

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pentingnya evaluasi kinerja struktur kolom pada gedung bertingkat, khususnya dalam konteks gedung-gedung yang memiliki fungsi penting, seperti Gedung Arsip Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kabupaten Rokan Hulu. Evaluasi kinerja struktur kolom dalam sebuah gedung bertingkat sangat krusial untuk memastikan bahwa bangunan tersebut dapat berfungsi dengan aman dan tahan lama, mengingat beban yang diterima oleh struktur kolom sangat besar, terutama di daerah dengan potensi gempa atau beban dinamis lainnya.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, analisis menggunakan perangkat lunak seperti software elemen hingga memberikan kemudahan dalam melakukan simulasi dan evaluasi struktur bangunan secara komprehensif. Menurut Prasetyo et al. (2019), "Analisis dinamik time history dapat merepresentasikan sifat dinamik percepatan gempa dan respon struktur, sehingga metode analisis ini dapat memberikan gambaran dan informasi respon struktur yang lebih lengkap." Selain itu, oleh Firmansyah et al. (2020) menunjukkan bahwa "Metode ini mampu mengidentifikasi titik lemah pada struktur bangunan dengan simulasi pola keruntuhan akibat beban lateral."

Dalam perencanaan dan pembangunan gedung bertingkat, struktur kolom memegang peranan yang sangat penting sebagai penopang beban vertikal dan juga sebagian beban lateral (seperti beban gempa). Salah satu cara untuk mengevaluasi kinerja struktur kolom adalah dengan menggunakan analisis struktur melalui software elemen hingga. Software ini memungkinkan perhitungan yang lebih akurat dan simulasi berbagai kondisi beban yang mungkin terjadi pada gedung bertingkat.

Gedung Arsip Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau merupakan salah satu gedung yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan pengarsipan dan administrasi yang membutuhkan ketahanan struktur

yang baik. Sebagai bangunan bertingkat, gedung ini harus dirancang dengan memperhatikan berbagai faktor, seperti beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Evaluasi kinerja struktur kolom pada gedung ini sangat penting untuk memastikan bahwa kolom-kolom yang ada dapat menahan beban yang diterima dengan baik, serta memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan.

Analisis dengan menggunakan software elemen hingga memungkinkan untuk melakukan perhitungan beban secara lebih efektif, serta melihat respon struktur terhadap beban-beban tersebut dalam bentuk visualisasi yang mudah dipahami. Hal ini memberikan informasi yang sangat berguna bagi para insinyur dan pengelola gedung untuk melakukan pemeliharaan atau perbaikan struktur apabila diperlukan. Analisis dapat berupa respon spektrum dan gaya dalam dinamis.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur kolom pada Gedung Arsip BPN Kabupaten Rokan Hulu, yang mana kolom pada Gedung ini dibangun dengan jumlah kolom yang banyak dengan jarak bentang hanya 3 meter dengan dimensi kolom yang besar. Maka dari itu kolom pada Gedung arsip ini terlalu berlebihan dengan bentang yang tidak terlalu besar, maka dari itu dilakukan evaluasi menggunakan analisis perangkat lunak software elemen hingga.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja struktur Gedung Arsip Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kabupaten Rokan Hulu dalam displacement antar lantai analisis dinamik metode respon spektrum dengan menggunakan software elemen hingga ?
2. Apa yang terjadi pada struktur Gedung Arsip BPN Kabupaten Rokan Hulu saat diberi beban dinamis beban gempa?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis kinerja struktur Gedung Arsip Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kabupaten Rokan Hulu dalam displacement analisis dinamik metode respon spektrum dengan menggunakan software elemen hingga.
2. Mengidentifikasi apa yang terjadi pada struktur Gedung Arsip BPN Kabupaten Rokan Hulu saat diberi beban dinamis beban gempa.

Manfaat dari penelitian ini dapat dilihat dari beberapa aspek berikut:

1. Mengetahui kinerja struktur Gedung Arsip Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kabupaten Rokan Hulu dalam displacement analisis dinamik metode respon spektrum dengan menggunakan software elemen hingga.
2. Mengetahui hal yang terjadi pada struktur Gedung Arsip BPN Kabupaten Rokan Hulu saat diberi beban dinamis beban gempa.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya perluasan masalah dan sesuai dengan tujuan yang dimaksud, maka dalam penelitian ini diperlukan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

- a) Objek Penelitian ini hanya berfokus pada struktur Gedung Arsip Badan Pertanahan Nasional Kabupaten Rokan Hulu, yang hanya memperhatikan pada kolom K1 dalam kontrol cek, dan bukan pada seluruh struktur gedung secara keseluruhan (misalnya, struktur balok, pelat, atau fondasi). Penelitian ini juga mengacu pada SNI 2847 tahun 2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, dan SNI 1726 tahun 2019 tentang ketahanan perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non Gedung.
- b) Penelitian ini akan mengevaluasi kinerja struktur kolom berdasarkan beban statis vertikal (beban mati dan beban hidup) serta beban dinamis seperti beban angin dan beban gempa.

- c) Beban gempa yang dianalisis dalam penelitian ini menggunakan parameter gempa yang berlaku di wilayah Kabupaten Rokan Hulu, yang mengacu pada peta hazard untuk kegempaan dengan web desain spektra indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun beberapa penelitian terdahulu diantara lain sebagai berikut :

1. Andar Sitohang, Samsuardi Batubara, Oloan Sitohang (2024) dengan judul “ANALISA STRUKTUR KOLOM BANGUNAN GEDUNG ASRAMA DI KABUPATEN LANGKAT MENGGUNAKAN PROGRAM ETABS”. Dalam perencanaan struktur bangunan gedung bertingkat perlu dilakukan analysis desain untuk menentukan besaran dimensi dan spesifikasi struktur bangunan sebelum pembangunan dilaksanakan. Analisa perencanaan meliputi struktur atas dan struktur bawah. Tujuan penelitian untuk menentukan dimensi kolom dan tulangan yang digunakan sehingga aman untuk memikul beban kerja yang bejkerja. Pada metode penelitian ini diuraikan secara garis besar langkah-langkah (metode yang digunakan) dengan melakukan survey lapangan dan pengumpulan data perencanaan, analisa data dengan bantuan program ETABS (Extended Three Dimensional Analysis Building Systems). Perencanaan struktur adalah gedung asrama 3 (tiga) lantai direncanakan menggunakan beton bertulang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan bentang gedung yaitu 36 x 7,5 m. Kategori Resiko Gempa I dengan Faktor Keutamaan Gempa (I_e) = 1,0. dan kelas situs tanah lunak (SE). Dimensi kolom berdasarkan hasil analisis digunakan dimensi kolom 40 x 40 cm dengan tulangan longitudinal 14 D 13 dan sengkang tumpuan D10-100 dan lapangan D10-150.
2. Pakiding, Sudirman, and Amin (2024) dengan judul “Penggunaan Etabs V.19 Dalam Perancangan Struktur Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Andi Djemma”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis model perancangan struktur rencana bangunan gedung Laboratorium Terpadu Fakultas Teknik Universitas Andi Djemma. Metode

penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data yang terdiri dari data primer dan sekunder, kemudian dilakukan input beban kerja ke dalam program Etabs. Dari hasil analisa struktur dapat diketahui bahwa struktur gedung Laboratorium Terpadu Fakultas Teknik Universitas Andi Djemma mampu dalam menahan beban-beban luar yang bekerja. Model struktur dianalisa dalam bentuk 3d model yang diberikan beban luar serta asumsi-asumsi perancangan yang sesuai dengan SNI, kemudian didapatkan output berupa gaya gaya dalam yang digunakan dalam mendesain tulangan struktur.

3. Ayuddin n.d. (2024), dengan judul “Analisis Struktur Perencanaan Gedung Kantor Dengan Software ETABS”. Perencanaan gedung Kantor di Kota Makassar meningkat seiring dengan kebutuhan akan ruang kerja yang aman, efisien, dan ekonomis. Struktur bangunan yang direncanakan harus mampu menahan berbagai beban, seperti beban mati, hidup, gempa, dan angin, sebagaimana diatur dalam standar nasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku struktur gedung perkantoran di Kota Makassar menggunakan software ETABS V.18. Analisis dilakukan berdasarkan beban kerja seperti beban mati (DL), beban mati tambahan (SIDL), beban hidup (LL), beban hidup atap (Roof Live), beban hujan (Rain Load), beban angin (WL), dan beban gempa (Eq L). Perancangan mengikuti standar SNI 1727:2020, SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Hasil analisis menunjukkan gaya aksial sebesar 205,2169 kN, gaya geser 16,7184 kN, momen lentur 22,5899 kN•m², dan torsi 3,5136 kN. Perencanaan Gedung Kantor di Kota Makassar dalam hal ini dinyatakan aman karena analisis yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi ETABS memenuhi persyaratan perencanaan struktur.
4. Ndruru et al. n.d. (2024) dengan judul “ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG RUKO 2 LANTAI MENGGUNAKAN SOFTWARE KOMPUTER ETABS”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil analisis struktural bangunan ruko 2 lantai menggunakan perangkat lunak komputer Etabs 2016. Manfaat penelitian ini adalah bagi

penulis, memungkinkan untuk menganalisis struktur bangunan menggunakan perangkat lunak komputer Etabs 2016. Bagi akademisi, penelitian ini bermanfaat untuk pengembangan pengetahuan dalam mempelajari analisis struktur bangunan. Bagi masyarakat atau pemerintah, penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan referensi tambahan dalam menganalisis struktur di masa mendatang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, yang dimulai dengan mempelajari beberapa literatur dan dilanjutkan dengan menganalisis struktur bangunan ruko 2 lantai dengan struktur beton bertulang sehingga menghasilkan struktur yang kuat untuk menahan beban yang terjadi. Lokasi penelitian berada di kota Gunungsitoli. Hasil analisis menunjukkan bahwa perencanaan struktur atas bangunan ruko 2 lantai yang terdiri dari kolom, balok, dan pelat lantai telah sesuai dengan standar nasional Indonesia dan mampu menahan beban yang diterapkan dengan baik, di mana deformasi dan tegangan pada elemen struktural berada dalam batas yang diizinkan.

5. Ashary, Nasir, and Muis n.d. (2024) dengan judul “Analisis Struktur Bangunan Gedung Menggunakan Software Etabs V.20. (Studi Kasus Gedung Kantor Cabang BRI Jalan Karaeng Burane Kota Parepare)”. Pembangunan gedung komersial di kota-kota besar Indonesia, termasuk Kota Parepare, telah mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Di tengah pertumbuhan ini, penting bagi para insinyur sipil dan arsitek untuk memastikan bahwa struktur bangunan memenuhi standar keamanan dan kinerja yang ditetapkan. aplikasi ETABS v.20) telah menjadi salah satu program perangkat lunak teknik sipil yang paling populer dan sangat berguna untuk menganalisis perilaku struktur bangunan. Tujuan penelitian adalah menyusun pemodelan struktur bangunan menggunakan program aplikasi ETABS v.20. serta menganalisis kekuatan maksimum struktur bangunan gedung BRI kota parepare. Dan mengevaluasi desain berdasarkan hasil analisa ETABS V.20. Berdasarkan peraturan-peraturan dan hasil analisis dengan menggunakan software ETABS V20 maka di dapatkan gaya dalam maksimum yaitu momen Balok

(Mu) = 137,4554 kN, Geser Balok (Vu) = 220,4267 kN, Torsi (Tu) = 48,7169 kN, Momen Kolom (Mu) = 379,4925 kN, Tekan Aksial (Pu) = 2431,7439 kN, Geser Maksimum (Vu) = 128,0806 kN. semua elemen struktur mampu menahan beban yang terjadi dan menunjukkan kondisi aman.

2.2 Keaslian Penelitian

Adapun perbedaan penelitian yang ini dengan penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Studi Kasus Khusus

Penelitian ini menggunakan Gedung Arsip Badan Pertanahan Nasional Kabupaten Rokan Hulu sebagai studi kasus, yang merupakan lokasi dan gedung yang spesifik, sehingga memberikan kontribusi baru dalam konteks analisis struktur gedung di wilayah Riau, terutama pada gedung yang memiliki fungsi penting seperti pengarsipan yang belum pernah diteliti sebelumnya.

2. Penggunaan Software Elemen Hingga

Penelitian ini memanfaatkan software elemen hingga untuk menganalisis kinerja struktur pada gedung bertingkat. Meskipun penggunaan software elemen hingga sudah umum dalam dunia rekayasa sipil, penelitian ini mengadopsi perangkat lunak tersebut untuk melakukan analisis kinerja kolom secara lebih mendalam, yang mungkin tidak selalu dilakukan dalam penelitian-penelitian sebelumnya yang hanya fokus pada analisis struktur secara umum tanpa memisahkan bagian-bagian tertentu seperti kolom.

3. Evaluasi Kinerja Kolom dalam Konteks Beban Dinamis dan Statis

Keaslian penelitian ini juga terletak pada evaluasi kinerja kolom dengan mempertimbangkan beban statis (beban mati dan hidup) serta beban dinamis seperti beban angin dan gempa, yang relevan untuk bangunan yang berada di daerah dengan potensi gempa atau cuaca ekstrem.

4. Penggunaan Data Empiris Gedung Tertentu

Keaslian lainnya terletak pada penggunaan data spesifik gedung yang sebenarnya, yang memberikan gambaran yang lebih nyata dan relevan mengenai kinerja struktur kolom. Dibandingkan dengan penelitian yang menggunakan model hipotetis atau simulasi tanpa data nyata, penelitian ini menggunakan data riil dari Gedung Arsip BPN untuk membuat analisis yang lebih akurat dan dapat diterapkan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton Bertulang

Pada dasarnya beton bertulang merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan/material yaitu beton polos dan tulangan baja. Beton polos merupakan bahan yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi memiliki kekuatan tarik yang rendah. Sedangkan tulangan baja akan memberi kekuatan tarik yang besar sehingga tulangan baja akan memberi kekuatan tarik yang diperlukan.

Dengan adanya kelebihan masing-masing elemen tersebut, maka konfigurasi antara beton dan tulangan baja diharapkan dapat saling bekerjasama dalam menahan gaya-gaya bekerja dalam struktur tersebut, dimana gaya tekan ditahan oleh beton, dan tarik ditahan oleh tulangan baja.

Baja dan beton dapat bekerjasama atas dasar beberapa hal:

1. Lekatan (*bond*) yang merupakan interaksi antara tulangan baja dengan beton di sekelilingnya, yang akan mencegah slip dari baja relatif terhadap beton.
2. Campuran beton yang memadai yang memberikan sifat anti resap yang cukup dari beton untuk mencegah karat baja.
3. Angka kecepatan mulai yang relatif serupa menimbulkan tegangan antara baja dan beton yang dapat diabaikan di bawah perubahan suhu udara.

3.2 Material Pembentuk Beton Bertulang

Unsur utama pembentuk beton adalah semen, air dan agregat. Agregat disini terdiri dari agregat halus yang umumnya menggunakan pasir dan agregat kasar yang umumnya menggunakan batu kerikil. Selain itu kadang-kadang juga ditambahkan material campuran (*admixture*).

Semen dan air membentuk pasta pengikat yang akan mengisi rongga dan mengeras di antara butir-butir pasir dan agregat, sedangkan agregat akan menentukan kekuatan dan kualitas beton.

3.2.1 Semen

Semen merupakan suatu jenis bahan yang memiliki sifat yang adesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Dalam hal ini bahan semen akan menjadi keras karena adanya faktor air, yang kemudian dinamakan semen hidrolik (*Hydraulic Cement*).

Semen hidrolik yang biasa digunakan pada beton adalah semen Portland (*Portland Cement*) yang umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup dan membutuhkan waktu 28 hari untuk mencapai kekuatan rencana.

3.2.2 Agregat

Pada material beton, agregat memenuhi sekitar 70% - 75% dari isi total beton, sehingga perilaku beton sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya agregat biasanya terdiri dari 2 macam yaitu agregat halus yang umumnya berupa pasir dan agregat kasar yang pada umumnya berupa kerikil.

Agregat halus adalah bahan yang lolos dari saringan no. 4 (lebih kecil dari 3/16 inci, berdasarkan ASTM). Dan agregat kasar adalah bahan-bahan yang berukuran lebih besar.

3.2.3 Air

Air merupakan bahan utama dalam campuran beton karena air yang mengakibatkan partikel-partikel semen saling mengikat baik mengikat antar partikel maupun dengan tulangan baja.

3.2.4 Bahan Campuran

Disamping bahan-bahan utama di atas, terdapat bahan campuran tambahan yang juga sering ditambahkan pada campuran beton, baik sebelum atau ketika sedang mencampur.

Campuran *admixture* dapat dipakai untuk mengubah sifat beton agar berfungsi lebih baik atau lebih ekonomis, di antara kegunaannya adalah:

- a. Meningkatkan gaya tahan terhadap kemunduran mutu akibat siklus dari pembekuan-pencairan.
- b. Meningkatkan kelayakan tanpa menambahkan kadar air.
- c. Mempercepat perkembangan kekuatan pada usia dini.
- d. Memperlambat perkembangan.
- e. Meningkatkan kekuatan.

3.3 Pembebanan

Pembebanan yang digunakan dalam evaluasi ini mengacu pada peraturan Pedoman Perencanaan Gedung SNI 1727 - 2020 dan Peraturan Pembebanan Indonesia (PPIUG) 1983.

3.3.1 Beban mati

Beban mati adalah berat dari seluruh bagian bangunan yang permanen, besar beban tetap dan lokasinya juga tetap. Beban mati yang dimodelkan akan dihitung secara otomatis oleh program. Program struktur yang digunakan adalah software elemen hingga.

3.3.2 Beban Mati Tambahan (ADL)

Beban mati tambahan bergantung pada berat jenis material bangunan. Contoh beban mati antara lain:

- a) Berat struktur seperti dinding, lantai, atap, langit-langit dan tangga.
- b) Perlengkapan bangunan yang sifat tetap seperti HVAC, perpipaan, kabel dan sebagainya.

Tabel 3. 1 Beban Mati, Berat Sendiri Bahan Bangunan Komponen Gedung

Beban Mati , berat sendiri bahan bangunan komponen gedung	
BAHAN BANGUNAN	
a) Baja	7.850 kg/m ³
b) Batu Alam	2.600 kg/m ³

c) Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
d) Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
e) Batu pecah	1.450 kg/m ³
f) Besi tuang	7.250 kg/m ³
g) Beton (¹)	2.200 kg/m ³
h) Beton bertulang (²)	2.400 kg/m ³
i) Kayu (Kelas I) (³)	1.000 kg/m ³
j) Kerikil, koral (kering udara sampai lembap, tanpa diayak)	1.650 kg/m ³
k) Pasangan bata merah	1.700 kg/m ³
l) Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m ³
m) Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
n) Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³
o) Pasir (kering udara sampai lembap)	1.600 kg/m ³
p) Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
q) Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembap)	1.850 kg/m ³
r) Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembap)	1.700 kg/m ³
s) Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
t) Tanah hitam	11.400 kg/m ³

(Sumber : PPIUG 1983)

Tabel 3. 2 Komponen Gedung

KOMPONEN GEDUNG	
Adukan, per cm tebal :	
a) Dari semen	21 kg/m ²
b) Dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
	14 kg/m ²

KOMPONEN GEDUNG	
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	
Dinding Pas. Bata Merah :	
a) Satu batu	450 kg/m ²
b) Setengah batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako :	
Berlubang	
a) Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²
b) Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²
Tanpa lubang	
a) Tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
b) Tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²

(Sumber: PPIUG 1983)

3.3.3 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang dihasilkan akibat pemanfaatan struktur, yang biasanya berupa beban maksimum yang mungkin terjadi akibat pemanfaatan bangunan. Besarnya beban hidup diambil mengacu pada SNI 1727 tahun 2020.

Tabel 3. 3 Beban hidup terdistribusi merata minimum

PENGUNAAN	KN/M ²
Ruang Kantor	2,4 kn/m ²
Ruang Komputer	4,79 kn/m ²
Lobi	4,79 kn/m ²
Kursi Dapat Dipindahkan	4,79 kn/m ²
Tangga	4,79 kn/m ²
Ruang Pertemuan Lainnya	4,79 kn/m ²

(Sumber: SNI 1727:2020)

3.3.4 Beban Gempa

Beban gempa mengacu pada peraturan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa. Analisis beban gempa dilakukan dengan 2 cara yaitu statik ekuivalen dan dinamik respons spectrum. Untuk perhitungan gempa statik ekuivalen dapat dilakukan secara otomatis dengan *Auto Lateral Loads* dan secara manual dengan cara menginput besarnya beban gempa ke pusat massa struktur tiap lantai. Selain beban mati dan beban hidup, dalam perencanaan ini juga ada yang namanya beban gempa. Beban gempa adalah beban yang bertambah akibat adanya gempa bumi (*seismic*). Gempa ini bisa terjadi searah X maupun Y, sehingga dalam perencanaan ini beban gempa diinisialkan sebagai EQX dan EQY. Pada perencanaan ini ada yang dikenal dengan Faktor keutamaan gempa, yaitu: DFSFDA

Tabel 3. 4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: a) Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan b) Fasilitas sementara c) Gudang penyimpanan d) Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: a) Perumahan b) Rumah toko dan rumah kantor c) Pasar d) Gedung perkantoran	II

Jenis Pemanfaatan	Kategori resiko
e) Gedung apartemen/rumah susun f) Pusat perbelanjaan/mall g) Bangunan industri h) Fasilitas manufaktur i) Pabrik	
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: a) Bioskop b) Gedung pertemuan c) Stadion d) Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedan dan unit gawat darurat e) Fasilitas penitipan anak f) Penjara g) Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dari atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: a) Pusat pembangkit listrik biasa b) Fasilitas penanganan air c) Fasilitas penanganan limbah d) Pusat telekomunikasi	III

Jenis Pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko 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 non gedung yang dianjurkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: a) Bangunan-bangunan monumental b) Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan c) Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan UGD d) Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, garasi kendaraan darurat Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.	IV

(sumber: SNI 1726-2019)

Tabel 3. 5 Faktor Keutamaan Gempa

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

(sumber: SNI 1726-2019)

Sistem penahan gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa dimasing-masing arah kedua sumbu orthogonal struktur. Sehingga nilai R , C_d , dan Ω_0 diatur pada tabel berikut:

Tabel 3. 6 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

No	Sistem penahan gaya Seismic	R	C_d	Ω_0	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)				
					Kategori desain seismik				
					B	C	D	E	F
	Sistem rangka pemikul momen								
1	Rangka baja pemikul momen Khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
2	Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5,5	TB	TB	48	30	TI
3	Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	3	4	TB	TB	10	TI	TI
4	Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5	Beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
6	Beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI

No	Sistem penahan gaya Seismic	R	Cd	Qo	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, hn (m)				
					Kategori desain seismik				
					B	C	D	E	F
7	Beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI
8	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
9	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
10	Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5,5	48	48	30	TI	TI
11	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI
12	Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3,5	3	3,5	10	10	10	10	10

(sumber: SNI 1726-2019)

Gaya gempa lateral (F_x) (kN) yang timbul disemua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} V \dots \dots \dots (3.1)$$

dan

$$C_{vx} = w_x h_x^k \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\Sigma w_i h_i^k$$

Keterangan:

- C_{vx} = faktor distribusi
- V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)
- w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
- h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x , dinyatakan dalam (m)
- k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:
- untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k=1$
- untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k=2$
- untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

3.3.5 Beban Angin

Beban Angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban Angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (hisapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau.

Tabel 3. 7 Kategori Resiko Bangunan

Kategori Resiko	Faktor keutamaan Salju, i_s	Faktor keutamaan es-ketebalan i_i	Faktor keutamaan es-angin i_w	Faktor keutamaan es-seismik i_e
I	0,80	0,80	1,00	1,00
II	1,00	1,00	1,00	1,00
III	1,10	1,15	1,00	1,25

IV	1,20	1,25	1,00	1,50
----	------	------	------	------

(sumber: SNI 1727:2020)

Tabel 3. 8 Faktor arah angin, Kd

Tipe struktur	Faktor arah angin Kd
Bangunan gedung	
Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU)	0,85
Komponen dan Klading (K&K)	0,85
Atap lengkung	0,85
Kubah berbentuk bundar	1,0a
Cerobong, tangki, dan struktur serupa	
Persegi	0,90
Segi enam	0,95
Segi delapan	1,0a
Bundar	1,0a
Dinding solid yang berdiri bebas, peralatan bagian atap, dan panel petunjuk solid yang berdiri bebas serta panel petunjuk terikat	0,85
Panel petunjuk terbuka dan rangka terbuka bidang tunggal	0,85
Rangka batang menara	
Segitiga, persegi, atau persegi panjang	0,85
Semua penampang lainnya	0,95

(Sumber : SNI 1727:2020)

Faktor arah angin $K_d = 0,95$ diizinkan untuk struktur bundar atau struktur segi delapan dengan sistem struktur non-asimetris.

Ada beberapa kategori eksposur pada SNI yaitu sebagai berikut :

- 1) Eksposur B: Untuk bangunan gedung atau struktur lain dengan tinggi atap rata-rata kurang dari atau sama dengan 30 ft (9,1m), Eksposur B

berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan B, berlaku di arah melawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1.500 ft (457m). Untuk bangunan gedung atau struktur lain dengan tinggi atap rata-rata lebih besar dari 30 ft (9,1m), Eksposur B berlaku bilamana Kekasaran Permukaan B berada dalam arah melawan angin untuk jarak lebih besar dari 2.600 ft (792 m) atau 20 kali tinggi bangunan atau struktur, pilih yang terbesar.

- 2) Eksposur C: Eksposur C berlaku untuk semua kasus di mana Eksposur B atau Eksposur D tidak berlaku.
- 3) Eksposur D: Eksposur D berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan D, berlaku di arah melawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5.000 ft (1.524m) atau 20 kali tinggi bangunan gedung atau tinggi struktur, pilih yang terbesar. Eksposur D juga berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah dekat dari situs dalam arah melawan angin adalah B atau C, dan situs yang berada dalam jarak 600 ft (183 m) atau 20 kali tinggi bangunan gedung atau tinggi struktur, pilih yang terbesar, dari kondisi Eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya.

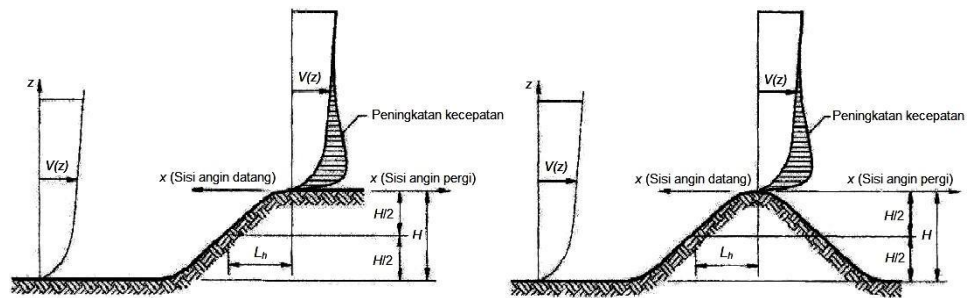
Efek peningkatan kecepatan angin harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin desain dengan menggunakan faktor K_{zt} :

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \dots\dots\dots (3.3)$$

K_1 : faktor untuk memperhitungkan bentuk fitur topografis dan pengaruh peningkatan kecepatan maksimum.

K_2 : faktor untuk memperhitungkan reduksi dalam peningkatan kecepatan sehubungan dengan jarak ke sisi angin datang atau ke sisi angin pergi dari puncak.

K3: faktor untuk memperhitungkan reduksi dalam peningkatan kecepatan sehubungan dengan ketinggian di atas elevasi kawasan setempat.



Gambar 3. 1 Diagram Faktor Topografi

(Sumber : SNI 1727:2020)

Faktor efek hembusan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.

Tabel 3. 9 Konstanta eksposur dataran dalam satuan ft

Eksposur	α	Z_g (ft)	$\frac{1}{a}$	$\frac{1}{b}$	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{b}$	c	ℓ (ft)	$\frac{1}{\epsilon}$	Z_{min} (ft) ^a
B	7,0	1.200	1/70	0,84	1/4,0	0,45	0,30	320	1/3,0	30
C	9,5	900	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	500	1/5,0	15
D	11,5	700	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	650	1/8,0	7

(Sumber : SNI 1727:2020)

Tabel 3. 10 Konstanta eksposur dataran dalam satuan m

Eksposur	α	Z_g (m)	$\frac{1}{a}$	$\frac{1}{b}$	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{b}$	c	ℓ (m)	$\frac{1}{\epsilon}$	z_{min} (m) ^a
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

(Sumber : SNI 1727:2020)

Z_{min} = tinggi minimum yang dapat menjamin tinggi ekuivalen z yang lebih besar dari $0,6h$ atau z_{min} . Untuk bangunan gedung atau struktur lain dengan $h < z_{min}$, z harus diambil sebesar z_{min} .

Tabel 3. 11 Koefisien eksposur tekanan kecepatan, K_h dan K

Ketinggian di atas permukaan tanah		Eksposur		
ft	m	B	C	D
0 — 15	0 — 4,6	0,57 (0,70) ^a	0,85	1,03
20	6,1	0,62 (0,70) ^a	0,90	1,08
25	7,6	0,66 (0,70) ^a	0,94	1,12
30	9,1	0,70	0,98	1,16
40	12,2	0,76	1,04	1,12
50	15,2	0,81	1,09	1,27
60	18,0	0,85	1,13	1,31
70	21,3	0,89	1,17	1,34
80	24,4	0,93	1,21	1,38
90	27,4	0,96	1,24	1,40
100	30,5	0,99	1,26	1,43
120	36,6	1,04	1,31	1,48
140	42,7	1,09	1,36	1,52
160	48,8	1,13	1,39	1,55
180	54,9	1,17	1,43	1,58
200	61,0	1,20	1,46	1,61
250	76,2	1,28	1,53	1,68
300	91,4	1,35	1,59	1,73
350	106,7	1,41	1,64	1,78
400	121,9	1,47	1,69	1,82
450	137,2	1,52	1,73	1,86
500	152,4	1,56	1,77	1,89

(Sumber : SNI 1727:2020)

1. Koefisien eksposur tekanan kecepatan K_z dapat ditentukan dari rumus berikut:

$$\text{Untuk } 15 \text{ ft (4,6 m)} \leq z \leq z_g \quad K_z = 2,01(z/z_g)^{2/\alpha} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\text{Untuk } z < 15 \text{ ft (4,6 m)} \quad K_z = 2,01(15/z_g)^{2/\alpha} \dots\dots\dots(3.5)$$

2. Interpolasi linier untuk nilai menengah dari tinggi z boleh dilakukan.

Tekanan kecepatan q_z yang dievaluasi pada ketinggian z di atas tanah harus dihitung dengan persamaan berikut :

$$q_z = 0,00256 K_z K_{zt} K_d K_e V^2 \text{ (lb/ft}^2\text{); } V \text{ dalam mi/h} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d K_e V^2 \text{ (N/m}^2\text{); } V \text{ dalam m/s} \dots\dots\dots(3.7)$$

dengan :

K_z = koefisien eksposur tekanan kecepatan

K_{zt} = faktor topografi

K_d = faktor arah angin

K_e = factor elevasi permukaan tanah

V = kecepatan angin dasar

q_z = tekanan kecepatan pada ketinggian z

3.4 Kombinasi Pembebanan

Beban kombinasi untuk desain kekuatan untuk kombinasi dasar Struktur, komponen, dan fondasi harus didesain sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek beban-beban terfaktor dalam kombinasi SNI 1727:2020 sebagai berikut :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $0,9D + 1,0W$
6. $1,2D + E_v + E_h + L$
7. $0,9D - E_v + E_h$

Dengan ketentuan :

D = beban mati

L = beban hidup

L_r = beban hidup atap

S = beban salju

R = beban hujan

W = beban angin

E = beban gempa

3.5 Software Elemen Hingga

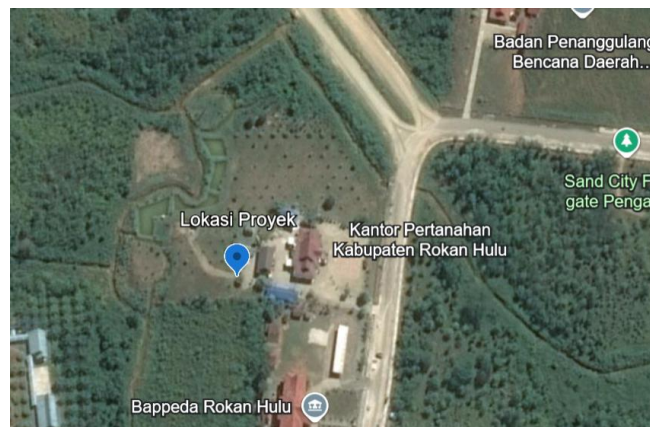
Software elemen hingga merupakan salah satu program yang dipergunakan untuk melakukan analisis dan desain pada struktur bangunan dengan cepat dan tepat. Software elemen hingga adalah salah satu software yang sangat populer di dunia teknik sipil. Software ini sangat cocok digunakan dalam melakukan pemodelan struktur, analisis dan desain. Software elemen hingga ini dibuat dan dikembangkan oleh Computers and Structures, Inc. (CSI), software elemen hingga memungkinkan para insinyur sipil untuk memahami perilaku struktur di bawah pengaruh berbagai jenis beban, termasuk beban gravitasi seperti beban mati dan hidup, serta beban lateral seperti angin dan gempa.

Dengan antarmuka yang intuitif dan berbasis grafik, software elemen hingga mempermudah proses pemodelan struktur tiga dimensi, analisis perilaku struktur, serta desain elemen-elemen seperti balok, kolom, pelat, dan dinding geser sesuai dengan standar internasional seperti SNI, ACI, dan Eurocode. Perangkat lunak ini dilengkapi fitur analisis dinamis yang memungkinkan simulasi perilaku struktur saat gempa, seperti analisis spektrum respons dan analisis riwayat waktu. Selain itu, software elemen hingga mendukung integrasi dengan perangkat lunak Building Information Modeling (BIM) seperti Revit untuk meningkatkan efisiensi dalam proses desain. Dengan kemampuan untuk menghasilkan laporan yang mendetail dan mendukung optimasi desain struktur, software elemen hingga menjadi alat yang sangat penting dalam memastikan keamanan, efisiensi, dan keandalan struktur bangunan di berbagai proyek konstruksi.

BAB IV METODOLOGI

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kantor Pertanahan Kabupaten Rokan Hulu, Jl. Komp. Perkantoran Pemda Rohul, Pematang Berangan, Kec. Rambah, Kab. Rokan Hulu, Riau. Adapun titik penelitian pada proyek Pembangunan Gedung Arsip Kantor Pertanahan Kabupaten Rokan Hulu. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 4.1, dibawah ini:

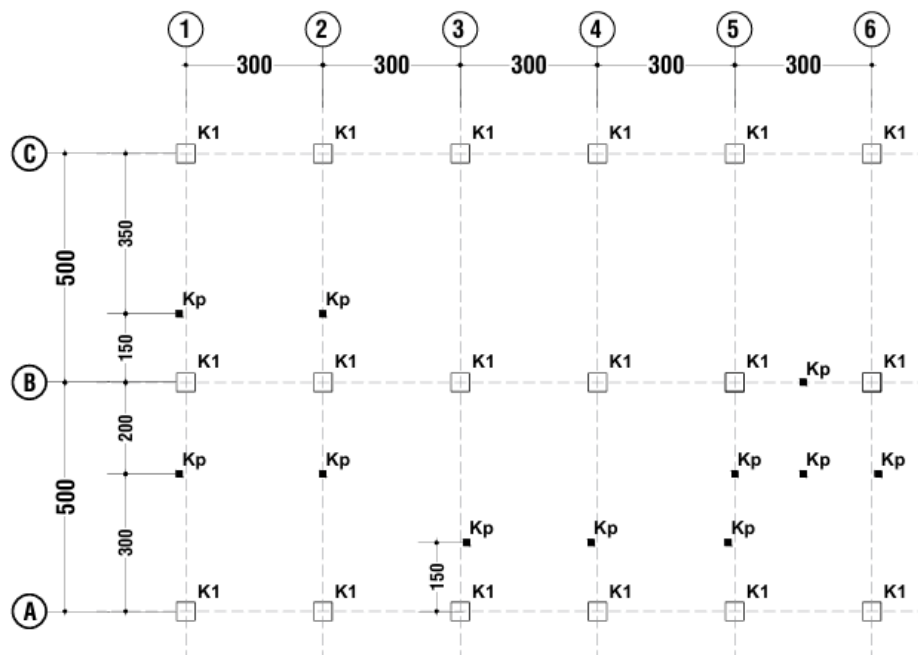


Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian

(Sumber : Google Earth 2024)

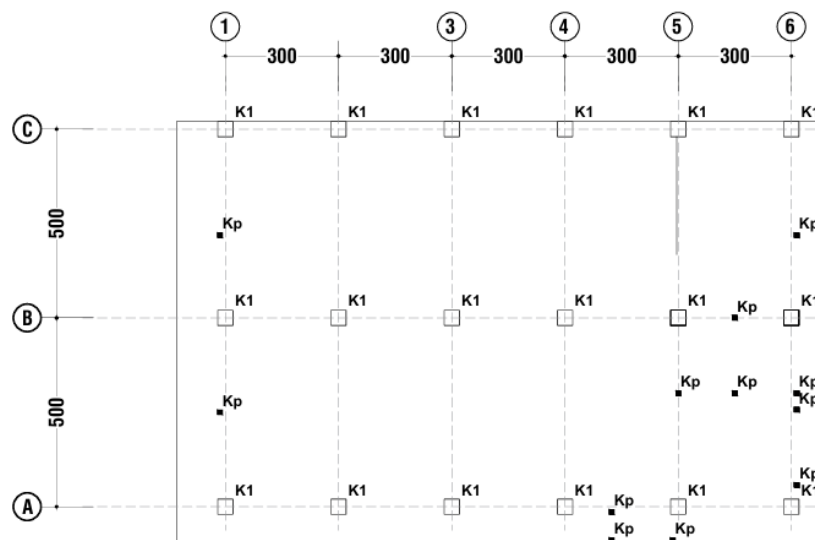
4.2 Data Teknis

Nama Gedung	: Gedung Arsip Kantor Pertanahan Kabupaten Rokan Hulu
Lokasi	: Jl. Komp. Perkantoran Pemda Rohul, Pematang Berangan, Kec. Rambah, Kab. Rokan Hulu, Riau



Gambar 4. 2 Denah Kolom Lantai 1

(Sumber : As Built Drawing PT. Paramudya Wangga Shakti)



Gambar 4. 3 Denah Kolom Lantai 2

(Sumber : As Built Drawing PT. Paramudya Wangga Shakti)

4.3 Spesifikasi Material

4.3.1 Mutu Beton

Mutu Beton menjadi hal yang sangat di utamakan dan sesuai yang dibutuhkan dalam Strutkur bangunan, mulai dari mutu beton pondasi, kolom, balok, plat atap dan plat lantai. Kekuatan karakteristik silinder beton (f'_c) yang didasarkan atas kekuatan beton pada umur 28 hari yaitu K225 atau 18,28 MPa.

4.3.2 Mutu Baja Tulangan

Tabel 4. 1 Mutu Baja

Jenis Sampel	Diameter Nominal (mm)	Tipe/Merk Sampel	Kuat Luluh (YS)	Kuat Tarik (TS)
BJTP	8	RPS 8 SNI TP 280	345,11 MPa	483,09 MPa
BJTP	10	RPS 10 SNI TP 280	351,81 MPa	500,34 MPa
BJTP	12	RPS 12 SNI TP 280	351,20 MPa	505,11 MPa
BJTP	14	RPS 14 SNI TP 280	345,55 MPa	511,49 MPa

(Sumber : Laporan Hasil Uji Tarik Besi PT. Paraudya Wangga Shakti)

4.4 Data Elemen Struktur

4.4.1 Pelat Lantai

Gedung Arsip Kantor Pertanahan Kabupaten Rokan Hulu menggunakan pelat lantai dengan tebal pelat yaitu :

- Lantai 1 = 7 cm
- Lantai 2 = 12 cm
- Lantai Atap = 15 cm

4.4.2 Balok

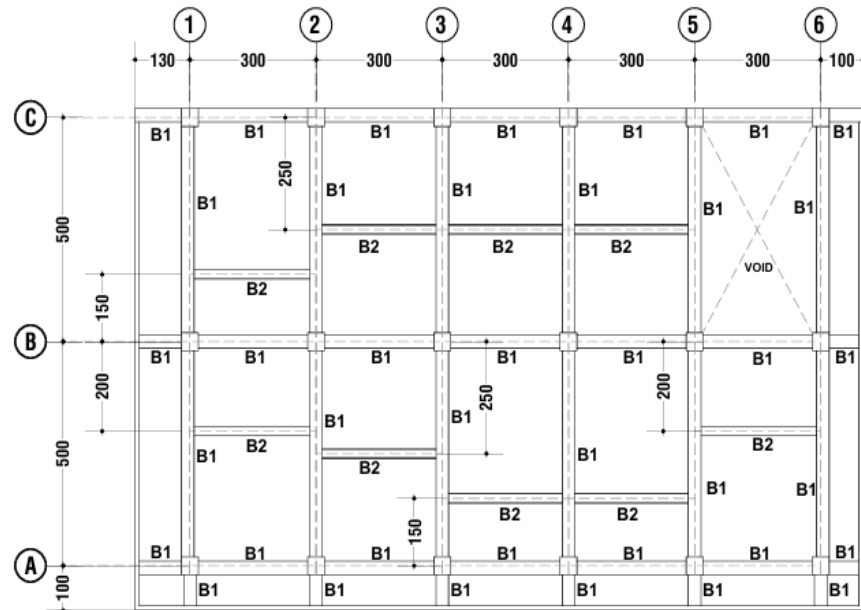
Tipe balok yang digunakan sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Tipe Balok

No	Tipe	Dimensi (cm)
1	Balok B1	30 x 50
2	Balok B2	20 x 35
3	Balok RB 1	20 X 35

No	Tipe	Dimensi (cm)
4	Balok RB	20 X 50
5	Balok Praktis (BP)	10 x 15

(Sumber : As Built Drawing PT. Paramudya Wangga Shakti)



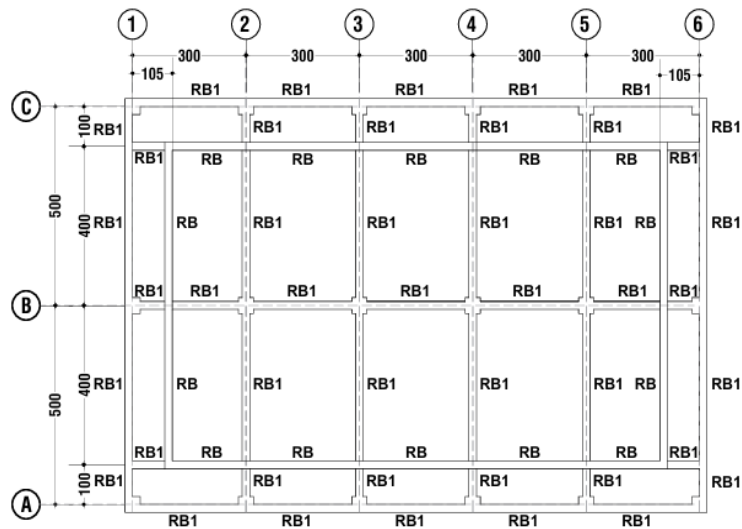
Gambar 4. 4 Denah Balok Lantai 2

(Sumber : As Built Drawing PT. Paramudya Wangga Shakti)

BALOK TYPE B1		BALOK TYPE B2		BALOK PRAKTIS (LATEY)	
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
Tul. Utama 8 Ø 14	Tul. Utama 8 Ø 14	Tul. Utama 6 Ø 14	Tul. Utama 6 Ø 14	Tul. Utama 4 Ø 10	Tul. Utama 4 Ø 10
Tul. Extra 4 Ø 12	Tul. Extra 4 Ø 12	Tul. Extra	Tul. Extra	Tul. Extra	Tul. Extra
Begel Ø 8 - 150	Begel Ø 8 - 150	Begel Ø 8 - 150	Begel Ø 8 - 150	Begel Ø 8 - 200	Begel Ø 8 - 200

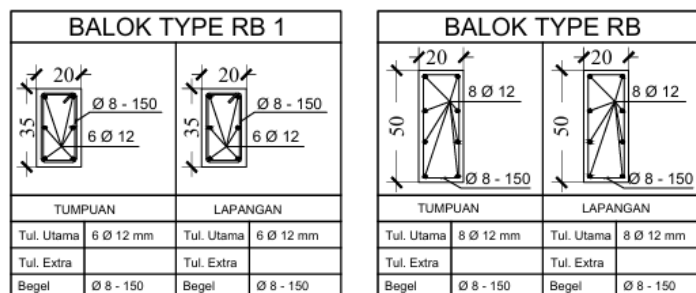
Gambar 4. 5 Detail Balok Lantai 2

(Sumber : As Built Drawing PT. Paramudya Wangga Shakti)



Gambar 4. 6 Denah Ring Balok

(Sumber : As Built Drawing PT. Paramudya Wangga Shakti)



Gambar 4. 7 Detail Ring Balok

(Sumber : As Built Drawing PT. Paramudya Wangga Shakti)

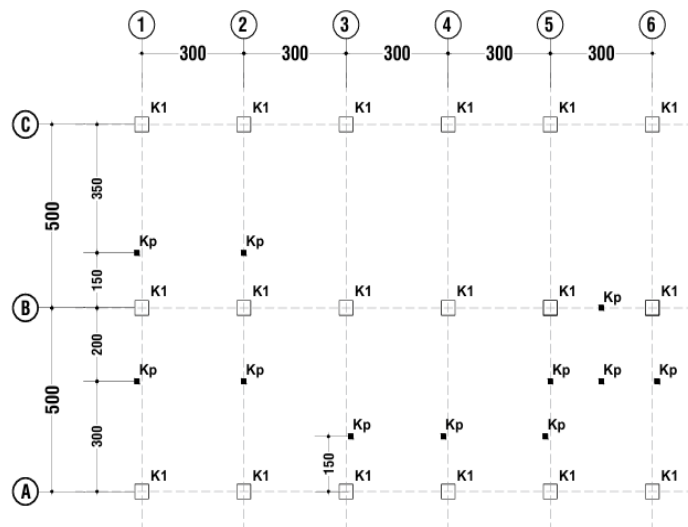
4.4.3 Kolom

Tipe kolom yang digunakan sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Tipe Kolom

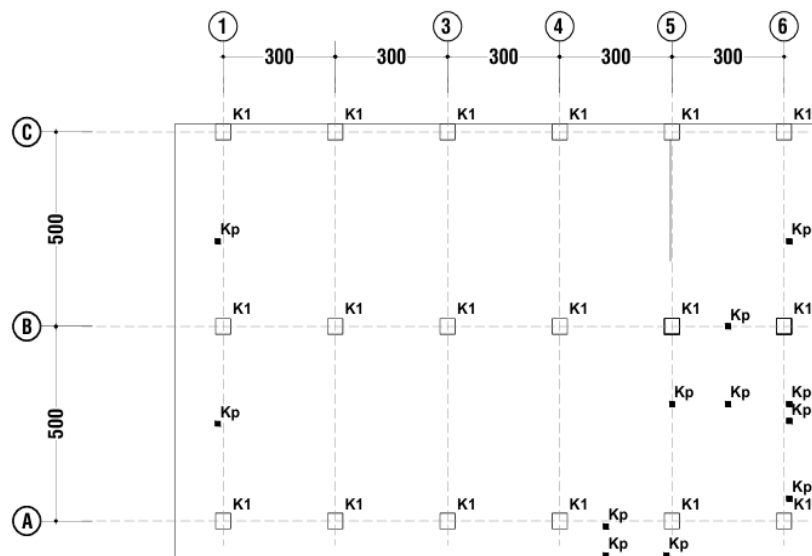
No	Tipe	Dimensi (cm)
1	Kolom K1	40 x 40
2	Kolom Praktis KP	11 x 11

(Sumber : As Built Drawing PT. Paramudya Wangga Shakti)



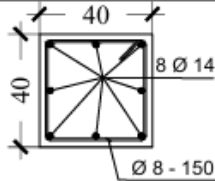
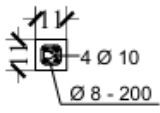
Gambar 4. 8 Denah Kolom Lantai 1

(Sumber : As Built Drawing PT. Paramudya Wangga Shakti)



Gambar 4. 9 Denah Kolom Lantai 2

(Sumber : As Built Drawing PT. Paramudya Wangga Shakti)

KOLOM (K1)		KOLOM PRAKTIS	
			
TUMPUAN - LAPANGAN		TUMPUAN - LAPANGAN	
Tul. Utama	4 Ø 14 mm	Tul. Utama	4 Ø 10 mm
Begel	Ø 8 - 150	Begel	Ø 8 - 200

Gambar 4. 10 Detail Kolom

(Sumber : As Built Drawing PT. Paramudya Wangga Shakti)

4.5 Tahap Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan analisis software elemen hingga. Langkah-langkah analisis dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur dari jurnal dan buku yang terkait dalam analisis riwayat waktu. Mempelajari semua yang berhubungan dengan analisis riwayat waktu. Buku acuan yang dipakai antara lain SNI 1727-2020 mengenai beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain, Peraturan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung SNI 2847-2019, dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan analisis dinamis.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dan informasi bangunan Gedung Arsip Pertanahan Kabupaten Rokan Hulu yang diteliti, yang mana pada penelitian ini yang dikumpulkan yaitu data sekunder. Data yang didapat yang pertama adalah *As Build Drawing* Gedung Arsip Pertanahan Kabupaten Rokan Hulu. Data ini digunakan untuk pemodelan struktur 3D yang selanjutnya dianalisis dengan bantuan software elemen hingga.

Data lain yang di kumpulkan adalah data hasil uji kuat tekan beton, hasil uji tarik besi, dan spesifikasi alat dan bahan bangunan dari Gedung

Arsip Pertanahan Kabupaten Rokan Hulu yang digunakan untuk tahapan pemodelan spesifikasi material agar sesuai dengan keadaan dilapangan sehingga analisis ini tidak menyimpang dari spesifikasi yang sebenarnya.

3. Perhitungan Pembebanan

Pembebanan yang diperhitungkan pada penelitian ini terdiri dari beberapa pembebanan seperti beban mati, beban mati tambahan ADL, beban hidup, beban hujan, beban angin, dan beban gempa. Menghitung beban-beban yang bekerja pada struktur berupa beban mati, beban hidup. Beban mati yang dihitung berdasar pemodelan yang ada dimana beban sendiri didalam program software ekemen hingga dimasukkan dalam load case DEAD, sedangkan berat sendiri tambahan yang tidak dapat dimodelkan dalam program software ekemen hingga dalam load case Super Dead.

Beban hidup yang dimasukkan dalam program software ekemen hingga dinotasikan dalam live. Perhitungan beban hidup ini dalam program software ekemen hingga yang untuk live adalah 0, di mana beban hidup perlu dimasukkan secara manual sesuai dengan data yang ada. Perhitungan pembebanan beban mati, beban mati tambahan ADL, beban hujan, dan beban angin mengacu pada peraturan pedoman perencanaan gedung SNI 1727-2020 dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983).

Untuk perhitungan pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726-2019 mengenai perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. Didalam pembebanan gempa ini sendiri juga menggunakan desain spektrum yang diperoleh dari web side desain spektra indonesia.

4. Pemodelan 3D

Pembuatan model struktur bangunan dengan pemodelan 3D kedalam aplikasi software elemen hingga sesuai dengan data dan informasi dari *shop drawing* Gedung Arsip Pertanahan Kabupaten Rokan Hulu. Didalam

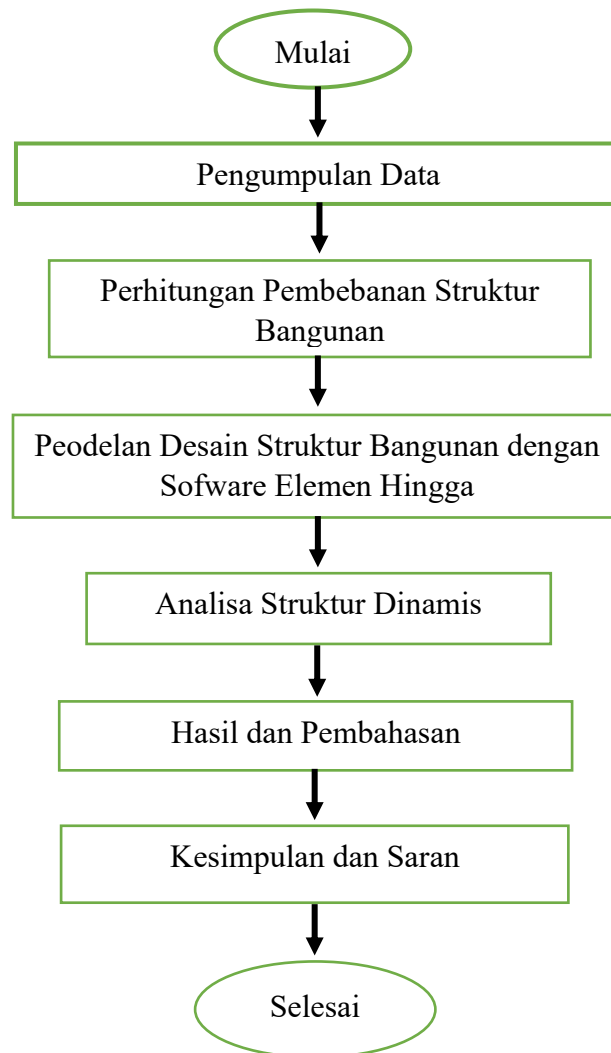
pemodelan juga dilakukan input pembebanan yang telah diperhitungkan sebelumnya.

5. Analisa Struktur Dinamis

Analisa struktur dinamis dilakukan setelah didapat hasil output beban dinamis yang telah diberikan kepada struktur yang dimodelkan sebelumnya seperti kombinasi ragam dan partisipasi massa.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Adapun metode penelitian ini dilaksanakan dengan mengikuti bagan alir berikut :



Gambar 4. 11 Bagan Alir Penelitian

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pembebanan

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari seluruh bagian bangunan yang permanen, besar beban tetap dan lokasinya juga tetap. Beban mati yang dimodelkan akan dihitung secara otomatis oleh program.

2. Beban Mati Tambahan (ADL)

a. Beban ADL Pelat

Tabel 5. 1 Beban ADL Pelat Lantai 1

Komponen beban	Satuan	Beban	
Keramik		0,24 kN/m ²	0,24 kN/m ²
Spacy	0,03 m	0,21 kN/m ³	0,0063 kN/m ²
Pasir	0,05 m	16 kN/m ³	0,8 kN/m ²
		Total	1,05 kN/m ²

Tabel 5. 2 Beban ADL Pelat Lantai 2

Komponen beban	Satuan	Beban	
Keramik		0,24 kN/m ²	0,24 kN/m ²
Spacy	0,03 m	0,21 kN/m ³	0,0063 kN/m ²
Pasir	0,05 m	16 kN/m ³	0,8 kN/m ²
Instalasi MEP		0,25 kN/m ²	0,25 kN/m ²
Plafond+Rangka		0,18 kN/m ²	0,18 kN/m ²
		Total	1,48 kN/m ²

Tabel 5. 3 Beban ADL Pelat Atap

Komponen beban	Satuan	Beban	
Waterproofing	0,02 m	14 kN/m ³	0,28 kN/m ²
Instalasi MEP		0,15 kN/m ²	0,15 kN/m ²
		Total	0,43 kN/m ²

Pada bagian pelat yang terdapat tambahan lemari besi maka ditambah ADL untuk lemari besi sebesar 19,61 kN/m².

b. Beban ADL Kuda-Kuda

Beban ADL pada Kuda-kuda yaitu dari distribusi beban penutup atap, dengan beban atap spandek sebesar $12,3 \text{ kg/m}^2$.

$$\begin{aligned}\text{Beban ADL kuda-kuda} &= 12,3 \text{ kg/m}^2 \times \text{Jarak Gording} \\ &= 12,3 \times 0,5 \\ &= 6,15 \text{ kg/m}^2 = 0,06 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

c. Beban ADL dinding

$$\begin{aligned}\text{Beban ADL dinding} &= H \text{ Dinding} \times \text{Berat Dinding } 1,87 \text{ kN/m}^2 \\ &= 4 \times 1,87 \\ &= 7,48 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

3. Beban Hidup

Besarnya beban hidup diambil mengacu pada SNI 1727 tahun 2020, diperoleh :

a. Beban Hidup Pelat

Besarnya beban hidup diambil mengacu pada SNI 1727 tahun 2020, yaitu sebagai berikut :

- 1) Beban R. Kantor $= 2,4 \text{ kN/m}^2$
- 2) Tangga $= 4,79 \text{ kN/m}^2$
- 3) Gudang Ringan $= 6 \text{ kN/m}^2$

Beban dengan nilai besar dari $4,79 \text{ kN/m}^2$ termasuk kedalam beban hidup non reduksi, dan beban dengan nilai kecil dari $4,79 \text{ kN/m}^2$ termasuk kedalam hidup reduksi.

b. Beban Hidup Pada Kuda-Kuda

Besarnya beban hidup pada kuda-kuda (live roof) diambil mengacu pada SNI 1727 tahun 2020, sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$ yang di aplikasikan pada gording secara merata.

4. Beban Hujan

Beban hujan diaplikasikan secara merata pada kuda kuda di dapatkan dengan rumus $(40 - 0,8\alpha) \times \text{Jarak Gording}$

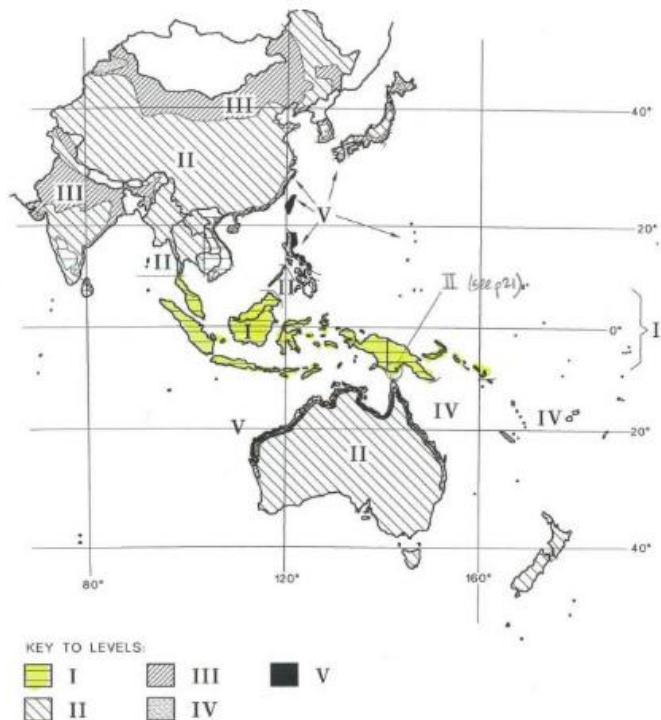
$$\begin{aligned}\text{Beban Hujan} &= (40 - 0,8 \times 28) \times 0,5 \\ &= 8,8 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

$$= 0,0088 \text{ kN/m}^2$$

5. Beban Angin

A. Kecepatan Angin Dasar (V)

Untuk kategori risiko sesuai yang berlaku, dilihat melalui buku peta angin Indonesia.



Dikarenakan Indonesia terletak pada level I, maka keterangannya adalah wilayah ekuator, yaitu daerah badai petir hebat dan angin muson. Maka dari itu hubungan yang sesuai untuk negara-negara ekuator yaitu Singapura, Malaysia, Indonesia, dan Papua Nugini adalah sebagai berikut, yang diperoleh dari analisis gabungan 11 stasiun dari persamaan berikut :

$$V = 70 - 56R^{-0,1}$$

Hasil ini menghasilkan nilai V hembusan angin dengan periode ulang 50 tahun adalah 32,1 m/s. dan untuk periode 500 tahun adalah sebesar 39,9 m/s.

B. Tentukan Faktor Arah Angin (Kd)

Faktor arah angin atau K_d dilihat dari SNI 1727:2020 pasal 26.6 dan tabel 26.6-1 yang diambil tipe struktur bangunan Gedung system penahan gaya angin utama (SPGAU) dengan nilai $k_d = 0,85$

C. Tentukan Kategori Eksposur

Kategori eksposur dilihat pada SNI 1727:2020 pasal 26.7.3, yang mana dengan kekasaran permukaan B pada SNI 1727:2020 pasal 26.7.2 kategori kekasaran permukaan B yaitu daerah perkotaan, maka di dapatkan eksposur C dimana dengan tinggi bangunan lebih dari 9,1 m, yang mana berlaku untuk semua kasus dimana eksposur B atau eksposur D tidak berlaku.

D. Tentukan Kategori Topografi (K_{zt})

Kategori topografi dilihat pada SNI 1727:2020 pasal 26.8, yang mana jika kondisi situs dan lokasi bangunan gedung dan struktur lain tidak memenuhi semua kondisi yang diisyaratkan dalam pasal 26.8.1, maka $K_{zt} = 1,0$.

E. Faktor Efek Hembusan Angin (G)

Factor efek hembusan angin diambil pada SNI 1727:2020 pasal 26.11.1, yang mana faktor efek hembusan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.

F. Tentukan nilai Z_g dan α

Nilai Z_g dan α di ambil pada tabel 26.11-1 SNI 1727:2020 pasal 26.11, yang mana dengan eksposur C didapatkan $Z_g = 274,32$ m, dan $\alpha = 9,5$.

G. Tentukan Koefisien Eksposur Tekanan Kecepatan (K_z)

Koefisien eksposur tekanan kecepatan ditentukan menggunakan rumus SNI 1727:2020 pasal 26.10.1 yaitu :

$$K_z = 2,01 (15/Z_g)^{2/\alpha}$$

H. Tentukan Tekanan Kecepatan (q_z)

Tekanan kecepatan ditentukan menggunakan rumus SNI 1727:2020 pasal 26.10.2 yaitu :

$$q_z = 0,613.K_z.K_{zt}.K_d.K_e.V^2 \text{ (N/m}^2\text{) dalam m/s}$$

Dari data yang ada maka diperoleh hasil perhitungan seperti pada tabel berikut :

Tabel 5. 4 Perhitungan qz

Lantai	Z	a	Zg	Kz	Kd	V	qz (N/m ²)	qz (kN/m ²)
Penutup p Atap	12,1 6	9,5 0	274,3 2	1,0 4	0,8 5	39,9 0	865	0,87
Dak Atap	9,05	9,5 0	274,3 2	0,9 8	0,8 5	39,9 0	813	0,81
Lantai 2	4,9	9,5 0	274,3 2	0,8 6	0,8 5	39,9 0	715	0,71
Lantai 1	0	9,5 0	274,3 2	0,0 0	0,8 5	39,9 0	0	0,00

a) Beban Angin Pada Atap

Beban angin pada atap dengan sistem penahan gaya angin utama untuk bangunan gedung atap pelana dilihat pada SNI 1727:2020 pasal 27.3.5, yang mana terdapat kasus beban angin desain A dan B dengan sudut atap 28 pada aliran angin tidak terhalang, yaitu :

1) Kasus A

$$C_{NW} = 1,25$$

$$C_{NL} = 0,25$$

Maka gaya angin kasus A (P) yaitu :

$$\begin{aligned} P C_{NW} &= C_{NW} \cdot q_z \text{ penutup atap} \cdot G \\ &= 1,25 \cdot 0,87 \cdot 0,85 \\ &= 0,92 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P C_{NL} &= C_{NL} \cdot q_z \text{ penutup atap} \cdot G \\ &= 0,25 \cdot 0,87 \cdot 0,85 \\ &= 0,18 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

2) Kasus B

$$C_{NW} = -0,1$$

$$C_{NL} = -0,87$$

Maka gaya angin kasus B (P) yaitu :

$$P_{C_{NW}} = C_{NW} \cdot q_z \text{ penutup atap} \cdot G$$

$$= -0,10 \cdot 0,87 \cdot 0,85$$

$$= -0,07 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{C_{NL}} = C_{NL} \cdot q_z \text{ penutup atap} \cdot G$$

$$= -0,87 \cdot 0,87 \cdot 0,85$$

$$= -0,64 \text{ kN/m}^2$$

Diambil gaya angin pada atap yaitu :

$$\text{Angin desak} = \text{nilai tertinggi } P_{C_{NW}} \text{ kasus A dan B}$$

$$= 0,92 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Angin hisap} = \text{nilai terendah } P_{C_{NL}} \text{ kasus A dan B}$$

$$= -0,64 \text{ kN/m}^2$$

Beban angin dikonversikan menjadi beban merata dengan jarak antar kolom rata-rata yaitu 3 meter yang mana sebagai berikut :

$$\text{Angin desak} = \text{Angin desak } P_{C_{NW}} \times \text{jarak antar kolom}$$

$$= 0,92 \times 3$$

$$= 2,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Angin hisap} = \text{Angin hisap } P_{C_{NL}} \times \text{jarak antar kolom}$$

$$= -0,64 \times 3$$

$$= -1,93 \text{ kN/m}^2$$

b) Gaya Angin Pada Dinding Arah X

Gaya angin pada dinding mengacu pada SNI 1727:2020 pasal 27.3.5, yang mana di peroleh koefisien tekanan dinding yaitu C_p angin datang 0,8 dan C_p angin pergi -0,3. Dengan diketahui jarak antar kolom arah X sebesar 3 m, untuk angin desak dan hisap dapat dicari dengan rumus :

$$P_{\text{Desak}} = q_z \cdot C_p \text{ Datang} \cdot G \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{\text{Hisap}} = q_z \cdot C_p \text{ Datang} \cdot G \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Beban angin di konversikan menjadi beban garis, maka :

$P_{\text{Desak}} = P_{\text{Desak}} \text{ kN/m}^2 \cdot \text{Jarak antar kolom (kN/m)}$

$P_{\text{Hisap}} = P_{\text{Hisap}} \text{ kN/m}^2 \cdot \text{Jarak antar kolom (kN/m)}$

Maka didapatkan gaya angin pada dinding arah x sebagai berikut :

Tabel 5. 5 Gaya Angin Pada Dinding Arah X

Lantai	qz (kN/m ²)	P Desak (kN/m ²)	P Hisap (kN/m ²)	P Desak (kN/m)	P Hisap (kN/m)
Dak Atap	0,81	0,55	-0,35	1,66	-1,04
Lantai 2	0,71	0,49	-0,30	1,46	-0,91
Lantai 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

c) Gaya Angin Pada Dinding Arah Y

Gaya angin pada dinding mengacu pada SNI 1727:2020 pasal 27.3.5, yang mana di peroleh koefisien tekanan dinding yaitu C_p angin datang 0,8 dan C_p angin pergi -0,3. Dengan diketahui jarak antar kolom arah Y sebesar 5 m, untuk angin desak dan hisap dapat dicari dengan rumus :

$P_{\text{Desak}} = q_z \cdot C_p \text{ Datang} \cdot G \text{ (kN/m}^2\text{)}$

$P_{\text{Hisap}} = q_z \cdot C_p \text{ Datang} \cdot G \text{ (kN/m}^2\text{)}$

Beban angin di konversikan menjadi beban garis, maka :

$P_{\text{Desak}} = P_{\text{Desak}} \text{ kN/m}^2 \cdot \text{Jarak antar kolom (kN/m)}$

$P_{\text{Hisap}} = P_{\text{Hisap}} \text{ kN/m}^2 \cdot \text{Jarak antar kolom (kN/m)}$

Maka didapatkan gaya angin pada dinding arah y sebagai berikut :

Tabel 5. 6 Gaya Angin Pada Dinding Arah Y

Lantai	qz (kN/m ²)	P Desak (kN/m ²)	P Hisap (kN/m ²)	P Desak (kN/m)	P Hisap (kN/m)
Dak Atap	0,81	0,55	-0,35	2,76	-1,73
Lantai 2	0,71	0,49	-0,30	2,43	-1,52
Lantai 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

6. Beban Gempa

A. Kategori Risiko

Kategori risiko struktur bangunan dilihat pada SNI 1726:2019 pasal 4.1, yang mana gedung arsip perkantoran BPN ini termasuk kedalam kategori risiko II.

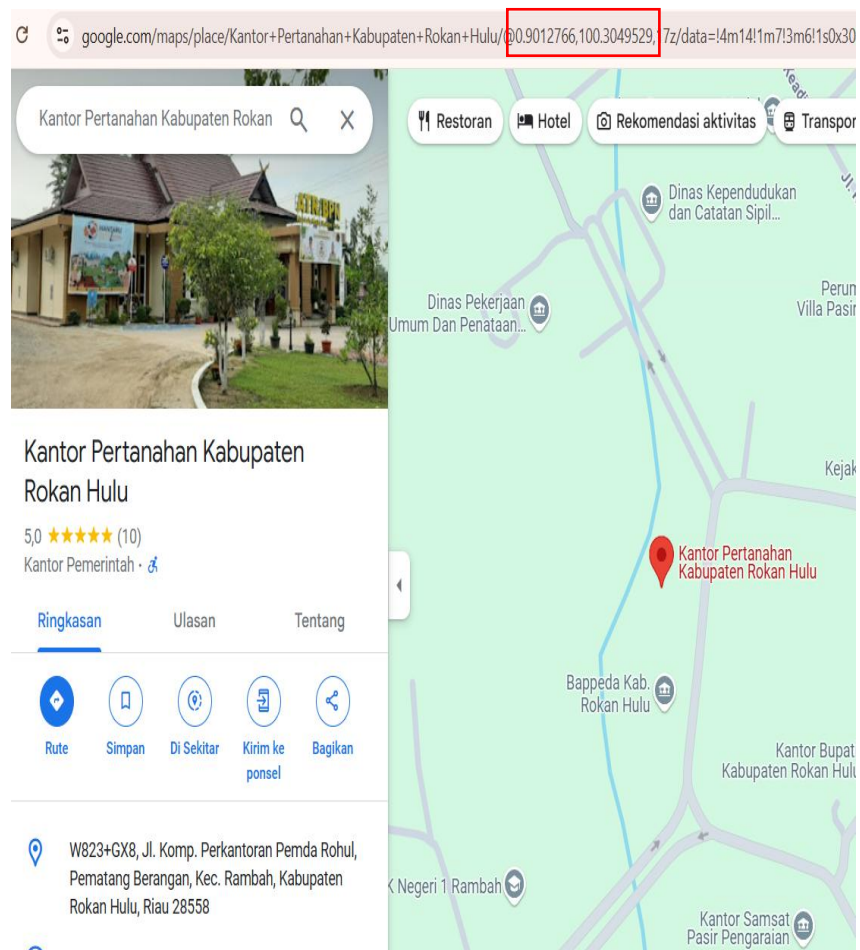
B. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Faktor keutamaan gempa diambil dari SNI 1726:2019 pasal 4.1, yang mana faktor keutamaan gempa dengan kategori risiko II adalah 1,0.

C. Desain Spektra

Untuk desain spektra di desain melalui web desain spektra Indonesia dengan menggunakan jenis imput koordinat lintang dan bujur lokasi gedung. Untuk langkahnya adalah sebagai berikut :

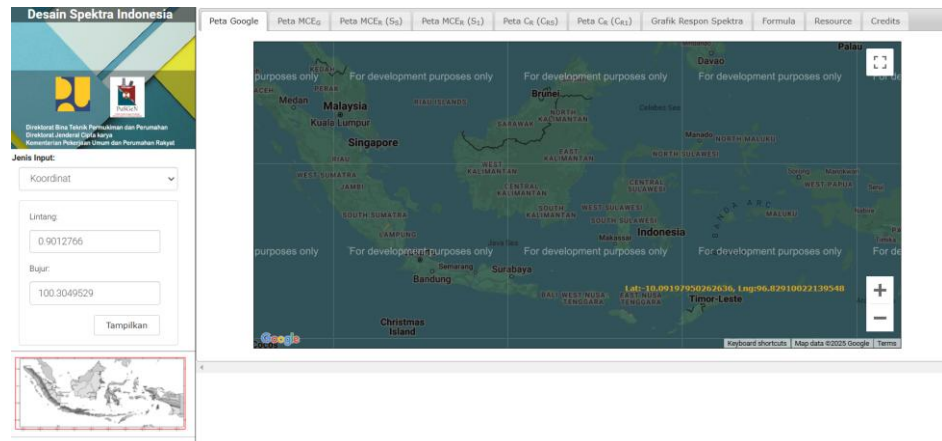
- Buka web side desain spektra indonesia
- Buka web side google maps lokasi gedung



Gambar 5. 1 Lokasi Gedung

(Sumber:google map)

Salin koordinat ke halaman desain spektra Indonesia



Gambar 5. 2 Halaman Koordinat

(Sumber: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>)

Lalu diperoleh parameter untuk grafik desain spektra

Kelas	SC - Tanah Keras, Batuan Lunak	T0(detik)	Ts(detik)	Sds(g)	Sd1(g)
Rentang T(s)	Value: 6	0.14	0.69	0.59	0.41
PGA MCEG	0.3219 (g) bedrock				
SS MCEr	0.7365 (g) bedrock				
S1 MCEr	0.4138 (g) bedrock				
TL	20 Detik				

Gambar 5. 3 Parameter Hasil Desain Spektra Indonesia

(Sumber: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>)

Diperoleh yaitu :

$$SS = 0,7365$$

$$S1 = 0,4138$$

$$PGA = 0,3219$$

$$TL = 20$$

Dikarenakan kelas situs SE mengacu SNI 1726:2019 Tabel-6 , maka :

$$Fa = 1,2$$

Dikarenakan kelas situs SE mengacu SNI 1726:2019 Tabel-7 , maka :

$$Fv = 1,5$$

$$Sms = SS \times Fa = 0,884$$

$$Sml = S1 \times fv = 0,621$$

$$S_{ds} = 2/3 \times S_{ms} = 0,589$$

$$S_{d1} = 2/3 \times S_{m1} = 0,414$$

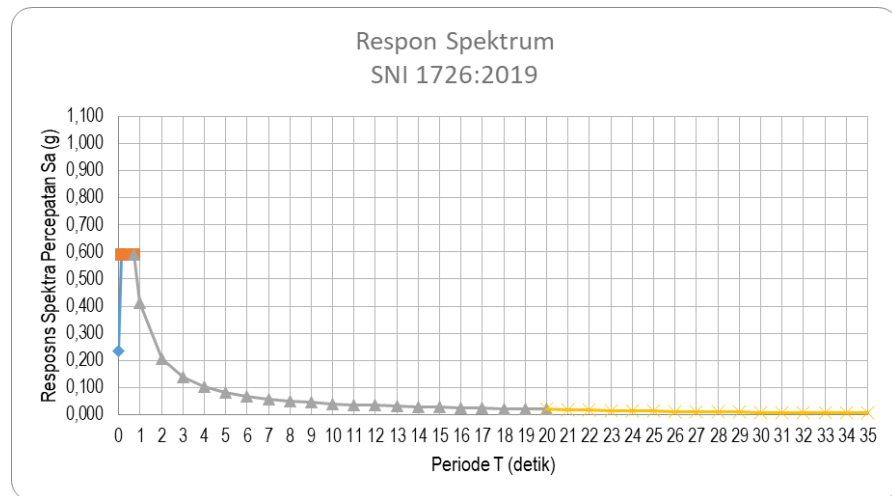
$$T_0 = 0,2 \times (S_{d1}/S_{ds}) = 0,140$$

$$T_0 = S_{d1}/S_{ds} = 0,702$$

Berdasar SNI 1726:2019 pasal 6.4 , maka didapat parameter :

Tabel 5. 7 Parameter Grafik Desain Spektra

T	Sa	T	Sa
0	0,236	17	0,024
0,140	0,589	18	0,023
0,702	0,589	19	0,022
1	0,414	20	0,021
2	0,207	21	0,019
3	0,138	22	0,017
4	0,103	23	0,016
5	0,083	24	0,014
6	0,069	25	0,013
7	0,059	26	0,012
8	0,052	27	0,011
9	0,046	28	0,011
10	0,041	29	0,010
11	0,038	30	0,009
12	0,034	31	0,009
13	0,032	32	0,008
14	0,030	33	0,008
15	0,028	34	0,007
16	0,026	35	0,007



Gambar 5. 4 Grafik Respon Spektrum

c) Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek dilihat dalam SNI 1726:2019 pasal 6.5 adalah nilai $0,50 \leq Sds$ dikarenakan nilai Sds 0,589, maka Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek adalah D.

Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik dilihat dalam SNI 1726:2019 pasal 6.5 adalah nilai $0,20 \leq Sd1$ dikarenakan nilai $Sd1$ 0,414, maka Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik adalah D.

d) Kombinasi Sistem Struktur Dalam Arah Yang Berbeda

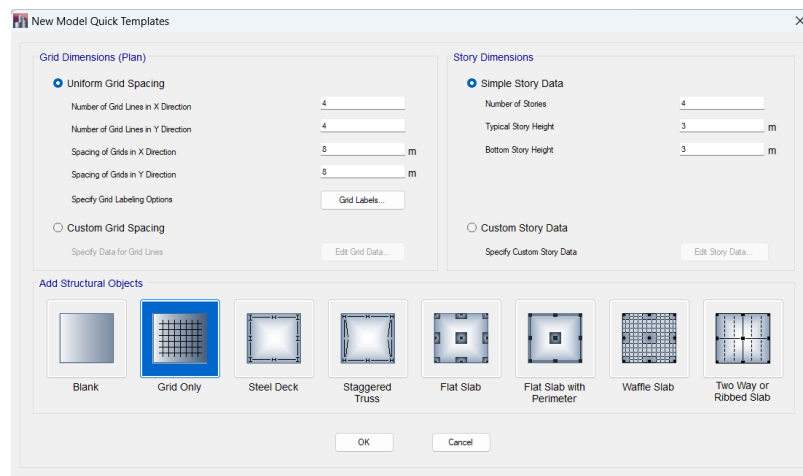
Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda diizinkan untuk digunakan menahan gaya seismik di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d , dan Ω_0 harus diterapkan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.2.2, yang mana untuk sistem pemikul gaya seismik rangka beton bertulang pemikul momen khusus untuk kategori desain seismik D, di peroleh koefisien

modifikasi respons (R) 8, Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) 3, dan faktor pembesaran defleksi (C_d) 5,5.

5.2 Pemodelan Desain Struktur

1. Pembuatan Grid Rencana

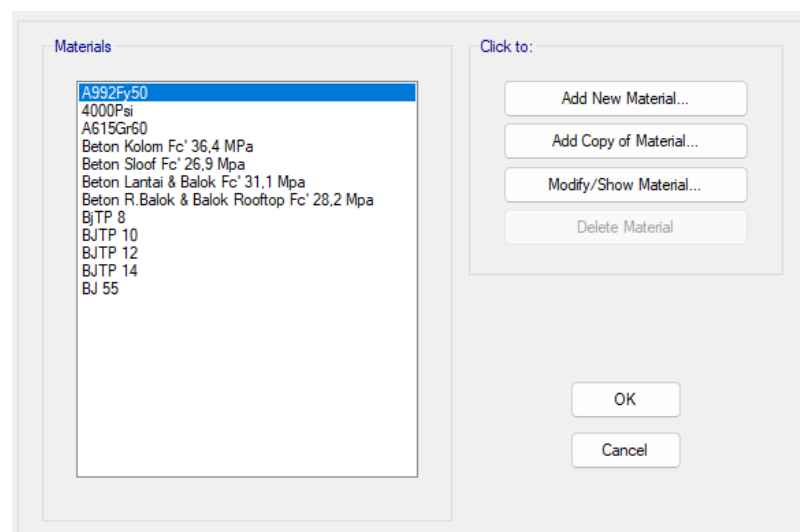
Grid rencana diisi sesuai ukuran as build drawing dari bangunan dengan tampilan seperti gambar berikut :



Gambar 5. 5 New Model Quick Templates

2. Pembuatan Material

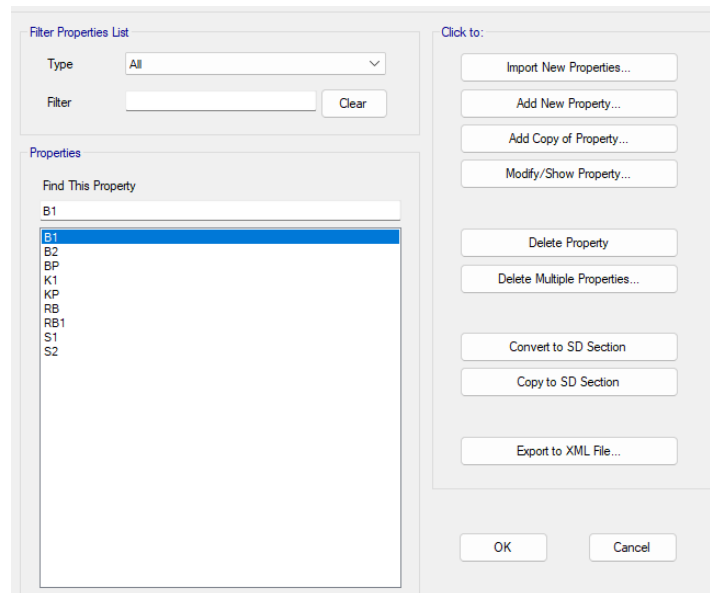
Pembuatan material yang akan digunakan dilakukan dengan define, material properties, seperti berikut :



Gambar 5. 6 Material Properties

3. Pembuatan Frame

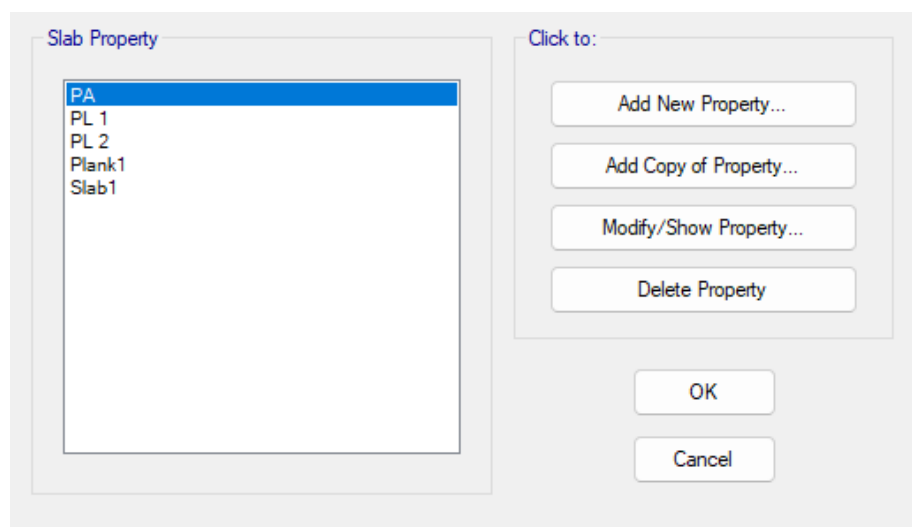
Pembuatan Frame dilakukan dengan define, section properties, frame sections, seperti berikut :



Gambar 5. 7 Frame Sections

4. Pembuatan Pelat

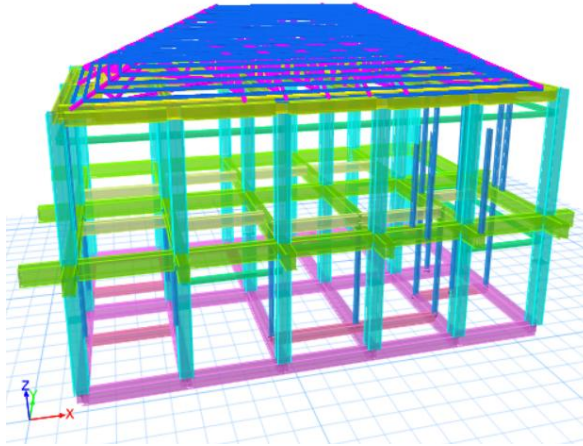
Pembuatan pelat dilakukan dengan cara define, section properties, slab section, seperti berikut :



Gambar 5. 8 Slab Sections

5. Pemodelan Portal

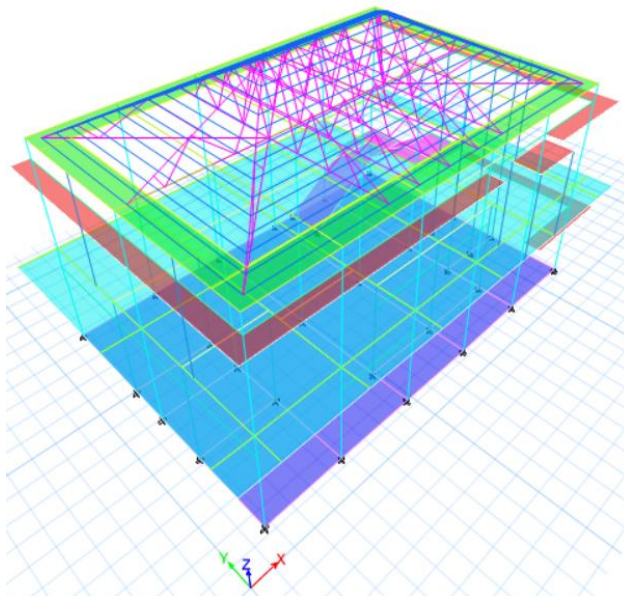
Pemodelan portal dilakukan dengan menggunakan draw beam/colum/brace, sesuai property yang dipakai dengan hasil sebagai berikut :



Gambar 5. 9 Pemodelan 3D

6. Pemodelan Pelat

Pemodelan pelat Pemodelan portal dilakukan dengan menggunakan draw floor/wall, sesuai property yang dipakai dengan hasil sebagai berikut :



Gambar 5. 10 Pemodelan Pelat

5.3 Pembebanan Desain

1. Beban Pelat

Pembebanan pada pelat diberi beban mati tambahan ADL dan juga beban hidup dilakukan dengan terlebih dahulu mengeklik pelat yang akan diberi beban dengan langkah selanjutnya assign, shell loads, uniform, dengan mengisi load pattern name sesuai dengan beban yang akan diisikan beserta nilai beban pada load seperti tampilan berikut :

Shell Load Assignment - Uniform

Load Pattern Name: Live non Reduksi

Uniform Load

Load: 6 kN/m²

Direction: Gravity

Options

☐ Add to Existing Loads

☒ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

OK Close Apply

Gambar 5. 11 Input Beban Pelat

2. Beban Dinding

Beban pada dinding diisi dengan mengeklik frame yang akan diberi beban dinding dengan langkah assign, frame loads, distributed seperti tampilan berikut :

Frame Load Assignment - Distributed

Load Pattern Name: ADL

Load Type and Direction

☒ Forces ☐ Moments

Direction of Load Application: Gravity

Options

☒ Add to Existing Loads

☐ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0,25	0,75	1
Load	0	0	0	0

kN/m

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

Uniform Load

Load: 7,48 kN/m

OK Close Apply

Gambar 5. 12 Input Beban Dinding

3. Beban Angin Arah X

Beban angin diberikan pada kolom searah x dengan mengklik kolom yang akan diberi beban dengan langkah assign, frame loads, distributed seperti berikut :

The screenshot shows the 'Frame Load Assignment - Distributed' dialog box. The 'Load Pattern Name' is set to 'Angin X'. Under 'Load Type and Direction', 'Forces' is selected and 'Direction of Load Application' is 'Global-X'. In the 'Options' section, 'Add to Existing Loads' is selected. The 'Trapezoidal Loads' section shows four points with distances 0, 0.25, 0.75, and 1, and corresponding loads 0, 0.365, 1.095, and 1.46 kN/m. 'Relative Distance from End-I' is selected. The 'Uniform Load' section shows a load of 0 kN/m. Buttons for 'OK', 'Close', and 'Apply' are at the bottom right.

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0.25	0.75	1
Load	0	0.365	1.095	1.46

Gambar 5. 13 Input Beban Angin Arah X

4. Beban Angin Arah Y

Beban angin diberikan pada kolom searah y dengan mengklik kolom yang akan diberi beban dengan langkah assign, frame loads, distributed seperti berikut :

The screenshot shows the 'Frame Load Assignment - Distributed' dialog box. The 'Load Pattern Name' is set to 'Angin Y'. Under 'Load Type and Direction', 'Forces' is selected and 'Direction of Load Application' is 'Global-Y'. In the 'Options' section, 'Add to Existing Loads' is selected. The 'Trapezoidal Loads' section shows four points with distances 0, 0.25, 0.75, and 1, and corresponding loads 0, 0.6075, 1.8225, and 2.43 kN/m. 'Relative Distance from End-I' is selected. The 'Uniform Load' section shows a load of 0 kN/m. Buttons for 'OK', 'Close', and 'Apply' are at the bottom right.

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0.25	0.75	1
Load	0	0.6075	1.8225	2.43

Gambar 5. 14 Input Beban Angin Arah Y

5. Beban Angin Pada Atap

Beban angin pada atap didistribusikan pada kuda-kuda secara merata sebagai angin desak dan angin hisap dengan langkah assign, frame loads, distributed seperti berikut :

The screenshot shows the 'Frame Load Assignment - Distributed' dialog box. The 'Load Pattern Name' is 'Angin X'. Under 'Load Type and Direction', 'Forces' is selected, and 'Direction of Load Application' is 'Local-3'. In the 'Options' section, 'Add to Existing Loads' is selected. The 'Trapezoidal Loads' section has four columns with distances 0, 0.25, 0.75, and 1, and all load values are 0 kN/m. The 'Uniform Load' section has a load value of 1.93 kN/m. The 'Relative Distance from End-I' option is selected. Buttons for 'OK', 'Close', and 'Apply' are at the bottom right.

Gambar 5. 15 Input Angin Hisap Pada Atap

The screenshot shows the 'Frame Load Assignment - Distributed' dialog box. The 'Load Pattern Name' is 'Angin Y'. Under 'Load Type and Direction', 'Forces' is selected, and 'Direction of Load Application' is 'Local-3'. In the 'Options' section, 'Add to Existing Loads' is selected. The 'Trapezoidal Loads' section has four columns with distances 0, 0.25, 0.75, and 1, and all load values are 0 kN/m. The 'Uniform Load' section has a load value of -2.75 kN/m. The 'Relative Distance from End-I' option is selected. Buttons for 'OK', 'Close', and 'Apply' are at the bottom right.

Gambar 5. 16 Input Angin Desak Pada Atap

6. Beban Hidup Pada Atap

Beban hidup pada atap didistribusikan pada kuda-kuda secara merata dengan langkah assign, frame loads, distributed seperti berikut :

Frame Load Assignment - Distributed

Load Pattern Name: Hidup Atap/Lr

Load Type and Direction: ☒ Forces ☐ Moments
Direction of Load Application: Gravity

Options: ☒ Add to Existing Loads ☐ Replace Existing Loads ☐ Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0,25	0,75	1
Load	0	0	0	0

Relative Distance from End-I ☒ Absolute Distance from End-I ☐

Uniform Load: Load 0,96 kN/m

OK Close Apply

Gambar 5. 17 Input Beban Hidup Pada Atap

7. Beban Mati Tambahan ADL Pada Atap

Beban ADL pada atap didistribusikan pada kuda-kuda secara merata dengan langkah assign, frame loads, distributed seperti berikut :

Frame Load Assignment - Distributed

Load Pattern Name: ADL

Load Type and Direction: ☒ Forces ☐ Moments
Direction of Load Application: Gravity

Options: ☒ Add to Existing Loads ☐ Replace Existing Loads ☐ Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0,25	0,75	1
Load	0	0	0	0

Relative Distance from End-I ☒ Absolute Distance from End-I ☐

Uniform Load: Load 0,06 kN/m

OK Close Apply

Gambar 5. 18 Input Beban ADL Pada Atap

8. Beban Hujan

Beban hujan didistribusikan pada kuda-kuda secara merata dengan langkah assign, frame loads, distributed seperti berikut :

Gambar 5. 19 Input Beban Hujan

5.4 Kombinasi Pembebanan Desain

Kombinasi pembebanan pada desain mengacu pada SNI 1727:2020, yang dikembangkan menjadi beberapa kombinasi seperti berikut :

Comb 1	1.4	DL								
Comb 2 A	1.2	DL + 1.6	LL	+	0.5	Lr				
Comb 2 B	1.2	DL + 1.6	LL	+	0.5	R				
Comb 3 A	1.2	DL + 1.6	Lr	+	1	LL				
Comb 3 Bx	1.2	DL + 1.6	Lr	+	0.5	Wx				
Comb 3 By	1.2	DL + 1.6	Lr	+	0.5	Wy				
Comb 3 C	1.2	DL + 1.6	R	+	1	LL				
Comb 3 Dx	1.2	DL + 1.6	R	+	0.5	Wx				
Comb 3 Dy	1.2	DL + 1.6	R	+	0.5	Wy				
Comb 4 Ax	1.2	DL + 1	Wx	+	1	LL	+	0.5	Lr	
Comb 4 Ay	1.2	DL + 1	Wy	+	1	LL	+	0.5	Lr	
Comb 4 Bx	1.2	DL + 1	Wx	+	1	LL	+	0.5	R	
Comb 4 By	1.2	DL + 1	Wy	+	1	LL	+	0.5	R	
Comb 5x	0,9	DL + 1	Wx							
Comb 5y	0,9	DL + 1	Wy							

Comb 6 X a	1,318	DL	+	1,3	EqdX	+	0,39	Eqd Y	+	1	LL
Comb 6 X b	1,318	DL	+	1,3	Eqd X	-	0,39	Eqd Y	+	1	LL
Comb 6 X c	1,318	DL	-	1,3	Eqd X	+	0,39	Eqd Y	+	1	LL
Comb 6 X d	1,318	DL	-	1,3	Eqd X	-	0,39	Eqd Y	+	1	LL
Comb 6 y a	1,318	DL	+	0,39	Eqd X	+	1,3	Eqd Y	+	1	LL
Comb 6 y b	1,318	DL	+	0,39	Eqd X	-	1,3	Eqd Y	+	1	LL
Comb 6 y c	1,318	DL	-	0,39	Eqd X	+	1,3	Eqd Y	+	1	LL
Comb 6 y d	1,318	DL	-	0,39	Eqd X	-	1,3	Eqd Y	+	1	LL
Comb 7 X a	0,782	DL	-	1,3	Eqd X	+	0,39	Eqd Y			
Comb 7 X b	0,782	DL	+	1,3	Eqd X	-	0,39	Eqd Y			
Comb 7 X c	0,782	DL	+	1,3	Eqd X	+	0,39	Eqd Y			
Comb 7 X d	0,782	DL	-	1,3	Eqd X	-	0,39	Eqd Y			
Comb 7 y a	0,782	DL	-	0,39	Eqd X	+	1,3	Eqd Y			
Comb 7 y b	0,782	DL	+	0,39	Eqd X	-	1,3	Eqd Y			
Comb 7 y c	0,782	DL	+	0,39	Eqd X	+	1,3	Eqd Y			
Comb 7 y d	0,782	DL	-	0,39	Eqd X	-	1,3	Eqd Y			

5.5 Hasil Analisis Displacement

Hasil displacement dengan menggunakan program software elemen hingga melalui beban gempa diperoleh nilai displacement terbesar akibat beban kombinasi seperti berikut :

Tabel 5. 8 Simpangan Horizontal (Displacement)

No	Lantai	UX (m)	UY (m)
1	Lantai Atap	0,116	0,195
2	Lantai 2	0,0550	0,091
3	Lantai 1	0	0

Sumber : Output Software Elemen Hingga

Hasil base shear maksimum dari analisis dinamik dengan metode respon spectrum menggunakan program software elemen hingga dapat dilihat pada Tabel 4. nilai base shear ini nanti akan digunakan pada evaluasi gaya geser dasar.

Tabel 5. 9 Base Shear Max

Reaksi Dasar	VX (kN)	VY (Kn)
Dinamik	863,1343	602,6368

Sumber : Output Software Elemen Hingga

5.6 Hasil Kontrol Struktur

1. Cek Mode Kombinasi Ragam

Pasal 7 SNI 1726:2019 dikemukakan 2 macam metode penjumlahan ragam, yaitu CQC (Complete Quardratic Combination) yaitu untuk struktur waktu getar alami yang berdekatan (selisih $<15\%$), dan SRSS (Square Root of the Sum of Squares) untuk struktur dengan getar alami yang berjauhan, Jika selisih $>15\%$ maka diganti ke SRSS.

Tabel 5. 10 Cek Modal Kombinasi Ragam

Mode	Periode	Selisih %
1	2,55	0,00
2	2,499	2,00
3	2,137	14,49
4	1,51	29,34
5	1,422	5,83
6	1,12	21,24
7	1,008	10,00
8	0,953	5,46
9	0,916	3,88
10	0,848	7,42
11	0,816	3,77

12	0,815	0,12
----	-------	------

Dikarenakan terdapat selisih $>15\%$ maka diganti ke SRSS untuk modal kombinasi ragam respon spektrum.

2. Kontrol Partisipasi Massa dan Base Share

Untuk mengetahui kombinasi ragam (mode) dalam modal mencukupi, maka mengacu pasal 7.9 SNI 1726:2019, analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur. Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa actual. Dari hasil analisis pada mode ke 186 menunjukkan bahwa memenuhi syarat partisipasi massa seperti berikut :

Tabel 5. 11 Partisipasi Massa

Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum Uy	Sum UZ
184	0,006	0	0,0139	0	0,8845	0,9262	0
185	0,006	0	0,0167	0	0,8845	0,9429	0
186	0,006	0,0165	4,4666	0	0,901	0,9429	0
187	0,006	0	0	0	0,901	0,9429	0
188	0,006	0	0	0	0,901	0,9429	0
189	0,006	0	0	0	0,901	0,9429	0

Sumber : Output Modal Participating Mass Ratio

Dalam Analisis Respon Spektrum perlu diketahui bahwa gaya geser (base share) dari hasil analisis tersebut setidaknya adalah sebesar 100% dari analisis respon dinamik dari ragam pertama, hasil output cek kontrol gaya geser sebagai berikut :

Tabel 5. 12 Base Share

Arah Gaya	Vs 100%	Vd	Kontrol
-----------	---------	----	---------

			$V_d \geq V_s 100\%$
X	568,153	863,1343	OK
Y	568,153	602,6368	OK

Sumber : Output Base Reactions

3. Kontrol Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan merupakan salah satu kontrol dalam analisis struktur yang menunjukkan tingkat kenyamanan tiap lantai gedung, khususnya sebagai lantai hunian. Kinerja batas layan dengan persyaratan sebagai berikut :

$$\frac{\Delta s}{FS} \leq \frac{0,03}{R} \times H$$

Dimana :

R = koefisien modifikasi respon

Δs = simpangan antar Tingkat

H = tinggi Tingkat

FS = faktor skala

Kontrol kinerja batas layan struktur gedung akibat beban gempa arah X sebagai berikut :

Tabel 5. 13 Kontrol Kinerja Batas Layan Arah X

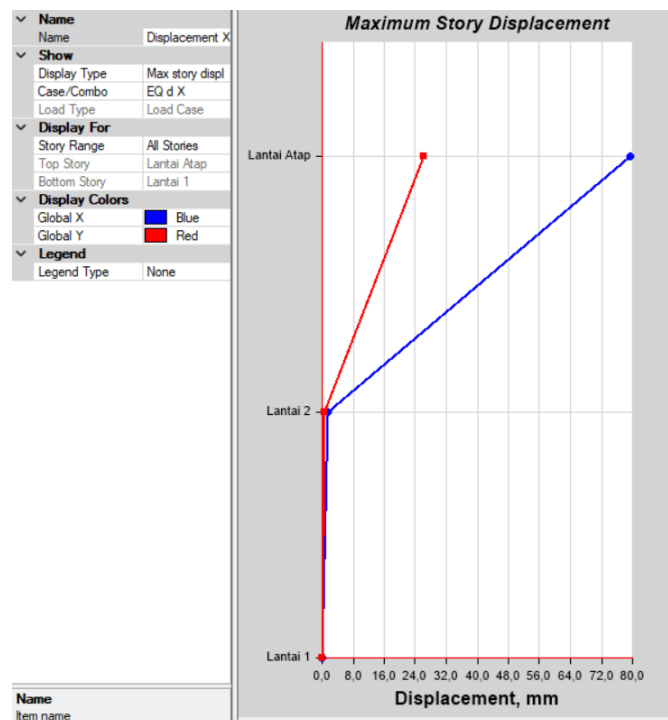
NO	LANTAI	H (m)	As Arah X (m)	As Antar Tingkat X (m)	Syarat As (m) $\{(0,03/R)*H\}$	Ket
1	Lantai Atap	4,15	0,116	0,061	0,016	OK
2	Lantai 2	4	0,055	0,055	0,015	OK
3	Lantai 1	0	0	0	0	OK

Kontrol kinerja batas layan struktur gedung akibat beban gempa arah Y sebagai berikut :

Tabel 5. 14 Kontrol Kinerja Batas Layan Arah Y

NO	LANTAI	H (m)	As Arah Y (m)	As Antar Tingkat Y (m)	Syarat As (m) $\{(0,03/R)*H\}$	Ket
1	Lantai Atap	4,15	0,195	0,104	0,016	OK
2	Lantai 2	4	0,091	0,091	0,015	OK
3	Lantai 1	0	0	0	0,000	OK

4. Grafik Displacement Maksimum Akibat Beban Gempa Arah X dan Y
- Grafik displacement maksimum akibat beban gempa arah x dapat dilihat seperti gambar berikut :



Gambar 5. 20 Grafik Displacement Maksimum Arah X

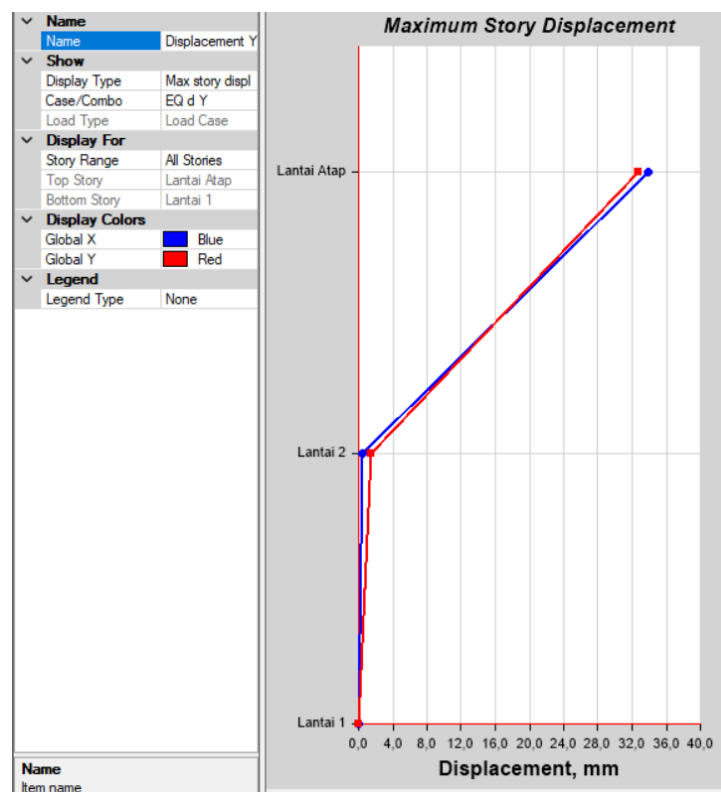
Sumber : Output Software Maximum Story Displacement

	Story	Elevation m	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
►	Lantai Atas	8,15	Top	79,305	26,282
	Lantai 2	4	Top	1,4	0,623
	Lantai 1	0	Top	0	0

Gambar 5. 21 Nilai Grafik Displacement Maksimum Arah X

Sumber : Output Software Maximum Story Displacement

Grafik displacement maksimum akibat beban gempa arah y dapat dilihat seperti gambar berikut :



Gambar 5. 22 Grafik Displacement Maksimum Arah Y

Sumber : Output Software Maximum Story Displacement

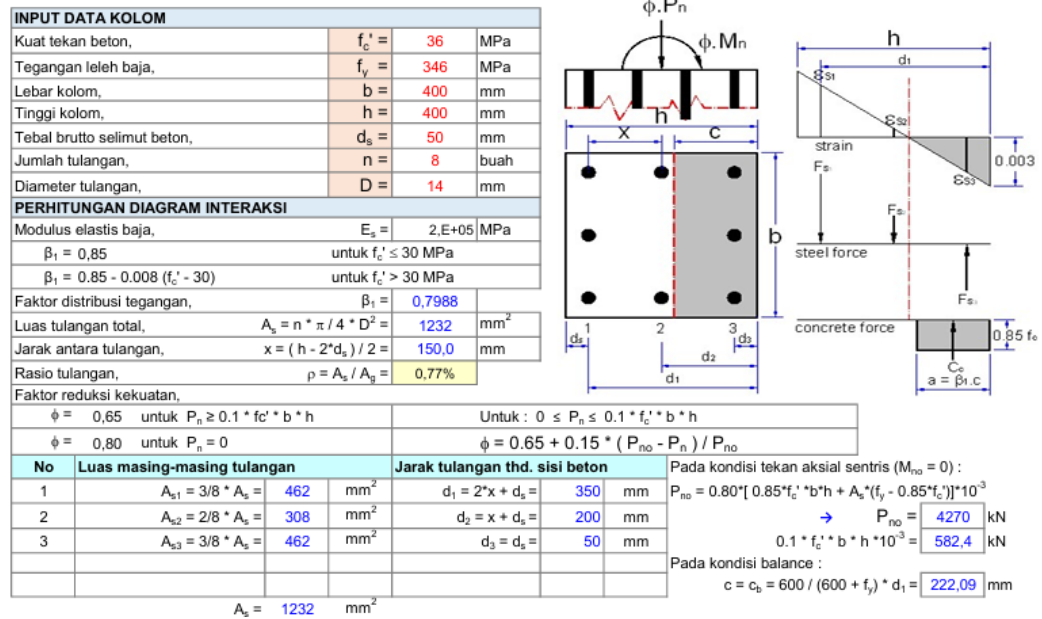
	Story	Elevation m	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
►	Lantai Atas	8,15	Top	33,855	32,692
	Lantai 2	4	Top	0,383	1,458
	Lantai 1	0	Top	0	0

Gambar 5. 23 Nilai Grafik Displacement Maksimum Arah Y

Sumber : Output Software Maximum Story Displacement

5. Diagram Interaksi Kolom

Diagram interaksi kolom mengayatakan kapasitas dari suatu penampang kolom, yang terdiri dari hubungan beban aksial dan momen lentur. Hasil perhitungan digram interaksi yang didapat, bisa dilihat dalam gambar sebagai berikut :



d

Pada kondisi garis netral terletak pada jarak c dari sisi beton tekan terluar :

Regangan pada masing-masing baja tulangan : $\epsilon_{si} = 0,003 \cdot (c - d_i) / c$

Tegangan pada masing-masing baja tulangan :

Untuk $|\epsilon_{si}| < f_y / E_s$ maka : $f_{si} = \epsilon_{si} \cdot E_s$

Untuk $|\epsilon_{si}| \geq f_y / E_s$ maka : $f_{si} = |\epsilon_{si}| / \epsilon_{si} \cdot f_y$

Jumlah interval jarak grs netral = 100 → $\Delta C = 4,0000$

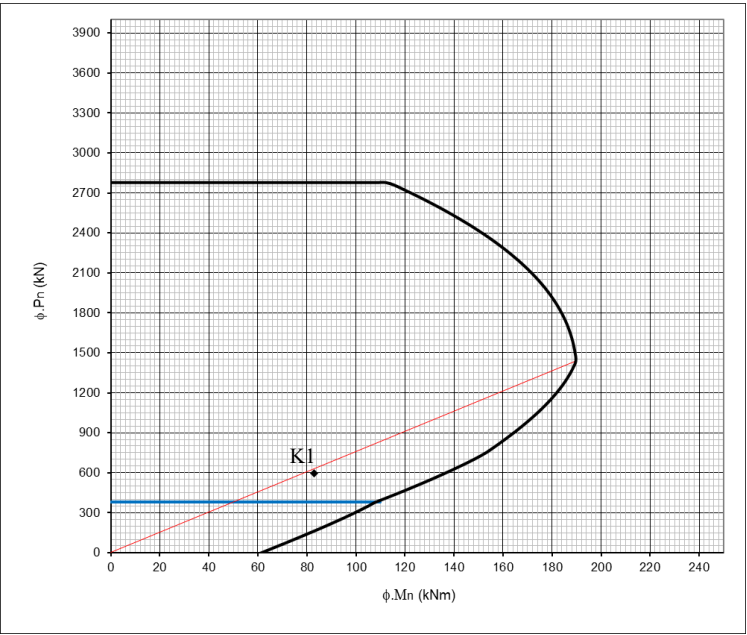
URAIAN PERHITUNGAN	PERSAMAAN	UNIT
Gaya-gaya internal pada masing-masing baja tulangan :	$F_{si} = A_{si} \cdot f_{si} \cdot 10^{-3}$	kN
Resultan gaya internal baja tulangan :	$C_s = [\sum F_{si}] \cdot 10^{-3}$	kN
Momen akibat gaya internal masing-masing baja tulangan :	$M_{si} = F_{si} \cdot (h/2 - d_i)$	kNmm
Momen total akibat gaya internal baja tulangan :	$M_s = \sum M_{si}$	kNmm
Tinggi blok tegangan tekan beton,	$a = \beta_1 \cdot c$	mm
Gaya internal pada beton tekan :	$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot 10^{-3}$	kN
Momen akibat gaya internal tekan beton :	$M_c = C_c \cdot (h - a) / 2$	kNmm
Gaya aksial nominal :	$P_n = C_s + C_c$	kN
Momen nominal :	$M_n = (M_c + M_s) \cdot 10^{-3}$	kNm
Gaya aksial rencana :	$P_u = \phi \cdot P_n$	kN
Momen rencana :	$M_u = \phi \cdot M_n$	kNm

Gambar 5. 24 Parameter Perhitungan Diagram Interaksi

c	ϵ_{c1}	ϵ_{c2}	ϵ_{c3}	f_{t1}	f_{t2}	f_{t3}	F_{c1}	F_{c2}	F_{c3}	C_c	M_{c1}	M_{c2}	M_{c3}	M_c	a	C_s	M_s	P_s	M_s	ϕ	ϕP_s	ϕM_s	
mm				MPa	MPa	MPa	kN	kN	kN	kN	kNmm	kNmm	kNmm	kNmm	mm	kN	kNmm	kN	kNmm		kN	kNmm	
KONDISI TEKAN AKSIAL SENTRIS																							
440.000	0.00061	0.00164	0.00266	122.727	327.273	345.550	56.677	100.759	159.580	317.017	-8501.58	0.00	23936.98	15435.40	351.47	4349.82	105543.97	4270.27	120.98	0.65	2775.68	78.64	
436.000	0.00059	0.00162	0.00266	118.349	324.771	345.550	54.655	99.969	159.580	314.224	-8198.26	0.00	23936.98	15738.72	348.28	4310.27	111470.57	4270.27	127.21	0.65	2775.68	82.69	
432.000	0.00057	0.00161	0.00265	113.899	322.222	345.550	52.595	99.205	159.580	311.580	-7899.32	0.00	23936.98	16047.66	345.08	4270.73	111270.83	4270.27	133.32	0.65	2775.68	86.66	
428.000	0.00055	0.00160	0.00265	109.346	319.626	345.550	50.497	98.405	159.580	308.483	-7574.61	0.00	23936.98	16362.37	341.89	4231.19	122944.73	4270.27	139.31	0.65	2775.68	90.55	
424.000	0.00052	0.00158	0.00265	104.717	316.981	345.550	48.360	97.591	159.580	305.531	-7253.97	0.00	23936.98	16683.01	338.69	4191.64	128462.28	4270.27	145.18	0.65	2775.68	94.36	
420.000	0.00050	0.00157	0.00264	100.000	314.286	345.550	46.181	96.761	159.580	302.522	-6927.21	0.00	23936.98	17009.77	335.50	4152.10	133913.48	4270.27	150.92	0.65	2775.68	98.10	
416.000	0.00048	0.00156	0.00264	95.192	311.538	345.550	43.961	95.915	159.580	299.456	-6594.17	0.00	23936.98	17342.81	332.30	4112.55	139208.33	4270.27	156.55	0.65	2775.68	101.76	
412.000	0.00045	0.00154	0.00264	90.291	308.738	345.550	41.698	95.053	159.580	296.331	-6254.67	0.00	23936.98	17682.31	329.11	4073.01	144376.83	4270.27	162.06	0.65	2775.68	105.34	
408.000	0.00043	0.00153	0.00263	85.294	305.862	345.550	39.360	94.174	159.580	293.144	-5908.50	0.00	23936.98	18029.48	325.91	4033.47	149418.96	4270.27	167.45	0.65	2775.68	108.84	
404.000	0.00040	0.00151	0.00263	80.198	302.970	345.550	37.037	93.277	159.580	289.894	-5555.49	0.00	23936.98	18381.49	322.72	3993.92	154334.78	4270.27	172.72	0.65	2775.68	112.27	
400.000	0.00038	0.00150	0.00263	75.000	300.000	345.550	34.636	92.363	159.580	286.579	-5195.41	0.00	23936.98	18741.57	319.52	3954.38	159124.23	4240.96	177.87	0.65	2766.12	115.61	
396.000	0.00035	0.00148	0.00262	69.697	296.970	345.550	32.187	91.430	159.580	283.197	-4828.06	0.00	23936.98	19108.92	316.32	3914.84	163737.33	4198.03	182.90	0.65	2728.72	118.88	
392.000	0.00032	0.00147	0.00262	64.286	293.878	345.550	29.688	90.478	159.580	279.746	-4453.21	0.00	23936.98	19483.77	313.13	3875.29	168324.08	4155.04	187.81	0.65	2700.77	122.08	
388.000	0.00029	0.00145	0.00261	58.763	290.722	345.550	27.138	89.506	159.580	276.224	-4070.63	0.00	23936.98	19866.35	309.93	3835.75	172734.48	4111.97	192.60	0.65	2672.78	125.19	
384.000	0.00027	0.00144	0.00261	53.125	287.500	345.550	24.534	88.514	159.580	272.628	-3680.08	0.00	23936.98	20256.80	306.74	3796.20	177018.53	4068.83	197.28	0.65	2644.74	128.23	
380.000	0.00024	0.00142	0.00261	47.368	284.211	345.550	21.975	87.502	159.580	269.067	-3281.31	0.00	23936.98	20655.67	303.54	3756.66	181176.22	4025.62	201.83	0.65	2616.65	131.19	
376.000	0.00021	0.00140	0.00260	41.489	280.851	345.550	19.160	86.467	159.580	265.508	-2874.06	0.00	23936.98	21062.82	300.35	3717.12	185207.57	3982.32	206.27	0.65	2588.51	134.08	
86.000	-0.01013	-0.00450	0.00113	-345.550	-345.550	225.000	-159.580	-106.387	103.908	-162.058	23936.98	0.00	15886.23	39523.21	63.90	790.88	132905.11	628.82	172.43	0.65	408.73	112.08	
76.000	-0.01082	-0.00469	0.00103	-345.550	-345.550	205.263	-159.580	-106.387	94.793	-171.173	23936.98	0.00	14219.01	38155.99	60.71	751.33	127460.19	580.16	166.62	0.65	377.44	107.75	
72.000	-0.01158	-0.00533	0.00092	-345.550	-345.550	183.333	-159.580	-106.387	84.696	-181.301	23936.98	0.00	12699.89	36636.87	57.51	711.79	121888.91	530.49	158.53	0.66	351.91	105.16	
68.000	-0.01244	-0.00582	0.00079	-345.550	-345.550	158.824	-159.580	-106.387	73.347	-192.620	23936.98	0.00	11002.04	34839.02	54.32	672.24	116181.28	479.63	151.13	0.68	324.45	102.24	
64.000	-0.01341	-0.00637	0.00066	-345.550	-345.550	131.250	-159.580	-106.387	60.613	-205.353	23936.98	0.00	9091.97	33020.85	51.12	632.70	110387.30	427.35	143.40	0.69	294.84	98.93	
60.000	-0.01450	-0.00700	0.00050	-345.550	-345.550	100.000	-159.580	-106.387	46.181	-219.785	23936.98	0.00	6927.21	30964.19	47.93	593.16	104416.97	373.37	135.28	0.70	262.79	95.22	
56.000	-0.01575	-0.00771	0.00032	-345.550	-345.550	64.286	-159.580	-106.387	29.688	-236.788	23936.98	0.00	4453.21	28390.19	44.73	553.61	98340.29	317.33	126.73	0.72	227.93	91.03	
52.000	-0.01719	-0.00854	0.00012	-345.550	-345.550	23.077	-159.580	-106.387	10.657	-255.309	23936.98	0.00	1588.59	25335.57	41.54	514.07	92137.26	258.76	117.67	0.73	189.76	86.30	
48.000	-0.01888	-0.00950	-0.00012	-345.550	-345.550	-25.000	-159.580	-106.387	-11.545	-277.512	23936.98	0.00	-1731.80	22205.18	38.34	474.53	85807.88	197.01	108.01	0.75	147.61	80.93	
44.000	-0.02086	-0.01064	-0.00041	-345.550	-345.550	-81.818	-159.580	-106.387	-37.778	-303.751	23936.98	0.00	-5667.72	18289.26	35.15	434.98	79352.15	131.23	97.62	0.77	100.55	74.80	
40.000	-0.02325	-0.01200	-0.00075	-345.550	-345.550	-150.000	-159.580	-106.387	-89.272	-335.239	23936.98	0.00	-10390.82	13548.16	31.95	395.44	72770.07	60.20	86.52	0.79	47.23	67.71	
36.000	-0.02617	-0.01387	-0.00117	-345.550	-345.550	-233.333	-159.580	-106.387	-107.757	-373.723	23936.98	0.00	-16163.62	7773.49	28.76	355.89	66061.64	-17.83	73.84	0.80	-14.35	59.41	
32.000	-0.02981	-0.01575	-0.00169	-345.550	-345.550	-337.500	-159.580	-106.387	-155.862	-421.809	23936.98	0.00	-23379.34	557.64	25.56	316.35	59226.86	-105.48	59.78	0.83	-87.25	49.45	
28.000	-0.03390	-0.02100	-0.00300	-345.550	-345.550	-455.550	-159.580	-106.387	-225.546	-525.546	23936.98	0.00	-23936.98	0.00	19.97	247.15	46961.96	-178.40	46.96	0.85	-150.91	39.73	
KONDISI TEKAN AKSIAL KECIL : $P_n = 0.1 \cdot f_c \cdot b \cdot h$																					378.56	0.00	
KONDISI BALANCE																					378.56	110.00	
222	-0.00173	0.00030	0.00232	-345.550	59.686	345.550	-159.580	18.376	159.580	18.376	23936.98	0.00	23936.98	47873.96	177.41	2195.60	244361.61	2213.98	292.24	0.65	1438.08	189.95	

Gambar 5. 25 Hasil Perhitungan Parameter Diagram Interaksi

Dari hasil perhitungan maka didapat diagram interaksi kolom sebagai berikut :

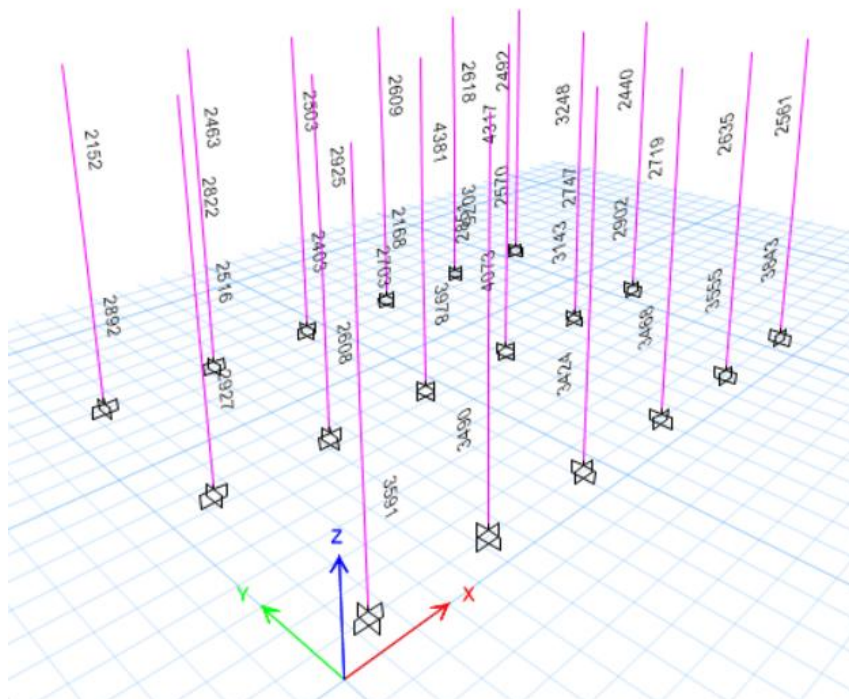


Gambar 5. 26 Diagram Interaksi

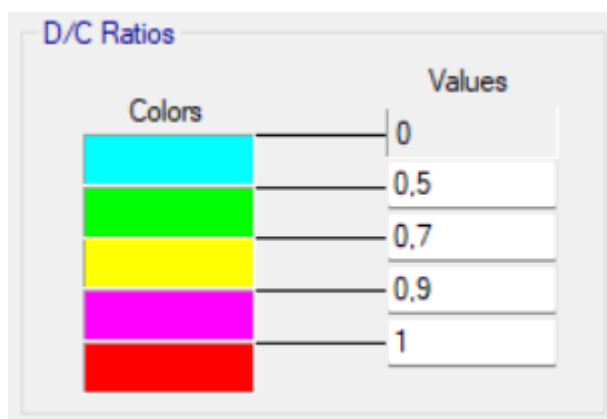
Dari titik kolom K1 kombinasi beban aksial P dan lentur M terlihat berada pada bagian dalam diagram. Yang mana titik tersebut merupakan nilai hasil output software yaitu nilai Pu sebesar 595,355 Kn, dan nilai Mu sebesar

82,862 kNm. Dikarenakan titik K1 berada didaerah diagram dibawah titik keruntuhan seimbang, maka termasuk kedalam kategori keruntuhan tarik. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan dengan titik K1 berada pada bagian dalam diagram interaksi, maka kolom tersebut aman.

5.7 Hasil Running Output Pengecekan Rangka Beton Kolom K1



Gambar 5. 27 Output Rangka Beton Kolom K1



Gambar 5. 28 Nilai Output Rasio

Dari gambar diatas menunjukkan hasil running output dari pengecekan rangka beton menunjukkan nilai rasio kapasitas penampang elemen struktur

terhadap beban yang dihitung secara otomatis oleh program. Dari warna rasio menunjukkan keadaan sebagai berikut :

1. Biru = Rasio 0-0,5 menunjukkan sangat aman
2. Hijau = Rasio 0,5-0,7 menunjukkan sangat aman
3. Kuning = Rasio 0,7-0,9 menunjukkan aman
4. Ungu = Rasio 0,9-1 menunjukkan cukup aman
5. Merah = Rasio besar dari 1 menunjukkan keadaan kritis (terlalu banyak tekanan/OS).

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan oleh gambar tersebut maka ketahanan struktur tersebut menunjukkan dengan nilai rasio berwarna ungu yang menjelaskan bahwa struktur tersebut dengan semua beban yang telah diperhitungkan dan diberikan cukup aman.