

ANALISIS STRUKTUR BAGUNAN GEDUNG RUKO 2 LANTAI MENGUNAKAN SOFTWARE KOMPUTER ETABS

By Arisman Ndruru

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan pembangunan di Indonesia saat ini sedang berlangsung dengan cepat, didorong oleh kemajuan teknologi dalam industri konstruksi. Untuk memenuhi tuntutan estetika bangunan dan mengatasi keterbatasan lahan, ada rencana untuk membangun gedung-gedung bertingkat. Selain itu, desain gedung tidak hanya terbatas pada struktur beraturan dengan bentuk persegi atau persegi panjang, tetapi juga melibatkan desain dengan bentuk yang tidak beraturan (Liando et al., 2020). Bangunan yang memiliki bentuk asimetris, di mana pusat massa tidak terletak di tengah, menjadi semakin umum. Hal ini dapat memiliki dampak yang signifikan saat bangunan mengalami beban horizontal, seperti gempa bumi (Liando et al., 2020).

Getaran atau guncangan pada permukaan bumi merupakan fenomena alam yang disebut gempa bumi. Peristiwa ini terjadi ketika pelepasan energi secara mendadak dari dalam perut bumi, yang mengakibatkan bergetarnya tanah dan permukaan bumi secara signifikan. Energi yang dilepaskan tersebut terakumulasi dalam waktu yang cukup lama di kerak bumi sebelum akhirnya dibebaskan secara tiba-tiba dalam bentuk gelombang getaran gempa bumi. Jika pusat gempa bumi berada di daerah dekat dengan dasar laut maka gempa tersebut dapat berpotensi menyebabkan tsunami. Tsunami adalah gelombang besar di laut yang disebabkan oleh pusaran air di bawah laut akibat gempa bumi (Sularno et al., 2020). Dalam bangunan bertingkat banyak menggunakan konstruksi beton bertulang karena memiliki kekuatan yang tinggi dan relatif lebih ekonomis dibandingkan dengan konstruksi lainnya. Keunggulan struktur beton bertulang membuatnya cocok untuk bangunan bertingkat tinggi yang harus tahan terhadap gempa. Dengan perencanaan yang matang, risiko kegagalan konstruksi bisa diminimalkan.

2 Sebuah bangunan bertingkat yang terbuat dari beton bertulang dapat dengan mudah runtuh jika perencanaannya tidak dilakukan dengan baik. Oleh karena itu, dalam merancang struktur bangunan, perlu dilakukan analisis perhitungan struktur untuk memahami beban-beban yang mempengaruhi bangunan tersebut, baik beban gravitasi maupun beban lateral. Beban gravitasi adalah gaya yang dihasilkan oleh

berat material bangunan, seperti struktur bangunan itu sendiri, penutup lantai dan langit-langit, perabotan permanen, serta benda-benda lain di dalam bangunan. Beban gravitasi ini bekerja secara vertikal, menekan struktur bangunan dari atas, sehingga perhitungan beban gravitasi sangat penting untuk memastikan kekuatan dan kestabilan struktur yang memadai. Sementara itu, beban lateral adalah gaya yang bekerja secara horizontal pada bangunan, seperti yang disebabkan oleh gempa bumi, angin, pengaruh lingkungan, dan penggunaan. Beban lateral sangat penting dalam perencanaan struktur bangunan karena dapat mempengaruhi kestabilan dan keamanan bangunan. Oleh karena itu, peneliti melakukan analisis struktur gedung sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Beban pada struktur bangunan tinggi berbeda dengan beban pada struktur bangunan rendah (Saraswati & Rofiq, 2020). Dalam perancangan bangunan bertingkat, selain mempertimbangkan beban gravitasi yang berasal dari berat struktur dan beban hidup, perencana juga harus memikirkan beban lateral yang dapat memengaruhi kekuatan dan stabilitas bangunan. Beban lateral, seperti beban angin atau gempa, memiliki dampak besar terhadap ketahanan dan kestabilan bangunan tinggi, sehingga faktor ini harus diperhatikan dalam perencanaan untuk memastikan struktur memiliki integritas dan keamanan yang memadai. Beban lateral ini bekerja pada setiap tingkat dan dianggap sebagai beban statis yang menirukan efek gempa akibat gerakan tanah.

Pada bangunan tinggi, beban gravitasi hampir sama dengan yang ada pada bangunan rendah, termasuk beban mati dan beban hidup. Namun, dalam perencanaan gedung, sangat penting untuk memperhitungkan kemampuan struktur dalam menahan gaya lateral yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Jika struktur tidak cukup kuat untuk menahan beban gempa, hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan. Oleh karena itu, diperlukan struktur yang kuat untuk menopang beban bangunan dan menghadapi gaya yang timbul akibat gempa.

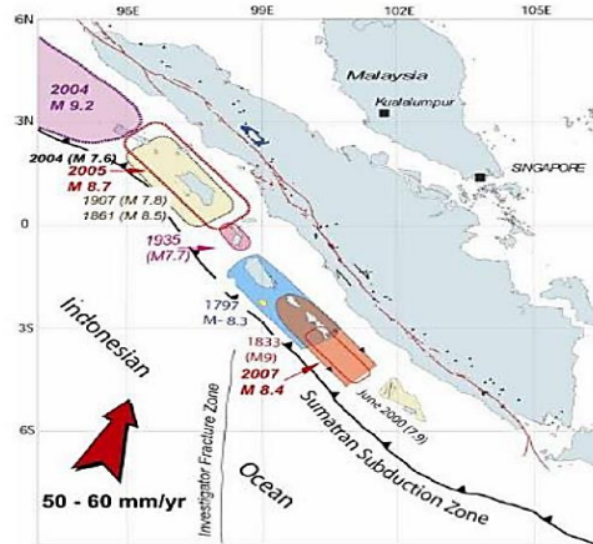
Sumatera adalah wilayah dengan aktivitas tektonik yang tinggi. Subduksi lempeng Indonesia-Australia menuju Eurasia menyebabkan terbentuknya persilangan miring yang bersifat konvergen. Kemiringan konvergen ini terbagi menjadi dua komponen: komponen *dip-slip* di zona subduksi antara pelat, dan komponen *strike-slip* (Khoiridah et al., 2017). Zona subduksi Sumatra merupakan

jalur gempa bumi di Indonesia yang paling banyak menyerap dan melepaskan energi gempa dengan magnitudo $M_w \geq 8$ SR, sehingga memiliki potensi besar untuk menimbulkan tsunami. Salah satu segmen yang berada tepat di atas zona megathrust dan pernah menyebabkan gempa besar hingga memicu tsunami adalah Nias dan Mentawai, yang terletak di sebelah barat Sumatera. (Khoiridah et al., 2017).

Bencana gempa bumi yang melanda Nias pada tahun 2005 memberikan dampak kerusakan yang sangat parah. Peristiwa tersebut menyebabkan hampir 2.000 korban jiwa dan menghancurkan banyak bangunan yang berada di sekitar Kota Gunungsitoli, yaitu wilayah terpadat penduduknya di Pulau Nias (Khoiridah & Utama, 2016). Korban jiwa yang berjatuh serta rusaknya infrastruktur di pusat kota akibat guncangan dahsyat gempa, menggambarkan besarnya dampak kerusakan yang diakibatkan oleh bencana alam tersebut. Gempa bumi yang melanda Nias tidak hanya menimbulkan guncangan hebat, tetapi juga memicu pergerakan vertikal di permukaan bumi di wilayah tersebut. Akibatnya, beberapa area mengalami kenaikan ketinggian hingga 3 meter, sementara area lainnya justru mengalami penurunan permukaan tanah (Khoiridah & Utama, 2016). Fenomena pengangkatan permukaan tanah sebagai dampak dari gempa bumi di Nias terjadi di wilayah-wilayah tertentu. Area yang mengalami kenaikan ketinggian muka bumi adalah sepanjang garis pantai di sisi barat pulau Nias serta di bagian selatan pulau tersebut. Kawasan pesisir barat dan selatan Nias mengalami pergerakan vertikal ke arah atas yang mengakibatkan naiknya elevasi permukaan tanah di daerah-daerah itu (Khoiridah & Utama, 2016).

Gempa bumi adalah getaran alami yang terjadi di lokasi tertentu dan memiliki karakteristik yang tidak stabil (Yeni & Yusmar, 2023). Hasil survei di berbagai wilayah menunjukkan bahwa bangunan yang mengalami kerusakan paling parah adalah bangunan tempat tinggal dengan kerusakan struktur terjadi pada sambungan balok, kolom dan bentuk bangunan (Yeni & Yusmar, 2023). Kerusakan bangunan akibat gempa bumi disebabkan oleh pembangunan gedung secara keseluruhan tidak memperhatikan aturan dan standar bangunan gedung tahan gempa (Yeni & Yusmar, 2023). Kesalahan pelaksanaan konstruksi terjadi karena masyarakat dan praktisi bangunan tidak menerapkan konsep dan standar konstruksi tahan gempa secara

cermat dan komprehensif terutama pada pembangunan rumah tinggal dan bangunan umum (Yeni & Yusmar, 2023).



Gambar 1. 1 Tektonik Aktif Pulau Sumatera yang Mempengaruhi Gempa Bumi Nias (Khoiridah & Utama, 2016).

Gempa yang sangat kuat dapat merusak dan menghancurkan semua jenis bangunan, terutama yang memiliki banyak lantai (Reza et al., 2016). Bangunan tinggi biasanya mengalami goyangan yang lebih intens selama gempa, sehingga lebih rentan terhadap keruntuhan (Reza et al., 2016). Kerusakan bangunan dan infrastruktur pada lokasi yang satu berbeda dengan lokasi yang lain, tergantung pada karakteristik wilayah setempat (Naryanto, 2005). Kerusakan paling parah dari faktor pembangunan, ekonomi, dan jumlah korban terjadi di Kota Gunungsitoli sebagai ibu kota Kabupaten Nias (Naryanto, 2005).

Pada perencanaan pembangunan ruko 2 lantai di lokasi Mudik, Gunungsitoli mempunyai dua fungsi bangunan, yaitu sebagai tempat tinggal sekaligus tempat melakukan usaha, dimana lantai satu difungsikan sebagai tempat usaha sedangkan lantai dua difungsikan sebagai tempat tinggal. Untuk rencana pembangunan ruko 2 lantai ini, pemilik menginginkan struktur bangunan yang kokoh agar aman dari gempa. Oleh karena itu, peneliti melakukan analisis struktur gedung sesuai dengan

standar nasional Indonesia mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan non-gedung.

Kerusakan pada elemen-elemen struktur utama beton bertulang di gedung bertingkat dua yang terkena dampak gempa di berbagai lokasi menunjukkan perlunya perhatian ekstra terhadap detail konstruksi beton bertulang (Chandra et al., 2022). Detail tersebut mencakup sambungan antara kolom dan balok, sambungan kolom dengan sloof atau pondasi, sambungan overlap tulangan beton, kebersihan pada lokasi sambungan saat pengecoran beton, serta pembuatan bekisting beton bertulang yang sesuai dengan standar yang berlaku. Memastikan kesesuaian detail konstruksi ini sangat penting untuk menjamin kinerja struktur beton bertulang dalam menghadapi beban gempa (Chandra et al., 2022).

Kolom, balok, dan pelat adalah elemen-elemen utama dalam perencanaan struktur sebuah gedung (Makawimbang, 2022). Oleh karena itu, kekuatan dan keamanan perencanaan gedung harus dihitung dengan cermat agar penggunaannya merasa aman dan nyaman saat beraktivitas di dalamnya (Makawimbang, 2022). Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan software Etabs, yang memungkinkan pemodelan struktur beton bertulang gedung secara tiga dimensi, termasuk kolom, balok, pelat, dan komponen struktur lainnya. Dengan memasukkan elemen-elemen ini ke dalam software, kita dapat mengevaluasi efisiensi dimensi antara penggunaan material mutu normal dan material mutu tinggi. Analisis desain struktur bangunan bertingkat beton bertulang kemudian dilakukan berdasarkan hasil output dari Etabs, baik untuk material mutu normal maupun mutu tinggi (Bingly et al., 2021). Perencanaan struktur atas, yang meliputi balok, kolom, dan pelat lantai, dilakukan dengan bantuan aplikasi Etabs untuk pemodelan (Afnaldi et al., 2022).

Sehubungan dengan penelitian terdahulu (Afnaldi et al., 2022; Bingly et al., 2021; Chandra et al., 2022; Makawimbang, 2022) untuk mendapatkan struktur bangunan yang direncanakan aman terhadap gempa perlu dilakukan analisis struktur dibantu dengan software Etabs (Bingly et al., 2021).

Berdasarkan latar belakang di atas, dalam merencanakan sebuah konstruksi bangunan yang aman terhadap gempa, peneliti melakukan penelitian dengan judul

“Analisis Struktur Bangunan Gedung Ruko 2 Lantai Menggunakan Software Komputer ETABS”.

1.2 Identifikasi Masalah

Ada beberapa hal yang dapat diidentifikasi pada penelitian ini, diantaranya :

1. Gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan pada struktur bangunan, terutama bangunan yang tidak dirancang dengan memperhitungkan ketahanan terhadap gempa.
2. Bangunan bertingkat yang terbuat dari beton bertulang dapat mengalami keruntuhan dengan mudah jika tidak direncanakan dengan baik.
3. Bangunan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup terhadap beban lateral, seperti angin atau gempa bumi, dapat mengalami kerusakan atau bahkan runtuh.
4. Fondasi yang lemah atau rusak dapat mengakibatkan pergeseran atau penurunan struktur bangunan.
5. Kekuatan tanah yang menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah dipengaruhi oleh parameter-parameter tanah.
6. Analisis struktur diperlukan saat mengajukan perubahan atau pembaruan pada Izin Mendirikan Bangunan.

1.3 Batasan Masalah

Agar pokok permasalahan tidak meluas dan terfokus pada masalah utama yang akan diteliti, maka penelitian akan terfokus pada hal-hal berikut ini:

1. Menganalisis Struktur Bangunan Gedung Ruko 2 Lantai Menggunakan Software Komputer Etabs.
2. Perhitungan dilakukan pada kolom, balok dan pelat lantai.
3. Pemodelan Struktur Bangunan Gedung Ruko 2 Lantai Menggunakan Software Komputer Etabs.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan Identifikasi masalah diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah melakukan analisis struktur bangunan gedung ruko 2 lantai menggunakan software Komputer Etabs?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil analisis struktur bangunan gedung ruko 2 lantai menggunakan software Komputer Etabs.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat atau kegunaan yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis dapat menganalisa struktur bangunan gedung menggunakan software komputer Etabs 2016.
2. Bagi akademik untuk pengembangan ilmu dalam belajar analisis struktur bangunan gedung.
2. Bagi Masyarakat atau Pemerintah dapat dijadikan bahan referensi tambahan dalam menganalisis struktur di masa depan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Struktur Bangunan Gedung

Struktur bangunan gedung merupakan komponen penting yang menentukan kekokohan, efisiensi biaya, dan keamanan suatu gedung (Hakim et al., 2023). Dalam sebuah bangunan, struktur memegang peranan penting sebagai elemen utama yang berfungsi untuk mendukung dan menyangga komponen-komponen konstruksi lainnya. Struktur menahan beban dari elemen-elemen seperti dinding, perabotan (*furniture*), serta bagian-bagian bangunan itu sendiri (Hakim et al., 2023). Singkatnya, keberadaan struktur yang kuat dan kokoh adalah faktor kunci yang memungkinkan suatu bangunan berdiri dengan aman dan stabil. Struktur bangunan gedung terdiri dari berbagai elemen seperti pondasi, kolom, balok, dan rangka atap, masing-masing dengan fungsi spesifik. Meskipun fungsinya berbeda, semua elemen ini memiliki tujuan yang sama, yaitu menyangga dan menahan beban yang diterima bangunan (Hakim et al., 2023). Oleh karena itu, elemen-elemen struktur ini memungkinkan bangunan untuk tetap berdiri kokoh dan stabil saat menanggung berbagai macam beban. Kesalahan dalam perencanaan dan pelaksanaan struktur bangunan dapat menyebabkan kegagalan yang sangat serius dan fatal (Hakim et al., 2023). Apabila terjadi kegagalan pada struktur bangunan berpotensi mengalami keruntuhan yang tidak hanya merugikan secara material, tetapi juga dapat menimbulkan korban jiwa. Oleh karena tingginya risiko yang dihadapi, proses pembangunan struktur bangunan merupakan pekerjaan yang harus dilakukan dengan sangat hati-hati dan cermat, serta tidak dapat dikerjakan secara terburu-buru tanpa melibatkan para ahli dan konsultan yang berkompeten di bidangnya (Hakim et al., 2023). Berdasarkan susunannya, struktur bangunan gedung terbagi menjadi dua bagian utama yaitu :

1. Struktur Atas (*Upper Structure*)

Menurut SNI 2002, Struktur atas sebuah gedung mencakup semua bagian yang berada di atas permukaan tanah, termasuk kolom, pelat, balok, dinding, dan

tangga, yang masing-masing memiliki peran penting (Putri Aisya Hayyu et al., 2021).

2. Struktur Bawah (*Lower Structure*)

Struktur bawah adalah komponen bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, baik yang terletak di dalam tanah maupun di atas permukaan tanah (Irfan & Eka Priana, 2022). Bagian dari struktur ini berfungsi untuk menerima dan memikul seluruh beban dari struktur bangunan yang berada di atasnya, kemudian menyalurkan beban tersebut kedalam tanah secara aman dan merata (Irfan & Eka Priana, 2022). Dengan demikian, struktur bawah sangat penting sebagai penopang dan pengikat antara bangunan dengan tanah di bawahnya. Bagian struktur bawah dari sebuah bangunan gedung dapat berupa pondasi dan *pile cap* (kepala tiang pancang) (Irfan & Eka Priana, 2022). Elemen-elemen ini yang menjadi alas dan tumpuan utama untuk menyanggah seluruh beban bangunan yang disalurkan ke tanah. Di sisi lain, struktur atas adalah struktur yang terletak di atas struktur bawah, yang berada di atas permukaan tanah (Irfan & Eka Priana, 2022).

2.1.2 Elemen Struktur Atas

Pada tahap awal perencanaan elemen struktur seperti balok, kolom, dan pelat, dimensi diasumsikan dengan mengacu pada kriteria minimum yang tercantum dalam Standar Konstruksi SNI T-15-1991-03. Proses ini adalah langkah awal untuk memperkirakan dimensi struktur yang optimal, agar tidak terlalu kuat atau terlalu lemah, menghindari *over design* dan *under design* (Paraisu, 2016). Tujuannya adalah untuk mendapatkan dimensi awal yang memadai sebelum dilakukan analisis dan perhitungan desain struktur yang lebih rinci dan akurat.

1. Balok

Balok adalah elemen struktur yang mendukung beban dalam arah horizontal, yang menyebabkan terjadinya momen lentur dan gaya geser sepanjang bentangnya (Usamah et al., 2022). Jika sebuah balok dengan bentang sederhana menahan beban yang menyebabkan momen lentur, akan terjadi deformasi atau regangan pada balok tersebut (Usamah et al., 2022). Regangan pada balok tersebut menyebabkan timbulnya tegangan yang harus ditanggung oleh balok, dengan

tegangan tekan di bagian atas dan tegangan tarik di bagian bawah (Usamah et al., 2022). Untuk memastikan stabilitas, batang balok yang merupakan bagian dari sistem penahan lentur harus cukup kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik. Tegangan baja dipasang di daerah yang mengalami tegangan tarik, dekat serat terbawah (Usamah et al., 2022).

2. Kolom

Kolom adalah batang vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok (Usamah et al., 2022). Kolom mentransfer beban dari elemen-elemen atas ke tanah dasar di bawahnya melalui pondasi. Karena kolom berfungsi sebagai komponen tekan, kegagalan pada kolom dapat menjadi titik krisis yang menyebabkan keruntuhan sebagian atau total pada bangunan (Usamah et al., 2022).

3. Pelat Lantai

Dalam perencanaan pelat lantai, aspek utama yang harus diperhatikan adalah kekakuan, kerataan, kelurusan, dan kesamaan ketinggian di seluruh area, meskipun kemiringan kecil dapat diberikan jika diperlukan untuk kepentingan pengaliran air (Gusfita et al., 2022). Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh beban yang harus ditanggung, batas lendutan yang diizinkan, bentang antara balok pendukung, serta material konstruksi yang digunakan (Gusfita et al., 2022). Pelat lantai adalah struktur solid tiga dimensi dengan permukaan datar dan lurus, yang memiliki ketebalan jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensi panjang dan lebarnya (Gusfita et al., 2022). Meskipun berbentuk elemen tiga dimensi dengan ketebalan h , panjang b , dan lebar a , pelat lantai dapat dimodelkan sebagai struktur dua dimensi. Fungsi utama pelat lantai adalah untuk menerima beban yang kemudian disalurkan ke elemen struktur pendukung lainnya (Gusfita et al., 2022) Jenis-jenis pelat lantai berdasarkan tumpuannya :

- 1) Monolit yaitu pelat dengan balok cor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan.
- 2) Ditumpu dinding-dinding/tembok bangunan.
- 3) Didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit

2.1.3 Beton Bertulang

Beton bertulang adalah bahan konstruksi yang sering digunakan dalam pembangunan bangunan (Sultan et al., 2020). Material ini merupakan kombinasi antara beton dengan baja tulangan yang berfungsi menahan gaya tarik. Tulangan dirancang khusus untuk memperkuat beton dalam konstruksi bangunan (Sultan et al., 2020). Namun, baja tulangan yang menahan gaya tarik cenderung mengalami korosi jika terpapar udara dan lingkungan laut. Metode pencegahan korosi yang tepat bergantung pada jenis atau tipe korosi yang terjadi pada material tersebut (Sultan et al., 2020). Salah satu metode pencegahan korosi yang sedang diteliti adalah penggunaan inhibitor yang berasal dari bahan-bahan alami (Sultan et al., 2020). Zat penghambat korosi umumnya berasal dari senyawa anorganik atau organik. Inhibitor organik alami bekerja dengan membentuk senyawa kompleks yang mengendap pada permukaan logam, membentuk lapisan pelindung hidrofobik yang dapat menghambat reaksi logam dengan lingkungannya (Sultan et al., 2020). Reaksi tersebut bisa berupa reaksi anodik, reaksi katodik, atau kombinasi dari keduanya. Inhibitor organik dibagi menjadi inhibitor organik sintesis yang berasal dari bahan bakar fosil dan inhibitor organik alami yang dibuat dari ekstrak tanaman (Sultan et al., 2020).

2.1.4 Mutu Beton

Menurut SNI 2847-2013, beton adalah campuran dari semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, yang dapat ditambahkan dengan bahan campuran tambahan (admixture) jika diperlukan. Beberapa jenis bahan tambahan ditambahkan untuk memperbaiki sifat beton, seperti meningkatkan kemudahan pengerjaan, ketahanan, dan waktu pengerasan. Campuran beton ini akan mengeras seperti batuan seiring waktu dan memiliki kekuatan tekan yang tinggi meskipun kekuatan tariknya rendah (Aprilia D.P, 2021).

Beton berkualitas baik ditandai dengan kekuatan tekan yang tinggi, kedap air, dan bebas dari lubang (Aprilia D.P, 2021). Tingkat porositas dan permeabilitas yang tinggi dapat mengurangi keawetan beton, sehingga beton tidak dapat digunakan selama masa layaknya (Aprilia D.P, 2021). Kekuatan dan daya tahan beton dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk perbandingan campuran dan mutu bahan penyusun, metode pengecoran, finishing, suhu, dan kondisi perawatan

selama pengerasan. Karakteristik kekuatan, keawetan, dan sifat beton dapat dinilai dari bahan dasar pembuatannya. Selain itu, rasio bahan dasar beton, cara pengadukan, pengecoran, penuangan, pemadatan, dan perawatan selama proses pengerasan juga sangat mempengaruhi kualitas beton yang dihasilkan (Aprilia D.P, 2021).

Beton memiliki sifat kekuatan tekan yang bervariasi dan cenderung tersebar di sekitar nilai rata-rata tertentu. Nilai kekuatan tekan ini dipengaruhi oleh seberapa baik proses pelaksanaan, termasuk kualitas bahan, pengadukan, pemadatan, keahlian pekerja, dan faktor lainnya. Variasi nilai ini menunjukkan perlunya pengendalian mutu beton agar hasilnya konsisten dan memenuhi standar. Mutu beton mengacu pada kekuatan tekan beton, dan semakin tinggi nilai kekuatan tekan, semakin baik mutu beton pada usia 28 hari. (Aprilia D.P, 2021).

2.1.5 Baja Tulangan

Besi tulangan atau besi beton (*reinforcing bar*) adalah batang baja yang berbentuk seperti jala dan digunakan sebagai elemen penekan dalam struktur beton bertulang untuk memperkuat dan mendukung beton di bawah tekanan (Ruzuqi et al., 2022). Dari segi fungsinya, besi tulangan secara signifikan meningkatkan kekuatan tarik pada struktur beton (Ruzuqi et al., 2022). Berdasarkan bentuknya, baja tulangan beton dibagi menjadi dua jenis: baja tulangan polos dan baja tulangan bersirip. Baja tulangan polos adalah baja tulangan beton berbentuk bundar dengan permukaan rata tanpa sirip, disingkat BJTP. Selain itu, baja tulangan beton harus memenuhi syarat mutu yang ketat, yakni tidak boleh mengandung serpihan, lipatan, retakan, gelombang, noda, dan hanya diperbolehkan sedikit karat pada permukaannya (Ruzuqi et al., 2022).

2.1.6 Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor pengurangan kekuatan (ϕ) adalah variabel penting dalam menentukan kekuatan rencana suatu elemen struktur, terutama pada elemen struktur kolom beton bertulang (Hernadi et al., 2021). SNI 2019 adalah terjemahan dari ACI 318-14, sedangkan SNI 2013 merupakan adopsi dari ACI 318-11, sehingga banyak penelitian yang membandingkan standar SNI lama dengan yang terbaru (Hernadi et al., 2021). Penelitian yang membandingkan SNI 2848:2002, SNI 2013, ACI 318-

02, dan ACI 318-11 pada elemen struktur kolom menunjukkan bahwa penggunaan standar terbaru memberikan kekuatan nominal yang lebih baik dan lebih tinggi dibandingkan dengan standar sebelumnya, terutama dalam hal kekuatan momen (Hernadi et al., 2021). Metode sederhana untuk menentukan kekuatan nominal dan kekuatan rencana suatu kolom adalah dengan membuat hubungan antara gaya aksial (P) dan momen (M) dalam bentuk kurva yang dikenal sebagai diagram interaksi (Hernadi et al., 2021). Kolom dianggap kuat dalam menahan beban aksial, momen, atau kombinasi keduanya jika beban yang diterima berada di dalam batas diagram interaksi ini (Hernadi et al., 2021). Diagram interaksi kolom dibuat sesuai kebutuhan untuk memeriksa konfigurasi tulangan yang telah ditentukan dengan cepat dan mengevaluasi apakah kombinasi gaya aksial dan momen dalam dua arah masih aman (Hernadi et al., 2021).

Menurut SNI 2847 : 2019 Fungsi faktor reduksi kekuatan ϕ adalah: (1) untuk memperkirakan kemungkinan kekuatan penampang yang tidak memadai (under-strength) akibat perbedaan dimensi dan kekuatan material; (2) untuk memperkirakan ketidaktepatan dalam tahap perancangan; (3) untuk mencerminkan ketersediaan daktilitas dan tingkat keandalan yang diperlukan dari komponen struktur relatif terhadap beban; (4) untuk menunjukkan seberapa penting komponen struktur terhadap keseluruhan struktur. Faktor reduksi kekuatan ϕ ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Faktor Reduksi Kekuatan

Gaya atau elemen struktur	Φ	Pengecualian
a Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65-0,90 sesuai 21.2.2	Di dekat ujung komponen pratarik (pretension) di mana strand belum sepenuhnya berfungsi, faktor Φ harus mengikuti ketentuan dalam 21.2.3
b Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
c Torsi	0,75	-
d Tumpu (<i>bearing</i>)	0,65	-

e	Zona angkur pascatarik (post-tension)	0,85	-
f	Bracket dan korbrel	0,75	-
g	Strut, ties, zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan metode strut-and-tie diatur dalam pasal 23	0,75	-
h	Komponen sambungan beton pracetak dikendalikan oleh elemen baja dalam kondisi tarik	0,90	-
i	Beton polos	0,60	-
j	Angkur dalam elemen beton	0,45-0,75 sesuai pasal 17	-

Sumber: SNI - 2847 – 2019

2.1.7 Pembebanan

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian bangunan yang bersifat tetap. Beban mati pada struktur bangunan ditentukan oleh berat jenis bahan bangunan dan meliputi berat struktur serta beban lain yang secara permanen ada pada struktur. Beban mati mencakup berat rangka, dinding, lantai, atap, dan sistem plumbing (Panjaitan, 2021). Beban gravitasi dalam evaluasi bangunan ini mencakup beban mati berat dan beban mati tambahan (Panjaitan, 2021). Beban akibat berat struktur sendiri adalah berat dari semua komponen elemen struktur bangunan, termasuk pelat lantai, balok, kolom, dan dinding geser (Panjaitan, 2021). Beban mati akan dihitung secara otomatis oleh perangkat lunak menggunakan berat jenis material beton sebesar 2400 kg/m³ dan berat jenis tulangan sebesar 7850 kg/m³ (Panjaitan, 2021). Beban mati ini dapat ditemukan pada tabel PPIUG-1987 (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung), halaman 11.

Tabel 2. 2 Beban Mati Pada Struktur

Bahan Bangunan	Berat Volume (Kg/m³)
Baja	7850
Batu Alam	2600
Batu Belah, Batu Bulat, Batu gunung (Berat Tumpuk)	1500
Batu Karang (Batu Tumpuk)	700
Batu Pecah	1450
Besi Tuang	7250
Beton	2200
Beton Bertulang	2400
Kayu (Kelas 1)	1000
Kerikil, Koral	1650
Pasangan Bata Merah	1700
Pasangan Batu belah, Batu Bulat, Batu Gunung	2200
Pasangan Batu Cetak	2200
Pasangan Batu Karang	1450
Pasir (Kering udara sampai lembab)	1600
Pasir (Jenuh air)	1800
Pasir Kerikil, koral (Kering udara sampai lembab)	1850
Tanah, Lempung dan Lanau (Kering udara sampai lembab)	1700
Tanah, Lempung dan Lanau (basah)	2000
Timah Hitam	11400

Sumber : PPIUG (1983)

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah setiap pembebanan yang timbul akibat keberadaan atau penggunaan suatu struktur, seperti beban dari barang atau benda bergerak, perangkat keras, dan peralatan yang bukan bagian dari struktur dan dapat diganti selama masa penggunaan struktur tersebut (Marpaung, 2023). Beban hidup ini dapat ditemukan pada tabel PPIUG-1987 (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung), halaman 17.

Tabel 2. 3 Beban Hidup Pada Lantai

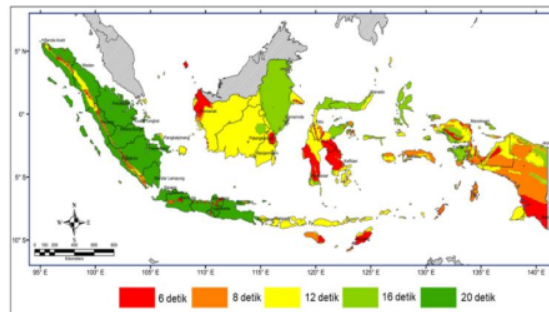
Huruf	Fungsi Lantai	Beban (kg/m ²)
a	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam kategori b	200
b	Lantai dan tangga pada rumah tinggal sederhana serta gudang yang tidak digunakan untuk toko, pabrik, atau bengkel	125
c	Lantai untuk sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250
d	Lantai ruang olahraga	400
e	Lantai ruang dansa	500
f	Lantai dan balkon dalam ruang pertemuan lainnya seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop, dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400
g	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500
h	Tangga, bordes tangga, dan gang dari kategori c	300
i	Tangga, bordes tangga, dan gang dari kategori d, e, f, dan g	500
j	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250
k	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat, dan ruang mesin harus direncanakan berdasarkan beban hidup yang ditentukan khusus, dengan minimum yang ditetapkan	400
	Lantai gedung parkir bertingkat:	
l	- Untuk lantai bawah	800
	- Untuk lantai tingkat lainnya	400
m	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan untuk menanggung beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum yang ditetapkan	300

Sumber : PPIUG (1983)

3. ¹¹ Beban Gempa

Peraturan perencanaan beban gempa SNI 1726:2019 menjelaskan bahwa elemen-elemen untuk estimasi analisis beban gempa mencakup aspek geografis, faktor kebutuhan bangunan, kelas desain seismik, dan kerangka ketahanan terhadap kekuatan gempa.

Untuk tahap proses penelitian, disini peneliti memakai data informasi dari Aplikasi atau website Desain Spektra Indonesia 2021 puskim PU untuk menentukan percepatan berdasarkan koordinat lokasi. Berdasarkan pada peta, Lintang = 1.273718 dan Bujur = 97.61862. Parameter Gerak Tanah pada gambar dibawah ini diperoleh data respon spektrum gempa pada wilayah tersebut, sesuai dengan SNI 1726 : 2019.



Gambar 2. 1 Peta Transisi Periode Panjang, T₁ Wilayah Indonesia

(Sumber: SNI - 1726 – 2019)

Dengan memasukkan kelas situs SE (Tanah Lunak) untuk hasil faktor keutamaan = 1.0 dan ¹¹ kategori risiko II (SNI-1726-2019, pada halaman 24),

Tabel 2. 4 ³ Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Nongedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:	
- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan	I
- Fasilitas sementara	
- Gudang penyimpanan	
- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	

Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Perumahan
- Rumah toko dan rumah kantor
- Pasar
- Gedung perkantoran
- Gedung apartemen/ rumah susun
- Pusat perbelanjaan/ mall
- Bangunan industri
- Fasilitas manufaktur
- Pabrik

II

Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Bioskop
- Gedung pertemuan
- Stadion
- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat
- Fasilitas penitipan anak
- Penjara
- Bangunan untuk orang jompo

Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

III

- Pusat pembangkit listrik biasa
- Fasilitas penanganan air
- Fasilitas penanganan limbah
- Pusat telekomunikasi

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

Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:

IV

-
- Bangunan-bangunan monumental
 - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan
 - Rumah ibadah
 - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat
 - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat
 - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya
 - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat
 - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat
 - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat

Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.

(Sumber: SNI - 1726 – 2019)

Tabel 2. 5 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan gempa, I_e
I Atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber: SNI - 1726 – 2019)

Sistem penginputan data pada spektra Indonesia didapatkan faktor amplifikasi. Berdasarkan SNI 1726 : 2019 Jika sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi dengan jelas sehingga kelas situsnya tidak dapat ditentukan, maka kelas situs SE dapat digunakan, kecuali jika pemerintah atau dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menetapkan kelas situs tersebut.

Tabel 2. 6 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_r) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF						

(Sumber: SNI - 1726 : 2019)

Catatan :

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

Tabel 2. 7 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_r) 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						

(Sumber: SNI - 1726 : 2019)

Berdasarkan SNI 1726:2019, untuk menentukan respons spektral percepatan gempa MCE_r di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi seismik untuk periode 0,2 detik dan 1 detik. Faktor amplifikasi ini mencakup faktor amplifikasi getaran untuk percepatan pada periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi untuk percepatan pada periode 1 detik (F_v). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1), yang disesuaikan dengan klasifikasi situs, harus dihitung menggunakan rumus yang telah ditentukan :

- F_a (Faktor amplifikasi untuk periode pendek) : 1,0
- F_v (Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik) : 1,7

Parameter spektra desain didapatkan :

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

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

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

$$S_{d1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

- $S_{MS} = 1,0$
- $S_{M1} = 1,2$
- $S_{ds} = (\text{Periode Pendek}) 0,7 \text{ g}$
- $S_{d1} = (\text{Periode 1 Detik}) 0,8 \text{ g}$

Keterangan :

F_a = Faktor Amplifikasi Untuk Periode Pendek

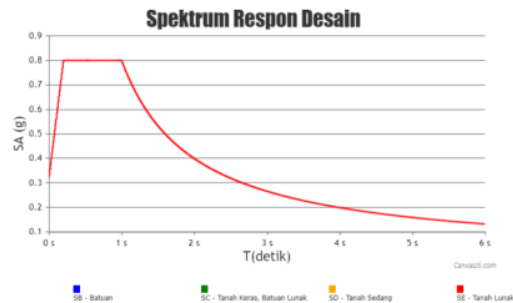
F_v = Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 Detik

S_{MS} = Parameter Respons Spektral Percepatan Pada Periode Pendek

S_{M1} = Periode 1 Detik

S_{ds} = Parameter Respons Spektral Percepatan Desain Pada Periode Pendek

S_{d1} = Parameter Respons Spektral Percepatan Desain Pada Periode 1 Detik



Gambar 2. 2 Grafik Spektrum Respon Desain (Puskim

Desain Spektra Indonesia 2021 (<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>).

12

Berdasarkan SNI 1726:2019, jika spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah spesifik situs tidak diterapkan, maka kurva

spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 4 dan mengikuti ketentuan yang ditetapkan di bawah ini :

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

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

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

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

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

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2}$$

Keterangan :

S_{DS} = Parameter Respons Spektral Percepatan Desain Pada Periode Pendek.

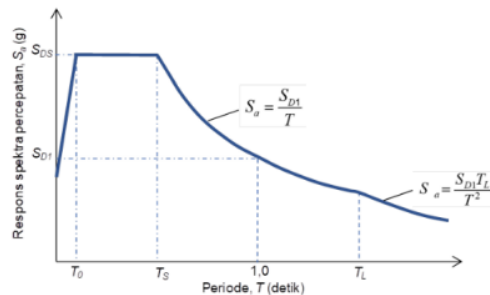
S_{D1} = Parameter Respons Spektral Percepatan Desain Pada Periode 1 Detik.

T = Periode Getar Fundamental Struktur.

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

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

T_L = Gambar 3. Menampilkan Peta Transisi Untuk Periode Panjang.



Gambar 2. 3 Spektrum Respon Desain Berdasarkan SNI 1726:2019

Gaya gempa vertikal harus diperhitungkan untuk elemen-elemen struktur gedung yang sangat sensitif terhadap beban gravitasi dari dua lantai atau lebih di atasnya serta balok beton pratekan dengan bentang panjang. Sementara itu, gaya gempa lateral bekerja pada setiap pusat massa lantai bangunan (Paraisu, 2016).

Nilai beban gempa ditentukan oleh tiga faktor: besarnya probabilitas beban tersebut terlampaui dalam kurun waktu tertentu, tingkat daktilitas struktur yang mengalami beban, dan kekuatan cadangan yang terdapat dalam struktur. Peluang beban nominal terlampaui selama umur gedung 50 tahun adalah 10%, dengan gempa rencana yang memiliki periode ulang 500 tahun (Paraisu, 2016).

2.1.8 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727:2020, halaman 13, digunakan kombinasi dasar, sementara SNI 1726:2019, halaman 26, digunakan untuk kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik. Berikut adalah kombinasi beban dasar dan kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik untuk perencanaan struktur.

Tabel 2. 8 Kombinasi Beban Untuk Desain Kekuatan

Kombinasi Dasar
1 = 1,4D
2 = 1,2D + 1,6L + 0,5(L _r atau S Atau R)
3 = 1,2D + 1,6(L _r atau S atau R) + (L atau 0,5W)
4 = 1,2D + 1,0W + L + 0,5(L _r atau S atau R)
5 = 0,9D + 1,0W
<i>Sumber : SNI 1727 : 2020</i>
Kombinasi Pembebanan Dengan Pengaruh Beban Seismik
6 = 1,2D + E _v + H _h + L
7 = 0,9D - E _v + H _h
<i>Sumber : SNI 1726 : 2019</i>

Keterangan :

- D : Beban Mati
- L : Beban Hidup
- L_r : Beban Hidup Atap

- S : Beban Salju
- R : Beban Air Hujan
- W : Beban Angin

2.1.9 Software ETABS

ETABS (Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems) adalah perangkat lunak yang dirancang untuk analisis struktur bangunan, mencakup pemodelan, desain, dan evaluasi struktur. Dikembangkan oleh Computers and Structures, Inc. (CSI), ETABS digunakan oleh insinyur sipil dan arsitek di seluruh dunia (Marpaung, 2023).

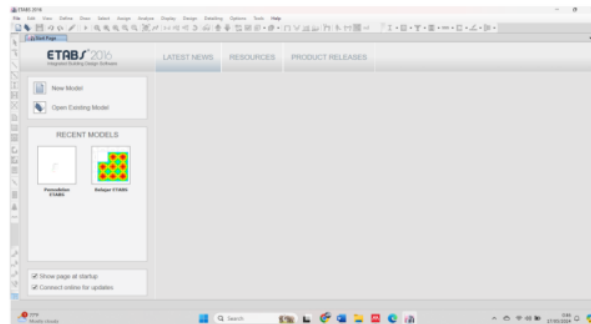
ETABS memungkinkan pembuatan model struktur yang kompleks dengan elemen seperti kolom, balok, dinding, pelat, serta elemen non-linear seperti kabel dan pengencang. Perangkat lunak ini juga mendukung analisis dinamik, seperti analisis respons spektrum dan waktu, serta berbagai gaya beban termasuk gravitasi, angin, gempa, dan lainnya. Hasil analisis dapat ditampilkan dalam format grafik, diagram, dan tabel (Marpaung, 2023).

Keunggulan ETABS terletak pada kemampuannya dalam desain dan analisis gedung bertingkat banyak dengan akurasi tinggi, karena dapat menghitung lebih banyak sambungan dibandingkan dengan aplikasi lain seperti SAP2000, yang lebih unggul dalam desain jembatan. ETABS direkomendasikan untuk desain atau analisis kekuatan struktur bangunan berlantai banyak yang simetris karena hasilnya lebih efisien, ekonomis, dan teruji (Paraisu, 2016).

Kekurangan ETABS adalah akurasinya yang lebih rendah untuk desain dan analisis struktur jembatan serta bentuk yang tidak simetris, di mana SAP2000 menunjukkan keunggulan yang lebih besar dan lebih disarankan untuk digunakan dalam kasus tersebut (Paraisu, 2016).

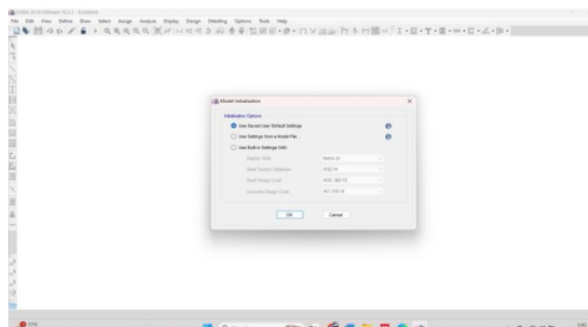
2.1.10 Langkah-Langkah Analisis Data Menggunakan Software ETABS

1. Membuka program dengan mengklik icon atau diambil dari start program.



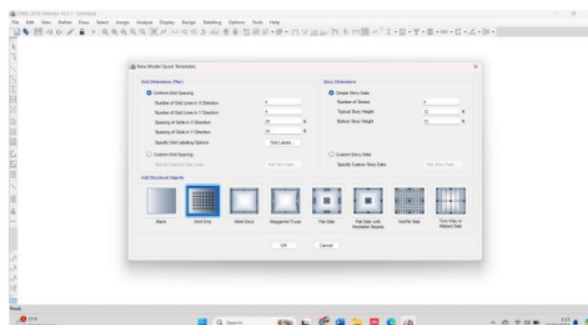
Gambar 2. 4 Tampilan Awal Etabs

2. Selanjutnya, buatlah grid dan atur jarak grid sesuai dengan model yang ingin dibuat dengan memilih File – New Model. Tampilan yang muncul akan seperti berikut :



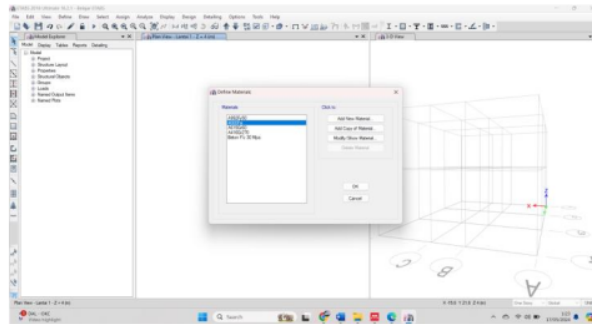
Gambar 2. 5 Model Intialization

3. Klik ok, maka akan muncul *New Model Quick Templates*.



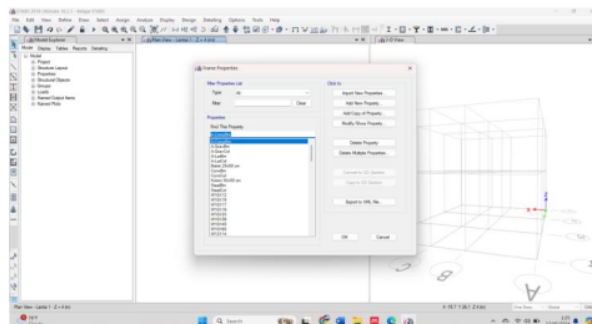
Gambar 2. 6 New Model Quick Templates

4. Mendefinisikan material yang mau digunakan untuk menganalisis dengan cara mengklik *Define – Material Properties* – maka akan terlihat tampilan berikut :



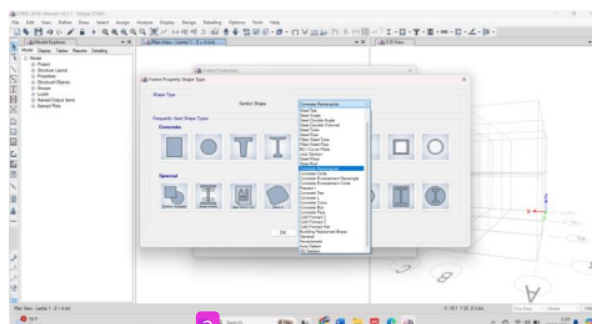
Gambar 2. 7 Define Material

5. Kemudian Klik *Section Propertie – Frame Section*. Maka akan muncul seperti tampilan dibawah ini.



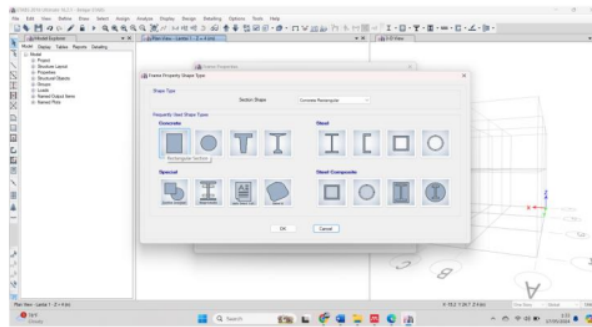
Gambar 2. 8 Frame Properties

6. Setelah itu akan muncul tampilan di bawah ini. Kemudian pilih *Concrete Rectangular*.



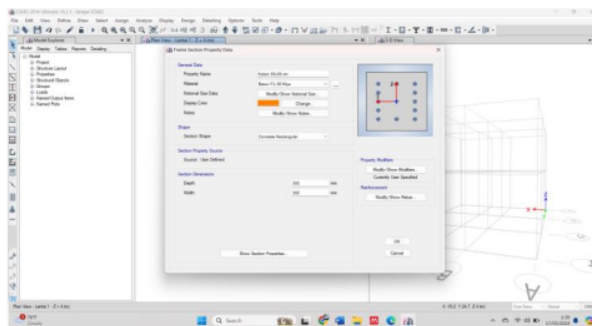
Gambar 2. 9 Frame Properties Shape Type

7. Kemudian Klik *Rectangular* sebelah kiri.

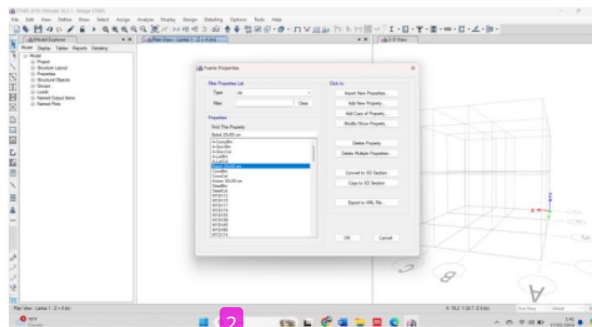


Gambar 2. 10 Concrete Rectangular

8. Memasukkan dimensi *Balok dan Kolom*

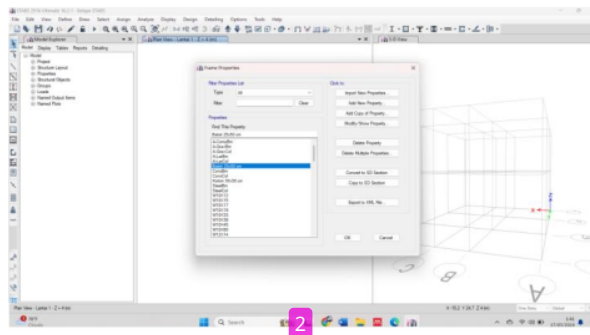


Gambar 2. 11 Memasukkan Dimensi Balok Dan Kolom



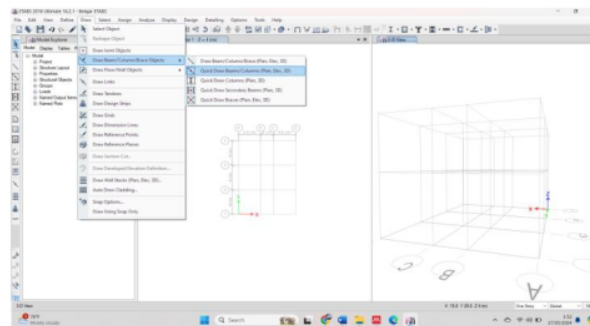
Gambar 2. 12 Dimensi Balok Dan Kolom

9. Memasukkan data plat lantai Define – Section Properties – Slab Sections

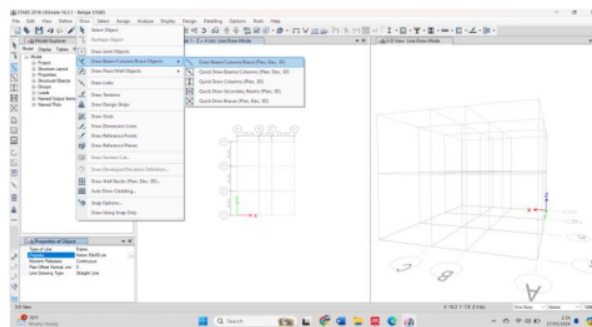


Gambar 2. 13 Slab Properties

10. Penggambaran balok dan kolom Klik Draw – Draw Beam/Column/Brace Objects – Quick Draw Beams/Column (Plan, Elev, 3D)

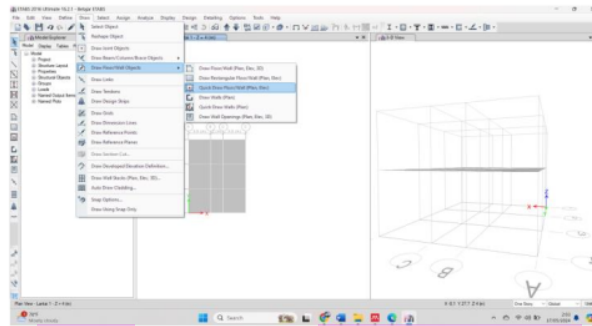


Gambar 2. 14 Propertie Of Object Balok



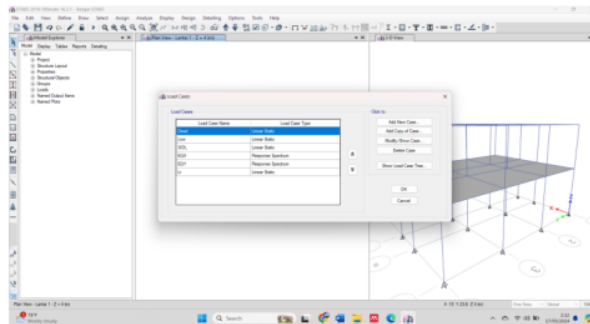
Gambar 2. 15 Propertie Of Object Kolom

11. Penggambaran pelat lantai Draw – Draw Floor/Wall Object



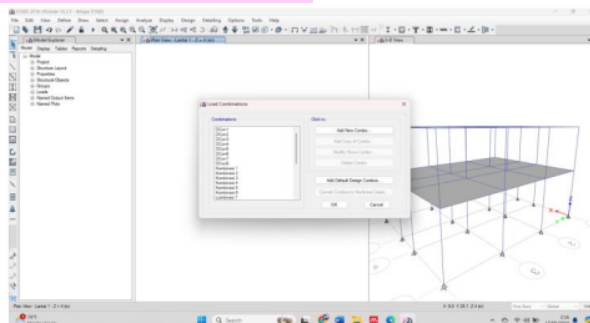
Gambar 2. 16 Propertie Of Object Pelat Lantai

12. Membuat beban dengan cara *Define – Load Case*, maka akan terlihat tampilan seperti dibawah ini :



Gambar 2. 17 Load Case

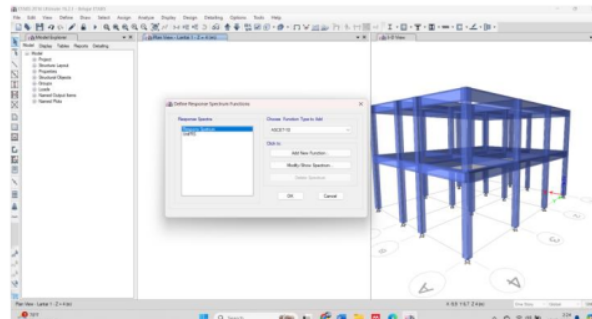
2 13. Kemudian Load Combination Data



Gambar 2. 18 Load Combination Dat

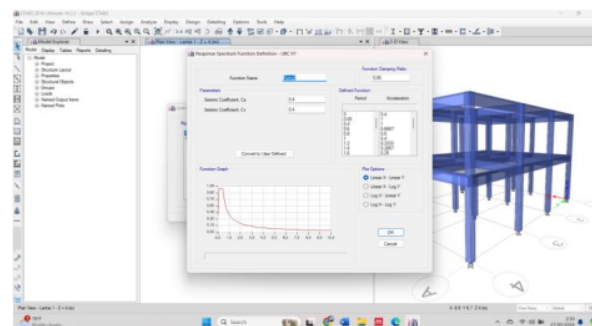
Isi kotak Load Combination nama dengan nama kombinasi beban (COMB 1) dan lakukan seterusnya dengan klik Add New Combo.

14. Membuat response spectrum function dengan cara klik *Define – Response Spectrum Function* maka akan terlihat tampilan seperti dibawah ini :



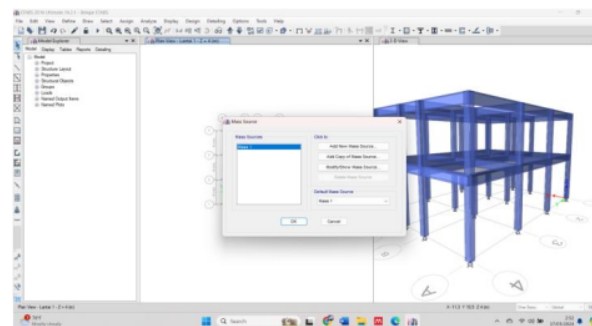
Gambar 2. 19 Define Response Spectrume Fuction

15. Untuk mengisi Response Spectra klik pada kotak *Choose Function Type to Add UBC97 Spectrum* kemudian *Add New Function* maka akan terlihat tampilan seperti gambar berikut :



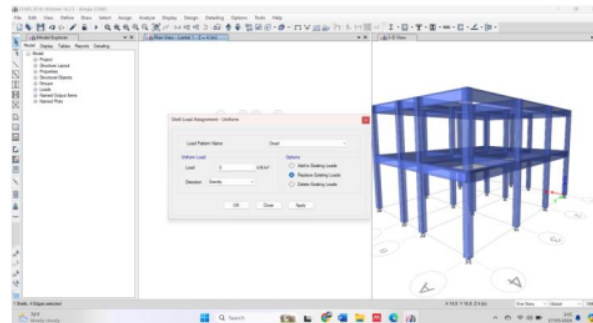
Gambar 2. 20 Spectrum Fuction Definition

16. Menentukan sumber massa klik Define - Mass Source – Add Jenis Massa Pada Bangunan. Maka tampil seperti gambar berikut :



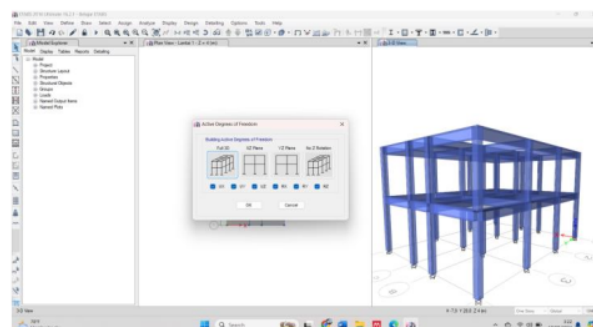
Gambar 2. 21 Define Mass Source

17. Memasukan **beban** ke pelat lantai yang mau diberi beban – lalu klik Assign – Shell/Area loads – Uniform, maka akan tampil seperti berikut :



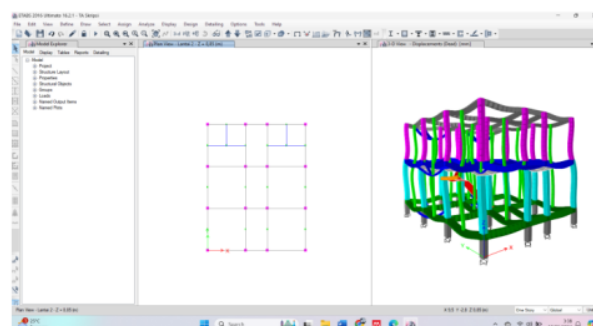
Gambar 2. 22 Uniform Surface Loads

- 2
18. Untuk Analisis klik Analyze – Set Analyze Option, kemudian klik Full 3D. Maka akan tampil seperti gambar berikut.



Gambar 2. 23 Analyze Option

19. Langkah terakhir menganalisis data dengan klik Analyze – Run Analisis untuk mendapatkan output momen. Maka akan muncul tampilan berikut.



Gambar 2. 24 Analyze (Run)

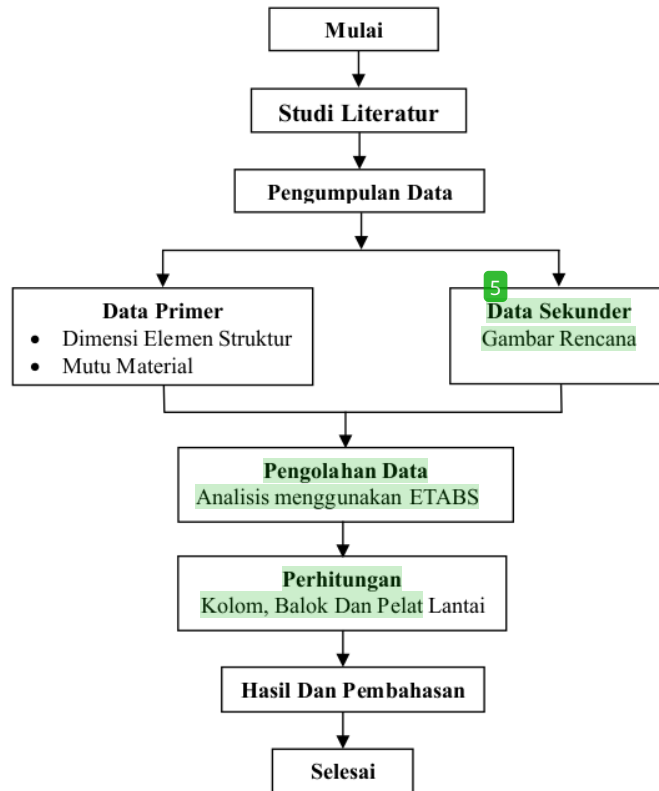
2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya adalah upaya untuk mencari perbandingan dan kajian guna menambah pengetahuan, inspirasi, dan teori yang akan digunakan dalam penelitian penulis. Dalam konteks ini, penulis merujuk pada beberapa sumber jurnal terkait analisis struktur bangunan. Berikut adalah beberapa hasil penelitian yang pernah melakukan analisis tentang struktur bangunan :

1. Penelitian yang dilakukan oleh (Akbar & Itteridi, 2020) Dengan Judul : Analisis Perencanaan Struktur Gedung 8 Lantai Dengan Variasi *Bracing* Menggunakan Aplikasi Program Etabs. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, analisis program ETABS perpindahan (*displacement*) pada ketiga struktur gedung tersebut cenderung hampir sama dalam arah x yaitu kurang lebih sebesar 5 – 60 mm, sedangkan untuk arah y perbedaan perpindahan (*displacement*) sangat terlihat karena ada penambahan pengaku *bracing* , tipe 1 portal *bracing* X sebesar 2,4 mm – 25,4 mm, untuk tipe 2 portal *bracing* V 2,93 mm – 29,3 mm, dan untuk portal biasa sebesar 4,86 mm – 53,57 mm.
2. Penelitian yang dilakukan oleh (Gusfita et al., 2022). Dengan Judul : Analisis Struktur Atas Pada Pembangunan SDN 04 Garegeh. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, Analisis struktur dilakukan melewati beberapa tahapan seperti perencanaan dimulai dari preliminary design, pembebanan struktur, pembebanan gempa. analisis gaya yang terjadi pada struktur dengan menggunakan aplikasi ETABS, penulangan berdasarkan hasil *output* ETABS membandingkan penulangan realisasi lapangan dengan hasil analisis. *Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems* (ETABS) adalah suatu program yang digunakan untuk melakukan analisis serta desain terhadap struktur bangunan dengan cepat dan tepat. Hasil bangunan yang didesain menggunakan faktor keamanan yang tinggi sehingga hasil analisis tidak menyimpang dari realisasi lapangan yang terlihat pada hasil penulangan kolom, balok utama, balok anak, ring balok, dan plat masih lebih kecil dari pada realisasi penulangan di lapangan. Dimensi kolom, balok dan pelat lantai yang didapatkan dari realisasi lapangan dimensi kolom K1 45x60 , K2 2 x40, K3 40x40, K4 40x60. Dimensi balok B1 30x50, B2 30x50, B3 25x40 dan dimensi ketebalan pelat lantai 120mm.

3. Penelitian yang dilakukan oleh (Sumarso et al., 2020). Dengan Judul : Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Tujuh (7) Lantai Di Kabupaten Karanganyar. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, Pelat atap tebal 10 cm tulangan x dan y $\text{Ø}10\text{-}200$ mm, pelat lantai 12 cm tulangan x dan y $\text{Ø}13\text{-}230$ mm, balok induk B1 dimensi 300 x 600 mm tulangan atas 6D22 tulangan bawah 4 D19 tulangan geser $\text{Ø}12\text{-}250$ mm, balok anak BA dimensi 300 x 400 mm tulangan atas 2 D16 tulangan bawah 4 D16 tulangan geser $\text{Ø}10\text{-}150$ mm, balok sloof dimensi 300 x 400 mm tulangan atas 2 D16 tulangan bawah 4 D16 tulangan geser $\text{Ø}12\text{-}200$ mm, kolom K1 dimensi 800 x 800 mm tulangan longitudinal 10 D25 dan tulangan geser $\text{Ø}12\text{-}250$ mm, kolom k2 dimensi 700 x 700 mm tulangan longitudinal 10 D25 dan tulangan geser $\text{Ø}12\text{-}250$ mm, penulangan pondasi bore pile dimensi 80 cm kedalaman 6 m dengan tulangan longitudinal 14 D22 tulangan spiral $\text{Ø}12\text{-}200$ mm, dan penulangan pile cap arah x dan y D 25-150.
4. Penelitian yang dilakukan oleh (Salsabila et al., 2023). Dengan Judul : Perencanaan Struktur Atas Beton Bertulang Gedung 5 Lantai Menggunakan Software Etabs. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, Kestabilan struktur akibat pengaruh P–delta, dapat diketahui bahwa kestabilan struktur maksimum arah x akibat pengaruh P–delta sebesar 0,009785 dan kestabilan struktur maksimum arah y akibat pengaruh P–delta sebesar 0,032068. Semua lantai aman karena tidak melebihi nilai maksimum.

2.3 Kerangka Berpikir



Gambar 2. 25 Bagan Alir Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian kuantitatif adalah pendekatan untuk menguji teori-teori tertentu dengan meneliti hubungan antara variabel-variabel yang ada (Kusumastuti et al., 2020). variabel-variabel tersebut diukur menggunakan instrumen penelitian, sehingga data yang berupa angka dapat dianalisis dengan prosedur statistik (Kusumastuti et al., 2020).

Dalam analisis ini, metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif. Proses dimulai dengan studi literatur, diikuti dengan analisis struktur ruko dua lantai yang menggunakan beton bertulang untuk memastikan kekuatan struktur dalam menahan beban. Pembebanan mengikuti SNI 1727:2020 mengenai Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Pemodelan struktur dilakukan dengan software Etabs 2016, dan hasil perhitungan kolom, balok, serta pelat lantai digunakan sebagai data perencanaan struktur beton sesuai SNI 2847-2019 (Ginajar, 2021) Langkah-langkah penelitian meliputi :

1. Studi literatur.
2. Pemodelan struktur awal.
3. Pemodelan struktur dengan menambahkan beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
4. Evaluasi struktur menggunakan Etabs.
5. Analisis hasil momen dan geser untuk menentukan elemen struktur yang memerlukan perkuatan
6. Perhitungan kolom, balok dan pelat lantai.
7. Hasil.

3.2 Variabel Penelitian

1. Variabel Independen (X)

Variabel independen (X) adalah variabel yang mempengaruhi atau menyebabkan perubahan pada variabel dependen (Y). Dalam penelitian ini, variabel independen yang diteliti meliputi:

- a. Dimensi struktur
- b. Spesifikasi material.
- c. Beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
- d. Kombinasi pembebanan.

2. Variabel Dependen (Y)

Variabel dependen (Y) adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel independen (X). Dalam penelitian ini, variabel dependen yang dianalisis adalah:

- a. Kolom
- b. Balok
- c. Pelat Lantai

3.3 Lokasi Dan Jadwal Penelitian

a. Lokasi

Objek penelitian adalah perencanaan ruko dua lantai di Mudik, Gunungsitoli, Provinsi Sumatera Utara.

b. Jadwal Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian, peneliti merencanakan waktu penelitian selama satu bulan.

3.4 Populasi

Penelitian ini mencakup satu objek bangunan, yaitu perencanaan ruko dua lantai di Mudik, Gunungsitoli, Provinsi Sumatera Utara.

3.5 Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa instrumen yang digunakan oleh peneliti meliputi :

1. Software ETABS 2016

Software Etabs 2016 Merupakan alat utama dalam penelitian ini. Etabs 2016 adalah perangkat lunak untuk analisis dan desain struktur bangunan, memungkinkan pemodelan struktur dalam tiga dimensi, pembebanan, dan analisis beban statis serta dinamis.

2. Data Teknis Bangunan

Data Teknis Bangunan Data ini mencakup informasi terkait perencanaan struktur, seperti gambar rencana struktur (denah, potongan, detail penulangan), data material (beton, baja tulangan), dan beban-beban yang bekerja pada struktur (beban mati, beban hidup, dan beban gempa), yang digunakan sebagai input dalam pemodelan dengan software Etabs 2016

3. Perangkat Keras Komputer

Komputer dengan spesifikasi yang memadai diperlukan untuk menjalankan perangkat lunak Etabs 2016 dan mengolah data hasil analisis. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan Laptop Asus TUF Gaming FX504 Series dalam menjalankan software Etabs 2016 dengan spesifikasi :

- a. Prosesor Intel ® Core™ i5 8300H CPU @ 2.30GHz
- b. RAM 8 GB
- c. Hardisk 1 Terabyte + SSD 128 GB
- d. Kartu Grafis/VGA NVIDIA GeForce GTX 1050
- e. Sistem Operasi : Windows 11 64 bit

3.6 Teknik ¹³ Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data Primer adalah data yang diperoleh langsung dari asumsi yang dibuat oleh peneliti dan dapat segera digunakan dalam analisis perencanaan struktur.

Dalam penelitian ini, data primer mencakup gambar rencana bangunan yang meliputi denah, kolom, balok, dan pelat lantai dengan struktur gedung beton bertulang. Software Etabs digunakan untuk memodelkan dan menganalisis struktur gedung beton bertulang dalam penelitian ini.

2. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data tambahan yang mendukung data primer/utama dalam penelitian ini, meliputi pedoman peraturan yang digunakan untuk perencanaan, yaitu:

- a. SNI 1726:2019 Pedoman untuk perencanaan gempa yang bekerja pada suatu struktur.
- b. SNI 2847:2019 Pedoman untuk persyaratan beton struktur gedung.
- c. SNI 1727:2020 Pedoman untuk kombinasi pembebanan struktur.
- d. SNI 2052:2017 Pedoman untuk persyaratan baja tulangan beton.
- e. PPIUG Pedoman untuk pembebanan struktur.
- f. Struktur diasumsikan berada di zona gempa kuat.
- g. Modul pelatihan Etabs.

3.7 Teknik Analisis Data

1. Pemodelan Struktur

Pembentukan model struktur bangunan dilakukan dengan pemodelan 3D menggunakan Etabs, berdasarkan informasi dan data dari gambar rencana. Langkah awal dalam pemodelan adalah memasukkan material dan dimensi struktur sesuai gambar rencana, kemudian menggambar posisi kolom, balok, dan pelat. Dalam penelitian ini, software Etabs digunakan untuk memodelkan dan menganalisis struktur bangunan gedung beton bertulang.

2. Perhitungan Pembebanan

Perencanaan struktur bangunan memerlukan asumsi dan pendekatan mengenai beban yang bekerja pada struktur. Peneliti melakukan perhitungan dan penginputan beban yang bekerja pada struktur gedung dengan menggunakan software Etabs, termasuk beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

Perhitungan beban mati akibat berat sendiri dimasukkan ke dalam load case dead pada program analisis struktur, sedangkan beban mati tambahan dimasukkan dalam load case super dead. Beban mati akibat berat sendiri dihitung otomatis oleh program, sementara beban mati tambahan ditambahkan manual sesuai data yang tersedia. Beban hidup dicatat dalam load case live dengan self weight multiplier 0 dan ditambahkan manual pada assign shell load, dengan besarnya sesuai peraturan yang berlaku.

3. Analisis Respon Spektrum

Analisis dinamik respon spektrum digunakan untuk memperoleh kurva respon spektrum menggunakan software Etabs 2016. Proses pemodelan beban gempa respon spektrum pada software Etabs melibatkan definisi function response spectrum, define load pattern untuk beban gempa, dan respon spektrum gempa arah x (U1) serta arah y (U2) pada load case data dan mass source.

4. Analisis Struktur

Analisis struktur dilakukan menggunakan Etabs untuk memperkirakan gaya dalam dan deformasi pada struktur, guna memastikan terpenuhinya persyaratan kekuatan, kemampuan layan, dan stabilitas. Hasil analisis struktur dengan Etabs mencakup gaya-gaya dalam dan kekuatan masing-masing elemen struktur dari beberapa kombinasi yang digunakan. Gaya-gaya dalam tersebut menjadi acuan untuk menentukan dimensi kolom, balok, dan pelat serta jumlah tulangan longitudinal dan transversal, mengacu pada SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

5. Evaluasi Kekuatan Struktur

Evaluasi kekuatan struktur bertujuan untuk memastikan kelayakan struktur terhadap beban gempa, dengan syarat bahwa kekuatan kapasitas elemen struktur harus melebihi kekuatan minimal yang diperlukan. Hasil analisis kapasitas dibandingkan dengan hasil analisis pembebanan dari software Etabs untuk menentukan apakah perlu dilakukan desain ulang struktur.

6. Analisis Kapasitas Struktur

Hasil analisis kapasitas dibandingkan dengan analisis pembebanan yang diperoleh dari software Etabs untuk memutuskan apakah perlu melakukan desain ulang pada struktur bangunan.

7. Desain Ulang Tulangan

Desain ulang tulangan dilakukan jika struktur tidak mampu menahan beban yang dianalisis menggunakan software Etabs

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perencanaan

Sebelum memulai perhitungan desain awal, penting untuk mengetahui data perencanaan dan beban-beban yang akan diterima oleh struktur bangunan. Untuk perencanaan ruko 2 lantai dengan beton bertulang, data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

Jenis Bangunan	: Ruko
Banyak Lantai	: 2 Lantai
Tinggi Perlantai	: Lantai 1 = 4 meter Lantai 2 = 3,5 meter Rooftop = 2,81 meter
Ukuran Bangunan	: 12 x 9 meter = 108 m ²
Mutu Beton (K)	: f'c 21 Mpa (K-250) Kolom, Balok dan Pelat Lantai.
Mutu Baja	: BJTS 420 Mpa BJTS 280 Mpa
Struktur Bangunan	: Beton Bertulang

4.2 Preliminary Desain

4.2.1 Balok

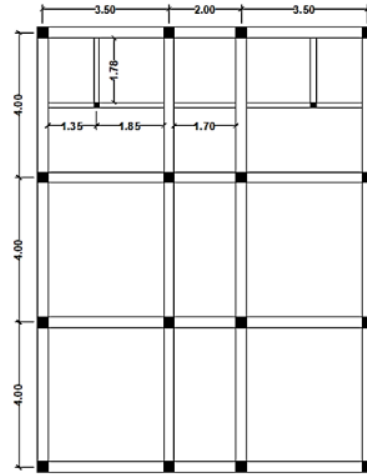
1) Balok Sloof

Balok sloof adalah elemen struktur yang terletak di bawah dinding bangunan dan di atas pondasi, berfungsi untuk mendistribusikan beban dari dinding ke pondasi secara merata. Dimensi balok induk dapat ditentukan berdasarkan aturan praktis sebagai berikut :

$$\text{Tinggi balok } h = \frac{1}{12} L$$

$$\text{Tinggi balok } b = \frac{2}{3} h$$

Dalam menentukan dimensi balok induk, digunakan bentang terpanjang baik dalam arah melintang maupun memanjang sebagai acuan dalam penentuan dimensi balok



Gambar 4. 1 Denah Balok Sloof

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok } h &= \frac{1}{12} 400 \\ &= 33,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{SF} = 35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok } b &= \frac{2}{3} 35 \\ &= 23,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{SF} = 300 \text{ mm}$$

Jadi, balok induk 300/350 mm

2) Balok Anak

Balok anak adalah elemen struktur yang memikul momen dan berfungsi untuk mentransfer beban dari pelat ke balok induk. Dimensi balok anak dapat ditentukan berdasarkan SNI 2847:2019 halaman 180 tabel 9.3.1.1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok } h &= \frac{1}{16} 178 \\ &= 11,125 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{SF} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok } b = \frac{1}{2} 250$$

$$= 125 \text{ cm}$$

$$\text{SF} = 200 \text{ mm}$$

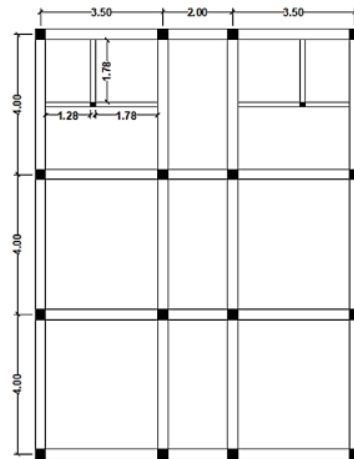
Jadi, balok anak 200/250 mm

3) Balok Lantai

Balok induk adalah elemen struktur yang memikul momen dan berfungsi untuk mentransfer beban dari pelat ke kolom. Dimensi balok induk dapat ditentukan berdasarkan aturan praktis sebagai berikut :

$$\text{Tinggi balok } h = \frac{1}{12} L$$

$$\text{Tinggi balok } b = \frac{2}{3} h$$



Gambar 4. 2 Denah Balok Lantai

$$\text{Tinggi balok } h = \frac{1}{12} 400$$

$$= 33,33 \text{ cm}$$

$$\text{SF} = 35 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi balok } b = \frac{2}{3} 35$$

$$= 23,33 \text{ cm}$$

$$\text{SF} = 300 \text{ mm}$$

Jadi, balok induk 300/350 mm

4) ⁹ Balok Anak

Balok anak adalah elemen struktur yang memikul momen dan mentransfer beban dari pelat ke balok induk. Dimensi balok anak dapat ditentukan berdasarkan SNI 2847:2019 halaman 180 tabel 9.3.1.1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok } h &= \frac{1}{16} 178 \\ &= 11,125 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{SF} = 20 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok } b &= \frac{1}{2} 250 \\ &= 125 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{SF} = 200 \text{ mm}$$

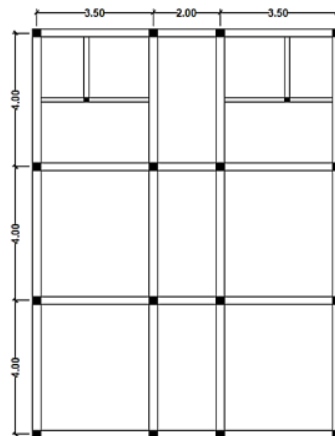
Jadi, balok anak 200/200 mm

5) Ring Balok

Ring balok adalah elemen struktur horizontal yang terletak di bagian atas kolom dan berfungsi untuk mengikat elemen-elemen vertikal seperti kolom dan dinding, memberikan kekakuan serta stabilitas tambahan pada struktur bangunan. Dimensi ring balok dapat ditentukan berdasarkan aturan praktis sebagai berikut :

$$\text{Tinggi balok } h = \frac{1}{12} L$$

$$\text{Tinggi balok } b = \frac{2}{3} h$$



Gambar 4. 3 Denah Ring Balo

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok h} &= \frac{1}{12} 400 \\ &= 33,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{SF} = 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok b} &= \frac{2}{3} 35 \\ &= 23,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{SF} = 250 \text{ mm}$$

Jadi, balok induk 250/250 mm

9
6) Balok Anak

Balok anak adalah elemen struktur yang memikul momen dan berfungsi untuk mentransfer beban dari pelat ke balok induk. Dimensi balok anak dapat ditentukan berdasarkan SNI 2847:2019 halaman 180 tabel 9.3.1.1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok h} &= \frac{1}{16} 178 \\ &= 11,125 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{SF} = 13 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok b} &= \frac{1}{2} 250 \\ &= 13 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{SF} = 200 \text{ mm}$$

Jadi, balok anak 130/130 mm

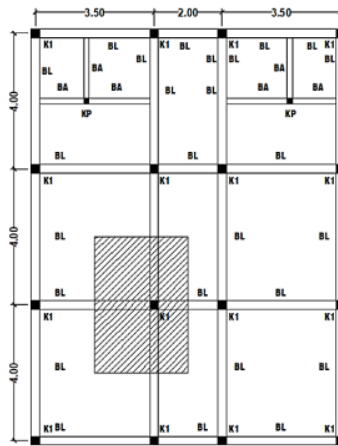
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok

NAMA BALOK	DIMENSI
	CM
BS	30/35
BA	20/25
BL	30/35
BA	20/20
RB	25/25
BA	13/13

4.2.2 Kolom

Kolom harus dirancang untuk menahan kombinasi beban aksial yang telah difaktorkan dari seluruh tingkat bangunan serta momen maksimum yang timbul akibat beban terfaktor pada bentang lantai atau atap yang sedang dianalisis. Dimensi kolom ditentukan sebagai berikut :

1. Tebal Plat Lantai : 120 mm
2. Tebal Plat Atap : 100 mm
3. Tinggi Bangunan : 7,3 m
4. Dimensi BL : 300/350 mm



Tabel 4. 2 Luas Area Yang Dipikul Kolom Lt. 1

Berikut perhitungan dimensi Kolom K1 yang direncanakan pada lantai 1

Tabel 4. 3 Beban Mati

Beban	Rumus	Berat (kg)
Pelat Atap	$11 \times 0,1 \times 2,4$	2,64
Pelat Lantai	$11 \times 0,12 \times 2,4$	3,168
Balok	$0,105 \times 6,15 \times 2,4$	1,5498
Dinding	$3,25 \times 6,15 \times 250$	4996,875
Granit	$11 \times 0,01 \times 0,017$	0,00187
Mortar Spesi	$11 \times 0,04 \times 21$	9,24
Pasir	$11 \times 0,05 \times 1600$	880,00
Plafond + Penggantung	11×18	198
Saluran Mekanikal	$11 \times 0,2$	2,2
Sistem Elektrikal	$11 \times 0,05$	0,55
Total		6094,2247

Tabel 4. 4 Beban Hidup

Beban	Berat (kg)
Pelat Atap	97,8912
Pelat Lantai	199,8612
Total	297,7524

Jadi, berat total = $1,2D + 1,6L$
 $= 1,2 \times 6094,2247 + 1,6 \times 297,7524$
 $= 15106,14 \text{ kg}$
 $= 148,14 \text{ kN}$

Luas penampang (A) = $(3 \cdot P)/(f'c)$
 Beban tekan kolom Lt. 1 = 148,140 N
 Mutu beton ($f'c$) = 21 MPa
 Luas dimensi kolom (A) = $\frac{3 \times 148,140 \text{ N}}{21} = 21,163 \text{ mm}^2$
 Sisi kolom (S) = $\sqrt{21,163 \text{ mm}^2}$
 $= 145,5 \text{ mm}$ dipakai 300 mm

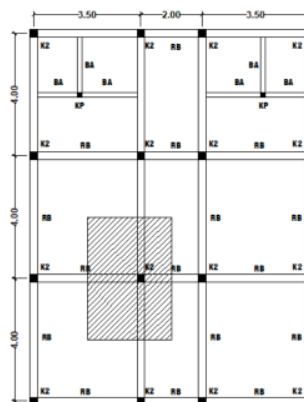
Keterangan :

S : Sisi kolom

P : Berat total yang dipikul oleh kolom

A : Luas penampang kolom

$f'c$: Kuat tekan beton

**Tabel 4. 5 Tributary Area Kolom Lt. 2**

Berikut perhitungan dimensi Kolom K2 yang direncanakan pada lantai 2

Tabel 4. 6 Beban Mati Lantai 2

Beban	Rumus	Berat (kg)
Pelat Atap	11 x 0,1 x 2,4	2,64
Balok	0,0625 x 6,27 x 2,4	1,5498
Plafond + Penggantung	11 x 18	198
Saluran Mekanikal	11 x 0,2	2,2
Sistem Elektrikal	11 x 0,05	0,55
Total		204,9398

Tabel 4. 7 Beban Hidup Atap

Beban	Berat (kg)	
Pelat Atap	97,8912	
Total		97,8912

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi, berat total} &= 1,2D + 1,6L \\
 &= 1,2 \times 204,9398 + 1,6 \times 97,8912 \\
 &= \mathbf{402,55368 \text{ kg}} \\
 &= \mathbf{3,9477 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang (A)} &= (3 \cdot P)/(f'c) \\
 \text{Beban tekan kolom Lt. 1} &= 3,947,7 \text{ N} \\
 \text{Mutu beton (f'c)} &= 21 \text{ MPa} \\
 \text{Luas dimensi kolom (A)} &= \frac{3 \times 3,947,7 \text{ N}}{21} = 563,957 \text{ mm}^2 \\
 \text{Sisi kolom (S)} &= \sqrt{563,957 \text{ mm}^2} \\
 &= 23,7477 \text{ mm dipakai } 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

S : Sisi kolom

P : Berat total yang dipikul oleh kolom

A : Luas penampang kolom

F'c : Kuat tekan beton

Tabel 4. 8 Ringkasan Kolom

Kolom	Dimensi
K1	30/30
K2	25/25

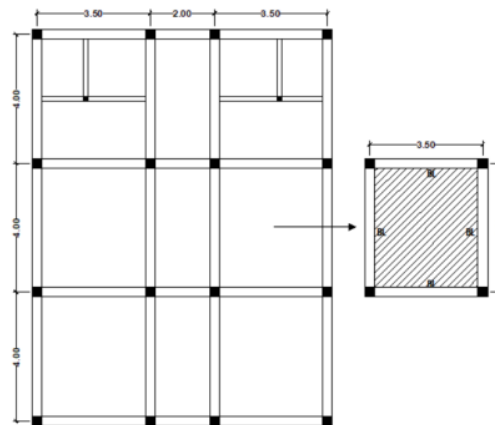
4.2.3 Pelat Lantai

Pelat adalah elemen struktur horizontal dengan rasio ketebalan terhadap bentang yang relatif kecil. Pelat yang didukung oleh kolom juga bergantung pada balok untuk dukungan tambahan. Fungsinya adalah untuk menahan beban dan mendistribusikannya ke elemen vertikal seperti kolom melalui jalur beban. Penentuan ketebalan pelat lantai harus mengikuti pedoman dalam SNI 2847: 2019 Tabel 8.3.1.1.

Tabel 4. 9 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah

fy, MPa	Tanpa drop panel			Dengan drop panel		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Sumber : SNI 2847 : 2019



Gambar 4. 4 Denah Rencana Pelat Lantai

1) Menentukan Jenis Pelat Lantai

Jika rasio $P/L > 2$ maka pelat dikategorikan pelat 1 arah

Jika rasio $P/L < 2$ maka pelat dikategorikan pelat 2 arah

a. Panjang Bersih Pelat (l_n)

a) Dimensi pelat (AS-AS)

$$L_x = 3500 \text{ mm}$$

$$L_y = 4000 \text{ mm}$$

b) Dimensi Pelat Bersih

$$L_{nmax} = 3200 \text{ mm}$$

$$L_{nmin} = 3700 \text{ mm}$$

b. Menentukan Jenis Pelat

$$\text{Jenis pelat} = \frac{3200 \text{ mm}}{3700 \text{ mm}} = 0,864$$

$$\text{Jenis Pelat} = 0,864 < 2$$

Jadi, jenis pelat lantai bersarkan rasio pelat digolongkan menjadi 2 arah

Pelat dua arah adalah pelat yang disokong oleh balok di keempat sisinya dan menahan beban yang diteruskan ke penopang dalam kedua arah. Menurut SNI 2847: 2019 Pasal 8.3.1, tebal minimum untuk pelat dua arah yang tidak menggunakan prategang dan memiliki balok di antara semua tumpuannya harus memenuhi ketentuan tertentu.

2) Menentukan Tebal Pelat

a. Menentukan Persamaan Yang Digunakan

$$\text{Mutu tulangan} = \text{BJTS 420}$$

$$F_y = 420 \text{ MPa}$$

Berdasarkan tabel diatas dan mutu tulangan, maka rumus tebal pelat =

$$l_n/33$$

b. Tebal Pelat Lantai

$$\text{Tebal Pelat} = \frac{3700 \text{ mm}}{33} = 112,121 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Pelat} = 112,121 \text{ mm di pakai } 120 \text{ mm}$$

3) Menentukan Jenis Diafragma

Diafragma mencakup semua elemen struktur horizontal yang menahan gaya lateral, seperti pelat dan balok. Penentuan jenis diafragma harus sesuai dengan ketentuan dalam SNI 1726: 2019 pasal 7.3.1.2.

$$\text{Jenis Diafragma} = \frac{S}{De} = \leq 3 = \text{Diafragma Kaku}$$

Keterangan :

S = Panjang Gedung

De = Lebar Gedung

$$\text{Jenis Diafragma} = \frac{12}{9} = \leq 3$$

Jenis Diafragma = 1,33 < 3, diafragma kaku

4.3 Analisis Pembebanan

4.3.1 Beban Mati

Tabel 4. 10 Beban Mati Kolom Lt 1 - 2

No	Jenis Kolom	Ukuran (m)			Jml	Luas M ³	Berat Jenis Kg/m ³	Berat Total kg
		L	P	T				
1	K1	0,3	0,3	3,65	16	5,256	2400	12614,4
2	K2	0,25	0,25	3,2	16	3,2	2400	7680
3	K3	0,15	0,15	6,85	32	4,932	2400	11836,8

Sumber : Olahan Data 2024

32131,2 kg
315,09943 kN

Tabel 4. 11 Beban Balok Lt 1 - 2

No	Jenis Balok	Ukuran (m)			Jml	Luas M ³	Berat Jenis Kg/m ³	Berat Total kg
		L	P	T				
1	BS	0,3	84	0,35	1	8,82	2400	21168
2	BA	0,2	11,38	0,25	1	0,569	2400	1365,6
3	BL	0,3	84	0,35	1	8,82	2400	21168
4	BA	0,2	9,68	0,2	1	0,3872	2400	929,28
5	RB	0,25	84	0,25	1	5,25	2400	12600
6	BA	0,13	9,8	0,13	1	0,16562	2400	397,488

Sumber : Olahan Data 2024

57628,368 kg
565,14124 kN

Tabel 4. 12 Beban Pelat

No	Lantai	Luas Pelat	Tebal	Berat	Berat total	Berat total
		(m ²)	(m)	(Kg/m ³)	(kg)	(kN)
1	Plat Lantai	108	0,12	2400	31104	31104
2	Plat Atap	106,95	0,1	2400	25668	25668
					56772 kg	
					556,74313 kN	

Sumber : Olahan Data 2024

Tabel 4. 13 Beban Dinding

Tinggi Dinding (m)	Berat Jenis (Km/m ²)	Berat Total (kN)
57,7	2,35	135,595
		13826,6 kg
		141,4608 kN

Sumber : Olahan Data 2024

$$\begin{aligned} \text{Total Beban} &= \text{Beban Kolom} + \text{Beban Balok} + \text{Pelat} + \text{Beban Dinding} \\ &= 32131,2 \text{ kg} + 57628,368 \text{ kg} + 56772 \text{ kg} + 13826,6 \text{ kg} \\ \text{Total Beban} &= \mathbf{160358,1622 \text{ kg}} \end{aligned}$$

4.3.2 Beban Hidup

Beban hidup yang diterapkan dalam tugas akhir ini mengacu pada SNI 1727: 2020 mengenai beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lainnya.

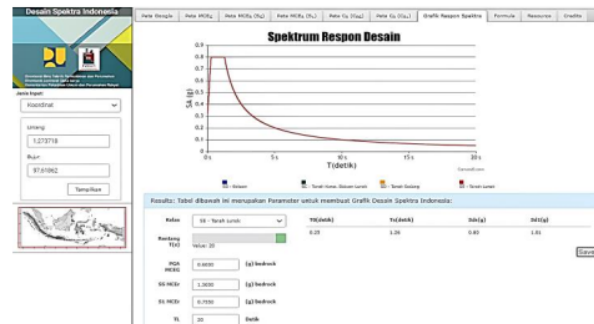
Tabel 4. 14 Beban Hidup

No	Beban Hidup	Beban (kN/m ²)
1	Hunian satu keluarga	1,92
2	Atap datar, berhubung, dan lengkung	0,96

Sumber : SNI 1726 : 2020

4.3.3 Beban Gempa

Data gempa yang digunakan berasal dari Mudik, Kota Gunungsitoli, Provinsi Sumatera Utara, dengan jenis tanah lunak sesuai SNI 1726: 2019. Data ini dimasukkan dalam perhitungan spektrum respons desain dan diperoleh melalui situs web <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>.



Gambar 4. 5 Spektrum Respon Desain Mudik, Kota Gusik

Sumber : RSA 2021.

Berikut ini merupakan data *spektrum respon desain* Mudik, Kota Gunungsitoli Provinsi Sumatera Utara yang akan diinputkan kedalam *Software* Etabs 2016.

Tabel 4. 15 Data spektrum respon desain

A Data Bangunan	
Lokasi	Kota/Provinsi = Kota Gunungsitoli
Koordinat	Lintang = 1,273718 Bujur = 97,61862
Pemanfaatan Gedung	= Ruko
B Data Puskim 2021	
Klasifikasi Situs Tanah	SE = Tanah Lunak
Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek	Ss = 1,500 g
Percepatan Batuan Dasar Pada 1 Sec	S1 = 0,7550 g
Faktor Amplifikasi Terkait Percepatan Pada Periode Pendek	Fa = 0,8
Faktor Amplifikasi Terkait Percepatan Pada 1 Sec	Fv = 2,0
C Kategori Resiko	
Kategori Resiko Bangunan	Rumah Toko = II
D Sistem Struktur (SRPMK)	
Koefisien Modifikasi Respon	R = 8 Cd = 5 ^{1/2} Ω = 3
E Faktor Prioritas Gempa	

Faktor Keutamaan Gempa	$I_c = 1,0$
F Faktor Skala	
Grafitasi	$g = 9810 \text{ m/s}^2$
Skala Faktor	$g \cdot I/R = 1226,25 \text{ m/s}^2$
G Parameter Desain	
Parameter Respon Spektral Percepatan Periode Pendek	$S_{ms} = F_a \cdot S_s = 1,2 \text{ g}$
Parameter Respon Spektral Percepatan Periode 1 Sec	$S_{m1} = F_v \cdot S_1 = 1,51 \text{ g}$
Parameter Respon Spektral Percepatan Desain Periode Pendek	$S_{ds} = (2/3) \cdot S_{ms} = 0,8 \text{ g}$
Parameter Respon Spektral Percepatan Desain Periode 1 Sec	$S_{d1} = (2/3) \cdot S_{m1} = 1,007 \text{ g}$
	$T_o = 0,2 \cdot S_{d1}/S_{ds} = 0,252$
	$T_s = S_{d1}/S_{ds} = 1,258$
	$TL = 20$

Sumber : Olahan Data 2024

Di bawah ini disajikan hasil perhitungan spektrum respons rencana menggunakan aplikasi Microsoft Excel, yang menghasilkan grafik spektrum respons rencana untuk Gedung Ruko.

Tabel 4. 16 Rekapitulasi Perhitungan Respon Spectrum Rencana Pada Gedung Ruko

T (Detik)	SA
0	0,32
0,1	0,51008
0,25	0,8
0,35	0,8
0,45	0,8
0,55	0,8
0,65	0,8
0,75	0,8
0,85	0,8
0,95	0,8
1,05	0,8
1,15	0,8

1,25	0,8
1,35	0,748148
1,45	0,696552
1,55	0,651613
1,65	0,612121
1,75	0,577143
1,85	0,545946
1,95	0,517949
2,05	0,492683
2,15	0,469767
2,25	0,448889
2,35	0,429787
2,45	0,412245
2,55	0,396078
2,65	0,381132
2,75	0,367273
2,85	0,354386
2,95	0,342373
3,05	0,331148
3,15	0,320635
3,25	0,310769
3,35	0,301493
3,45	0,292754
3,55	0,284507
3,65	0,276712
3,75	0,269333
3,85	0,262338
3,95	0,255696
4,05	0,249383
4,15	0,243373
4,25	0,237647
4,45	0,232184
4,55	0,226966
4,65	0,221978
4,75	0,217204
4,85	0,212632
4,95	0,208247
5,05	0,20404
5,15	0,20004

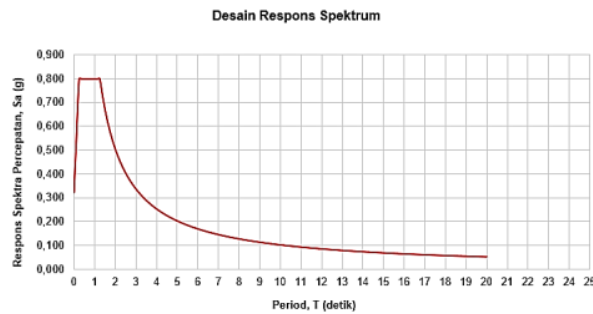
5,25	0,196155
5,35	0,192418
5,45	0,18882
5,55	0,185355
5,65	0,182015
5,75	0,178793
5,85	0,175683
5,95	0,172679
6,05	0,169776
6,15	0,16697
6,25	0,164254
6,35	0,161626
6,45	0,15908
6,55	0,156613
6,65	0,154222
6,75	0,151903
6,85	0,149652
6,95	0,147467
7,05	0,145345
7,15	0,143283
7,25	0,141279
7,35	0,13933
7,45	0,137434
7,55	0,135589
7,65	0,133793
7,75	0,132043
7,85	0,130339
7,95	0,128679
8,05	0,12706
8,15	0,125481
8,25	0,123942
8,35	0,122439
8,45	0,120973
8,55	0,119541
8,65	0,118142
8,75	0,116777
8,85	0,115442
8,95	0,114137
9,05	0,112862

9,15	0,111615
9,25	0,110395
9,35	0,109201
9,45	0,108033
9,55	0,10689
9,65	0,10577
9,75	0,104674
9,85	0,1036
9,95	0,102538
10,05	0,101508
10,15	0,100498
10,25	0,099507
10,35	0,098537
10,45	0,097585
10,55	0,096651
10,65	0,095735
10,75	0,094836
10,85	0,093953
10,95	0,093088
11,05	0,092237
11,15	0,091403
11,25	0,090583
11,35	0,089778
11,45	0,088987
11,55	0,08821
11,65	0,087446
11,75	0,086695
11,85	0,085957
11,95	0,085232
12,05	0,084519
12,15	0,083817
12,25	0,083128
12,35	0,082449
12,45	0,081781
12,55	0,081124
12,65	0,080478
12,75	0,079842
12,85	0,079216
12,95	0,078599

13,05	0,077992
13,15	0,077395
13,25	0,076806
13,35	0,076226
13,45	0,075655
13,55	0,075093
13,65	0,074539
13,75	0,073993
13,85	0,073455
13,95	0,072924
14,05	0,072401
14,15	0,071886
14,25	0,071378
14,35	0,070877
14,45	0,070383
14,55	0,069896
14,65	0,069416
14,75	0,068942
14,85	0,068475
14,95	0,068013
15,05	0,067559
15,15	0,067111
15,25	0,066667
15,35	0,06623
15,45	0,065798
15,55	0,065372
15,65	0,064952
15,75	0,064537
15,85	0,064127
15,95	0,063722
16,05	0,063323
16,15	0,062928
16,25	0,062539
16,35	0,062154
16,45	0,061774
16,55	0,061398
16,65	0,061027
16,75	0,060661
16,85	0,060299

16,95	0,059941
17,05	0,059587
17,15	0,059238
17,25	0,058892
17,35	0,058551
17,45	0,058213
17,55	0,05788
17,65	0,05755
17,75	0,057224
17,85	0,056901
17,95	0,056583
18,05	0,056267
18,15	0,055956
18,25	0,055647
18,35	0,055342
18,45	0,055041
18,55	0,054743
18,65	0,054447
18,75	0,054155
18,85	0,053867
18,95	0,053584
19,05	0,053301
19,15	0,053021
19,25	0,052744
19,35	0,05247
19,45	0,052199
19,55	0,051931
19,65	0,051665
19,75	0,051402
19,85	0,051142
19,95	0,050884
20	0,050629

Sumber : Olahan Data 2024



Gambar 4. 6 Respon Spektrum Rencana Pada Gedung Ruko

Sumber : Olahan Data 2024

4.3.4 Kombinasi Pembebanan

Penggabungan beban yang diterapkan pada struktur tahan gempa mengikuti ketentuan SNI 1726 : 2013 pasal 2.3.2.

$$S_{ds} = 0,8$$

$$\rho = 1,3$$

$$\Omega_0 = 3$$

1. Kombinasi 1. 1,4 D + 1,4 SIDL
2. Kombinasi 2.a 1,2 D + 1,2 SIDL + 1,6 LL + 0,5 Lr
3. Kombinasi 2.b 1,2 D + 1,2 SIDL + 1,6 LL + 0,5 R
4. Kombinasi 3.a 1,2 D + 1,2 SIDL + 1,6 Lr + 1 LL
5. Kombinasi 3.b 1,2 D + 1,2 SIDL + 1,6 R + 1 Lr
6. Kombinasi 4.a 1,2 D + 1,2 SIDL + 1 W + 1 LL + 0,5 Lr
7. Kombinasi 4.b 1,2 D + 1,2 SIDL + 1 W + 1 LL + 0,5 R
8. Kombinasi 5.a 1,36 D + 1,36 SIDL + 1,3 EQX + 0,39 EQY + 1 LL
9. Kombinasi 5.b 1,36 D + 1,36 SIDL + 1,3 EQX - 0,39 EQY + 1 LL
10. Kombinasi 5.c 1,36 D + 1,36 SIDL - 1,3 EQX + 0,39 EQY + 1 LL
11. Kombinasi 5.d 1,36 D + 1,36 SIDL - 1,3 EQX - 0,39 EQY + 1 LL
12. Kombinasi 5.a 1,36 D + 1,36 SIDL + 0,39 EQX + 1,3 EQY + 1 LL
13. Kombinasi 5.b 1,36 D + 1,36 SIDL + 0,39 EQX - 1,3 EQY + 1 LL
14. Kombinasi 5.c 1,36 D + 1,36 SIDL - 0,39 EQX + 1,3 EQY + 1 LL
15. Kombinasi 5.d 1,36 D + 1,36 SIDL - 0,39 EQX - 1,3 EQY + 1 LL
16. Kombinasi 6 0,9 D + 0,9 SIDL
17. Kambinasi 7.a 0,74 D + 0,74 SIDL + 1,3 EQX + 0,39 EQY

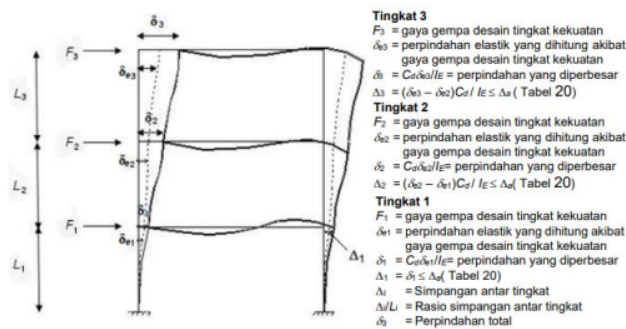
18. Kombinasi 7.b $0,74 D + 0,74 SIDL + 1,3 EQX - 0,39 EQY$
19. Kombinasi 7.c $0,74 D + 0,74 SIDL - 1,3 EQX + 0,39 EQY$
20. Kombinasi 7.d $0,74 D + 0,74 SIDL - 1,3 EQX - 0,39 EQY$
21. Kombinasi 7.a $0,74 D + 0,74 SIDL + 0,39 EQX + 1,3 EQY$
22. Kombinasi 7.b $0,74 D + 0,74 SIDL + 0,39 EQX - 1,3 EQY$
23. Kombinasi 7.c $0,74 D + 0,74 SIDL - 0,39 EQX + 1,3 EQY$
24. Kombinasi 7.d $0,74 D + 0,74 SIDL - 0,39 EQX - 1,3 EQY$

Keterangan :

- D : Beban Mati
 SIDL : Beban Mati Tambahan
 LL : Beban Hidup
 Lr : Beban Hidup Atap
 R : Beban Hujan

4.4 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai merupakan perbedaan perpindahan horizontal antara lantai atas dan lantai bawah yang berdekatan. Menurut SNI 1726: 2019 pasal 7.8.6, simpangan antar lantai desain (Δ) dihitung sebagai selisih defleksi pada pusat massa di lantai teratas dan terendah.



Gambar 4. 7 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Sumber : SNI 1726 : 2019 Halaman 75

Pembatasan simpangan antar tingkat desain tidak boleh melampaui batas simpangan antar tingkat yang diizinkan sebagaimana ditentukan oleh SNI 1726: 2019 pasal 7.12.1.

Tabel 4. 17 Simpangan Antar Tingkat Izin Δa

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

Sumber : SNI 1726 : 2019

Untuk sistem pemikul gaya seismik yang hanya terdiri dari rangka momen pada struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F, simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi $\Delta a/\rho$ untuk semua tingkat. Nilai ρ harus ditentukan sesuai dengan ketentuan 0 sebagaimana diatur dalam SNI 1726: 2019 pasal 7.12.1.

Simpangan Antar Lantai = 0,020 h

Faktor Redudansi ρ = Δ / ρ
= **0,0154 h**

Faktor Pembesaran Defleksi = $5^{1/2}$

Faktor Keutamaan gempa = 1,0

Story Drift Inelastik = $\delta * Cd / Ie$

Keterangan :

Δ_x = Simpangan Antar Lantai

Δa = Simpangan Izin

Δ = Defleksi Yang Terjadi

I_e = Faktor Keutamaan Gempa

Cd = Faktor Pembesaran Defleksi

Tabel 4. 18 Simpangan Antar Tingkat

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	CEK
	δ_{ex}	δ_{ey}	δ_{ex}	δ_{ey}		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
2	14,13	13,049	5,73	4,956	3500	31,515	27,258	53,900	OK
1	8,404	8,093	8,404	8,093	4000	46,222	44,512	61,600	OK
Base	0	0	0	0	0	0	0	0	OK

Sumber : Olahan Data 2024

Berdasarkan hasil olahan data simpangan antar lantai $\Delta_x < \Delta_a$ sudah memenuhi syarat SNI 1726 : 2019.

4.5 Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-delta menghasilkan tambahan momen pada struktur karena beban vertikal diterapkan pada posisi yang telah mengalami pergeseran lateral, yang menghasilkan momen tambahan. Pengaruh P-delta dihitung sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam SNI 1726: 2019 pasal 7.8.7 sebagai berikut :

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x H_s C_d}$$

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

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25$$

Dimana β adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat x dan x - 1. Rasio ini diizinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0.

Keterangan :

P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x, (kN); bila menghitung P_x faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0;

Δ = Simpangan antar tingkat desain seperti didefinisikan dalam 0, terjadi

secara serentak dengan V_x (mm)

I_e = Faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 4.1.2

V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat dan $x - 1$ (kN)

H_{hs} = Tinggi tingkat di bawah tingkat , (mm);

C_d = Faktor pembesaran defleksi dalam Tabel 12.

Rasio kebutuhan geser β = 1

Batas koefisien stabilitas θ_{max} = $0.5 / (\beta * C_d) \leq 0.25$
 = **0,0909**

Tabel 4. 19 Pengaruh P-Delta

Story	Inelastic Drift		Story Forces			h	Koefisien Stabilitas		Batas Pengaruh P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}	Cek
	A_x	A_y	P	V_x	V_y		θ_X	θ_Y			
2	31,515	27,258	495,66	113,17	109,32	3500	0,0072	0,0064	0,1	0,0909	OK
1	46,222	44,512	2030,82	299,91	310,15	4000	0,0142	0,0132	0,1	0,0909	OK

Sumber : Olahan Data 2024

4.6 Perhitungan Penulangan

4.6.1 Penulangan Sloof

Lebar balok (b) = 300 mm

Tinggi balok (h) = 350 mm

Tebal penutup beton (P) = 40 mm

Mutu tulangan (fy) = 420 Mpa

Mutu tulangan geser (fy) = 280 MPa

Beton (f'c) = 21 MPa

Tulangan Pokok = D16

Tulangan Gese = $\emptyset 10$ mm

d' = $h - p - \emptyset_{senggang} - \frac{1}{2} \emptyset_{tulangan\ pokok}$

= $350 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16$

= 292 mm

1) Tulangan Tumpuan

$$Mu+ = 43,5906 \text{ kN-m (Hasil Output Etabs 2016)}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{43,5906}{0,9} = 48,434$$

$$M = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 21} = 23,529$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d'} = \frac{43,5906 \times 10^6}{300 \times 292^2} = 1,704$$

$$\begin{aligned} Pb &= \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600+fy} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 21}{420} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600+420} \right) \\ &= 0,02125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot 0,02125 \\ &= 0,0159 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} \\ &= 0,0033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{2 m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{23,529} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 23,529 \times 1,704}{420}} \right) \\ &= 0,0043 \\ &= \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho \times b \times d' \\ &= 0,0043 \times 300 \times 292 \\ &= 376,68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan :

$$D16 = Ast^{1/4} \cdot 3,14 \cdot d^2 = 1/4 \cdot 3,14 \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \frac{As}{Ast} = \frac{376,68}{200,96} = 1,874$$

Jadi, tulangan tarik di pakai 2 D 16 mm

Karena nilai rho diambil dari ρ hitung maka nilai rho tekan = 0,004

$$As' = 0,004 \times b \times h = 0,004 \times 300 \times 350 = 420 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan :

$$D16 = Ast \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan } \frac{As}{Ast} = \frac{420}{200,96} = 2,08$$

Jadi, tulangan tekan di pakai 2 D 16 mm

2) Tulangan Lapangan

$$Mu = 49,9314 \text{ kN-m (Hasil Output Etabs 2016)}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{49,9314}{0,9} = 55,479$$

$$M = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 21} = 23,529$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d'} = \frac{49,9314 \cdot 10^6}{300 \times 292^2} = 1,952$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 21}{420} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,02125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot 0,02125 \\ &= 0,0159 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} \\ &= 0,0033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{2 m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{23,529} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 23,529 \times 1,952}{420}} \right) \\ &= 0,00493 \end{aligned}$$

$$= \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho \times b \times d' \\ &= 0,00493 \times 300 \times 292 \\ &= 431,868 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan :

$$D16 = A_{st} \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{431,868}{200,96} = 2,149$$

Jadi, tulangan lapangan di pakai 3 D 16 mm

3) Tulangan Geser

$$V_u = 61,787 \text{ (Hasil Output Etabs 2016)}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \right) \cdot b \cdot d' = \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{21} \right) \cdot 300 \cdot 292 = 66,903$$

Kuat geser baja tulangan :

$$V_s = (V_u / \phi) - V_c = (61,787 / 0,75) - 66,903 = 15,480$$

$$\text{Dipakai sengkang 2 kaki } \phi 10. A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 \right) = 157 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 280 \cdot 292}{15,480} = 829,219 \text{ mm}$$

Luas tulangan perlu :

$$A_s = A_v / s = 157 / 829,219 = 0,189 \text{ mm}^2$$

Digunakan $\phi 10 - 100$ untuk tulangan tumpuan dan $\phi 10 - 150$ mm untuk tulangan lapangan.

1) Tulangan Torsi

Perencanaan tulangan untuk torsi mengacu pada SNI 2847: 2019 tabel 22.7.4.1 (a). Sesuai dengan pasal 22.7.1.1, pengaruh torsi dapat diabaikan jika $T_u < \phi T_{th}$, sebagaimana diuraikan berikut ini.

$$T_u < \phi 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Keterangan :

A_{cp} = Luas penampang

P_{cp} = Keliling penampang

λ = 1 (beton normal)

ϕ = 0,75

Analisis menggunakan software ETABS 2016 menghasilkan nilai maksimum torsi pada balok sloof berukuran 300 x 350 sebagai berikut :

$T_u = 1,3468 \text{ kN-m}$ (Hasil Output Etabs 2016)

Kontrol kebutuhan torsi :

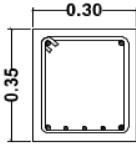
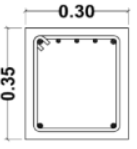
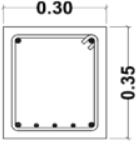
$$A_{cp} = b \times h = 300 \times 350 = 105.000 \text{ m}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (300 + 350) = 1300 \text{ mm}$$

Maka,

$$T_u \text{ min} = 0,75 \times 0,85 \times 1 \times \sqrt{21} \times \left(\frac{105.000^2}{1300} \right)$$

$1,3468 \text{ kN-m} < 24,753 \text{ kN-m}$. Karena $T_u < T_{u\text{min}}$ maka tulangan torsi tidak di perlukan.

POTONGAN	BS 300 X 350		
	TUMPUAN	LAPANGAN	LAPANGAN
BS 300 X 350			
DIMENSI BALOK	300 x 350	300 x 350	300 x 350
Tulangan Atas	2 D 16	5 D 16	2 D 16
Tulangan Bagi	-	-	-
Tulangan Bawah	5 D 16	2 D 16	5 D 16
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100

Gambar 4. 8 Detail Balok Sloof 300x300 mm

Sumber : Autocad 2024

4.6.2 Penulangan Balok Lantai

Lebar balok (b) = 300 mm

Tinggi balok (h) = 350 mm

Tebal penutup beton (P) = 30 mm

Mutu tulangan (f_y) = 420 Mpa

Mutu tulangan geser (f_y) = 280 MPa

Mutu beton (f'_c) = 21 MPa

Tulangan Pokok = D16

Tulangan Gese = Ø10 mm

$$\begin{aligned}
 d' &= h - p - \phi_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan pokok}} \\
 &= 350 - 30 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16 \\
 &= 302 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1) Tulangan Tumpuan

$$M_{u+} = 31,155 \text{ kN-m (Hasil Output Etabs 2016)}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{31,155}{0,9} = 34,616$$

$$M = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 21} = 23,529$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d'} = \frac{34,616 \cdot 10^6}{300 \times 302^2} = 1,265$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 21}{420} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\
 &= 0,02125
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot 0,02125 \\
 &= 0,0159
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} \\
 &= 0,0033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{2 m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{23,529} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 23,529 \times 1,265}{420}} \right) \\
 &= 0,00313
 \end{aligned}$$

$$= \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d' \\
 &= 0,00313 \times 300 \times 302 \\
 &= 283,578 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan :

$$D16 = A_{st} \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{283,578}{200,96} = 1,411$$

Jadi, tulangan tarik di pakai 2 D 16 mm

Karena nilai rho diambil dari ρ hitung maka nilai rho tekan = 0,004

$$As' = 0,004 \times b \times h = 0,004 \times 300 \times 350 = 420 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan :

$$D16 = Ast^{1/4} \cdot 3,14 \cdot d^2 = 1/4 \cdot 3,14 \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \frac{As}{Ast} = \frac{420}{200,96} = 2,08$$

Jadi, tulangan tekan di pakai 2 D 16 mm

2) Tulangan Lapangan

$$Mu = 44,7713 \text{ kN-m (Hasil Output Etabs 2016)}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{44,7713}{0,9} = 49,7459$$

$$M = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 21} = 23,529$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{49,7459 \cdot 10^6}{300 \times 302^2} = 1,818$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600+fy} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 21}{420} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600+420} \right) \\ &= 0,02125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot 0,02125 \\ &= 0,0159 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} \\ &= 0,0033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{23,529} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 23,529 \cdot 1,818}{420}} \right) \\ &= 0,00457 \\ &= \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d' \\
 &= 0,00457 \times 300 \times 302 \\
 &= 414,042 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan :

$$D16 = A_{st} \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{414,042}{200,96} = 2,060$$

Jadi, tulangan lapangan di pakai 3 D 16 mm

3) Tulangan Geser

$$V_u = 62,8371 \text{ (Hasil Output Etabs 2016)}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \right) \cdot b \cdot d' = \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{21} \right) \cdot 300 \cdot 302 = 69,11828$$

Kuat geser baja tulangan :

$$V_s = (V_u / \phi) - V_c = (62,8371 / 0,75) - 69,11828 = 14,66452$$

$$\text{Dipakai sengkang 2 kaki } \phi 10. A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 \right) = 157 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 280 \cdot 302}{14,66452} = 905,308 \text{ mm}$$

Luas tulangan perlu :

$$A_s = A_v / s = 157 / 905,308 = 0,173 \text{ mm}^2$$

Digunakan $\phi 10 - 100$ untuk tulangan tumpuan dan $\phi 10 - 150$ mm untuk tulangan lapangan.

4) Tulangan Torsi

Perencanaan tulangan torsi mengikuti SNI 2847:2019 tabel 22.7.4.1(a).

Menurut pasal 22.7.1.1, pengaruh torsi dapat diabaikan jika $T_u < \Phi T_t$ seperti yang dijelaskan berikut ini.

$$T_u < \phi 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times \left(\frac{A_{cp}}{P_{cp}} \right)$$

Keterangan :

A_{cp} = Luas penampang

P_{cp} = Keliling penampang

λ = 1 (beton normal)

Φ = 0,75

Berdasarkan analisis menggunakan software ETABS 2016, diperoleh nilai maksimum torsi pada balok sloof berukuran 300 x 350 sebagai berikut.

$T_u = 0,0732 \text{ kN-m}$ (Hasil Output Etabs 2016)

Kontrol kebutuhan torsi :

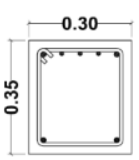
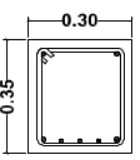
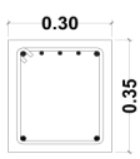
$$A_{cp} = b \times h = 300 \times 350 = 105.000 \text{ m}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (300 + 350) = 1300 \text{ mm}$$

Maka,

$$T_u \text{ min} = 0,75 \times 0,85 \times 1 \times \sqrt{21} \times \left(\frac{105.000^2}{1300} \right)$$

$0,0732 \text{ kN-m} < 24,753 \text{ kN-m}$. Karena $T_u < T_{u\text{min}}$ maka tulangan torsi tidak di perlukan.

POTONGAN	BL 300 X 350		
	TUMPUAN	LAPANGAN	LAPANGAN
BL 300 X 350			
DIMENSI BALOK	300 x 350	300 x 350	300 x 350
Tulangan Atas	5 D 16	2 D 16	5 D 16
Tulangan Bagi	-	-	-
Tulangan Bawah	2 D 16	5 D 16	2 D 16
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100

Gambar 4. 9 Detail Balok Lantai 300x300 mm

Sumber : Autocad 2024

4.6.3 Penulangan Ring Balok

Lebar balok	(b)	= 250 mm
Tinggi balok	(h)	= 250 mm
Tebal penutup beton	(P)	= 30 mm
Mutu tulangan	(fy)	= 420 Mpa
Mutu tulangan geser	(fy)	= 280 Mpa
Mutu beton	(f'c)	= 21 MPa
Tulangan Pokok		= D12
Tulangan Gese		= Ø10 mm

$$\begin{aligned}
 d' &= h - p - \phi_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan pokok}} \\
 &= 250 - 30 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 12 \\
 &= 204 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1) Tulangan Tumpuan

$$M_{u+} = 10,7654 \text{ kN-m (Hasil Output Etabs 2016)}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{10,7654}{0,9} = 11,961$$

$$M = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 21} = 23,529$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d'} = \frac{11,961 \cdot 10^6}{250 \times 204^2} = 1,150$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 21}{420} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\
 &= 0,02125
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot 0,02125 \\
 &= 0,0159
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} \\
 &= 0,0033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{2 m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{23,529} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 23,529 \times 1,150}{420}} \right) \\
 &= 0,00285
 \end{aligned}$$

$$= \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d' \\
 &= 0,00285 \times 250 \times 204 \\
 &= 145,35 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan :

$$D16 = A_{st} \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{145,35}{113,04} = 1,285$$

Jadi, tulangan tarik di pakai 2 D 12 mm

Karena nilai rho diambil dari ρ hitung maka nilai rho tekan = 0,004

$$As' = 0,004 \times b \times h = 0,004 \times 250 \times 250 = 250 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan :

$$D16 = Ast^{1/4} \cdot 3,14 \cdot d^2 = 1/4 \cdot 3,14 \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \frac{As}{Ast} = \frac{250}{113,04} = 2,211$$

Jadi, tulangan tekan di pakai 2 D 16 mm

2) Tulangan Lapangan

$$Mu = 11,4784 \text{ kN-m (Hasil Output Etabs 2016)}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{11,4784}{0,9} = 12,753$$

$$M = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 21} = 23,529$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d'} = \frac{12,753 \cdot 10^6}{250 \times 204^2} = 1,226$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 21}{420} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,02125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot 0,02125 \\ &= 0,0159 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} \\ &= 0,0033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{\frac{2 m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{23,529} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 23,529 \times 1,226}{420}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,00303$$

$$= \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$As = \rho \times b \times d'$$

$$= 0,00303 \times 250 \times 204$$

$$= 154,53 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan :

$$D16 = A_{st} \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \frac{A_s}{A_{st}} = \frac{154,53}{113,04} = 1,367$$

Jadi, tulangan lapangan di pakai 2 D 12 mm

3) Tulangan Geser

$$V_u = 17,3606 \text{ (Hasil Output Etabs 2016)}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \right) \cdot b \cdot d' = \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{21} \right) \cdot 250 \cdot 204 = 38,882$$

Kuat geser baja tulangan :

$$V_s = (V_u / \phi) - V_c = (17,3606 / 0,75) - 38,882 = 23,1086 \text{ kN}$$

$$\text{Dipakai sengkang 2 kaki } \phi 10. A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 \right) = 157 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 280 \cdot 204}{23,1086} = 387,83 \text{ mm}$$

Luas tulangan perlu :

$$A_s = A_v / s = 157 / 387,83 = 0,404 \text{ mm}^2$$

Digunakan $\phi 10 - 100 \text{ mm}$ untuk tulangan tumpuan dan $\phi 10 - 150$ untuk tulangan lapangan.

4) Tulangan Torsi

Perencanaan tulangan untuk torsi mengikuti SNI 2847:2019 tabel 22.7.4.1 (a). Pasal 22.7.1.1 memungkinkan untuk mengabaikan pengaruh torsi jika nilai $T_u < \Phi T_{th}$ seperti yang dijelaskan.

$$T_u < \phi \cdot 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Keterangan :

A_{cp} = Luas penampang

P_{cp} = Keliling penampang

Λ = 1 (beton normal)

Φ = 0,75

Analisis dengan menggunakan software ETABS 2016 menunjukkan nilai maksimum torsi pada balok sloof berukuran 300x350 seperti berikut :

$T_u = 0,0139 \text{ kN-m}$ (Hasil Output Etabs 2016)

Kontrol kebutuhan torsi :

$$A_{cp} = b \times h = 250 \times 250 = 62.500 \text{ m}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (250 + 250) = 125,000 \text{ mm}$$

Maka,

$$T_u \text{ min} = 0,75 \times 0,85 \times 1 \times \sqrt{21} \times \left(\frac{62,500}{125,000} \right)^2$$

$0,0139 \text{ kN-m} < 91,065 \text{ kN-m}$. Karena $T_u < T_{u\text{min}}$ maka tulangan torsi tidak di perlukan.

POTONGAN	BL 300 X 350		
	TUMPUAN	LAPANGAN	LAPANGAN
BL 300 X 350			
DIMENSI BALOK	300 x 350	300 x 350	300 x 350
Tulangan Atas	5 D 16	2 D 16	5 D 16
Tulangan Bagi	-	-	-
Tulangan Bawah	2 D 16	5 D 16	2 D 16
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100

Gambar 4. 10 Detail Ring Balok 250x250 mm

Sumber : Autocad 2024

Keterangan :

M_{u+} = Momen ultimit positif (momen lapangan)

M_{u-} = Momen ultimit negatif (momen tumpuan)

M_n = Momen nominal (kapasitas momen penampang)

m = Rasio modulus elastisitas baja terhadap beton (E_s/E_c)

R_n = Koefisien tahanan momen

P_b = Rasio tulangan dalam kondisi seimbang (seimbang)

p_{max} = Rasio tulangan maksimum yang diijinkan

p_{min} = Rasio tulangan minimum yang disyaratkan

- ρ = Rasio tulangan aktual
 b = Lebar penampang balok
 h = Tinggi total penampang balok
 d = Tinggi efektif penampang balok
 f_c = Kuat tekan beton
 f_y = Tegangan leleh baja tulangan
 β_1 = Faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan ekuivalen dengan tinggi sumbu netral
 ϕ = Faktor pengurangan kekuatan
 V_u = Gaya geser terakhir
 V_c = Kuat menggeser nominal yang disumbangkan oleh beton
 V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

4.7 Perhitungan Penulangan Kolom

4.7.1 Penulangan Kolom K1

- Lebar kolom (b) = 300 mm
 Tinggi kolom (h) = 300 mm
 Tebal penutup beton (P) = 30 mm
 Mutu tulangan (f_y) = 420 Mpa
 Mutu tulangan geser (f_y) = 280 MPa
 Mutu beton (f_c) = 21 MPa
 Tulangan Pokok = D16
 Tulangan Gese = $\emptyset 10$ mm
 $d' = h - p - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan pokok}}$
 $= 300 - 30 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16$
 $= 252$ mm

1) Tulangan Longitudinal

- P_u = 270,516 kN (Hasil Output Etabs 2016)
 M_u = 56,5735 kN-m (Hasil Output Etabs 2016)
 A_g = $b \times h$
 $= 300 \times 300$ mm
 $= 90,000$ mm²

$$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{56,5735}{270,516} = 0,2091 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} e_{\min} &= 0,1 \cdot h \\ &= 0,1 \times 300 \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} cb &= \frac{600}{600+f_y} \times d \\ &= \frac{600}{600+420} \times 252 \\ &= 148,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ab &= \beta_1 \times cb \\ &= 0,85 \times 148,22 \\ &= 125,987 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} pnb &= 0,85 \times f'_c \times ab \times b \\ &= 0,85 \times 21 \times 125,987 \times 300 \\ &= 674,661 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pn_{\text{perlu}} &= 0,1 \times f'_c \times A_g \\ &= 0,1 \times 21 \times 90,000 \\ &= 189 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena $P_u = 270,516 \text{ kN} > 189 \text{ N}$, maka $\phi = 0,65$

$$Pn_{\text{perlu}} = \frac{270,516}{0,65} = 416,1784615384615 \text{ N}$$

Analisis keruntuhan tekan :

$$\begin{aligned} a &= \frac{Pn_{\text{perlu}}}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{416,1784615384615}{0,85 \times 21 \times 300} \\ &= 777,177 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Pn_{\text{perlu}} \times \left(\frac{h}{2} - e - \frac{a}{2}\right)}{f_y \times (d - d')} \\ &= \frac{416,1784615384615 \times \left(\frac{300}{2} - 30 - \frac{777,177}{2}\right)}{420 \times (300 - 252)} \\ &= 5,54156 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= 1\% \times 90,000 \\ &= 900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung jumlah tulangan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As}{\frac{1}{4} \times n \times D^2} \\
 &= \frac{900}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2} \\
 &= 4,47850318
 \end{aligned}$$

Jadi, tulangan dipakai 8 D16 mm

2) Tulangan Geser

$$V_u = 28,1966 \text{ kN (Hasil Output Etabs 2016)}$$

$$P_u = 270,516 \text{ kN (Hasil Output Etabs 2016)}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{P_u}{14 \times A_g}\right) \times \sqrt{\frac{f'_c}{6}} \times b \times d \\
 &= \left(1 + \frac{270,516}{14 \times 90,000}\right) \times \sqrt{\frac{21}{6}} \times 300 \times 252 \\
 &= 625,41 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times V_c \\
 &= 0,75 \times 625,41 \\
 &= 491,5575 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,5 \times \phi V_c &= 0,5 \times 491,5575 \\
 &= 245,779 \text{ N}
 \end{aligned}$$

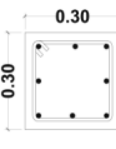
$V_u (28,1966 \text{ kN}) < 0,5 \times \phi V_c (245,779)$, maka tidak diperlukan tulangan geser.

Perhitungan jarak tulangan :

$$S_{\text{max}} = \frac{d'}{2} = \frac{252}{2} = 126 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{d'}{4} = \frac{252}{4} = 63 \text{ mm}$$

Jadi, tulangan sengkang $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$

POTONGAN	K1 300 X 300
K1 300 X 300	
DIMENSI BALOK	300 x 300
Tulangan Atas	3 D 16
Tulangan Bagi	2 D 16
Tulangan Bawah	3 D 12
Sengkang	Ø10 - 100

Gambar 4. 11 Detail Kolom K1 300x300 mm

Sumber : Autocad 2024

4.7.2 Penulangan Kolom K2

Lebar kolom (b) = 250 mm

Tinggi kolom (h) = 250 mm

Tebal penutup beton (P) = 30 mm

Mutu tulangan (f_y) = 420 Mpa

Mutu tulangan geser (f_y) = 280 MPa

Mutu beton (f'_c) = 21 MPa

Tulangan Pokok = D16

Tulangan Gese = Ø10 mm

$$\begin{aligned}
 d' &= h - p - \phi_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan pokok}} \\
 &= 250 - 30 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16 \\
 &= 202 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1) Tulangan Longitudinal

P_u = 80,3728 kN (Hasil Output Etabs 2016)

M_u = 21,8173 kN-m (Hasil Output Etabs 2016)

A_g = b x h
= 250 x 250 mm
= 62,500 mm²

e = $\frac{M_u}{P_u} = \frac{21,8173}{80,3728} = 0,2714 \text{ mm}$

e_{min} = 0,1 . h
= 0,1 x 250
= 25 mm

$$\begin{aligned} cb &= \frac{600}{600+f_y} \times d \\ &= \frac{600}{600+420} \times 202 \\ &= 118,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ab &= \beta_1 \times cb \\ &= 0,85 \times 118,82 \\ &= 25,24925 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} pnb &= 0,85 \times f'_c \times ab \times b \\ &= 0,85 \times 21 \times 25,24925 \times 250 \\ &= 112,674,778 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n \text{ perlu} &= 0,1 \times f'_c \times A_g \\ &= 0,1 \times 21 \times 62,500 \\ &= 131,25 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena $P_u = 80,3728 \text{ kN} < 131,24 \text{ N}$, karena $P_u < P_n$ maka kolom memiliki kapasitas yang cukup untuk menahan beban.

$$\begin{aligned} A_{st} &= 1\% \times 62,500 \\ &= 625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung jumlah tulangan

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times n \times D^2} \\ &= \frac{625}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2} \\ &= 3,11007166 \end{aligned}$$

Jadi, tulangan dipakai 4 D16 mm

2) Tulangan Geser

$$V_u = 12,3634 \text{ kN (Hasil Output Etabs 2016)}$$

$$P_u = 80,3728 \text{ kN (Hasil Output Etabs 2016)}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{P_u}{14 \times A_g}\right) \times \sqrt{\frac{f'_c}{6}} \times b \times d \\ &= \left(1 + \frac{80,3728}{14 \times 62,500}\right) \times \sqrt{\frac{21}{6}} \times 250 \times 202 \\ &= 458,68 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times V_c$$

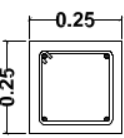
$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 458,68 \\
 &= 344,01 \text{ N} \\
 0,5 \times \phi V_c &= 0,5 \times 344,01 \\
 &= 172,005 \text{ N} \\
 &= V_u (12,3634 \text{ kN}) < 0,5 \times \phi V_c (172,005), \text{ maka tidak} \\
 &\quad \text{diperlukan tulangan geser.}
 \end{aligned}$$

Perhitungan jarak tulangan :

$$S \text{ max} = \frac{d'}{2} = \frac{202}{2} = 101 \text{ mm}$$

$$S \text{ max} = \frac{d'}{4} = \frac{202}{4} = 50,5 \text{ mm}$$

Jadi, tulangan sengkang $\phi 10 - 100 \text{ mm}$

POTONGAN	K2 250 X 250
K2 250 X 250	
DIMENSI BALOK	250 x 250
Tulangan Atas	2 D 16
Tulangan Bagi	-
Tulangan Bawah	2 D 12

Gambar 4. 12 Detail Kolom K2 250x250 mm

Sumber : Autocad 2024

Keterangan :

P_u : Gaya aksial yang terfaktor

M_u : Momen lentur yang terfaktor

V_u : Gaya geser yang paling menonjol

d' : Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

A_g : Luas penampang bruto kolom

e : Eksentrisitas (M_u/P_u)

e_{min} : Eksentrisitas minimum

c_b : Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral pada kondisi stabil

a_b : Tinggi blok tegangan tekan ekuivalen pada kondisi regangan seimbang

p_{nb} : Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang
 p_n : Kuat beban aksial nominal
 a : Tinggi blok tegangan tekan ekuivalen
 A_s : Luas tulangan tarik
 A_{st} : Luas total tulangan memanjang
 n : Jumlah tulangan memanjang
 V_c : Kuat geser nominal yang disediakan oleh beton
 S_{max} : Spasi maksimum tulangan transversal
 S_{min} : Spasi minimal tulangan transversal

4.8 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

Pelat lantai adalah elemen struktur horizontal yang terbuat dari beton bertulang dan berfungsi untuk menahan beban gravitasi serta beban lateral pada bangunan. Perhitungan untuk pelat lantai mengikuti pedoman dalam ⁴ SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Perhitungannya dilakukan sebagai berikut :

Tabel 4. 20 Perhitungan Pelat Lantai

Parameter	Pasal Referensi SNI 2847:2019	Persamaan	Satuan	Nilai
¹ Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	3500
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	4000
Tebal Pelat, t		Input	mm	120
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	10
Selimit Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	85
Kuat Tekan Beton, f'_c		Input	MPa	21
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	420

Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f'_c}$	21538
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.85 \leq 0.85 - 0.05 * (f'_c - 28) / 7 \leq 0.85$	0,8500
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan	1

Gaya Dalam

M Max akibat M11 Max	Hasil Output 2016	Etabs	kN-m	16,032
M Min akibat M11 Min	Hasil Output 2016	Etabs	kN-m	-19,287
M Max akibat M22 Max	Hasil Output 2016	Etabs	kN-m	23,814
M Min akibat M22 Min	Hasil Output 2016	Etabs	kN-m	-24,811
V_u	Hasil Output 2016	Etabs	kN	25,439

Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]

Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)

Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	240
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		10,000
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90,000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785,398
As min ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	240,000
As min ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	216,000
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OK

Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	18,480
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * fy * (d - a/2)$	kN-m	24,991
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21,741
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,009
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25$ ≤ 0.9		0,900
Kapasitas Lentur tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	22,492
Momen Ultimit, M_u			kN-m	16,032
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	240
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90,000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785,398
As min (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	240,000
As min (fy \geq 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / fy) * b$ $* t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	216,000
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	18,480

1	Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	24,991
	Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21,741
	Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,009
	Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0,900
1	Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	22,492
	Momen Ultimit, M_u			kN-m	19,287
	Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
1	Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
	Spasi Tulangan, s		Input		75
	Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	240
	Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
	Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		13
	d_b			mm	10
	Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	65,000
	Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
	Jumlah Lapis				2
	As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1047,198
	As min ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	240,000
	As min ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	216,000
	Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OK
	Tinggi Blok Beton, a	1 22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	24,640
	Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	27,568

Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	$a / \beta 1$	mm	28,988
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,006
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0,900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	24,811
Momen Ultimit, M_u			kN-m	23,814
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
1 Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		75
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	240
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		13
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	65,000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1047,198
As min ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	240,000
As min ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	216,000
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	24,640
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	27,568
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	$a / \beta 1$	mm	28,988

Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0,006
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0,900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	24,811
Momen Ultimit, M_u			kN-m	24,811
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	240
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90,000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785,398
As min ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	240,000
As min ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	216,000
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V_c		$0.17 * f_c^{0.5} * b * d$	kN	66,218
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2			0,75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	24,832

1	Perlu Tulangan Geser Pelat?	$V_u > 0.5 \phi V_c ?$	Perlu
1	Lendutan Pelat		
Kapasitas Retak Lentur			
	Momen Inersia Pelat, I_g		mm ⁴ 1,44E+08
	Tegangan Retak, f_r	$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa 2,841
	Garis Netral, y	$t / 2$	mm 60,000
	Kapasitas Retak Lentur, M_{cr}	$f_r * I_g / y$	kNm 6,819
	Momen Inersia Retak, I_{cr}	$0.25 I_g$	mm ⁴ 36000000
Lendutan Arah Sumbu 1			
1	M11 Max Akibat DL	Hasil Output 2016	Etabs kNm 3,542
	M11 Min Akibat DL	Hasil Output 2016	Etabs kNm -4,461
	M11 Max Akibat SIDL	Hasil Output 2016	Etabs kNm 4,872
	M11 Min Akibat SIDL	Hasil Output 2016	Etabs kNm -6,042
	M11 Max Akibat LL	Hasil Output 2016	Etabs kNm 1,428
	M11 Min Akibat LL	Hasil Output 2016	Etabs kNm -1,503
	Ma Lapangan (+)	$\Sigma M11 \text{ Max}$	kNm 9,842
	Ma Tumpuan (-)	$\Sigma M11 \text{ Min}$	kNm -12,006
1	$M_{cr} / M_a \text{ Lapangan}$		0,693
	$M_{cr} / M_a \text{ Tumpuan}$		0,568
	$I_e \text{ Lapangan}$	$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴ 71917939
	$I_e \text{ Tumpuan}$	$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴ 55786386
	$I_e \text{ Rata-Rata}$	$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴ 63852162
	Lendutan Seketika Akibat DL, $\delta_{i, DL}$	$5 / 48 L^2 / (E_c * I_e) * [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	mm 4,114

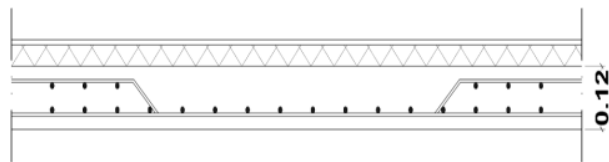
Lendutan Seketika Akibat SIDL, δ_i , 1 SIDL		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_e) * [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	mm	5,642
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i,LL}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_e) * [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	mm	1,604
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	9,722
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ 1		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1,368
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i,DL} + SIDL) * \lambda + \delta_{i,LL}$		14,950
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	3500,000
Cek Lendutan Jangka Panjang				1 OK

Lendutan Arah Sumbu 2

M22 Max Akibat DL	Hasil Output 2016	Etabs	kNm	3,542
M22 Min Akibat DL	Hasil Output 2016	Etabs	kNm	-4,461
M22 Max Akibat SIDL	Hasil Output 2016	Etabs	kNm	4,872
M22 Min Akibat SIDL	Hasil Output 2016	Etabs	kNm	-6,042
M22 Max Akibat LL	Hasil Output 2016	Etabs	kNm	1,065
M22 Min Akibat LL	Hasil Output 2016	Etabs	kNm	-1,503
Ma Lapangan (+)	ΣM_{11} Max		kNm	9,479
Ma Tumpuan (-)	ΣM_{11} Min		kNm	-12,006
1 M_{cr} / M_a Lapangan				0,719
M_{cr} / M_a Tumpuan				0,568
I_e Lapangan	$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$		mm ⁴	76204431
I_e Tumpuan	$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$		mm ⁴	55786386
I_e Rata-Rata	$0.5 * I_e$ Lapangan + $0.5 * I_e$ Tumpuan		mm ⁴	65995408
Lendutan Seketika Akibat DL, $\delta_{i,DL}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	mm	5,199

Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	7,130
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	1,601
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	11,111
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1,368
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{DL}} + \text{SIDL}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		18,467
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	4000,000
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

Sumber : Olahan Data Excel 2024



Gambar 4. 13 Detail Penulangan Pelat Lantai

Sumber : Autocad 2024

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis struktur gedung ruko 2 lantai menggunakan software ETABS 2016, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Mutu material yang digunakan adalah beton dengan kekuatan $f'c = 21$ MPa untuk struktur kolom, balok, dan pelat, serta baja dengan mutu $f_y =$ BJTS 420 MPa (ulir) dan $f_y =$ BJTS 280 MPa (polos).
2. Dimensi struktur gedung ruko 2 lantai adalah sebagai berikut: kolom K1 berukuran 300x300 mm dengan tulangan utama D16 dan sengkang $\emptyset 10$; kolom K2 berukuran 250x250 mm dengan tulangan utama D16 dan sengkang $\emptyset 10$; sloof berukuran 300x350 mm dengan tulangan tumpuan D16, lapangan D16, dan sengkang $\emptyset 10$; balok lantai berukuran 300x350 mm dengan tulangan tumpuan D16, lapangan D16, dan sengkang $\emptyset 10$; ring balok berukuran 250x250 mm dengan tulangan tumpuan D16, lapangan D12, dan sengkang $\emptyset 10$; serta tebal pelat lantai 120 mm dengan tulangan utama D10.
3. Beban mati pada kolom lantai 1-2 (DL) adalah 315,09943 kN, beban mati pada balok lantai 1-2 (DL) adalah 565,14124 kN, beban mati pada pelat lantai dan pelat atap (DL) adalah 556,74313 kN, beban mati tambahan (SIDL) adalah 141,4608 kN, beban hidup pada lantai (LL) adalah 1,92 kN/m², dan beban hidup pada atap (Lr) adalah 0,96 kN/m².
4. Grafik respon spektrum gempa rencana dibuat menggunakan peta gempa berdasarkan SNI 1726:2019, dengan nilai $S_1 = 0,7550$ g, nilai $S_s = 0,500$ g, nilai $F_a = 0,8$, dan $F_v = 2,0$.
5. Simpangan antar tingkat dihitung berdasarkan SNI 1726:2019, dengan simpangan lantai 1 = 61,600 mm dan lantai 2 = 53,900 mm. Pengaruh P-Delta adalah 0,0142 (X) dan 0,0132 (Y) untuk lantai 1, serta 0,0072 (X) dan 0,0064 (Y) untuk lantai 2."

1.2 Saran

Sebagai hasil dari analisis yang telah dilakukan, peneliti menyarankan beberapa rekomendasi berikut :

1. Sebelum melakukan analisis dan pemodelan menggunakan software ETABS alangkah lebih tepat apabila memahami peraturan-peraturan yang berlaku
2. Pastikan pemodelan geometri bangunan dalam ETABS mendekati kondisi sebenarnya
3. Input sifat material dengan akurat sesuai dengan standar yang berlaku
4. Gunakan metode analisis gempa sesuai dengan lokasi bangunan
5. Pastikan semua elemen struktur dan detail perencanaan mematuhi kode desain yang berlaku
6. Pastikan menggunakan versi terbaru dari ETABS, karena pembaruan perangkat lunak memberikan fitur analisis dan perbaikan bug yang bisa mempengaruhi hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Afnaldi, A., Masril, & Dewi, S. (2022). Perencanaan Struktur Atas Pembangunan Kantor Camat Kecamatan Kinali Pasaman Barat Provinsi Sumatera Barat. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2). <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
- Akbar, Y. H., & Itteridi, V. (2020). *Analisis Perencanaan Struktur Gedung 8 Lantai Dengan Variasi Bracing Menggunakan Aplikasi Program Etabs*. <https://ejournal.lppmsttpagaralam.ac.id/index.php/berings>
- Aprilia D.P. (2021). Pengaruh Penggunaan Pecahan Genteng Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Dengan Mutu Beton 18 MPa. *Repositori.Unsil.Ac.Id*. <http://repositori.unsil.ac.id/id/eprint/8191>
- Bingly, Y., Wibowo, L. S. B., & Cahyono, M. S. D. (2021). *Analisis Perbandingan Desain Struktur Bangunan Bertingkat Beton Bertulang Menggunakan Material Mutu Normal Dan Mutu Tinggi*. FORGOTTEN BOOKS. <https://ojs.widyakartika.ac.id/index.php/sniter/article/view/367>
- Chandra, B., Tjan, H., Purwanto, L., Program Studi Doktor Arsitektur Konsentrasi Arsitektur Digital, M., Katolik Soegijapranata, U., & Studi Doktor Arsitektur Konsentrasi, P. (2022). *Identifikasi Awal Secara Visual Kerusakan Struktur Beton Bertulang Akibat Beban Gempa*. 23, 1–12. <https://e-journal.unwiku.ac.id/teknik/index.php/JT/article/view/434>
- Ginanjar, A. (2021). Analisis Struktur Ruko Beton Bertulang Akibat Penambahan Beban Pole Dan Bts Studi Kasus Site Pendidikan Mataram. In *Jurnal Artesis* (Vol. 1, Issue 1). <https://doi.org/https://doi.org/10.35814/artesis.v1i1.2702>
- Gusfita, Y. A., Masril, & Bastian Elfania. (2022). Analisis Struktur Atas Pada Pembangunan Sdn 04 Garegeh. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2). <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
- Hakim, Z., Purnomo, A., Berliana Yasinta, R., Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, P., & Negeri Jakarta, U. (2023). *Struktur Bangunan Gedung Menggunakan Software Bim Revit (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Graha Pemuda Kompleks Katedral Jakarta)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jptam.v7i3.10832>
- Hernadi, A., Sahara, R., & Dewi Septa, U. (2021). Perbandingan Kekuatan Kolom Berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019. *Jurnal.Borneo.Ac.Id*, 5. <https://doi.org/https://doi.org/10.35334/be.v5i3.1661>
- Irfan, M., & Eka Priana, S. (2022). Tinjauan Perencanaan Proyek Pembangunan Gedung / Ruang Baru Puskesmas Mandiangin Kota Bukittinggi. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2). <http://jurnal.ensiklopediaku.org>

- Khoiridah, S., Ibad, M. I., & Setyonegoro, W. (2017). Validasi Potensi Tsunami Berdasarkan Estimasi Durasi Patahan dan Pemodelan Tsunami di Wilayah Barat Sumatra (Studi Kasus: Gempa Bumi Nias 2005 dan Mentawai 2010). *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 2(1), 39. <https://doi.org/10.14203/oldi.2017.v2i1.17>
- Khoiridah, S., & Utama, W. (2016). *Estimasi Karakteristik Durasi Rupture Pada Gempa Pembangkit Tsunami Studi Kasus: Gempa Bumi Nias, 28 Maret 2005*.
- Kusumastuti, A., Khoiron, A. M., & Achmadi, T. A. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif*.
- Liando, F. J., Dapas, S. O., & Wallah, S. E. (2020). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 471–482. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29894/0>
- Makawimbang, K. F. (2022). *Perencanaan Struktur Kolom, Balok Dan Pelat Menggunakan Software Etabs Pada Gedung Rsu Medical Center Manado*. <http://repositori.polimdo.ac.id/id/eprint/3094>
- Marpaung, A. D. (2023). *Analisis Struktur Bangunan Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (Bri) Medan Menggunakan Aplikasi Etabs V.20*. <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/21901>
- Naryanto, H. S. (2005). *Zonasi Kerusakan, Analisis Kegempaan Dan Mitigasi Bencana Pasca Gempa Nias, Sumatera Utara 28 Maret 2005*. <https://www.neliti.com/publications/195620/zonasi-kerusakan-analisis-kegempaan-dan-mitigasi-bencana-pasca-gempa-nias-sumatr>
- Panjaitan, S. K. (2021). *Analisis Struktur Bangunan Bertingkat Menggunakan Etabs (Studi Kasus Rs. Regina Maris Medan)*. <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/15628>
- Paraisu, V. (2016). *Analisa Kekuatan Struktur Atas Dan Metode Pelaksanaan Pada Proyek Pembangunan Ruko Mega Profit Blok 1 F2 Delatasi Ii Kawasan Megamas Manado*.
- Prabowo, A., & Lutfi, M. (2020). Analisis Struktur Bangunan Gedung Sekolah Akibat Penambahan Ruang Kelas Baru (Studi Kasus Di Smk Bina Putera Kota Bogor). In *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas* (Vol. 4, Issue 2). <http://iptek.its.ac.id/index.php/jmaif/article/viewFile/6887/4554>
- Putri Aisya Hayyu, Masril, & Kurniawan Dedi. (2021). *Perencanaan Struktur Gedung Pasar Raya Padang. 1*. <https://doi.org/https://doi.org/10.33559/err.v1i1.1103>
- Reza, S. F., Suryanita, R., & Ismeddiyanto. (2016). Analisis Kinerja Struktur Bangunan Bertingkat Di Wilayah Gempa Indonesia Intensitas Tinggi Menggunakan Analisis Statis Nonlinier. In *Jom FTEKNIK* (Vol. 3, Issue 1).

<https://www.neliti.com/publications/202114/analisis-kinerja-struktur-bangunan-bertingkat-di-wilayah-gempa-indonesia-intensi>

- Ruzuqi, R., Maryanto, T., Rahmat, A., Perikanan, M., Kelautan, P., Sorong, P., & Kapitan, J. (2022). *Kuat Tarik Baja Tulangan Polos (Studi Kasus: Pt. Ghody Bimantara Mandiri)* (Vol. 2, Issue 1). <https://doi.org/https://doi.org/10.30598/metiks.2022.2.1.9-14>
- Salsalbila, Abrar, A., & Lisya, M. (2023). Perencanaan Struktur Atas Beton Bertulang Gedung 5 Lantai Menggunakan Software Etabs. In *Januari* (Vol. 1, Issue 2). <https://ejournal.sttdumai.ac.id/index.php/slumptes/article/view/469>
- Saraswati, I. A. P. E. C., & Rofiq, H. I. (2020). *Perancangan Gedung Bertingkat 10 Lantai Dengan Beton Bertulang Mutu Tinggi*. https://repository.its.ac.id/82550/1/0311174000060_0311174000023-Project_Report.pdf
- Sularno, Astri Renita, Mulya Dio Prima, & Mazni Deni Irda. (2020). Jurnal Sains Dan Informatika. *Jurnal Sains Dan Informatika*, 06(02), 92–97. <https://doi.org/10.22216/jsi.v6i2.5749>
- Sultan, M. A., Hi Abbas, M. Y., Gaus, A., Rakhman, K. A., & Barmawi, N. (2020). Penggunaan Ekstrak Tembakau Sebagai Inhibitro Pada Beton Bertulang Menggunakan Pasir Laut Dan Air Laut. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 17. <https://doi.org/10.29103/tj.v10i1.264>
- Sumarso, A., P. K. J., & Arbianto, R. (2020). Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Tujuh (7) Lantai Di Kabupaten Karanganyar. *Journal Of Civil Engineering And Infrastructure Technology*, 10. <http://repository.utp.ac.id/id/eprint/1810>
- Usamah, M., Hermanto, J., & Rahim, B. A. (2022). Analisis Struktur Bangunan Gedung Ditlintas Polda Maluku Utara Berdasarkan Peraturan Sni 2847:2019 Dan Sni 1726:2019 Dengan Menggunakan Program Etabs. *Jurnal.Ummu.Ac.Id*, 15, 66–81. www.jurnal.umm.ac.id/dintek
- Yeni, D., & Yusmar, F. (2023). *Perencanaan Struktur Atas Gedung Serba Guna Nagari Magek Dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus* (Vol. 4, Issue 4). <http://asce.ppj.unp.ac.id/index.php/ASCE/article/view/877>

ANALISIS STRUKTUR BAGUNAN GEDUNG RUKO 2 LANTAI MENGUNAKAN SOFTWARE KOMPUTER ETABS

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	e-journal.uajy.ac.id Internet	792 words — 4%
2	repositori.uma.ac.id Internet	432 words — 2%
3	eprints.umm.ac.id Internet	396 words — 2%
4	dspace.uui.ac.id Internet	243 words — 1%
5	jurnal.ensiklopediaku.org Internet	239 words — 1%
6	digilib.unila.ac.id Internet	187 words — 1%
7	repository.utp.ac.id Internet	147 words — 1%
8	repository.unja.ac.id Internet	139 words — 1%
9	digilib.uns.ac.id Internet	116 words — 1%

10	jurnal.borneo.ac.id Internet	115 words — 1%
11	repository.its.ac.id Internet	107 words — 1%
12	erepository.uwks.ac.id Internet	103 words — 1%
13	ejournal.lppmsttpagaralam.ac.id Internet	97 words — 1%

EXCLUDE QUOTES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE SOURCES < 1%

EXCLUDE MATCHES OFF