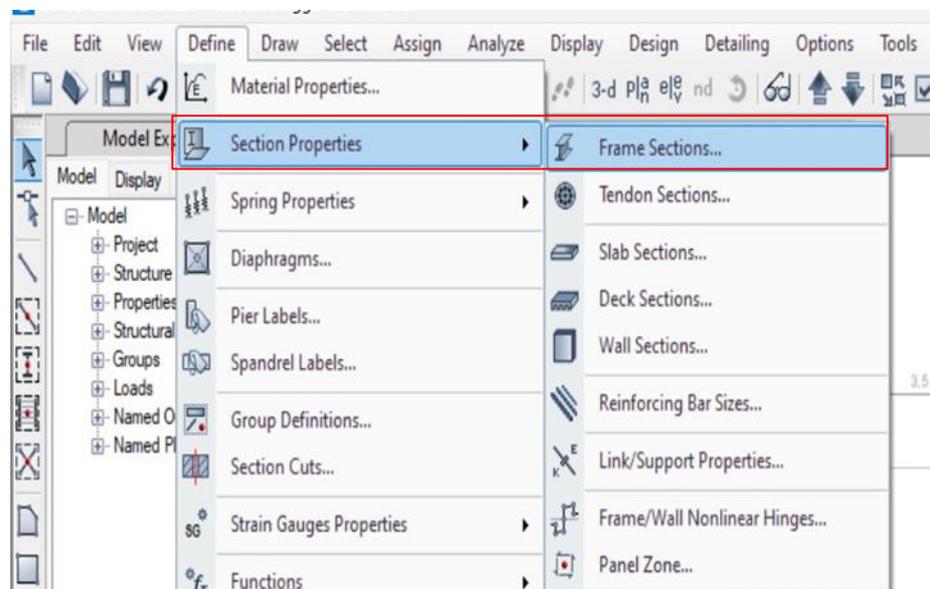


Gambar 2. 20 Materil Propertis data Baja

c. Penentuan Dimensi kolom ,balok dan plat lantai

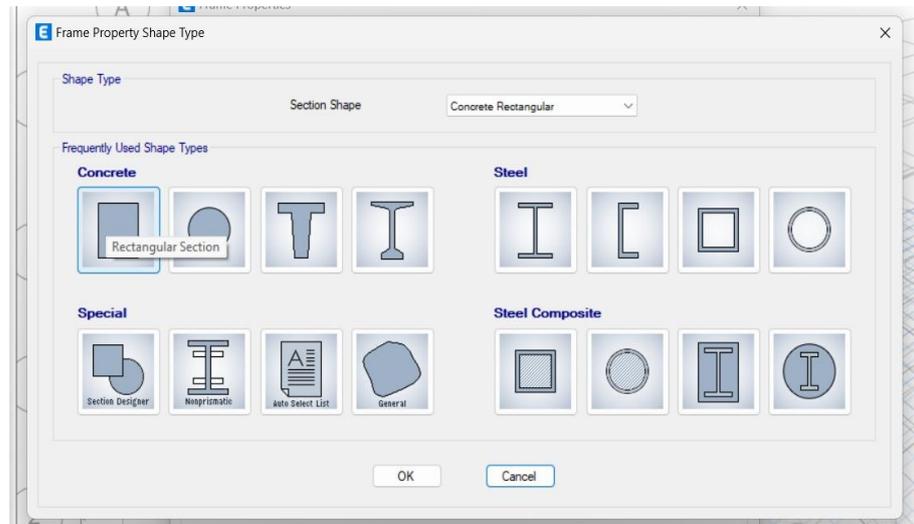
1) kolom

a) Klik Define kemudian klik section properties, Klik Frame Section



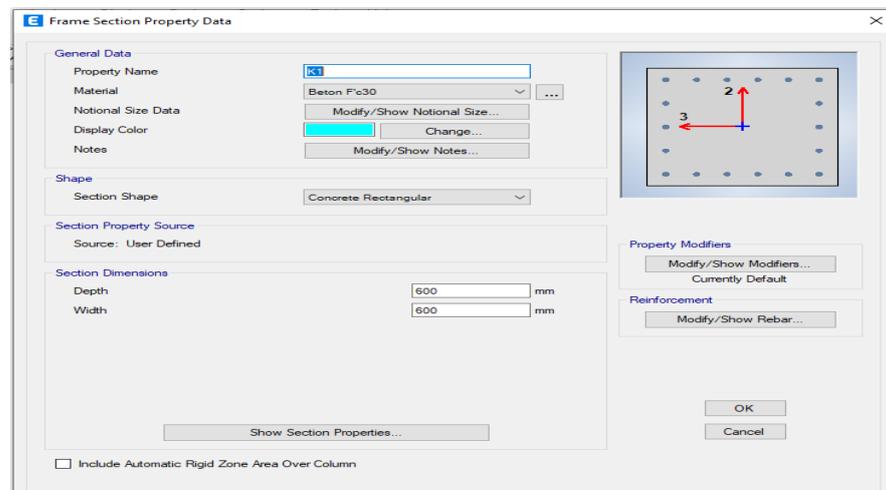
Gambar 2. 21 Frame Section

b) Klik *Add New Properti* kemudian Klik *Section Shape* dan pilih *Concrete Rectangular* Klik **OK**



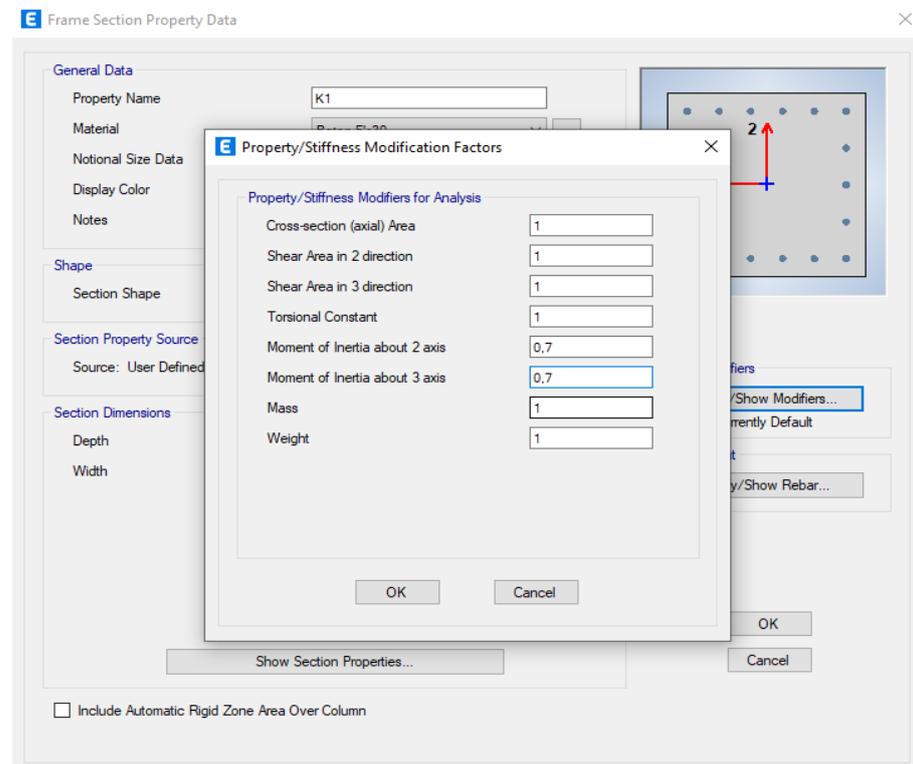
Gambar 2. 22 Frame Property Shape Type

- c) Kemudian pilih bentuk yang diinginkan dan klik OK
- d) Tentukan dimensi dan material dari balok atau kolom yang akan digunakan di *Property Name* dan pilih KOLOM 60/60 CM untuk menentukan ukuran tulangan masukkan data pada *Section Dimension*, *Depth* 600 mm dan *Width* 600 mm dan untuk menentukan jenis frame yang digunakan dengan cara klik *Modify/Show Modifiers*



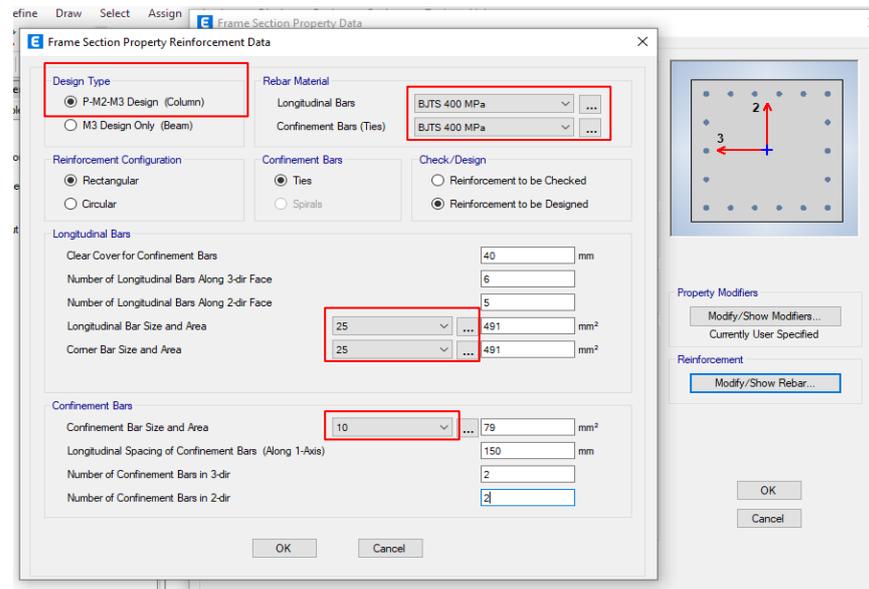
Gambar 2. 23 Frame Section Property Data

- e) Setelah itu maka akan tampil seperti gambar dibawah ini, lalu masukkan data di *moment of inertia about 2 axis* yaitu 0,7 dan *moment of inertia about 3 axis* yaitu 0,7 lalu klik OK



Gambar 2. 24 Stiffness Modification Factors

- f) Tentukan kebutuhan tulangan yang digunakan dan memilih *Design Type* yaitu *P-M2-M3 design column* kemudian tentukan material tulangan yang akan digunakan pada *Rebar Material* yaitu BJTS 400 MPa dan lalu klik OK

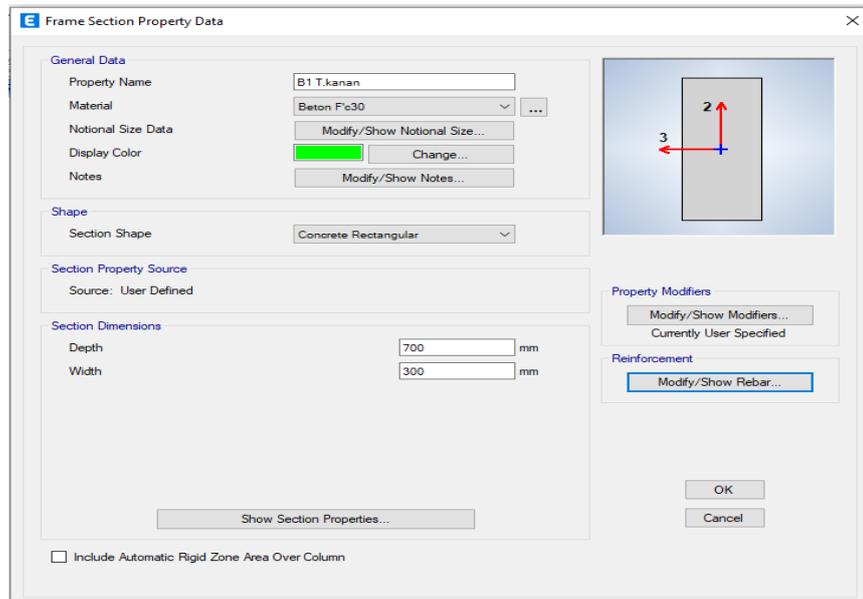


Gambar 2. 25 Property Reinforcement Data

g) Setelah itu klik *Show Section Properties* lalu OK.

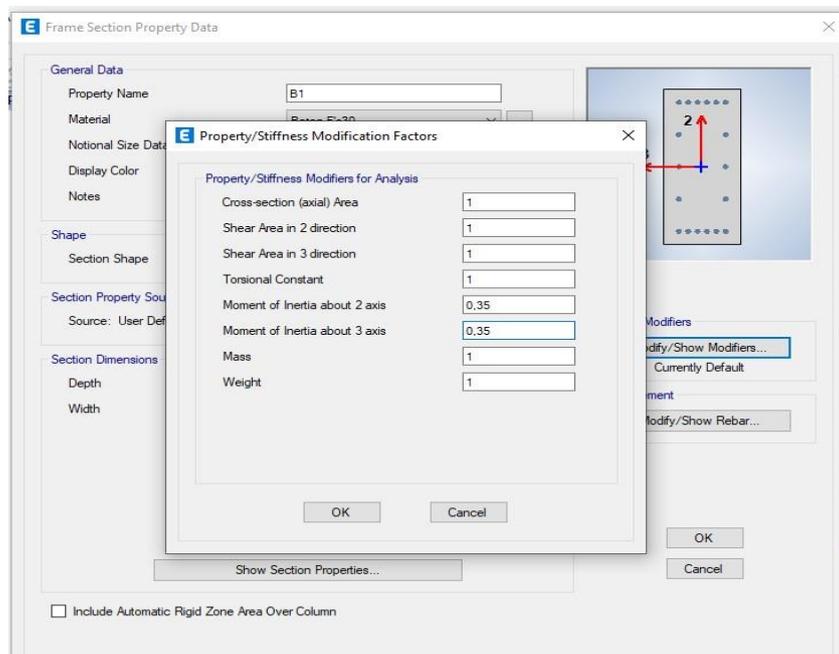
2) Balok

a) Tentukan dimensi dan material dari balok atau kolom yang akan digunakan di *Property Name* dan pilih B1 T. Kanan 60/60 CM untuk menentukan ukuran tulangan masukkan data pada *Section Dimension*, *Depth* 700 mm dan *Width* 300 mm dan untuk menentukan jenis frame yang digunakan dengan cara klik *Modify/Show Modifiers*



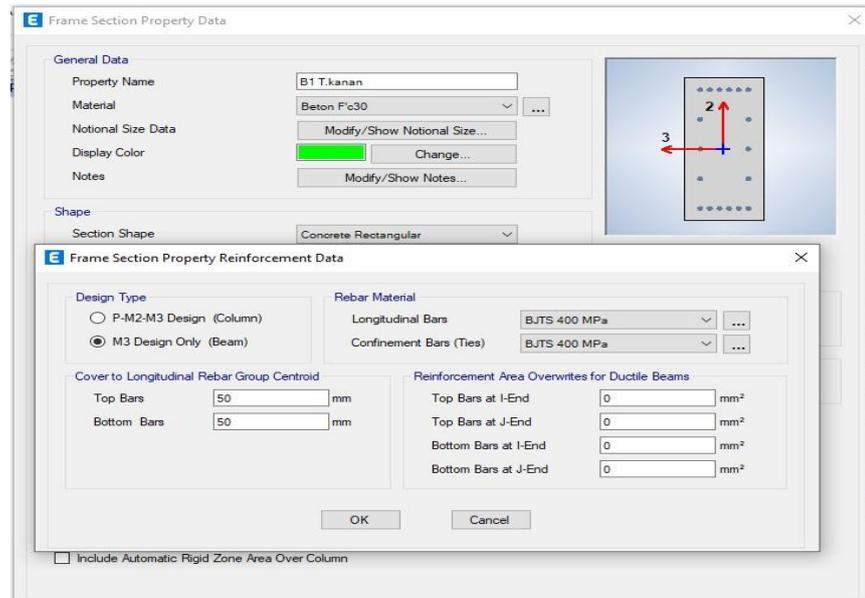
Gambar 2. 26 Frame section Property Data

- b) Setelah itu maka akan tampil seperti gambar dibawah ini, lalu masukkan data di *moment of inertia about 2 axis* yaitu 0,35 dan *moment of inertia about 3 axis* yaitu 0,35 lalu klik OK



Gambar 2. 27 Stiffness Modification Factors

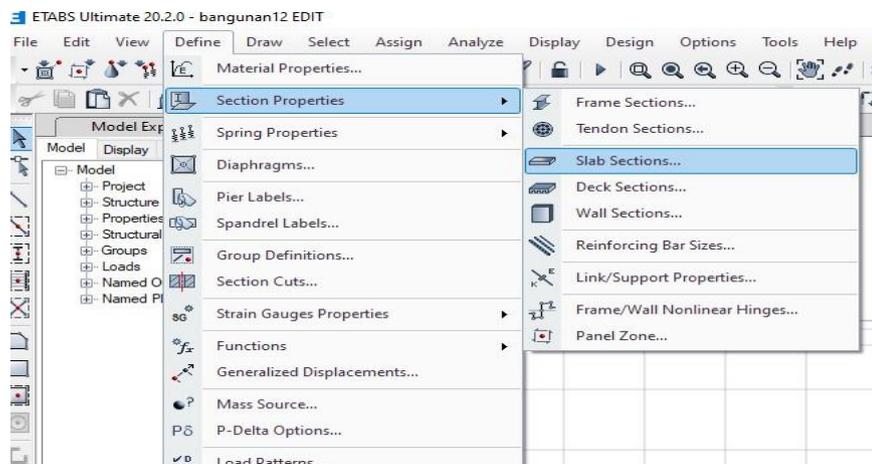
- c) Tentukan kebutuhan tulangan dan selimut beton yang digunakan dan memilih *Design Type* yaitu *M3 Design Only design Beam* kemudian tentukan material tulangan yang akan digunakan pada *Rebar Material* yaitu BJTS 400 MPa dan lalu klik OK



Gambar 2. 28 Property Reinforcement Data

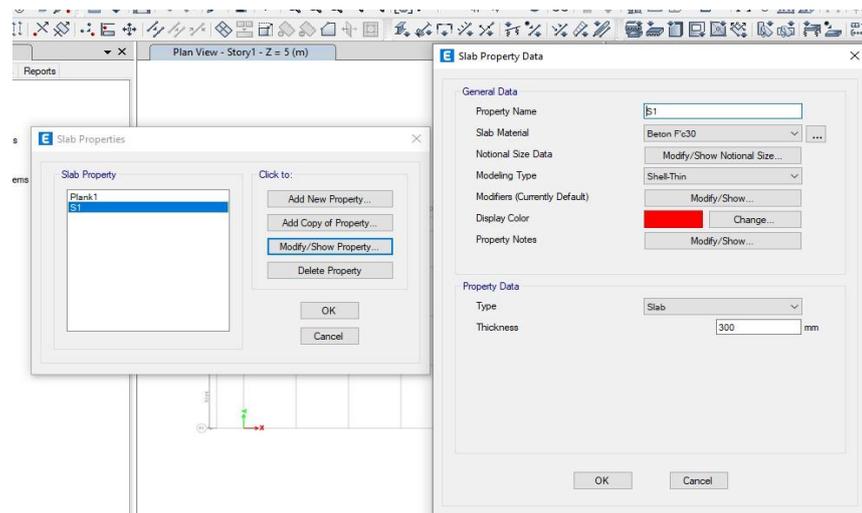
3) Lantai

- a) Klik Define kemudian klik section properties, Klik Slab Sections



Gambar 2. 29 Slab Sections

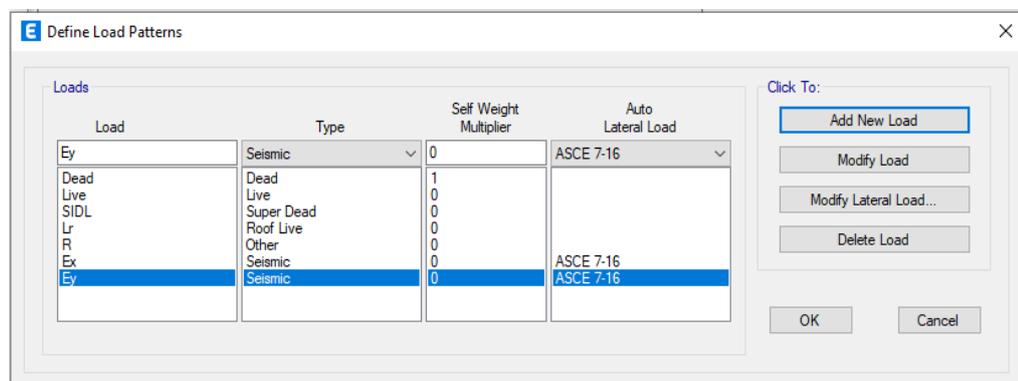
- b) Klik slab 1 *Modify/Show Property* kemudian ganti *Property name* menjadi S1 dan *slab material* Beton Fc30 untuk *Thickness* atau tebal plat kita isi 300 lalu klik OK.



Gambar 2. 30 Slab Propety

d. Mendefisikan kasus pembebanan

Pertama-tama akan didefinisikan terlebih dahulu 2 kasus pembebanan dasar yaitu "DEAD" dan "LIVE" dan satu lagi kasus pembebanannya yaitu "SUPERDL" Serta pembebanan gempa "Seismic" akan dipakai untuk mendefinisikan beban mati diluar beban struktur sendiri dan dinding.



Gambar 2. 31 Define Load Palettes

e. Pendefinisian beban gempa

Beban gempa terbagi menjadi dua yaitu beban gempa yang terjadi pada sumbu X dan beban gempa yang terjadi pada sumbu Y. Kedua beban gempa ini perlu didefinisikan berdasarkan nilai-nilai parameter seismik gempa yang sudah ditentukan sebelumnya. Pendefinisian beban gempa dapat dilihat pada gambar berikut:

The screenshot shows the 'ASCE 7-16 Seismic Loading' dialog box with the following settings:

- Direction and Eccentricity:**
 - X Dir
 - X Dir + Eccentricity
 - X Dir - Eccentricity
 - Y Dir
 - Y Dir + Eccentricity
 - Y Dir - Eccentricity
 - Ecc. Ratio (All Diaph.): 0.05
 - Overwrite Eccentricities: Overwrite...
- Time Period:**
 - Approximate
 - Program Calculated
 - User Defined
 - Ct (ft), x = []
 - Ct (ft), y = 0.016; 0.9
 - T = [] sec
- Story Range:**
 - Top Story for Seismic Loads: Story4
 - Bottom Story for Seismic Loads: Base
- Seismic Coefficients:**
 - 0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 0.6019
 - 1 Sec Spectral Accel, S1: 0.2005
 - Long-Period Transition Period: 8
 - Site Class: C
 - Site Coefficient, Fa: 1.25924
 - Site Coefficient, Fv: 1.5
 - Calculated Coefficients:
 - SDS = (2/3) * Fa * Ss: 0.5053
 - SD1 = (2/3) * Fv * S1: 0.2005
- Factors:**
 - Response Modification, R: 8
 - System Overstrength, Omega: 3
 - Deflection Amplification, Cd: 5.5
 - Occupancy Importance, I: 1

Gambar 2. 32 ASCE 7-16 Sesmic Loading X

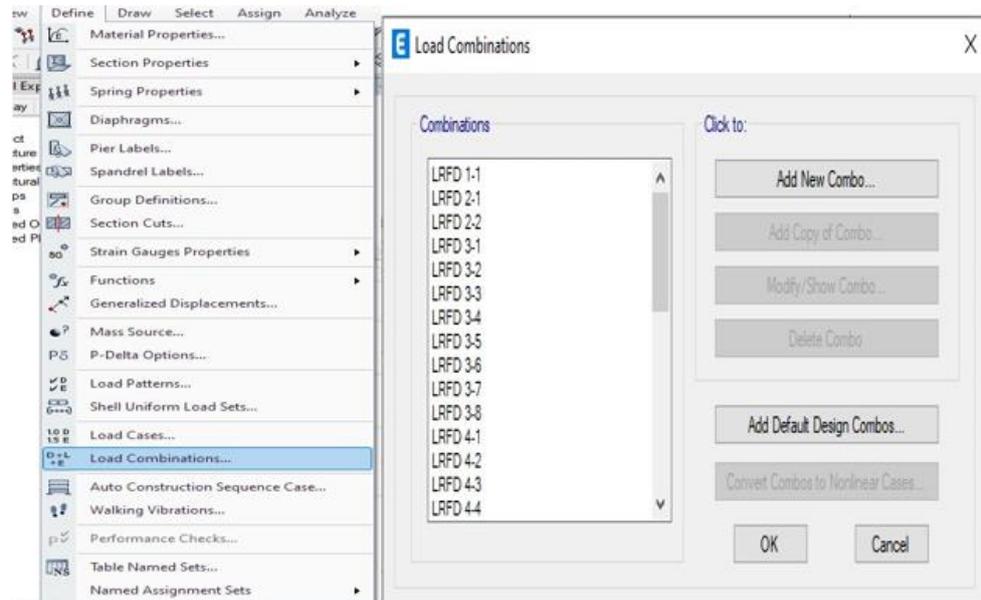
The screenshot shows the 'ASCE 7-16 Seismic Loading' dialog box with the following settings:

- Direction and Eccentricity:**
 - X Dir
 - X Dir + Eccentricity
 - X Dir - Eccentricity
 - Y Dir
 - Y Dir + Eccentricity
 - Y Dir - Eccentricity
 - Ecc. Ratio (All Diaph.): 0.05
 - Overwrite Eccentricities: Overwrite...
- Time Period:**
 - Approximate
 - Program Calculated
 - User Defined
 - Ct (ft), x = []
 - Ct (ft), y = 0.016; 0.9
 - T = [] sec
- Story Range:**
 - Top Story for Seismic Loads: Story4
 - Bottom Story for Seismic Loads: Base
- Seismic Coefficients:**
 - 0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 0.6019
 - 1 Sec Spectral Accel, S1: 0.2005
 - Long-Period Transition Period: 8
 - Site Class: C
 - Site Coefficient, Fa: 1.25924
 - Site Coefficient, Fv: 1.5
 - Calculated Coefficients:
 - SDS = (2/3) * Fa * Ss: 0.5053
 - SD1 = (2/3) * Fv * S1: 0.2005
- Factors:**
 - Response Modification, R: 8
 - System Overstrength, Omega: 3
 - Deflection Amplification, Cd: 5.5
 - Occupancy Importance, I: 1

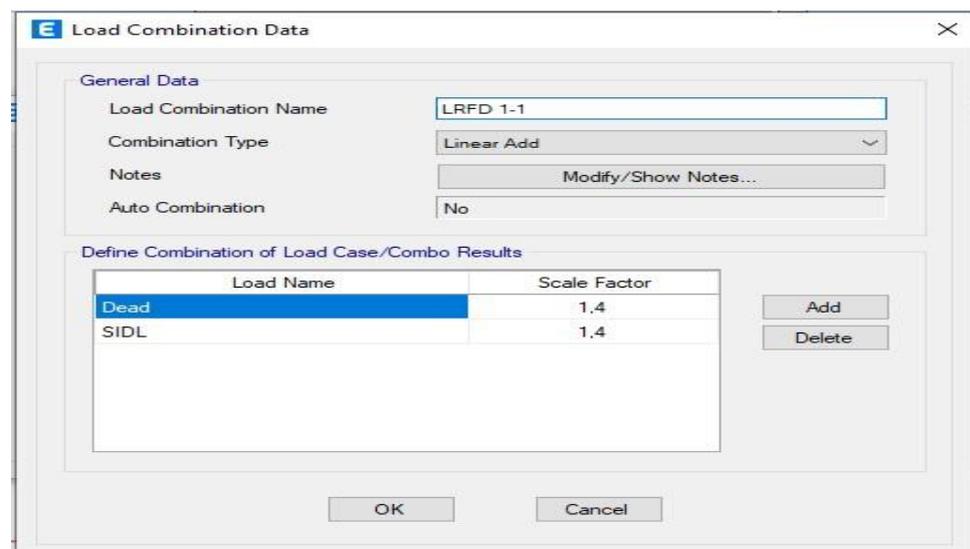
Gambar 2. 33 ASCE 7-16 Sesmic Loading Y

f. Kombinasi pembebanan

Nilai-nilai kombinasi pembebanan yang akan digunakan dimasukkan ke dalam program. Kombinasi pembebanan ini akan digunakan program untuk menganalisa apakah struktur sudah kuat untuk menahan beban-beban yang akan terjadi.



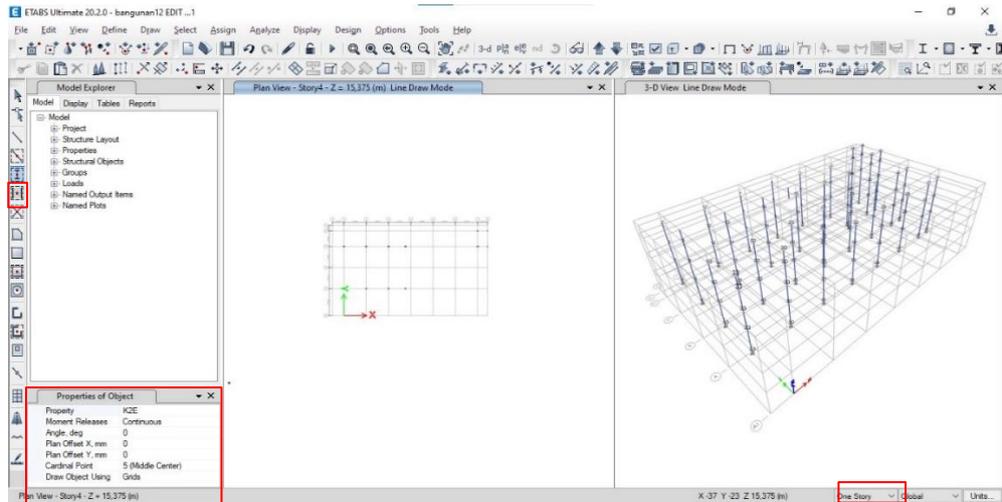
Gambar 2. 34 Load Combinations



Gambar 2. 35 Load Combination Data

g. Menggambar objek kolom

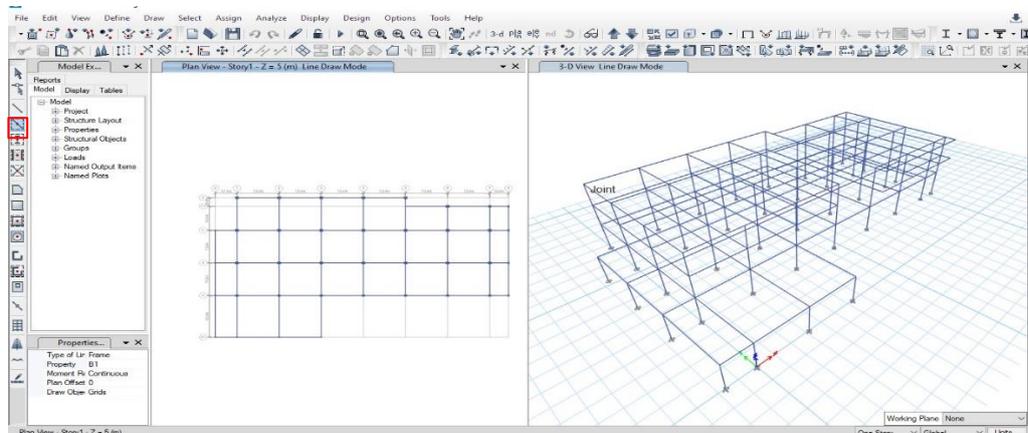
pilih *one story* jika kolom tidak beraturan jadi kolom di gambarkan 1 persatu, namun jika kolom beraturan dan jenis kolomnya sama kita bisa menggunakan *all story* pada pojok kanan bawah, lalu klik *quick draw columns*.



Gambar 2. 36 menggambar objek kolom

h. Menggambar objek balok

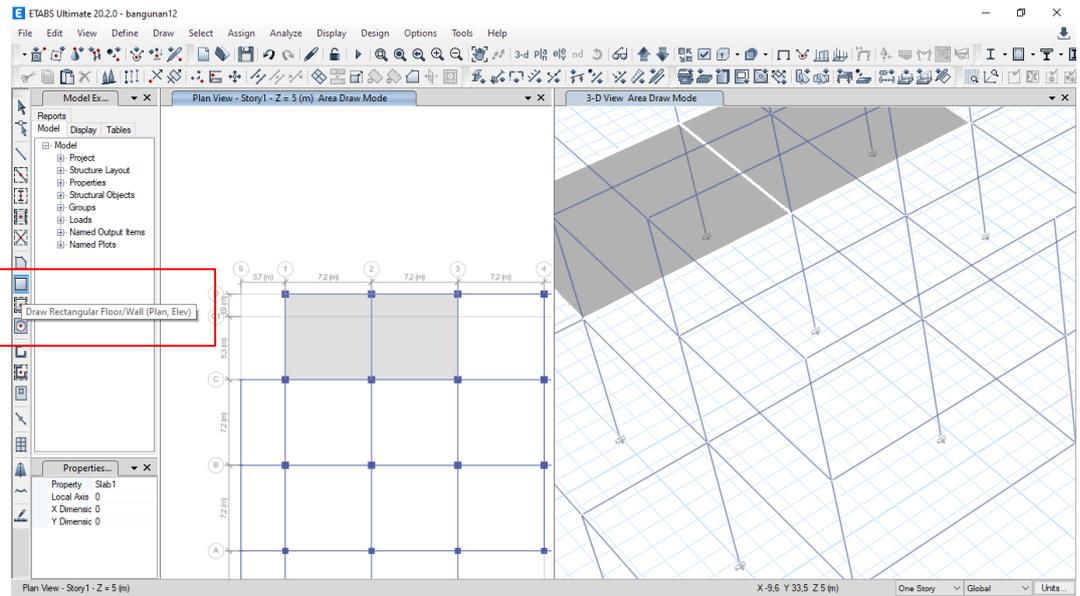
Prosedur menambahkan balok sama dengan menambahkan kolom seperti di jelaskan pada bagian sebelumnya. Bedanya berada pada bagian *quick draw beams*.



Gambar 2. 37 Menggambar objek Balok

i. Menggambar pelat lantai

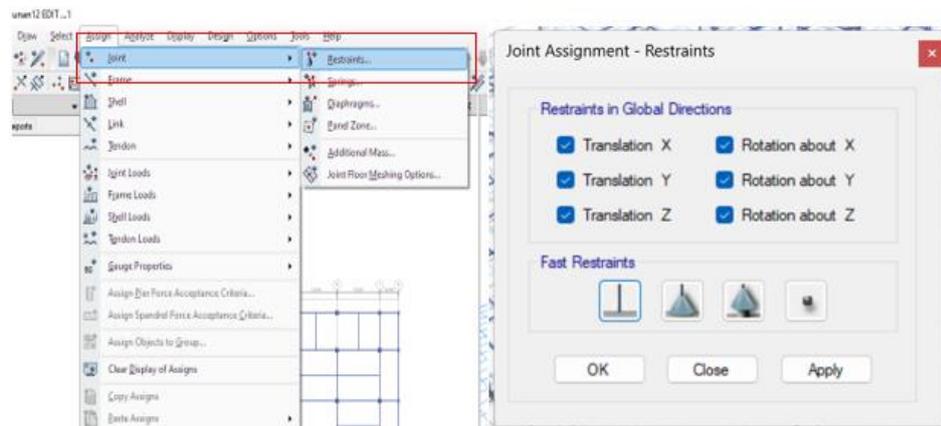
Penampang plat akan di tempatkan ke seluruh lantai dengan menggunakan *Draw Rectangular Floor*. Dengan menggambar satu persatu.



Gambar 2. 38 Menggambar Pelat Lantai

j. Menentukan kekangan

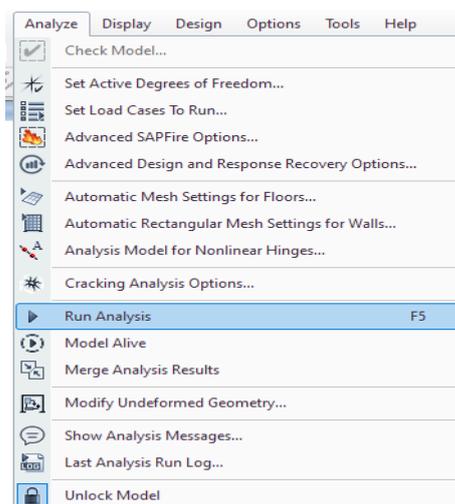
Untuk jenis perletakan digunakan jenis tumpuan jepit yang diaplikasikan pada lantai dasar, dikarenakan jenis tumpuan perletakan ini dapat menahan gaya vertikal, gaya horizontal dan menahan momen.



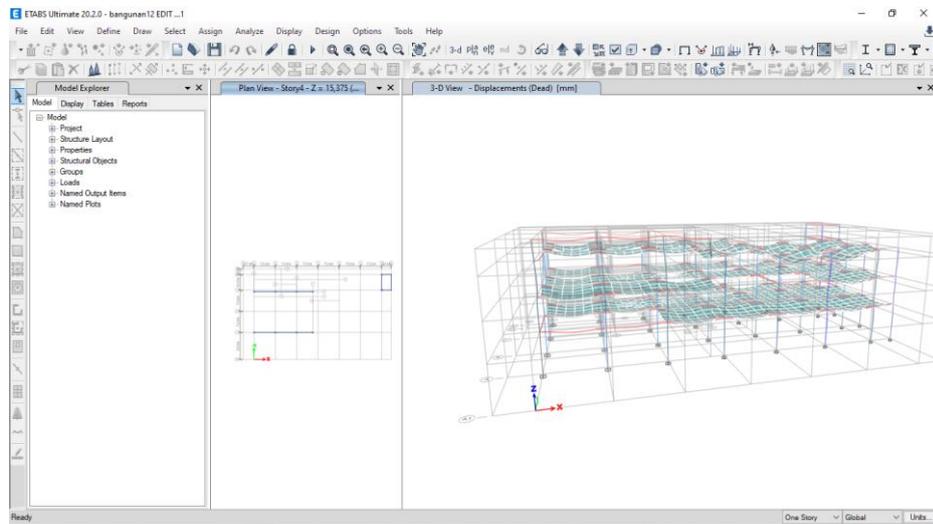
Gambar 2. 39 Menentukan Perletakan

k. Menjalankan program analisis

Klik pada tool bar atau bukaamenu Analyze > Run Analysis, klik Run Analysis dan tunggu sampai ETABS menampilkan "ANALYSIS COMPLETE" dan ETABS akan secara otomatis menutup jendela "Analyzing, Please Wait" dan kembali ke layar utama dimana jendela 3D View menampilkan bentuk deformed dari model.

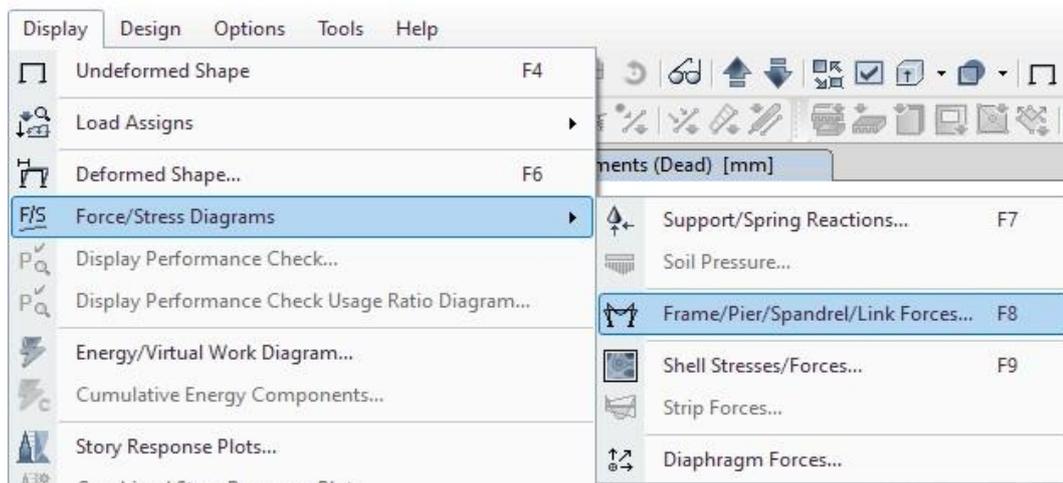


Gambar 2. 40 Run Analisis

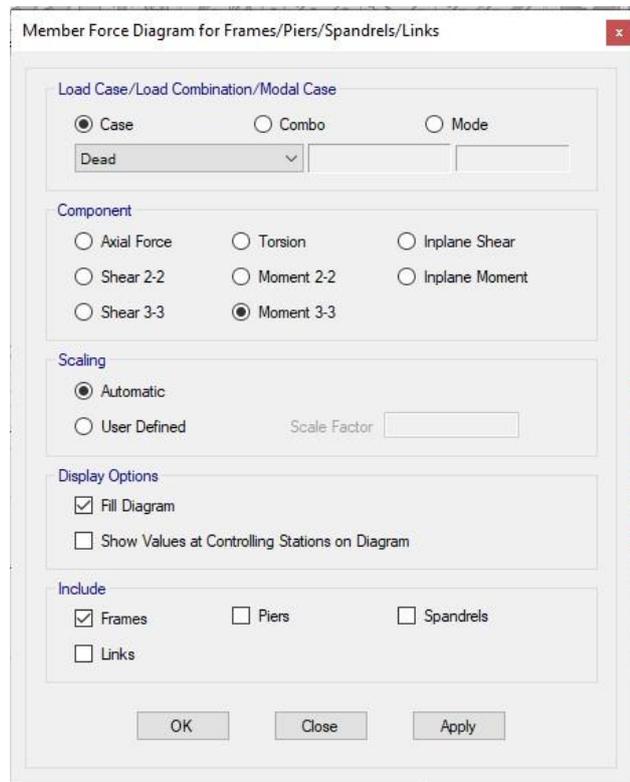


Gambar 2. 41 Tampilan Gambar Setelah Analisis

Hasil analisis dapat ditampilkan memilih menu Display > Show Member Forces/Stress Diagram. Pilih kasus pembebanan dari menu drop-down, pilih "Component" (shear, moment atau torsion) dan pilih "Fill Diagram".



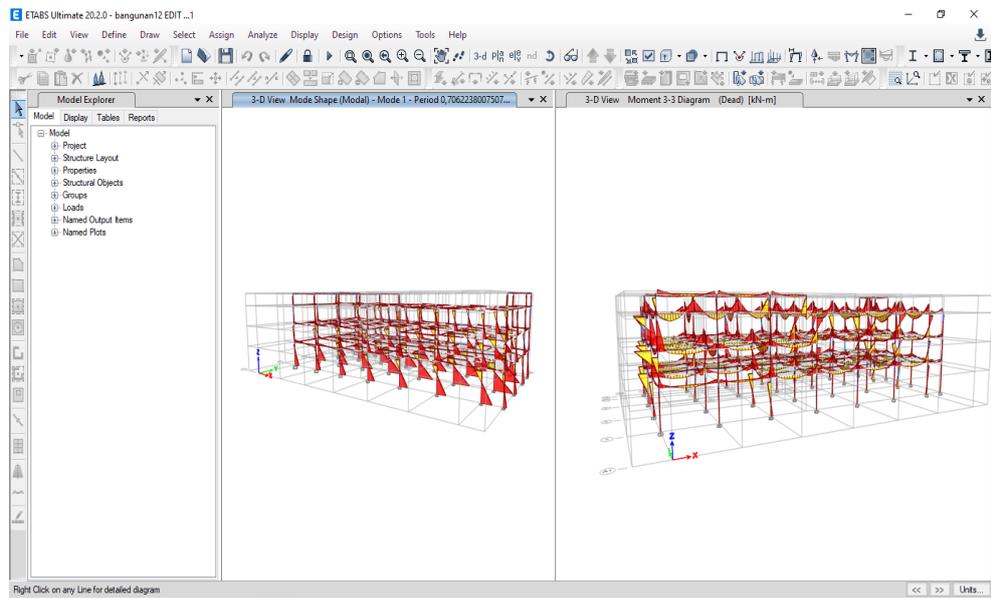
Gambar 2. 42 Freme/pier/spandrel/link



Gambar 2. 43 Member force diagram

1. Diagram momen

Sekarang diagrammomen (3-3) ditampilkan dengan momen positif digambar disisi tarik. Untuk menampilkan diagram momen positif di sisi tekan, buka menun Options dan kotak yang ada di sebelah sebelah kiri Moment Diagrams on Tension Side dikosongkan.klik kanan pada balok di antara garis As A dan B pada taraf plat lantai atap untuk menampilkan hasil analisis secara detail.



Gambar 2. 44 Tampilan Diagram Pada struktur

(Marwahyudi 2017)

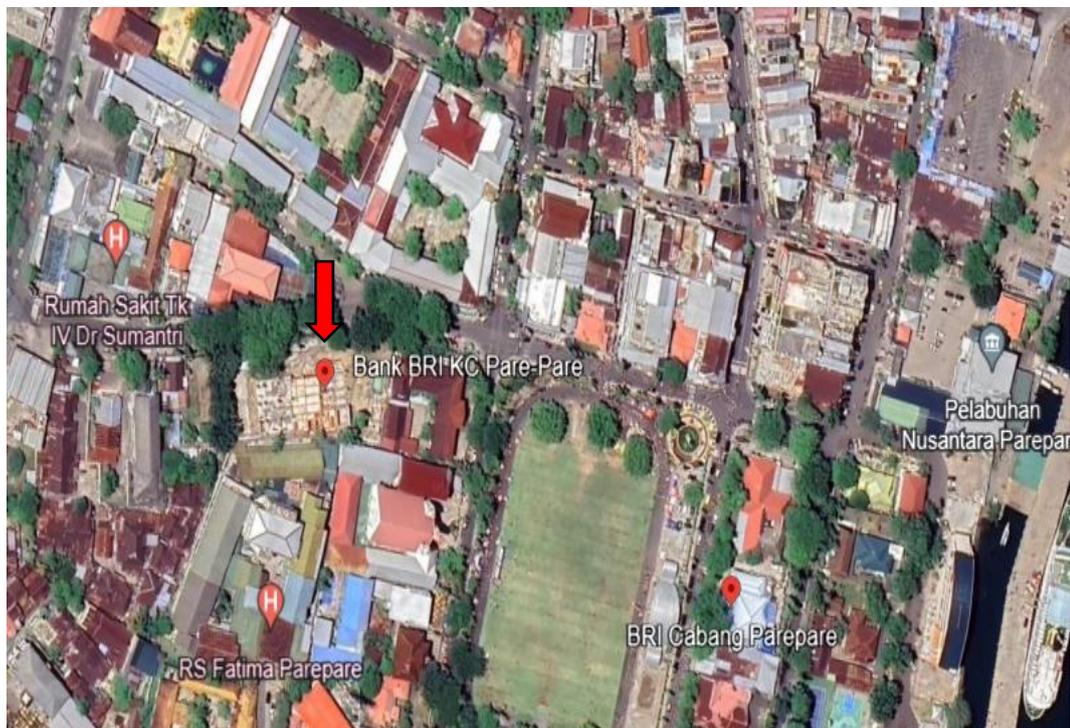
BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu

1. Lokasi Penelitian

Tempat lokasi penelitian dilaksanakan pada Pembangunan gedung kantor cabang BRI Jl. Karaeng Burane No.5, Mallusetasi, Kec. Ujung, Kota Parepare, Sulawesi Selatan 91212 Indonesia Pada Gambar 13. lokasi proyek ini termasuk lokasi strategis yang berada di tengah-tengah kota dengan dominasi bangunan perkantoran dan persekolahan dan tingkat mobilitas masyarakat yang tinggi.



Gambar 3. 1 Lokasi penelitian (*menggunakan website <https://earth.google.com/>*)

2. Waktu Penelitian

Durasi penelitian ini sampai dengan penyusunan tugas akhir di selenggarakan selama 3 (tiga) bulan, proses penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Mei - Juli 2024. Adapun alokasi waktu untuk setiap tahapan penelitian diuraikan dalam *time schedule* sebagai berikut:

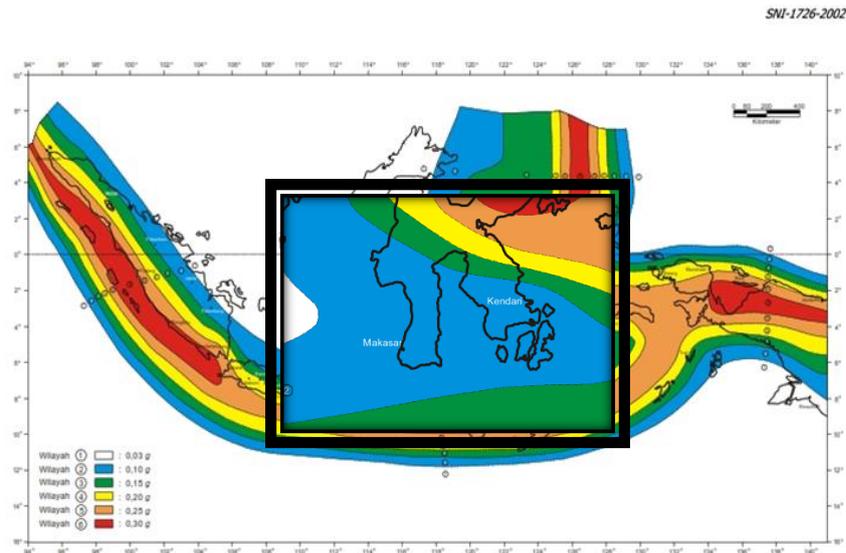
Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

NO	JENIS KEGIATAN	Alokasi waktu											
		Mei 2024				Juni 2024				Juli 2024			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literature												
2	Pengumpulan data												
3	Identifikasi pembebanan pada struktur												
4	Memodelkan struktur												
5	Menganalisis struktur												
6	Mengevaluasi desain struktur												

B. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini penulis menggunakan teknik pengumpulan data sekunder . Data yang diperoleh secara tidak langsung dapat berupa soft file yang diperoleh dari lokasi dilakukannya penelitian. Terdapat pula sumber data pendukung lainnya untuk memperoleh data nilai percepatan gempa dan beban struktur di wilayah penelitian, seperti website Puskim PU, SNI 2847-2019, PPURG 1987, SNI 03-1726-2002, dan berbagai sumber lainnya seperti Terdapat penelitian sebelumnya. Referensi untuk penelitian ini.Tabel atau gambar dengan data teknisnya adalah :

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



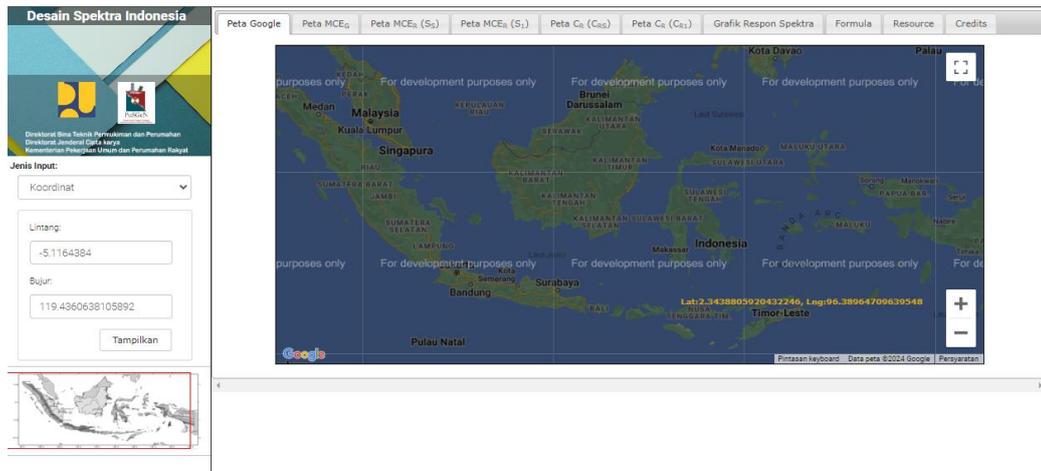
0

Gambar 3. 2 SNI 03-1726-2002 Wilayah sulawesi selatan (BSN, SNI 03-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa, 2002)

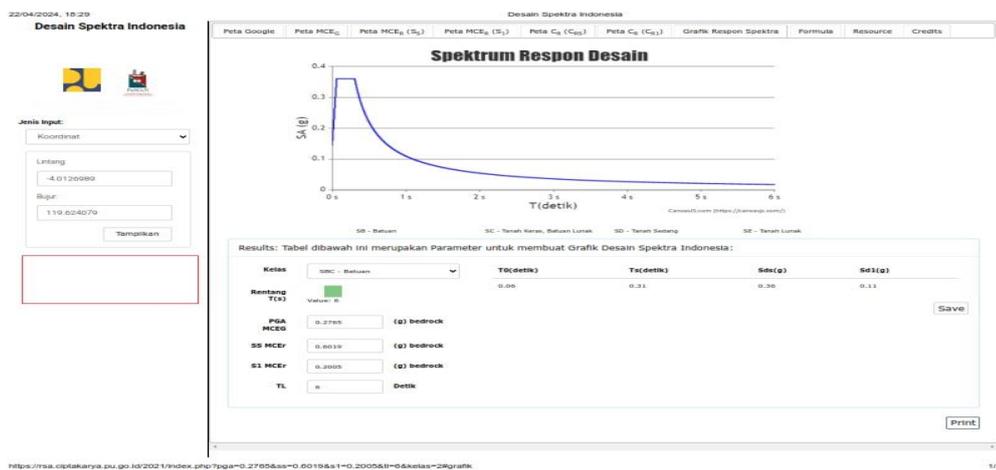
Berdasarkan Gambar 15. dapat disimpulkan untuk wilayah zona Kota Parepare termasuk kedalam wilayah 2 dengan nilai percepatan gempa PGA sebesar 0.10 g.

2) Puskim Desain Spektra Indonesia SNI 2847-2019

Peta sumber gempa Indonesia (revisi terbaru 2021). Disusun oleh Tim Pusat Penelitian Gempa Bumi Nasional (PuSGeN) dengan mengacu pada Software Spectral Design Indonesia milik Puskim PU. Pengembangan perangkat lunak ini juga didukung oleh berbagai lembaga yang kompeten di bidangnya, antara lain Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Pusat Penelitian dan Pengembangan, serta Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.



Gambar 3.3 Halaman Depan Web Desain Spektra Indonesia Puskim PU (*Puskim Desain Spektra Indonesia <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>*)



Gambar 3.4 grafik nilai respon spektrum (*Puskim Desain Spektra Indonesia 2021 <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>*)

Berdasarkan Gambar 16. dan Gambar 27. untuk area Proyek Pembangunan gedung kantor BRI Kota Parepare adalah diperoleh nilai S_s sebesar 0.6019g dan S_1 sebesar 0.2005 g.

- 3) Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987)

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

Tabel 3. 2 Beban mati berdasarkan bahan bangunan (PPURG 1987, halaman 5-6)

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

C. Data Struktur Gedung

Untuk penelitian ini, data yang dipergunakan diperoleh oleh penulis melalui pengamatan lapangan yang mencakup gambar arsitektur dan referensi Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia dari situs puskim.pu.go.id. Data tersebut dianalisis dengan metode yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726 - 2019.

Data teknis yang digunakan penulis dalam penelitian ini meliputi :

- a. Lokasi Studi Kasus : Jl. Karaeng Burane No.5, Mallusetasi, Kec. Ujung, Kota Parepare, Sulawesi Selatan 91212
- b. Jenis Bangunan : Struktur Beton bertulang/Gedung
- c. Material Bangunan : Beton Bertulang
- d. Fungsi Bangunan : Perkantoran
- e. Jumlah Lantai : 3 Lantai
- f. Tinggi Struktur Sangunan : 16,4 m (Total keseluruhan bangunan)
- g. Tinggi Lantai Tipikal : $\pm 4,5$ m

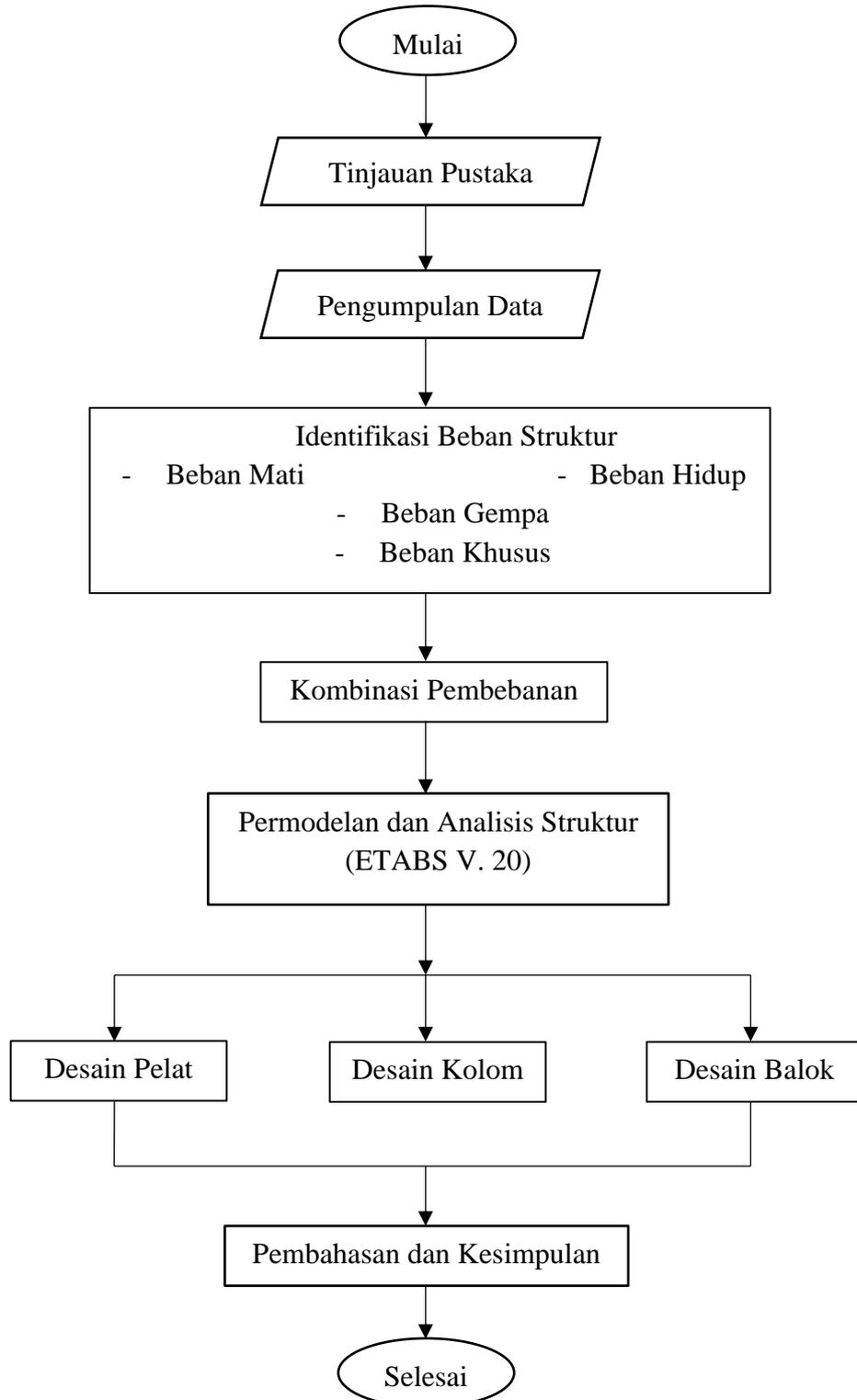
D. Tahap Analisis

Tahap ini merupakan rancangan rencana tahap evaluasi awal mulai dari pengumpulan data hingga pengumpulan dan pengolahan data hingga memperoleh hasil akhir dan kesimpulan. Tahapan analisis yang penulis lakukan dalam penelitian ini adalah:

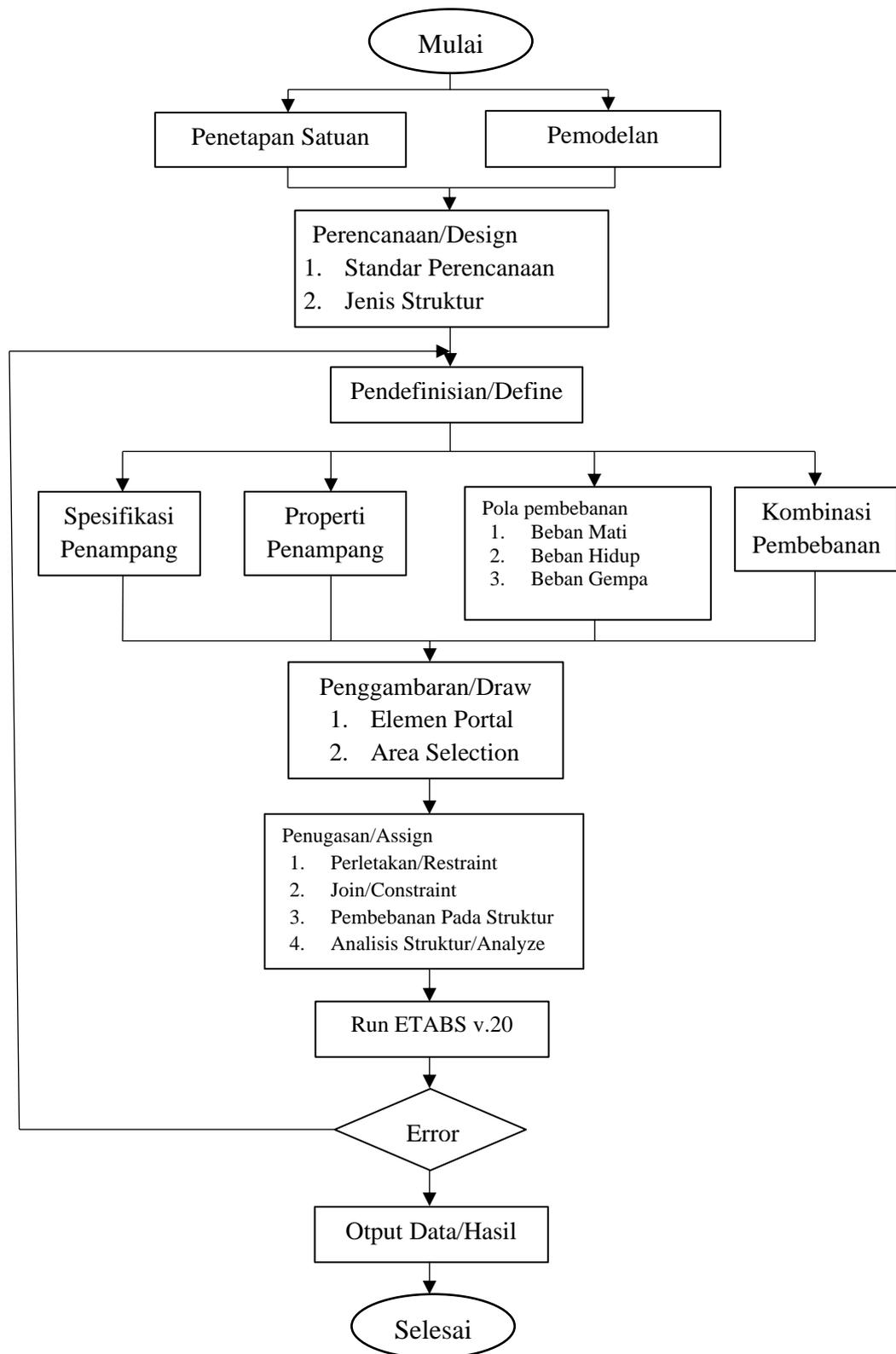
- 1) Melakukan review jurnal, maupun buku panduan yang terkait dengan analisa analisa struktur bangunan.

- 2) Menentukan dan membuat daftar data-data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian.
- 3) Melakukan identifikasi pembebanan struktur, yaitu:
 - Beban Hidup
 - Beban Mati
 - Beban Mati Tambahan
 - Beban Gempa
- 4) Melakukan tahap pemodelan struktur gedung
- 5) Menganalisis struktur.
- 6) Mengevaluasi kerja struktur
- 7) Membuat kesimpulan dari penelitian

E. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 6 Flowchart prosedur perancangan



Gambar 3. 9 Flowcart Analisa Dalam ETABS v.20

BAB IV

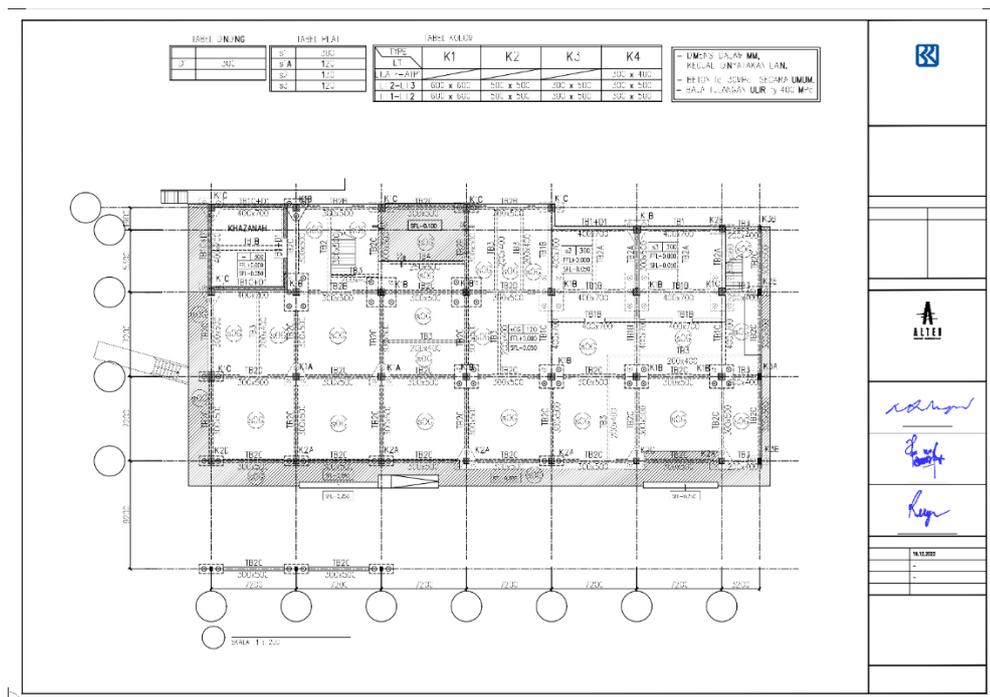
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Struktur Gedung

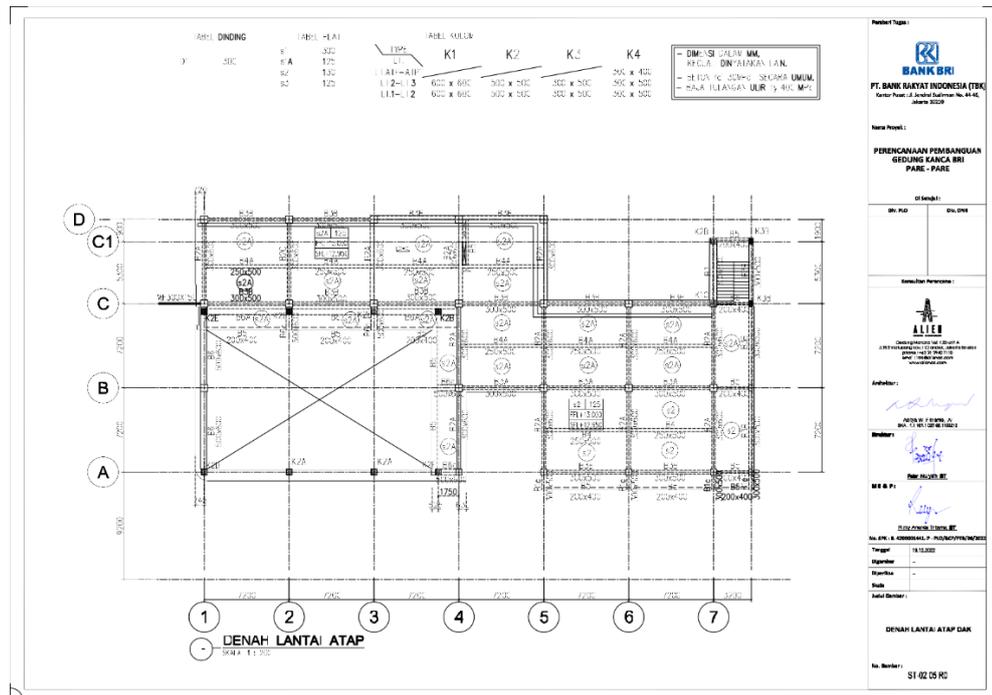
Data gedung meliputi tipikal gedung tiap lantai, data koordinat gedung dan elemen gedung.

1. Denah Struktur Gedung

Denah gedung ini ialah lantai dan hanya menampilkan berupa tipikal saja artinya bahwa hanya menampilkan garis besar saja.



Gambar 4. 1 Denah Lantai 1



Gambar 4. 4 Denah Lantai Atap

2. Data Koordinat Struktur Gedung

Gedung berukuran 46,4m pada sisi terlebar dan 30,8m pada sisi terpanjang dengan total luas bangunan $\pm 1.429\text{m}^2$. Struktur terdiri dari rangka beton bertulang, dengan elevasi total bangunan 14,6 meter (hingga ring balok atap). Perhitungan analisa struktur menggunakan program ETABS v.20.

Tabel 4. 1 koordinat arah X

No	Label	Jarak (mm)	Absis (mm)
1	1	7200	0
2	2	7200	7200
3	3	7200	14400
4	4	7200	21600

5	5		28800
		7200	
6	6		36000
		7200	
7	7		43200
		3200	
8	8		46400
Total Panjang (Sumbu X)		46400	

Tabel 4. 2 koordinat arah Y

No	Label	Jarak (mm)	Ordinat (mm)
1	A1		0
		9200	
2	A		9200
		7200	
3	B		16400
		7200	
4	C		23600
		5300	
5	C1		28900
		1900	
6	D		30800
Total Lebat (Sumbu Y)		30800	

Tabel 4. 3 koordinat arah Z

No	Label	Lantai	Jarak (mm)	Koordinat (mm)
1	Z1	1	5000	0
2	Z2	2		4000
3	Z3	3	4000	
4	Z4	Atap1		1600
5	Z5	Atap2		
Total Tinggi (Sumbu Z)			14600	

B. Parameter Sesimik Gempa

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

1. Letak Lokasi Pembangunan

Lokasi Bangunan Terletak Pada :

Lintang : -4.0126989

Bujur 119.624079

2. Kategori Resiko

Kategori resiko bergantung kepada fungsi gedung. Dalam desain ini digunakan fungsi bangunan sebagai Gedung Perkantoran.

3. Faktor Keutamaan Gempa

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

Tabel 4. 4 Kategori Resiko Bangunan Unruk Gempa

Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	
- Perumahan	
- Rumah toko dan rumah kantor	
- Pasar	
- Gedung perkantoran	II
- Gedung apartemen/ rumah susun	
- Pusat perbelanjaan/ mall	
- Bangunan industri	
- Fasilitas manufaktur	
- Pabrik	

Tabel 4. 5 Faktor Keutamaan Gempa

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

Berdasarkan tabel 2, maka faktor keutamaan gempa yang digunakan dalam desain ini sebesar 1,0.

4. Data Tanah

Koefisien data tanah diperoleh menggunakan RSA Puskim 2021 dengan memasukkan lokasi dan koordinat yang ditinjau.

Adapun data-data koefisien situs tanah yang selanjutnya akan digunakan pada perencanaan beban gempa, yaitu sebagai berikut:

Jenis Tanah : SD (Tanah Sedang)

S_s	: 0,6019g
S_1	: 0,2005g
F_a	: 1,3185
F_v	: 2,1990
S_{Ds}	: 0,5291g

S_{D1} : 0,2939g

5. Kategori Desain Sesimik

Berdasarkan nilai-nilai koefisien situs yang telah diperoleh, maka selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk menjadi acuan dalam menentukan Kategori Desain Seismik (KDS).

Tabel 4. 6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Spektrum priode pendek

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

Tabel 4. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Spektrum priode 1 detik

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

Berdasarkan tabel 4.7 dan 4.8 , maka dapat di simpulkan:

Kategori Desain Sesimik : D

Faktor Redundansi : 1,3

Berdasarkan kategori desain seismik yang sudah ditentukan, selanjutnya akan ditentukan prosedur analisis yang diizinkan. Selain kategori desain, prosedur analisa yang diizinkan juga dipengaruhi oleh jenis

struktur yang digunakan dalam desain. Dalam desain ini digunakan struktur rangka beton.

Dari tabel 4.8, dapat ditentukan prosedur analisa yang diizinkan yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan data sebagai berikut:

Koefisien modifikasi respons, R : 8

Faktor pembesaran defleksi, C_d : 5,5

Faktor kuat lebih sistem, Ω_0 : 3

Tabel 4. 8 Prosedur Analisa

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	¼	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	¼	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^h	TI ^h	TI ^h
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ⁱ	TI ⁱ	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ⁿ	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI

C. Data Pembebanan

Analisis pembebanan bertujuan agar diinput pada struktur yang telah dibuat pemodelan 3D pada program ETABS v20 yang sesuai dengan data-data gedung.

Tabel 4. 9 Kombinasi pembebanan

Nomor	DL	SIDL	LL	L _r	R	W _x	W _y	E _x	E _y
1	1,1	1,4	1,4						
2	2,1	1,2	1,2	1,6	0,5				
	2,2	1,2	1,2	1,6	0,5				
3	3,1	1,2	1,2	1	1,6				
	3,2	1,2	1,2		1,6	0,5			
	3,3	1,2	1,2		1,6		0,5		
	3,4	1,2	1,2		1,6	0,375	0,375		
	3,5	1,2	1,2	1	1,6				
	3,6	1,2	1,2		1,6	0,5			
	3,7	1,2	1,2		1,6		0,5		
4	4,1	1,2	1,2	1	0,5	1			
	4,2	1,2	1,2	1	0,5		1		
	4,5	1,2	1,2	1	0,5	0,75	0,75		
	4,3	1,2	1,2	1	0,5	1			
	4,4	1,2	1,2	1	0,5		1		
	4,6	1,2	1,2	1	0,5	0,75	0,75		
5	5,1	0,9	0,9			1			
	5,2	0,9	0,9				1		
	5,3	0,9	0,9			0,75	0,75		
6	6,1	1,3058	1,3058	1				1,3	0,39
	6,2	1,3058	1,3058	1				1,3	-0,39
	6,3	1,3058	1,3058	1				-1,3	0,39
	6,4	1,3058	1,3058	1				-1,3	-0,39
	6,5	1,3058	1,3058	1				0,39	1,3
	6,6	1,3058	1,3058	1				-0,39	1,3
	6,7	1,3058	1,3058	1				0,39	-1,3
	6,8	1,3058	1,3058	1				-0,39	-1,3
7	7,1	0,7942	0,7942					1,3	0,39
	7,2	0,7942	0,7942					1,3	-0,39
	7,3	0,7942	0,7942					-1,3	0,39
	7,4	0,7942	0,7942					-1,3	-0,39
	7,5	0,7942	0,7942					0,39	1,3
	7,6	0,7942	0,7942					-0,39	1,3
	7,7	0,7942	0,7942					0,39	-1,3
	7,8	0,7942	0,7942					-0,39	-1,3

Beban-beban yang digunakan dalam desain mencakup:

1. Beban Mati (Dead Load)

Beban sendiri struktur merupakan beban-beban yang dihasilkan dari penggunaan material akibat gaya gravitasi. Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur (self-weight), berupa:

- Beban sendiri struktur : 2.400 kg/m

Beban Mati Tambahan (SIDL)

Beban mati tambahan merupakan beban-beban tambahan yang tidak bersifat struktural namun bersifat permanen selama masa layanan gedung. Dalam analisa ini beban mati tambahan (super-imposed) pada pelat lantai berupa:

- Adukan plesteran semen tebal 1,5cm : 31,50kg/m²
- Lapisan pasir tebal 2cm : 32,00kg/m²
- Penutup lantai berupa keramik : 4,00kg/m²
- Plafond dan penggantung : 8,00kg/m²
- Mechanical & Electrical : 25,00kg/m²

2. Beban Hidup (Life Load)

Beban hidup merupakan beban-beban yang terjadi akibat penggunaan suatu gedung dan semua peralatan di dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah. Beban hidup mengambil acuan berdasarkan peraturan pembebanan yang berlaku di Indonesia sesuai dengan kelas fungsi gedung. Nilai dari beban hidup yang bekerja diambil dari (Badan Standar Nasional Indonesia 2020) Berdasarkan fungsi bangunan, yaitu sebagai Gedung Perkantoran, maka nilai dari beban hidup yang bekerja pada pelat lantai, yaitu sebagai berikut :

- o R. Pertemuan : 4,79 kN/m²

- Mushola : 4,79 kN/m²
- R. Kantor : 2,4 kN/m²
- Loby : 4,79 kN/m²

D. Pemodelan dan Analisis

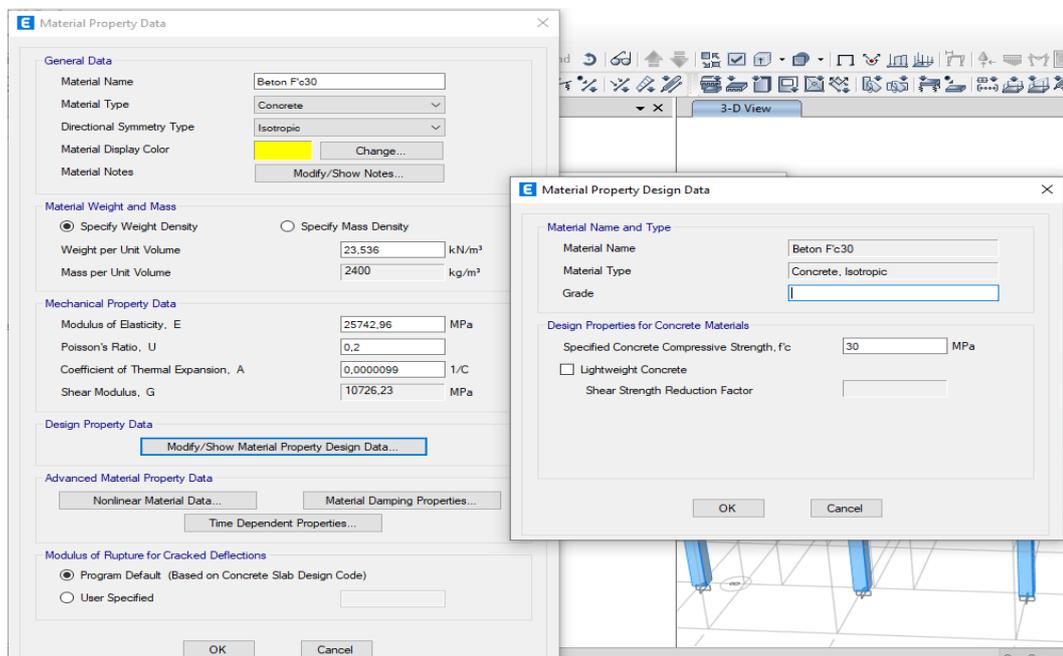
Proses analisa struktur dilakukan menggunakan program ETABS v20.

Beberapa tahap yang perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil analisa melalui program ini yaitu:

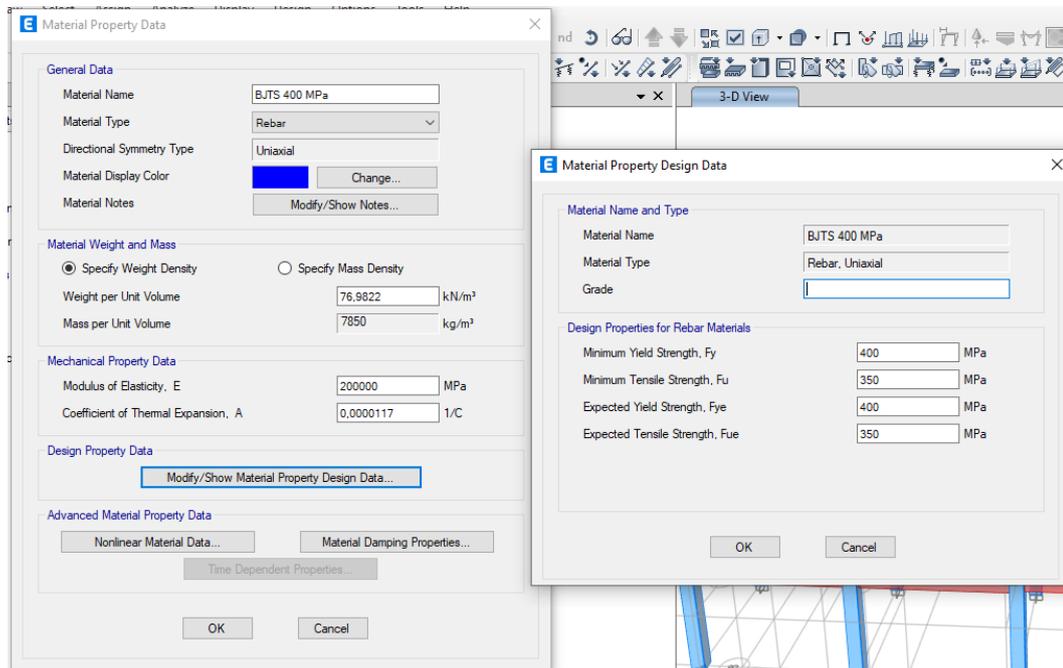
1. Pendefinisian Material yang Akan Digunakan

- Beton : f_c 30MPa
- Baja tulangan ulir (BJTS) : f_y 400MPa

Pendefinisian material tersebut disajikan pada gambar berikut:



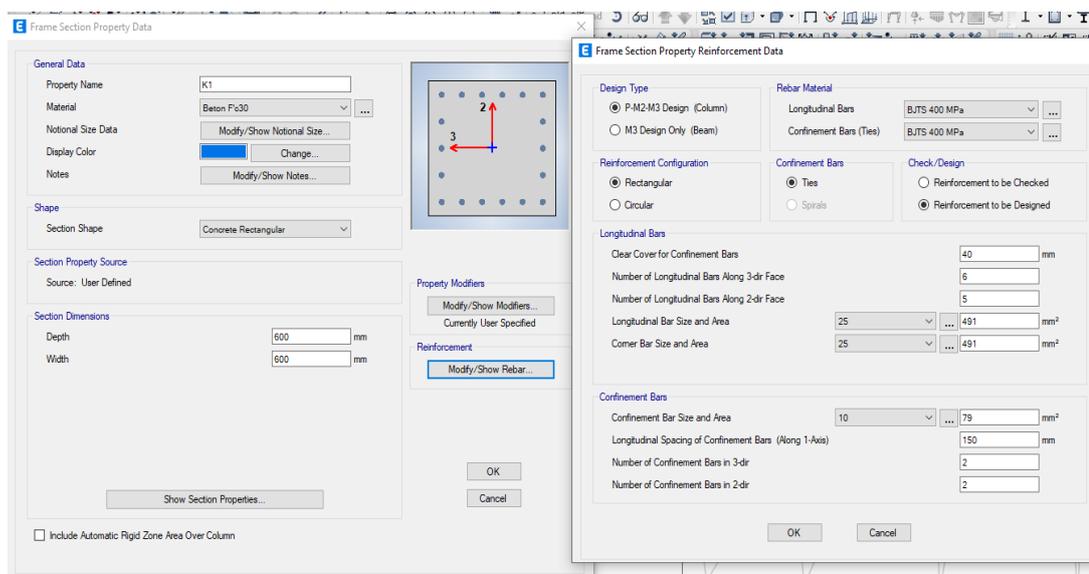
Gambar 4. 5 Material Properti Beton 30MPa



Gambar 4. 6 Material Properti Baja Tulangan Ulir ($f_y = 400\text{MPa}$)

2. Pengisian Dimensi Penampang Yang Akan Digunakan

Dalam analisa ini kolom, balok dan pelat lantai menggunakan beton bertulang.



Gambar 4. 7 Input Penampang Kolom 60 x60

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: B1

Material: Beton F'c30

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 700 mm

Width: 300 mm

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently User Specified

Reinforcement

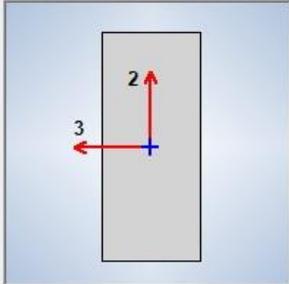
Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column



E Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: BJTS 400 MPa

Confinement Bars (Ties): BJTS 400 MPa

Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid

Top Bars: 50 mm

Bottom Bars: 50 mm

Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams

Top Bars at I-End: 0 mm²

Top Bars at J-End: 0 mm²

Bottom Bars at I-End: 0 mm²

Bottom Bars at J-End: 0 mm²

OK

Cancel

Gambar 4. 8 Input Penampang Balok

Slab Property Data

General Data

Property Name: S2

Slab Material: Beton Fc30

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Slab

Thickness: 130 mm

OK Cancel

Gambar 4. 9 Input Tebal Plat

3. Pendefinisian Beban yang akan di gunakan

Beban-beban yang akan digunakan dalam analisa struktur akan didefinisikan satu per satu berdasarkan klasifikasinya. Pendefinisian beban yang akan digunakan,disajikan pada gambar berikut:

Define Load Patterns

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
Dead	Dead	1	
Dead	Dead	1	
Live	Live	0	
Static Ex	Seismic	0	ASCE 7-16
Static Ey	Seismic	0	ASCE 7-16
SIDL	Super Dead	0	
Lr	Roof Live	0	
R	Other	0	
Wx	Wind	0	None
Wy	Wind	0	None

Click To:

Add New Load

Modify Load

Modify Lateral Load...

Delete Load

OK Cancel

Gambar 4. 10 Pendefinisian Beban Yang Digunakan

4. Pendefinisian Beban Gempa

Beban gempa terbagi menjadi dua yaitu beban gempa yang terjadi pada sumbu X dan beban gempa yang terjadi pada sumbu Y. Kedua beban gempa ini perlu didefinisikan berdasarkan nilai-nilai parameter seismik gempa yang sudah ditentukan sebelumnya. Pendefinisian beban gempa dapat dilihat pada gambar berikut:

The screenshot shows the 'ASCE 7-16 Seismic Loading' dialog box. The 'Direction and Eccentricity' section has the following settings:

- X Dir
- Y Dir
- X Dir + Eccentricity
- Y Dir + Eccentricity
- X Dir - Eccentricity
- Y Dir - Eccentricity
- Ecc. Ratio (All Diaph.): 0,05
- Overwrite Eccentricities: Overwrite...

 The 'Time Period' section has:

- Approximate
- Program Calculated
- User Defined
- Ct (ft), x = []
- Ct (ft), x = 0.016; 0.9
- T = [] sec

 The 'Story Range' section has:

- Top Story for Seismic Loads: Story4
- Bottom Story for Seismic Loads: Base

 The 'Seismic Coefficients' section has:

- 0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 0,6019
- 1 Sec Spectral Accel, S1: 0,2005
- Long-Period Transition Period: 8
- Site Class: D
- Site Coefficient, Fa: 1,31848
- Site Coefficient, Fv: 2,199
- Calculated Coefficients:
 - SDS = (2/3) * Fa * Ss: 0,5291
 - SD1 = (2/3) * Fv * S1: 0,2939

 The 'Factors' section has:

- Response Modification, R: 8
- System Overstrength, Omega: 3
- Deflection Amplification, Cd: 5,5
- Occupancy Importance, I: 1

Gambar 4. 11 Pendefinisian Beban Gempa Statik Arah X

The screenshot shows the 'ASCE 7-16 Seismic Loading' dialog box. The 'Direction and Eccentricity' section has the following settings:

- X Dir
- Y Dir
- X Dir + Eccentricity
- Y Dir + Eccentricity
- X Dir - Eccentricity
- Y Dir - Eccentricity
- Ecc. Ratio (All Diaph.): 0,05
- Overwrite Eccentricities: Overwrite...

 The 'Time Period' section has:

- Approximate
- Program Calculated
- User Defined
- Ct (ft), x = []
- Ct (ft), x = 0.016; 0.9
- T = [] sec

 The 'Story Range' section has:

- Top Story for Seismic Loads: Story4
- Bottom Story for Seismic Loads: Base

 The 'Seismic Coefficients' section has:

- 0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 0,6019
- 1 Sec Spectral Accel, S1: 0,2005
- Long-Period Transition Period: 8
- Site Class: D
- Site Coefficient, Fa: 1,31848
- Site Coefficient, Fv: 2,199
- Calculated Coefficients:
 - SDS = (2/3) * Fa * Ss: 0,5291
 - SD1 = (2/3) * Fv * S1: 0,2939

 The 'Factors' section has:

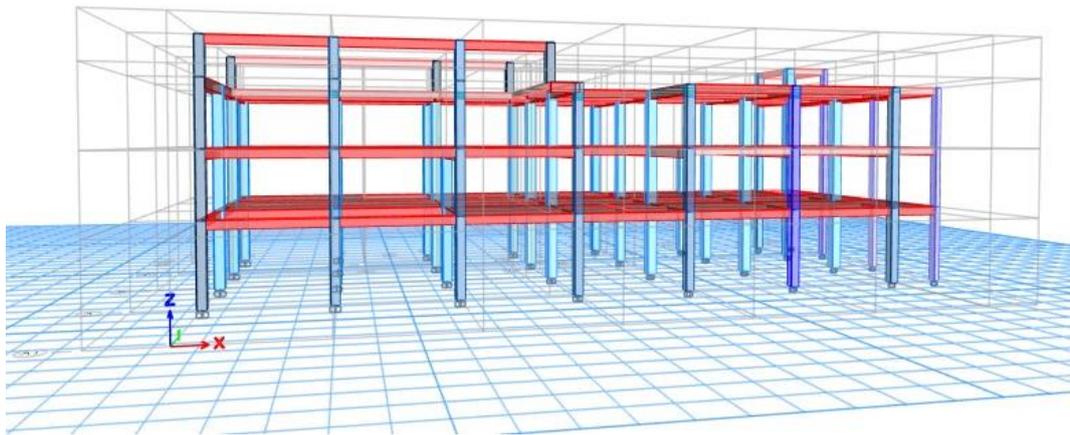
- Response Modification, R: 8
- System Overstrength, Omega: 3
- Deflection Amplification, Cd: 5,5
- Occupancy Importance, I: 1

Gambar 4. 12 Pendefinisian Beban Gempa Statik Arah Y

5. Kombinasi Pembebanan

Nilai-nilai kombinasi pembebanan yang akan digunakan dimasukkan ke dalam program ETABS v20. Kombinasi pembebanan ini akan digunakan program untuk menganalisa apakah struktur sudah kuat untuk menahan beban-beban yang akan terjadi.

6. Permodelan Struktur

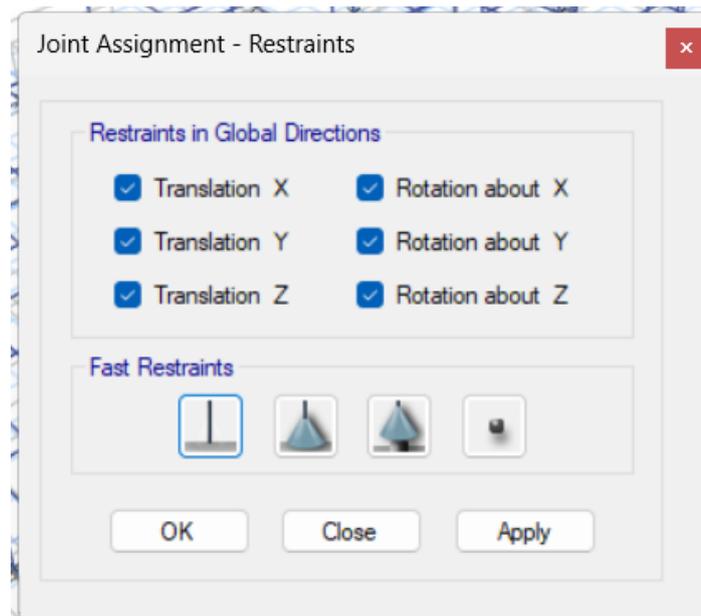


Gambar 4. 13 Tampilan Pemodelan Struktur 3D Pada ETABS

Struktur gedung yang akan dianalisa kemudian digambarkan di dalam program ETABS v19.1.0. Ukuran dan bentuk pemodelan struktur harus semirip mungkin dengan gambar rencana agar beban-beban yang terjadi dapat dianalisa semirip mungkin dengan beban-beban yang akan terjadi secara nyata. Memaasukkan profilprofil penampang sesuai dengan rencana awal. Jika terdapat kegagalan struktur, maka perlu dilakukan engineering judgement agar hasil akhir analisa yang diperoleh tidak terdapat kegagalan struktur. Proses ini merupakan proses trial and error

7. Menentukan Taraf Penjepitan Lateral

Untuk jenis perletakan digunakan jenis tumpuan jepit yang diaplikasikan pada lantai dasar, dikarenakan jenis tumpuan perletakan ini dapat menahan gaya vertikal, gaya horizontal dan menahan momen.



Gambar 4. 14 Jenis Tumpuan

8. Beban Rencana

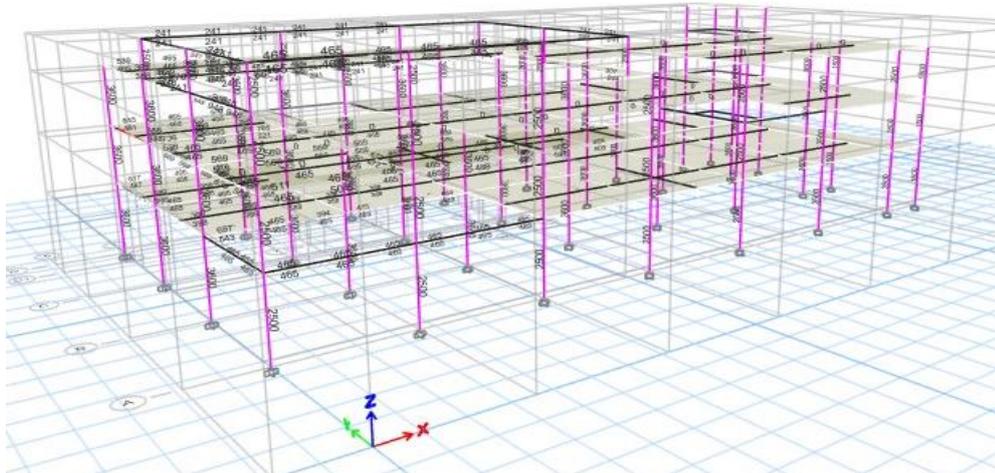
Setelah melakukan proses pemodelan struktur, selanjutnya perlu dimasukkan nilai-nilai beban rencana yang akan membebani gedung sesuai dengan klasifikasi masing-masing.

9. Pengecekan Error

Sebelum menjalankan program untuk melakukan analisa struktur, perlu dilakukan terlebih dahulu pengecekan error pada struktur yang sudah dimodelkan didalam program ETABS v19.1.0.

10. Menjalankan Proses Analisa Program

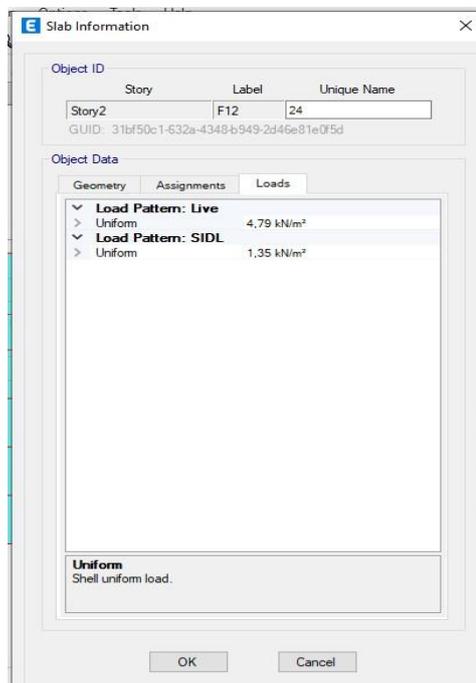
Selanjutnya, jalankan proses analisa program. Program akan melakukan



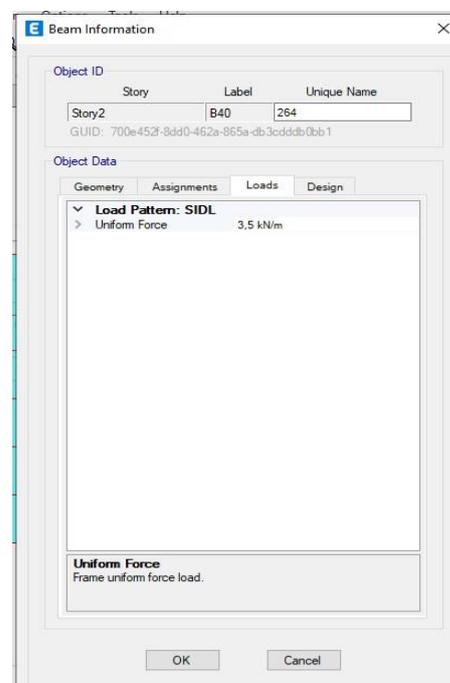
Gambar 4. 16 Pengecekan tulangan 3D

Berdasarkan Gambar 4.15 dan 4.16 , dapat dilihat bahwa elemen struktur, yaitu kolom masih mampu menahan beban yang terjadi (tidak ada kolom maupun balok yang berwarna merah).

1) Beban Yang terimput



Gambar 4. 17 Beban Plat Lantai

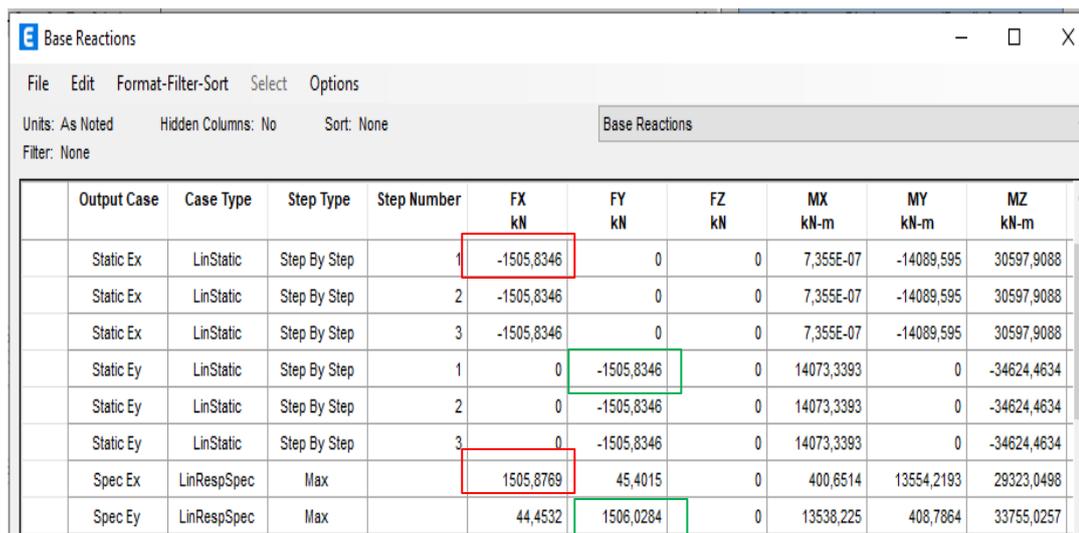


Gambar 4. 18 Beban Pada Kolom

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

2) Gempa statik dan dinamis

Beban gempa yang terjadi ada 2, yaitu beban gempa statik (Static) dan beban gempa dinamis (Spec). Akan tetapi, pada saat perhitungan, designer menggunakan beban gempa dinamis (Response Spectrum). Menurut SNI 1727:2019, besarnya nilai beban gempa dinamis minimal harus sama dengan besarnya nilai beban gempa statis ($\text{Static} \geq \text{Spec}$).



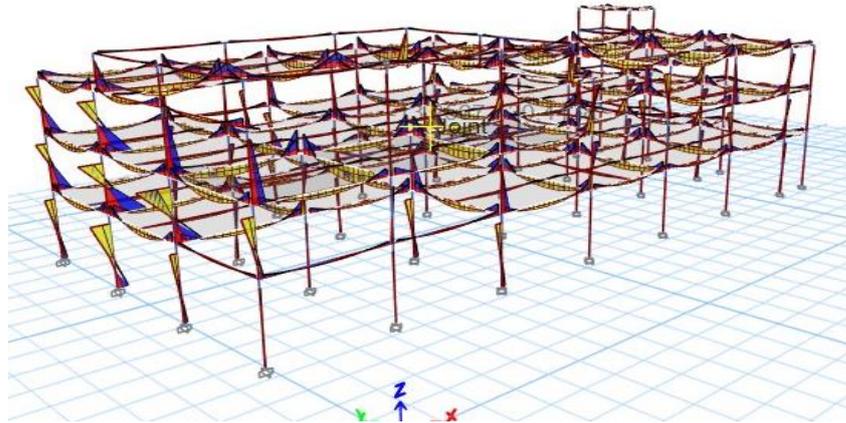
Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Static Ex	LinStatic	Step By Step	1	-1505,8346	0	0	7,355E-07	-14089,595	30597,9088
Static Ex	LinStatic	Step By Step	2	-1505,8346	0	0	7,355E-07	-14089,595	30597,9088
Static Ex	LinStatic	Step By Step	3	-1505,8346	0	0	7,355E-07	-14089,595	30597,9088
Static Ey	LinStatic	Step By Step	1	0	-1505,8346	0	14073,3393	0	-34624,4634
Static Ey	LinStatic	Step By Step	2	0	-1505,8346	0	14073,3393	0	-34624,4634
Static Ey	LinStatic	Step By Step	3	0	-1505,8346	0	14073,3393	0	-34624,4634
Spec Ex	LinRespSpec	Max		1505,8769	45,4015	0	400,6514	13554,2193	29323,0498
Spec Ey	LinRespSpec	Max		44,4532	1506,0284	0	13538,225	408,7864	33755,0257

Gambar 4. 19 Pengecekan Gempa Statik dan Dinamis

Dari Gambar 4.22, dapat dilihat bahwa nilai beban gempa statik arah X, yaitu sebesar 1505,8346kN dan untuk beban gempa dinamis arah X, yaitu sebesar 1505,8769kN. Beban gempa statik arah Y, yaitu sebesar 1505,8346kN dan untuk beban gempa dinamis arah Y, yaitu sebesar 1506,0284KN. Artinya, bahwa nilai beban gempa dinamis untuk kedua arah (arah X dan Y) sudah lebih besar dari nilai

beban gempa statis dan dapat digunakan pada saat perhitungan kombinasi pembebanan.

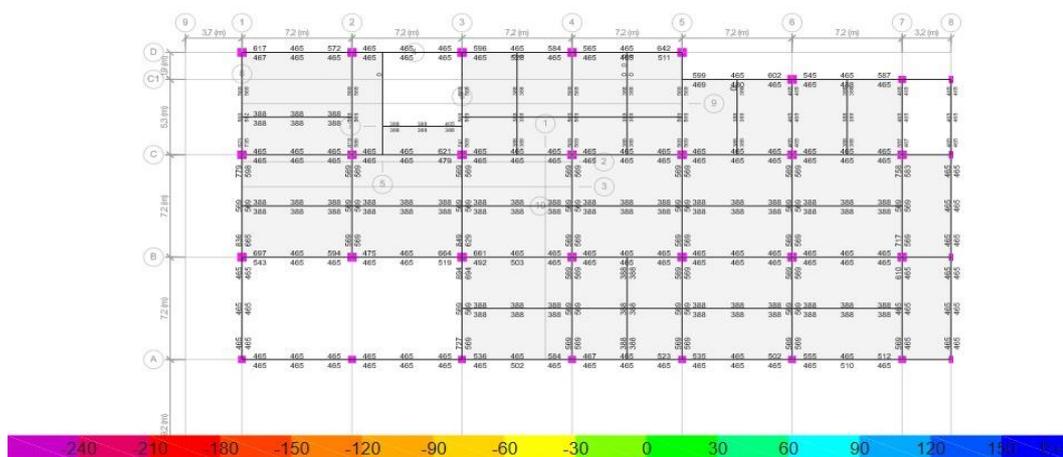
3) Diagram momen



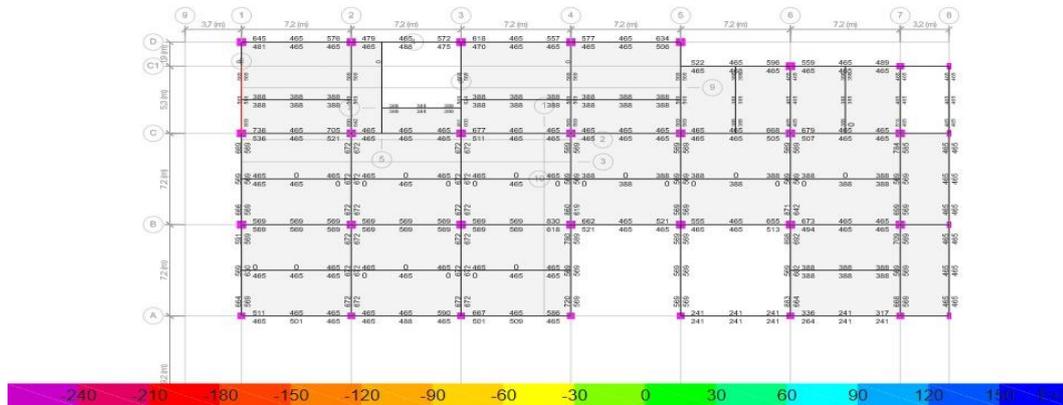
Gambar 4. 20 Diagram Momen

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

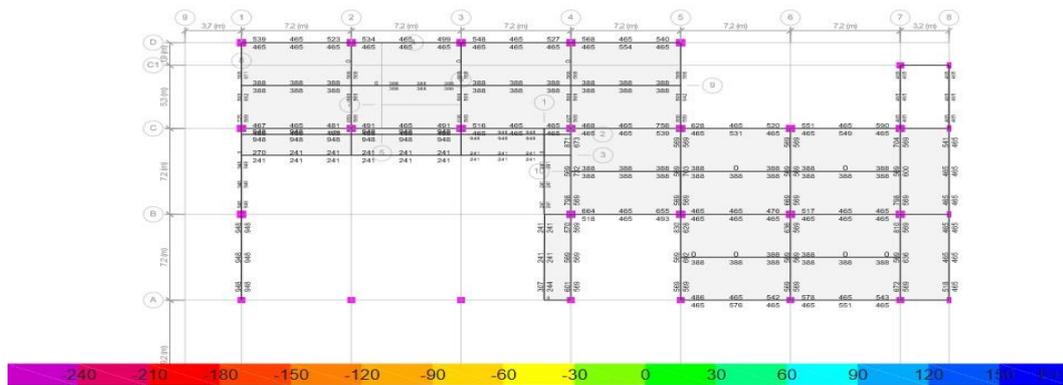
4) Pengecekan Tulangan



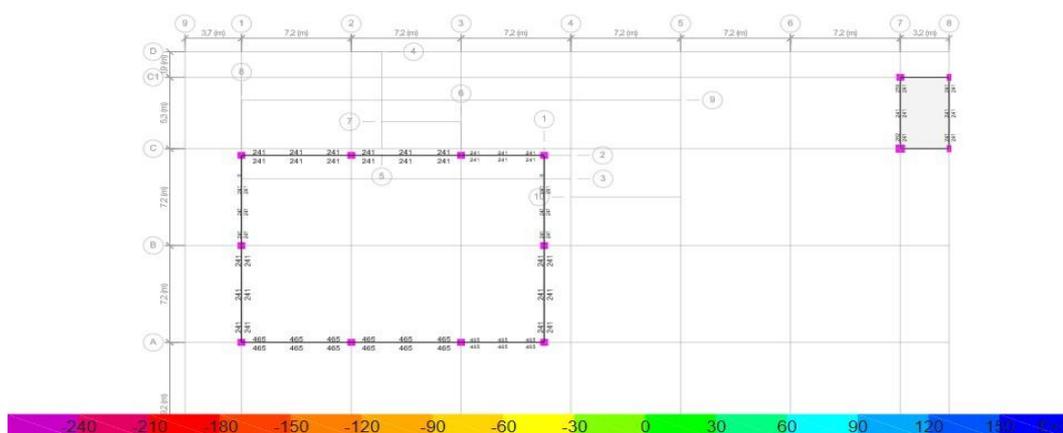
Gambar 4. 21 Pengecekan Tulangan Lantai 2



Gambar 4. 22 Pengecekan Tulangan Lantai 3



Gambar 4. 23 Pengecekan Tulangan Lantai Atap 1



Gambar 4. 24 Pengecekan Tulangan Lantai Atap 2

Gambar diatas merupakan ketahanan struktur setelah melalui hasil running software pada menu check design structure. Evaluasi ketahanan struktur

divisualisasikan melalui indikasi warna-warna yang dikeluarkan oleh software ETABS V20. Warna-warna tersebut merupakan nilai rasio kapasitas penampang elemen struktur tersebut terhadap beban yang dihitung secara otomatis oleh software. Berikut analisis warna untuk ketahanan struktur pada software ETABS V20.

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

F. Evaluasi Hasil Gaya Dalam

Berdasarkan hasil analisis struktur yang suda di lakukan di software ETABS V.20 semua menunjukkan Aman dan memenuhi syarat , jadi tidak perlu lagi di lakukan Evaluasi terhadap struktur gedung kantor cabang BRI kota parepare.

Dan adapun hasil yang di peroleh dari analisis struktur yang menggunakan software ETABS V.20 adalah:

- Momen maksimum balok (M_u) = 137,4554 kN
- Geser balok (V_u) = 220,4267 kN
- Torsi maksimum (T_u) = 48,7169 kN
- Momen maksimum kolom (M_u) = 379,4925 kN
- Tekan aksial (P_u) = 2431,7439 kN
- Geser maksimum (V_u) = 128,0806 kN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data data dan hasil analisa struktur bangunan gedung kantor cabang BRI kota parepare dengan menggunakan software Etabs V20 maka di peroleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Permodelan struktur bangunan di dalam aplikasi ETABS V.20 mengacu pada gambar perencanaan yang di dapat dari lokasi proyek. Agar dapat mengevaluasi elemen struktur apa saja yang tidak mampu menahan beban.
2. setelah melalui hasil running, Evaluasi ketahanan struktur divisualisasikan melalui indikasi warna-warna yang dikeluarkan oleh software ETABS V20. Warna-warna tersebut merupakan nilai rasio kapasitas penampang elemen struktur tersebut terhadap beban yang dihitung secara otomatis oleh software. Berikut analisis warna untuk ketahanan struktur pada software ETABS V20. Warna biru muda dan abu-abu : rasio 0.00 sampai 0.50 : Sangat Aman, Warna hijau : rasio 0.50 sampai 0.70 : Aman, Warna kuning : rasio 0.70 sampai 0.90 : Aman, Warna ungu : rasio 0.90 sampai 0.94 : Cukup Aman, Warna merah : rasio ≥ 0.95 : Kritis (Over Stress/OS). Dari hasil perhitungan di software ETABS V20 semua elemen struktur mampu menahan beban yang terjadi dan menunjukkan kondisi AMAN.

B. Saran

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

1. Seorang perencana struktur hendaknya selalu mengikuti perkembangan peraturan dan pedoman-pedoman (standar) dalam perencanaan struktur dan memperhatikan penginputan data, penentuan dimensi dan material ke dalam aplikasi software yang digunakan agar output data yang dihasilkan lebih akurat.
2. Sebelum perencanaan struktur sebaiknya dilakukan estimasi awal pada ukuran elemen struktur, sehingga tidak terjadi penentuan elemen struktur berulang-ulang, sehingga mendapatkan hasil perhitungan yang maksimal dan mendapatkan struktur kuat namun efisien biaya.
3. Untuk bapak/ibu dosen teknik sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, diharapkan lebih memperhatikan mata kuliah mengenai software aplikasi teknik sipil agar mahasiswa teknik sipil Universitas Muhammadiyah Parepare bisa ikut bersaing dalam perkembangan Ilmu teknologi terkhusus pada software teknik sipil.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2019. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Peraturan Pembebanan Minimum Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*, SNI 1727-2019. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan* , SNI 03-1726-2019. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa. Untuk Struktur Bangunan Gedung*. SNI 1726 - 2002.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Pedomann Perencanaan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah Dan Gedung* (PPPURG 1987). Jakarta: Yayasan Badan Pekerjaan Umum
- Anna. 2011. “Bab I ” *يا حض خ. ي*” *Galang Tanjung* (2504): 1–9.
- Badan Standar Nasional Indonesia. 2020. “Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain 1727:2020.” *Badan Standarisasi Nasional 1727:2020* (8): 1–336.
- Dimas Arief Wicaksono, Reni Suryanita, and Zulfikar Djauhari. 2019. “Studi Eksperimental Balok Beton Bertulang Dengan Dan Tanpa Sengkang.” *Sainstek (e-Journal)* 7(1): 32–39. doi:10.35583/js.v7i1.14.
- Koespiadi. 2016. “Buku Ajar Aplikasi Computer TEKNIK SIPIL PROGRAM ETABS.” : 1–96.
- Marwahyudi. 2017. “Analisis Struktur Gedung Bertingkat Pasca Gempa.” *Kemadha* Vol 6 No 3(Okttober): 39–50.
- Ramadhika Dwi Poetra. 2019. “BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64.” *Gastronomía ecuatoriana y turismo local*. 1(69): 5–24.
- Rifaldo, Rion. 2020. “Evaluasi Kelayakan Struktur Pelat Lantai Dan Balok Pada Proyek Kaliban School 5 Lantai.” *Penerapan Strategi Marketing Mix*: 5–8.

Shakespeare, William. 2014. "Sistem Struktur Bangunan." *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*: 6–13.

Spektrum Respons Desain Indonesia (2021), alamat URL :<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>

Yudha Lesmana, *Teori Desain Struktur Beton Bertulang*, (2019).

BSN, SNI 03-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa, 2002