

PRELIMINARY DESIGN SNI 2847-2019 DAN MODEL PORTAL BETON 3D DENGAN ANALISIS DINAMIK SAP2000

NAUFALDY FEBRYANT HILMANSYAH¹, MUHAMAD DZAKI FEBLY SUDARSA²

Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Pertahanan Republik Indonesia^{1,2}

Email: naufaldyant@gmail.com¹, email: dzakifebly@gmail.com²

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v9i1.6254>

Abstrak: Pada penelitian ini akan disajikan preliminary design untuk perancangan rangka portal bangunan sekolah 2 tingkat. Tujuan utama dari preliminary design ini adalah untuk memberikan gambaran awal mengenai konsep struktural, dimensi elemen-elemen utama, dan pertimbangan desain yang akan digunakan dalam tahap perancangan lebih lanjut. Bangunan sekolah 2 tingkat yang direncanakan memiliki fungsi penting sebagai fasilitas pendidikan. Oleh karena itu, perancangan strukturnya harus memenuhi berbagai aspek seperti keamanan, kenyamanan, efisiensi, dan estetika. Rangka portal sebagai sistem struktur utama akan memegang peranan krusial dalam mendistribusikan beban dan menjaga stabilitas bangunan secara keseluruhan. Hasil dari preliminary design ini akan menjadi dasar untuk tahap perancangan detail selanjutnya. Pada penelitian ini digunakan software SAP2000 untuk memodelkan struktur bangunan yang diberi beban sesuai dengan peraturan SNI 2847-2019. Melalui proses ini, diharapkan dapat diperoleh solusi desain yang optimal, aman, dan sesuai dengan kebutuhan bangunan sekolah 2 tingkat yang direncanakan.

Kata Kunci: *preliminary design, Rangka portal, SAP2000*

Abstract: This chapter will present a preliminary design for the design of a portal frame for a 2-story school building. The main purpose of this preliminary design is to provide an initial overview of the structural concept, dimensions of the main elements, and design considerations that will be used in further design stages. The planned 2-story school building has an important function as an educational facility. Therefore, the design of its structure must meet various aspects such as safety, comfort, efficiency, and aesthetics. The portal frame as the main structural system will play a crucial role in distributing the load and maintaining the stability of the building as a whole. The results of this preliminary design will be the basis for the next detailed design stage. In this study, SAP2000 software was used to model the building structure that was given a load in accordance with SNI 2847-2019 regulations. Through this process, it is expected to obtain an optimal, safe, and appropriate design solution for the needs of the planned 2-story school building.

Keywords: *preliminary design, Portal frame, SAP2000*

A. Pendahuluan

Preliminary design merupakan langkah pertama yang sangat krusial dalam proses perencanaan struktur gedung bertingkat. Pada tahap ini, perancang akan mengembangkan konsep awal yang mencakup berbagai aspek penting, seperti pemilihan sistem struktur, dimensi elemen utama, dan pertimbangan desain yang relevan. Setelah rancangan awal disusun, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan perangkat lunak komputer untuk memperoleh dimensi yang efisien dan kokoh. Dalam konteks ini, perangkat lunak analisis struktur seperti SAP2000 menjadi alat yang sangat berguna untuk memodelkan struktur bangunan secara akurat.

Rancangan awal dimodelkan dalam program analisis struktur dengan memasukkan data pembebanan dan kondisi tumpuan yang telah ditentukan sebelumnya. Data pembebanan ini mencakup beban mati, beban hidup, dan beban gempa yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku, seperti SNI 2847-2019. Proses ini tidak hanya melibatkan perhitungan matematis, tetapi juga memerlukan pemahaman yang mendalam tentang perilaku material dan interaksi antar elemen struktur. Jika hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi elemen-elemen pendukung bangunan tidak mampu menahan beban yang diproyeksikan, maka rancangan awal perlu direvisi. Hal ini penting untuk memastikan

bahwa struktur yang direncanakan tidak hanya memenuhi aspek estetika, tetapi juga aspek keselamatan dan fungsionalitas.

Selain itu, preliminary design berperan penting dalam mengoptimalkan pemilihan kualitas material dan penentuan dimensi (volume) bahan yang digunakan. Pemilihan material yang tepat akan berpengaruh langsung terhadap kekuatan dan daya tahan struktur. Dalam tahap ini, perancang harus mempertimbangkan berbagai faktor, seperti biaya, ketersediaan material, dan karakteristik fisik dari material yang akan digunakan. Dengan demikian, secara keseluruhan, preliminary design berkontribusi pada peningkatan efisiensi ekonomi struktur bangunan. Pendekatan ini memungkinkan perancang untuk melakukan penyesuaian dan optimalisasi sebelum memasuki tahap desain yang lebih rinci, sehingga dapat menghasilkan solusi struktural yang lebih efektif dan ekonomis.

Dalam penelitian ini, software SAP2000 digunakan untuk memodelkan struktur bangunan dengan mempertimbangkan beban yang sesuai dengan ketentuan SNI 2847-2019. Proses ini meliputi pengumpulan data mengenai beban mati, beban hidup, dan beban gempa, serta pengembangan kombinasi beban yang sesuai dengan peraturan yang berlaku. Penggunaan software ini memungkinkan perancang untuk melakukan simulasi dan analisis yang lebih mendalam, sehingga dapat mengidentifikasi potensi masalah sejak dini. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan solusi desain yang optimal, aman, dan sesuai dengan kebutuhan bangunan sekolah yang direncanakan.

Setelah analisis dilakukan, hasil yang diperoleh akan dievaluasi untuk memastikan bahwa semua elemen struktur dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi beban yang diharapkan. Jika ditemukan bahwa dimensi atau material yang dipilih tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan, maka revisi desain harus dilakukan. Proses ini merupakan bagian dari siklus perancangan yang iteratif, di mana setiap revisi bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan keamanan struktur. Dengan demikian, preliminary design tidak hanya berfungsi sebagai langkah awal, tetapi juga sebagai fondasi yang kuat untuk tahap perancangan yang lebih lanjut.

Dalam kesimpulannya, preliminary design adalah langkah yang sangat penting dalam perencanaan struktur gedung bertingkat. Melalui analisis yang cermat dan penggunaan perangkat lunak yang tepat, perancang dapat menghasilkan desain yang tidak hanya memenuhi kebutuhan fungsional, tetapi juga aman dan ekonomis. Dengan pendekatan yang sistematis dan berbasis data, diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan infrastruktur pendidikan di Indonesia, khususnya dalam perancangan gedung sekolah yang berkualitas.

B. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini berfokus pada perancangan struktur gedung sekolah 2 tingkat dengan pendekatan preliminary design yang mengikuti ketentuan SNI 2847-2019. Proses dimulai dengan pengumpulan data mengenai beban yang akan diterima oleh struktur, termasuk beban mati dan beban hidup, serta identifikasi ketentuan dan standar yang berlaku.

Dengan data pembebanan :

1. Beban Mati (*Dead Load*)

Perhitungan beban mati untuk lantai pertama adalah sebagai berikut:

Plat = 9144 kg

Balok Induk = 5817 kg

Balok Anak = 1663,4 kg

Ducting AC = 635 kg

Plafond = 571,5 kg

Plumbing = 317,5 kg

Keramik = 762 kg

Spasi (2 cm) = 1333,5 kg

Total beban mati (*Dead Load*):

- QDL plat lantai = 20.243,9 kg
2. Beban Hidup (*Live Load*)
Perhitungan beban hidup untuk plat lantai:
 QHL plat lantai = 7937,5 kg
Total beban hidup (*Live Load*):
 QHL total = 7937,5 kg
 3. Kombinasi Pembebanan
Nilai Kombinasi pembebanan:
 Qu = 369.926,8 N

Selanjutnya, dilakukan perancangan awal untuk dimensi elemen struktur utama, seperti balok, kolom, dan plat, dengan menggunakan rumus dan ketentuan dari SNI 2847-2019 untuk menentukan dimensi yang efisien dan aman. Analisis struktur ini dimulai dengan pemodelan struktur bangunan menggunakan software SAP2000 v.14.

Langkah-langkah pemodelan struktur bangunan menggunakan software SAP2000 adalah:

- a. menggambar struktur portal open frame menggunakan software SAP2000,
- b. memasukkan beban-beban yang telah dihitung,
- c. memasukkan kombinasi beban sesuai dengan peraturan yang ada,
- d. menganalisis data yang dihasilkan dari software SAP2000, pindahkan atau ekspor tabel data ke program Excel

Hasil dari analisis ini dievaluasi untuk memastikan bahwa dimensi elemen struktur mampu menahan beban yang diproyeksikan; jika tidak, revisi pada desain awal dilakukan. Proses ini juga mencakup optimasi pemilihan material dan dimensi untuk meningkatkan efisiensi ekonomi struktur, serta penyesuaian dan optimalisasi sebelum memasuki tahap desain yang lebih rinci. Dengan demikian, metodologi ini diharapkan dapat menghasilkan desain struktur yang optimal, aman, dan sesuai dengan kebutuhan bangunan sekolah 2 tingkat yang direncanakan.

C. Pembahasan dan Analisa

Preliminary Design

Perencanaan Dimensi Balok Induk

Ketentuan Dimensi Balok

Berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam SNI 2847-2019 pasal 18.6.2.1, terdapat beberapa acuan untuk menentukan dimensi balok, yaitu:

- a. Bentang bersih, l_n harus lebih besar atau sama dengan 4 kali tinggi efektif,
- b. Lebar penampang b_w harus lebih besar dari 0,3h dan minimal 250 mm,
- c. Lebar proyeksi balok yang melintasi lebar kolom tidak boleh melebihi nilai c_2 dan 0,75 c_1 yang lebih kecil pada setiap sisi kolom.

Sesuai dengan SNI 2847-2019 pasal 9.3.1.1, perhitungan dimensi dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

1. Untuk tinggi balok (h)
Pada dua tumpuan sederhana: $h = L/16$
2. Untuk lebar balok (b)
 $b = 2/3 \cdot h$

Dimensi balok induk (B1) direncanakan dengan bentang $L = 500$ cm dan $f_y = 420$ MPa, sebagai berikut: $h = L/16 = 500/16 = 31,25$ cm, sehingga digunakan $h = 35$ cm. $b = 2/3 \cdot h = 2/3 \times 35 = 23,33$ cm, sehingga digunakan $b = 25$ cm. Dengan demikian, dimensi balok induk (B1) yang akan digunakan adalah 35 cm x 25 cm.

Perencanaan Dimensi Balok Anak

Dimensi balok anak (B2) direncanakan dengan bentang $L = 320$ cm dan $f_y = 420$ MPa, sebagai berikut: $h = L/21 = 320/21 = 15,24$ cm, sehingga digunakan $h = 30$ cm. $b = 2/3 \cdot h = 2/3 \times 30 = 20$ cm,

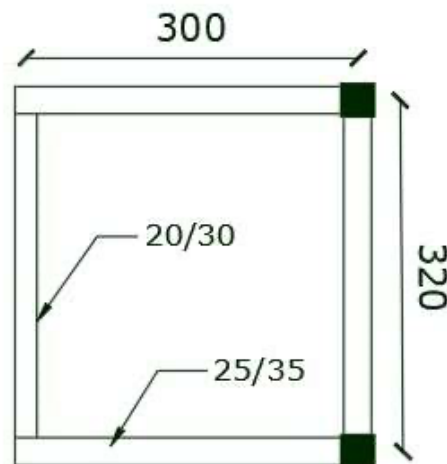
sehingga digunakan $b = 20$ cm. Oleh karena itu, dimensi balok anak (B2) yang akan digunakan adalah $20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$.

Perencanaan Dimensi Plat Atap

Plat atap yang direncanakan hanya akan menahan beban lentur dan harus memenuhi syarat lendutan. Ketebalan minimum yang digunakan adalah 10 cm, sesuai dengan ketentuan SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.2.

Perencanaan Dimensi Plat Lantai

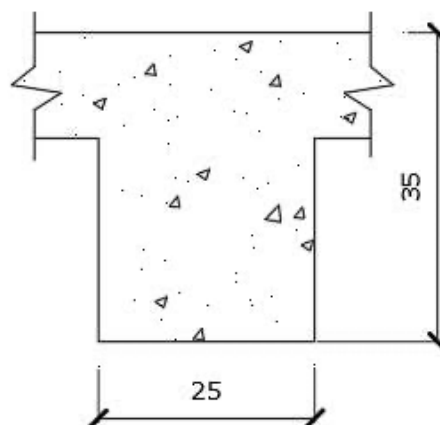
Plat lantai akan menerima beban yang lebih berat, sehingga ketebalan yang direncanakan adalah $h = 120$ mm. Perencanaan ini juga harus sesuai dengan SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.2. Rincian perencanaan ketebalan plat lantai dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Perencanaan Plat Lantai

- Bentang terpanjang: $L_n = 3,2 \text{ m} = 320 \text{ cm}$
- Bentang terpendek: $S_n = 3,0 \text{ m} = 300 \text{ cm}$

Dari perhitungan, diperoleh: $\beta_1 = L_n/S_n = 3,2/3 = 1,06 \leq 2$ (hal ini menunjukkan bahwa plat termasuk dalam kategori tulangan dua arah atau *two way slab*). Selanjutnya, untuk mencari nilai α dengan balok induk berukuran $25 \text{ cm} \times 35 \text{ cm}$, ditentukan lebar efektif (b_e):



Gambar 2 Penampang Balok Induk Plat Lantai

1. $be = bw + 2hb = 25 + 2 \cdot (35 - 12) = 71 \text{ cm}$
2. $be = bw + 8hf = 25 + 8 \cdot (12) = 121 \text{ cm}$

Dari perhitungan di atas, diambil nilai be terkecil yaitu 71 cm. Kemudian, dicari momen inersia penampang segi empat yang dimodifikasi dengan faktor k :

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{hf}{h}\right) \left[4 - 6 \cdot \left(\frac{hf}{h}\right) + 4 \cdot \left(\frac{hf}{h}\right)^2 + \left(\left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{h}\right)^3\right)}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{hf}{h}\right)}$$

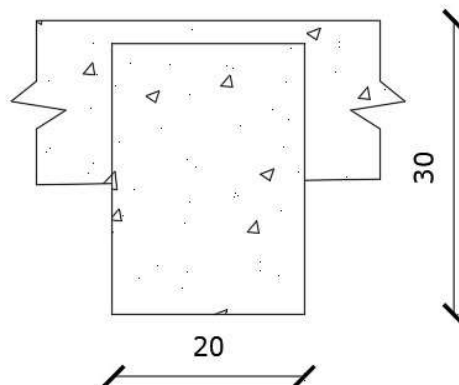
$$k = \frac{1 + \left(\frac{71}{25} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{35}\right) \left[4 - 6 \cdot \left(\frac{12}{35}\right) + 4 \cdot \left(\frac{12}{35}\right)^2 + \left(\left(\frac{71}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{35}\right)^3\right)}{1 + \left(\frac{71}{25} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{35}\right)}$$

$$k = 1,575$$

Untuk balok induk dengan bentang $L = 500 \text{ cm}$, momen inersia penampang balok dapat dihitung sebagai berikut: $I_b = 1/12 \cdot bw \cdot h^3 \cdot k = 1/12 \cdot 25 \cdot 35^3 \cdot 1,575 = 140,709 \text{ cm}^4$. Sedangkan untuk momen inersia penampang plat: $I_p = 1/12 \cdot L \cdot hf^3 = 1/12 \cdot 500 \cdot 12^3 = 71,999 \text{ cm}^4$. Mutu beton (f_c') yang digunakan adalah 35 MPa. Untuk menghitung modulus elastisitas beton, digunakan rumus: $E_{cb} = E_{cp} = 4700\sqrt{f_c'} = 4700\sqrt{35} = 278,056 \text{ kg/cm}^2$. Rasio kekakuan terhadap plat dapat dihitung sebagai:

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cp} I_p} = \frac{278.056 \times 140.709}{278.056 \times 46.080} = 3 > 1$$

Untuk balok anak berukuran 20 cm x 20 cm, kita ditentukan lebar efektif (be):



Gambar 3 Penampang Balok Anak Plat Lantai

1. $be = bw + 2hb = 20 + 2 \cdot (30 - 12) = 56 \text{ cm}$
2. $be = bw + 8hf = 20 + 8 \cdot (12) = 116 \text{ cm}$

Dari perhitungan, diambil nilai be terkecil yaitu 56 cm. Kemudian, kita dicari momen inersia penampang segi empat yang dimodifikasi dengan faktor k :

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{hf}{h}\right) \left[4 - 6 \cdot \left(\frac{hf}{h}\right) + 4 \cdot \left(\frac{hf}{h}\right)^2 + \left(\left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{h}\right)^3\right)}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{hf}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{56}{20} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{30}\right) \left[4 - 6 \cdot \left(\frac{12}{30}\right) + 4 \cdot \left(\frac{12}{30}\right)^2 + \left(\left(\frac{56}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{30}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{56}{20} - 1\right) \cdot \left(\frac{12}{30}\right)}$$

$$k = 1,567$$

Untuk balok induk dengan bentang $L = 320$ cm, momen inersia penampang balok dapat dihitung sebagai berikut: $I_b = 1/12 \cdot b_w \cdot h^3 \cdot k = 1/12 \cdot 25 \cdot 35^3 \cdot 1,567 = 70,528 \text{ cm}^4$. Sedangkan untuk momen inersia penampang plat: $I_p = 1/12 \cdot L \cdot h_f^3 = 1/12 \cdot 320 \cdot 12^3 = 46,080 \text{ cm}^4$. Mutu beton (f_c') yang digunakan adalah 35 MPa. Untuk menghitung modulus elastisitas beton, digunakan rumus: $E_{cb} = E_{cp} = 4700\sqrt{f_c'} = 4700\sqrt{35} = 278,056 \text{ kg/cm}^2$. Rasio kekakuan terhadap plat dapat dihitung sebagai berikut:

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cp} I_p} = \frac{278.056 \times 70.528}{278.056 \times 46.080} = 1,53 > 1$$

Dari dua balok yang dianalisis, nilai rata-rata α_{fm} diperoleh dengan rumus::

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{3 + 1,53}{2} = 2,29$$

Karena nilai α_{fm} lebih besar dari 2,0, maka ketebalan plat perlu dihitung menggunakan rumus yang terdapat dalam SNI 2847-2019 tabel 8.3.1.2, yaitu:

$$h_{min} = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{3200 \left(0,8 + \frac{420}{1400}\right)}{36 + 9(1,25)} = 74,49 \text{ mm}$$

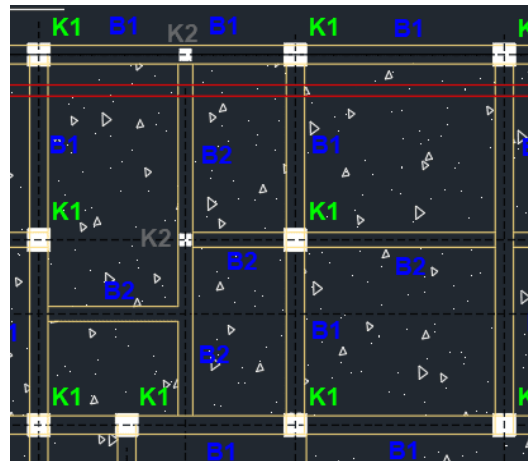
Dengan ketebalan minimum plat yang diperlukan adalah 58,20 mm, maka ketebalan plat lantai yang direncanakan adalah 120 mm, yang sudah memenuhi kriteria. Plat yang direncanakan hanya akan berfungsi untuk menahan beban lentur dan harus memenuhi persyaratan lendutan, dengan ketebalan minimum sesuai dengan ketentuan SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.2. Jenis plat yang direncanakan mencakup plat atap dan plat lantai.

Perencanaan Kolom

Perencanaan dimensi kolom ini dilakukan dengan metode *area tributary*, di mana beban kolom berasal dari beban plat dan balok yang tidak sepenuhnya ditanggung oleh kolom tersebut, melainkan hanya separuh bentang. Diasumsikan bahwa beban pada balok adalah konsisten di setiap lantai. Dimensi kolom harus mengikuti ketentuan SNI 2847-2019 pasal 18.7.2.1 yang menyatakan bahwa::

1. Dimensi penampang terkecil harus diukur pada garis lurus melalui pusat geometri dan tidak boleh kurang dari $b_w < 300 \text{ mm}$.
2. Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus nya harus memenuhi $b_w/h > 0,4$.

Beban yang diterapkan pada perencanaan kolom ini juga harus sesuai dengan ketentuan SNI 1727-2020. Untuk kolom di lantai dasar, asumsi dimensi awal penampang kolom adalah 30 cm x 30 cm. Perhitungan pembebanan pada kolom dilakukan dengan mempertimbangkan area terluas seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Perhitungan Pembebanan pada Kolom

Pembebanan pada Kolom

Beban yang dihitung dalam perencanaan awal dimensi kolom mencakup beban gravitasi, yang terdiri dari beban mati (*dead load*) dan beban hidup (*live load*).

1. Beban Mati (*Dead Load*)

Perhitungan beban mati untuk lantai pertama adalah sebagai berikut:

Plat	= 0,12 x 6,35 x 5 x 2400	= 9144 kg
Balok Induk	= 0,25 x 0,35 x 27,7 x 2400	= 5817 kg
Balok Anak	= 0,20 x 0,30 x 11,35 x 2400	= 1663,4 kg
Ducting AC	= 6,35 x 5 x 20	= 635 kg
Plafond	= 6,35 x 5 x 18	= 571,5 kg
Plumbing	= 6,35 x 5 x 10	= 317,5 kg
Keramik	= 6,35 x 5 x 24	= 762 kg
Spasi (2 cm)	= 6,35 x 5 x (21 x 2)	= 1333,5 kg

Total beban mati (*Dead Load*):

QDL plat lantai = 20.243,9 kg

2. Beban Hidup (*Live Load*)

Perhitungan beban hidup untuk plat lantai:

QHL plat lantai = 6,35 x 5 x 250 = 7937,5 kg

Total beban hidup (*Live Load*):

QHL total = 7937,5 kg

3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 Qu &= 1,2 D + 1,6 L \\
 &= 1,2 (20.243,9) + 1,6 (7937,5) \\
 &= 36.992,68 \text{ kg} \\
 &= 369.926,8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Perencanaan Dimensi Kolom

Faktor reduksi kekuatan (ϕ) ditetapkan sebesar 0,3, sedangkan mutu beton (f_c') yang digunakan adalah 35 MPa.

Untuk menghitung dimensi kolom, digunakan rumus:

$$A = p_u / \phi \times f_c'$$

Dengan substitusi nilai:

$$A = 369.926,8 / 0,3 \times 35 = 35.231 \text{ mm}^2$$

Karena kolom memiliki bentuk persegi, maka:

$$A = b^2$$

Dari sini, didapatkan:

$$b^2 = 35.231 \text{ mm}^2$$

$$b = \sqrt{35.231} = 187,6 \text{ mm}$$

Oleh karena itu, dimensi kolom yang digunakan adalah 30 cm x 30 cm.

Setelah melakukan desain awal, diperoleh dimensi komponen struktur rangka pemikul momen untuk seluruh lantai sebagai berikut:

1. Tebal plat lantai = 120 mm
2. Dimensi balok induk = 250 x 350 mm
3. Dimensi balok anak = 200 x 300 mm
4. Dimensi kolom = 300 mm x 300 mm

Model Portal Beton 3D dengan Analisis Dinamik

Data Awal Struktur

Dalam penelitian ini, sebuah model portal beton diteliti, yang ditunjukkan pada Gambar 5. Struktur ini terbuat dari beton dengan kuat tekan f'_c sebesar 35 MPa. Untuk elemen struktur, digunakan baja tulangan dengan kuat leleh utama f_y sebesar 420 MPa dan kuat leleh tulangan geser (senggang) f_{ys} sebesar 240 MPa. Modulus elastisitas beton ditetapkan pada 27.805,6 MPa, dengan rasio Poisson sebesar 0,3. Dimensi elemen struktur yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. K1 : kolom berukuran 30 x 30 cm
2. K2 : kolom berukuran 20 x 20 cm
3. B1 : balok berukuran 25 x 35 cm
4. B2 : balok berukuran 20 x 30 cm
5. Plat lantai : tebal 12 cm
6. Plat atap : tebal 10 cm

Bangunan ini dirancang sebagai gedung sekolah, di mana setiap balok pada lantai 1 dan 2 berfungsi untuk mendukung pelat lantai dan dinding bata, sedangkan balok pada atap hanya mendukung plat atap. Beban yang diterapkan mengikuti ketentuan yang berlaku, dengan lokasi gedung berada di Jakarta. Mengingat struktur denahnya yang tidak beraturan, analisis ragam spectrum respons (*Spectral Modal Analysis*) diperlukan dalam perencanaan.

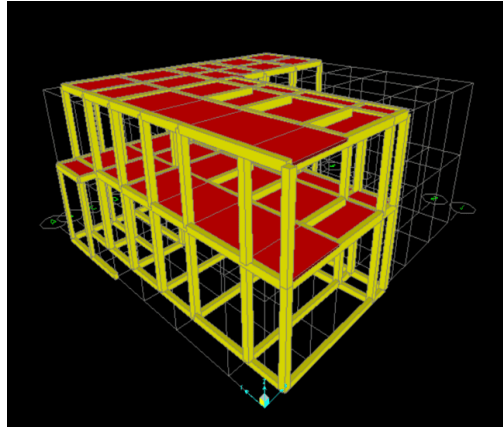
Beban yang diterima oleh struktur adalah sebagai berikut:

Pada lantai atap:

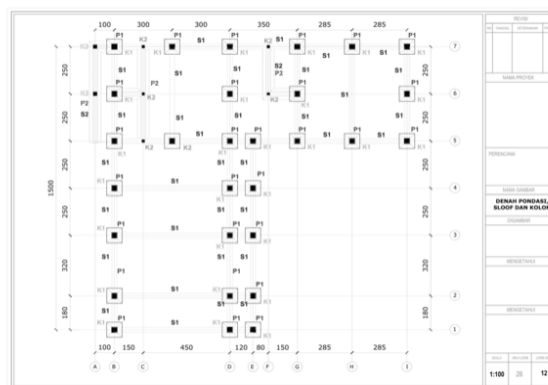
- a. Beban mati: 198 kg/m²
- b. Beban hidup : 198 kg/m²

Pada lantai 1-2:

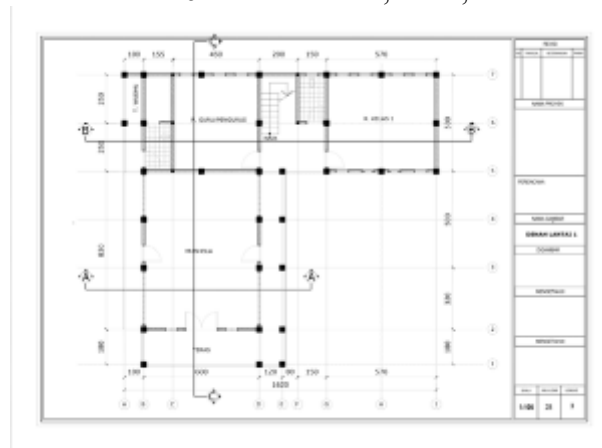
- a. Beban mati: 100 kg/m²
- b. Beban hidup : 298 kg/m²



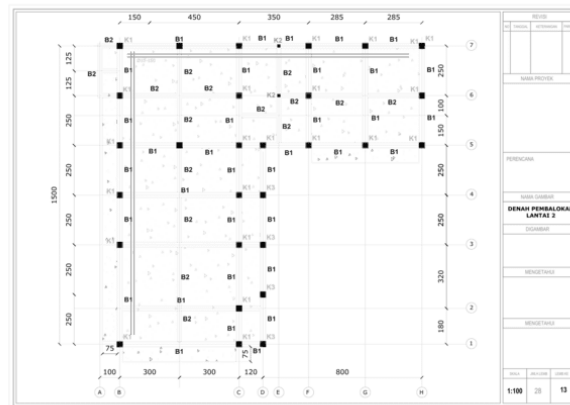
Gambar 5 Model Portal 3D



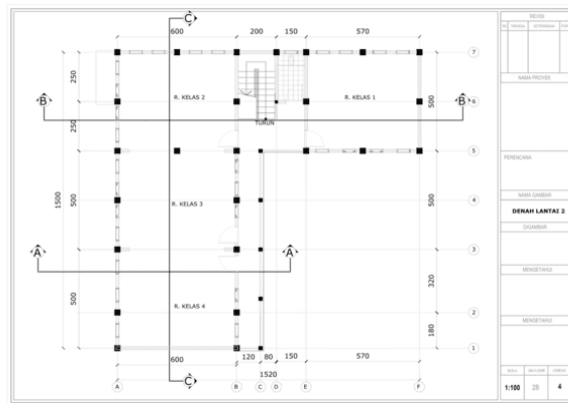
Gambar 6 Denah Pondasi, Sloof, dan Kolom



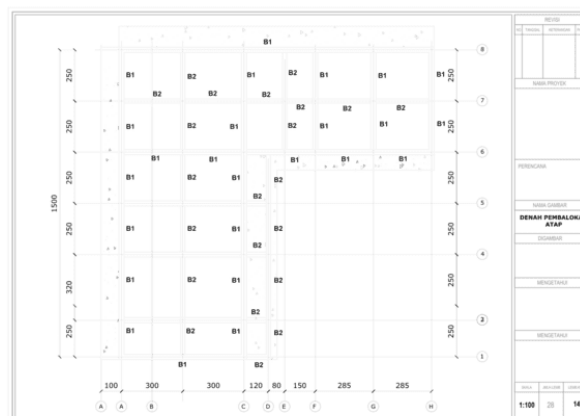
Gambar 7 Denah Lantai 1



Gambar 8 Denah Pembalokan Lantai 2



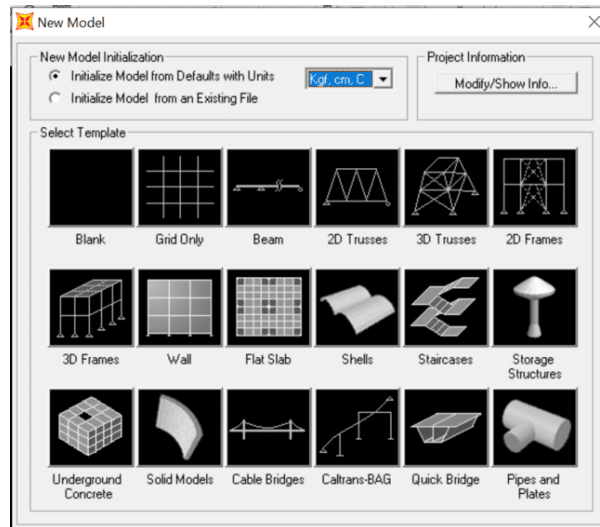
Gambar 9 Denah Lantai 2



Gambar 10 Denah Pembalokan Atap

Proses Pembuatan Model Portal Beton dengan Analisis Dinamik SAP2000**Input Model**

Langkah pertama dalam pembuatan model adalah menentukan geometri struktur. Pemilihan satuan yang digunakan adalah Kgf, cm, dan C. Setelah itu, model baru dapat dibuat dengan memilih opsi "Grid Only" pada menu *File > New Model*.



Gambar 11 Pengaturan Perencanaan Grid

Satuan diubah dari Kgf, cm, dan C menjadi N, mm, dan C untuk menyesuaikan dengan data yang akan dimasukkan dalam satuan N-mm atau MPa. Proses ini dilakukan melalui menu *Define > Materials*. Dalam jendela yang muncul, dapat menambahkan material baru dengan mengklik "Add New Material". Pada jendela berikutnya, dengan memberi nama material, misalnya "BETON". Data yang perlu diisi meliputi:

- Kuat tekan beton (f'_c): 35 MPa
- Kuat leleh utama (f_y): 420 MPa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}): 240 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_s): $4700 \times \sqrt{f'_c}$ MPa
- Rasio Poisson untuk beton: 0,3

Setelah semua informasi diisi, pengguna dapat mengonfirmasi dengan mengklik *OK*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.

The dialog box titled "Material Property Data" contains several sections for defining material properties:

- General Data:**
 - Material Name and Display Color: BETON (with a color selection button)
 - Material Type: Concrete (dropdown menu)
 - Material Notes: (text area with a "Modify/Show Notes..." button)
- Weight and Mass:**
 - Weight per Unit Volume: 7.697E-05
 - Mass per Unit Volume: 7.849E-09
- Units:**
 - Units: N, mm, C (dropdown menu)
- Isotropic Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: 27805.6
 - Poisson's Ratio, U: 0.3
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05
 - Shear Modulus, G: 76923.08
- Other Properties for Concrete Materials:**
 - Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 20.6843
 - ☐ Lightweight Concrete
 - Shear Strength Reduction Factor: (text input field)
- Switch To Advanced Property Display:** (checkbox, currently unchecked)

Buttons at the bottom: OK, Cancel.

Gambar 12 Pengaturan Data Material Beton

Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan penampang elemen struktur. Untuk memulainya, buka menu *Define* dan pilih *Frame Section*.

Pembuatan Kolom

Di jendela yang muncul, yang disebut *Add Frame Section Property*, langkah pertama adalah memilih jenis material. Pilih *Concrete* sebagai tipe penampang.

Kemudian, klik pada opsi *Rectangular*, seperti yang terlihat di Gambar 13

The dialog box titled "Add Frame Section Property" is used for selecting a frame section property type:

- Select Property Type:**
 - Frame Section Property Type: Concrete (dropdown menu)
- Click to Add a Concrete Section:**
 - Rectangular: (selected, represented by a rectangle icon)
 - Circular: (represented by a circle icon)
 - Pipe: (represented by a hollow circle icon)
 - Tube: (represented by a square with a smaller square inside)
 - Precast I: (represented by an I-beam icon)
 - Precast U: (represented by a U-channel icon)

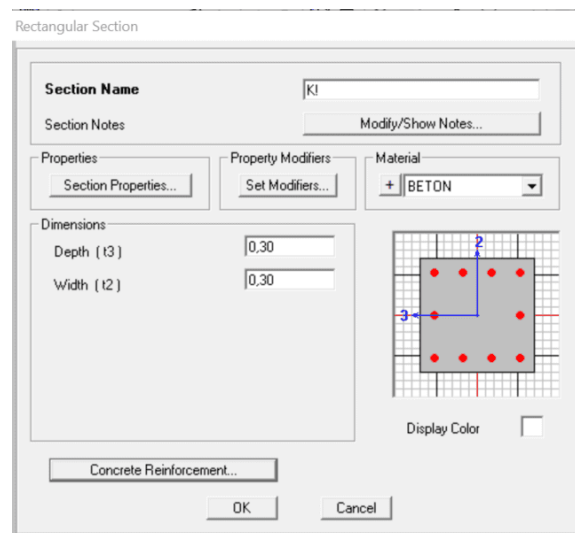
Buttons at the bottom: Cancel.

Gambar 13 Kotak Dialog (*Add Frame Section Property*)

Jendela baru akan muncul untuk mengatur penampang persegi panjang. Di bagian *Section Name*, beri nama *K1* untuk kolom yang akan dibuat. Pilih material yang sudah ada, yaitu *BETON*. Lalu, masukkan dimensi sebagai berikut:

1. Tinggi (t_3): 0,30 m
2. Lebar (t_2): 0,30 m

Pengaturan ini dapat dilihat di Gambar 14



Gambar 14 Membuat Penampang Kolom K1

Buka bagian *Concrete Reinforcement*. Di jendela yang muncul, pilih *Column (P-M2-M3 Design)* sebagai jenis desain untuk kolom beton. Masukkan nilai *Clear Cover for Confinement Bars* dengan 0,0381 pada bagian *Longitudinal Bars - Rectangular Configuration*. Untuk ukuran tulangan longitudinal, masukkan $12d$, yang mengacu pada diameter tulangan, seperti di Gambar 15. Setelah semua data diisi dengan benar, konfirmasi dengan mengklik OK.

Gambar 15 Penulangan Kolom K1

Klik kembali pada opsi *Rectangular* di jendela *Add Frame Section Property*. Lakukan langkah yang sama seperti pada poin sebelumnya untuk membuat profil beton kolom yang bernama K2

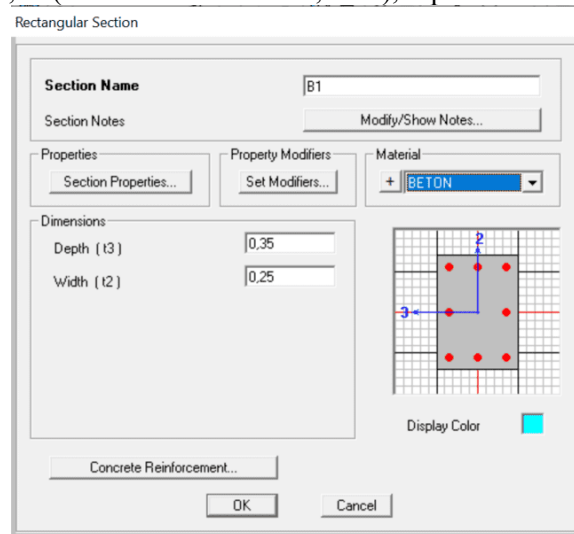
Untuk membuat Balok

Buka kembali jendela *Add Frame Section Property*. Pilih *Concrete* sebagai tipe properti penampang. Klik pada opsi *Rectangular*, seperti yang ditunjukkan di Gambar 16

Gambar 16 Kotak Dialog (*Add Frame Section Property*)

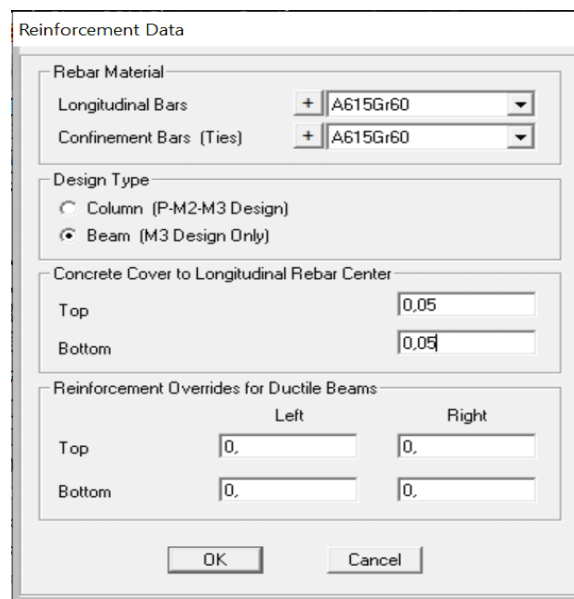
Pada kotak dialog yang muncul (*Rectangular Section*), pada *Section Name* beri nama dengan nama B1, Pilih *material* dengan material yang sudah dibuat tadi pada point 2, kemudian isi data *Dimension* sebagai berikut :

- A. Isikan (t_3) = 0,35 (tinggi dimensi beton 0,35 m)
 B. Isikan (t_2) = 0,25 (lebar dimensi beton 0,25 m), seperti Gambar 17



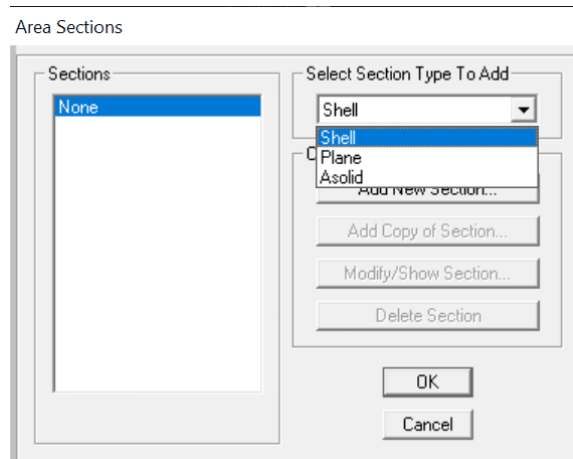
Gambar 17 Membuat Penampang Balok B1

Klik *Concrete Reinforcement*. Pada kotak dialog yang muncul (*Reinforcement Data*), pilih Beam (M3 Design Only) pada *Design Type* (beton sebagai balok), isikan *Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center* dengan nilai Top 0,05 (selimut beton 0,05 m) dan Bottom 0,05 (selimut beton 0,05 m), seperti Gambar 18

Gambar 18 Kotak Dialog (*Reinforcement Data*)

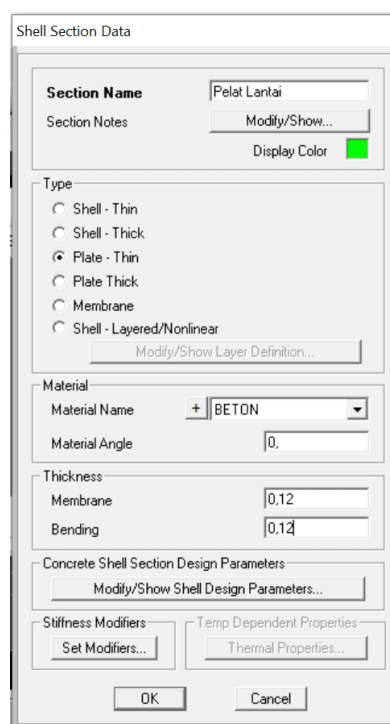
Klik *OK* untuk mengonfirmasi pengaturan sebelumnya. Kembali ke opsi Rectangular di jendela *Add Frame Section Property*. Lakukan langkah yang sama seperti pada poin sebelumnya untuk membuat profil beton balok yang bernama B2.

Untuk membuat plat lantai dan atap, buka menu *Define* dan pilih *Section Properties*. Dari sana, pilih *Area Sections* dan klik *Add New Section*, seperti yang ditunjukkan di Gambar 19, lalu klik *OK*.



Gambar 19 Menyeting Plat

Pada kotak dialog berikutnya, isi *Section Name* dengan nama *Pelat Lantai*, isi material dengan *BETON*, *membrane* = 12 cm (0,12 m), *bending* = 12 cm (0,12 m), ganti *Type* dengan *Plate - Thin*, seperti Gambar 20 dan klik *OK*.



Gambar 20 Membuat Plat Lantai

Pilih kembali *Add New Section* untuk membuat pelat atap. Di jendela yang muncul, masukkan *Section Name* dengan nama *Pelat Atap* dan pilih material *BETON*. Untuk pengaturan dimensi, isi *Membrane* dengan 10 cm (0,1 m) dan *Bending* juga dengan 10 cm (0,1 m). Ganti *Type* menjadi *Plate - Thin*, seperti yang terlihat di Gambar 21, lalu klik *OK*.

Shell Section Data

Section Name Pelat Atap

Section Notes

Display Color

Type

☐ Shell - Thin
☐ Shell - Thick
☒ Plate - Thin
☐ Plate Thick
☐ Membrane
☐ Shell - Layered/Nonlinear

Material

Material Name BETON

Material Angle

Thickness

Membrane

Bending

Concrete Shell Section Design Parameters

Stiffness Modifiers

Temp Dependent Properties

Gambar 21 Membuat Plat Atap.

Klik *OK* dua kali untuk mengonfirmasi pengaturan.

Untuk mendefinisikan tipe beban, buka menu *Define* dan pilih *Load Patterns*. Di bagian *Load Pattern Name*, masukkan *LIVEATAP* dan pilih *LIVE* pada *Type*. Setelah itu, klik *Add New Load Pattern*, seperti yang ditunjukkan di Gambar 22. Terakhir, klik *OK* untuk menyelesaikan proses.

Define Load Patterns

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
DEAD	DEAD	1	
LIVEATAP	LIVE	0	
LIVE	LIVE	0	

Click To:

Gambar 22 Mendefinisikan Tipe Beban

Untuk mendefinisikan kombinasi pembebanan, buka menu *Define* dan pilih *Load Combination*. Klik tombol *Add New Combo*. Pada kombinasi pertama, pilih *DEAD* pada *Load Case Name* dan masukkan nilai 1,4 pada *Scale Factor*. Klik *Add* dan kemudian klik *OK* untuk menyimpan pengaturan.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) COMB1

Notes

Load Combination Type Linear Add

Options

Define Combination of Load Case Results

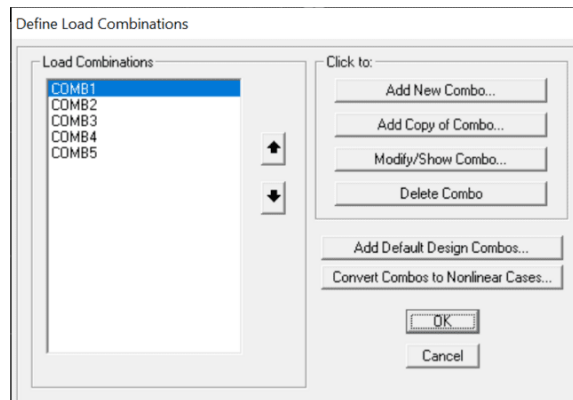
Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.4
DEAD	Linear Static	1.4

Gambar 25 Memasukkan kombinasi pembebanan

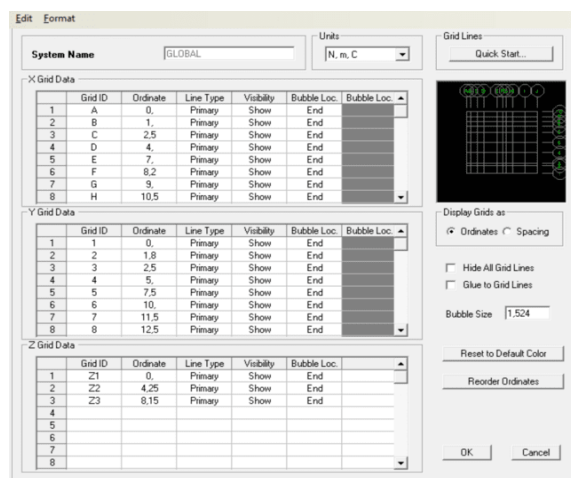
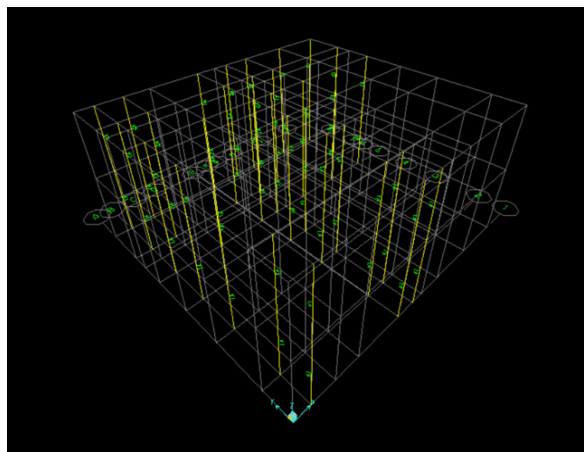
Masukkan kombinasi beban berikutnya sesuai dengan langkah yang dilakukan pada kombinasi pertama.

- Untuk kombinasi 2, pilih *DEAD* pada *Load Case Name* dan masukkan nilai 1,2 pada *Scale Factor*, lalu klik *Add*. Pilih *LIVE* pada *Load Case Name* dan masukkan 1,6 pada *Scale Factor*, lalu klik *Add*. Pilih *LIVEATAP* pada *Load Case Name* dan masukkan 0,5 pada *Scale Factor*, lalu klik *Add* dan klik *OK*.
- Pada kombinasi 3, pilih *DEAD* pada *Load Case Name* dan masukkan 1,2 pada *Scale Factor*, lalu klik *Add*. Pilih *LIVE* pada *Load Case Name* dan masukkan 0,5 pada *Scale Factor*, lalu klik *Add* dan klik *OK*.
- Untuk kombinasi 4, pilih *DEAD* pada *Load Case Name* dan masukkan 1,2 pada *Scale Factor*, lalu klik *Add*. Pilih *LIVE* pada *Load Case Name* dan masukkan 0,5 pada *Scale Factor*, lalu klik *Add* dan klik *OK*.
- Pada kombinasi 5, pilih *DEAD* pada *Load Case Name* dan masukkan 0,9 pada *Scale Factor*, lalu klik *Add* dan klik *OK*.

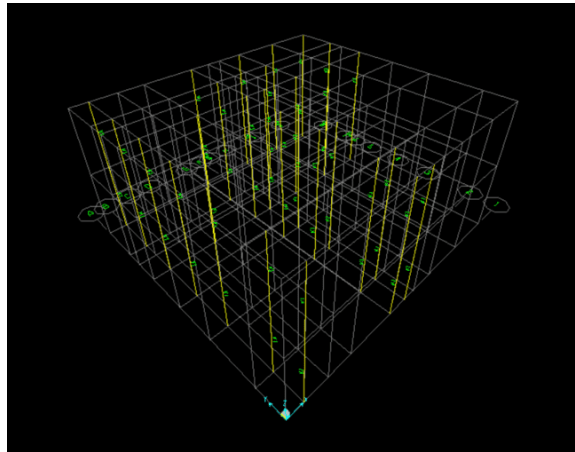
Setelah semua kombinasi dimasukkan, akan muncul tampilan di kotak dialog *Define Loads Combinations*, seperti yang terlihat di Gambar 26, dengan total 5 kombinasi. Klik *OK* untuk menyelesaikan proses.

Gambar 26 Kotak Dialog (*Define Loads Combination*)

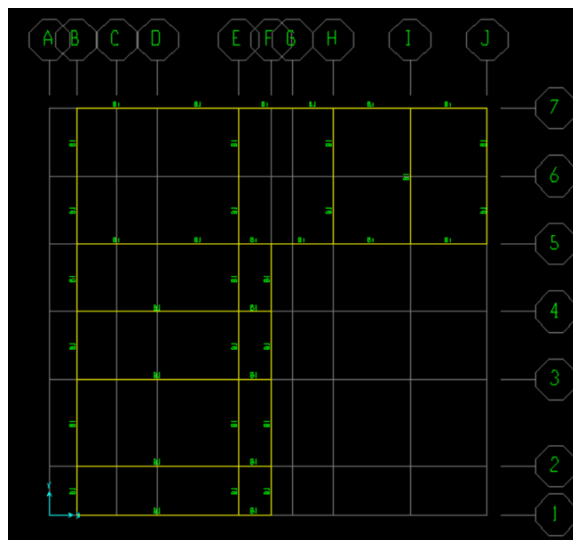
Untuk menggambar model struktur, klik kanan pada layar dan pilih *Edit Grid Data*, kemudian pilih *Modify/Show System*. Lakukan pengeditan grid sesuai dengan data yang telah ditentukan.

Gambar 27 Kotak Dialog *Define Grid System Data*

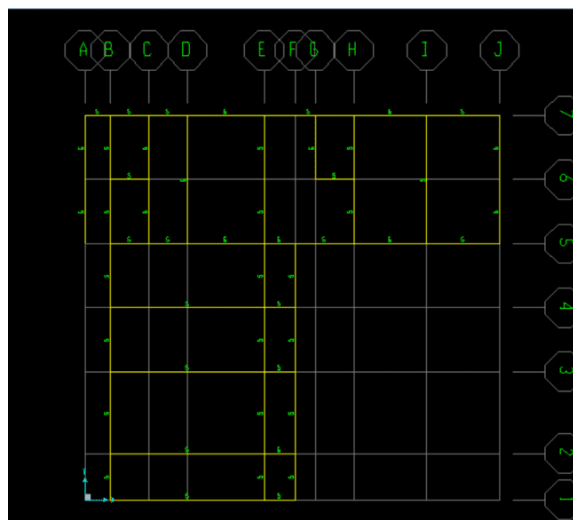
Gambar 28 struktur kolom untuk K2



Gambar 29 Struktur kolom untuk K1

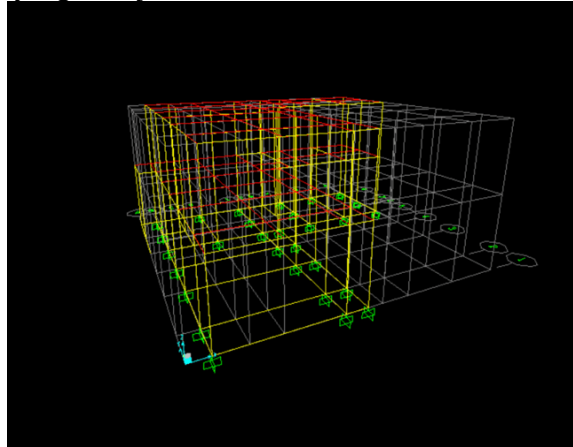


Gambar 30 Struktur Balok untuk B1



Gambar 31 Struktur Balok untuk B2

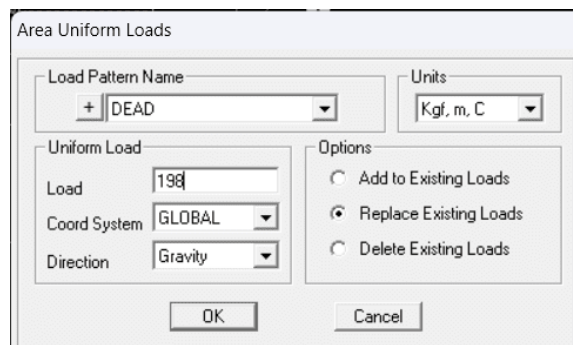
Untuk mengganti tipe tumpuan struktur jepit, ubah tampilan dari lantai menjadi tampilan *base*. Blok seluruh area gambar dengan mengklik ujung luar gambar dari bawah ke atas atau sebaliknya, seperti yang ditunjukkan di Gambar 32



Gambar 32 Memblok Seluruh Model

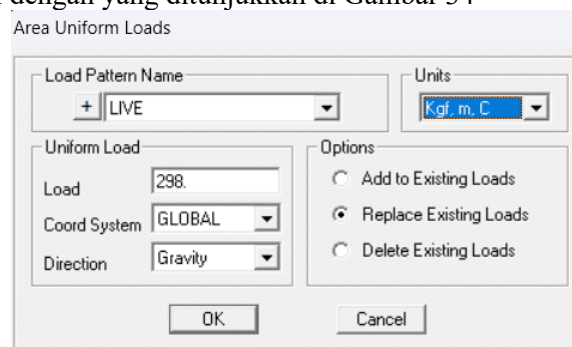
Untuk mengubah tipe tumpuan menjadi jepit, klik *Assign*, lalu pilih *Joint* dan kemudian *Restraints*. Klik pada tumpuan yang ingin diubah menjadi jepit, lalu klik *OK*.

Untuk mengaplikasikan pembebanan pada struktur, pertama-tama lakukan pembebanan pada lantai. Klik pada seluruh pelat lantai menggunakan toolbar naik dan turun. Klik *Assign*, pilih *Area Loads*, dan kemudian pilih *Distributed*. Dalam kotak dialog yang muncul, ubah satuan menjadi Kgf, m, dan C. Pilih *Load Pattern Name* dengan opsi *dead* untuk mengaplikasikan beban mati, dan masukkan nilai *Uniform Load* sesuai dengan yang terlihat di Gambar 33.





Gambar 33 Mengaplikasikan Beban Mati.

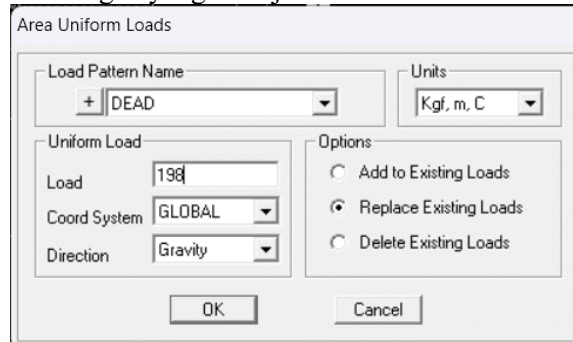
Klik *OK*. Kemudian, klik *Assign*, pilih *Shell/Area Loads*, dan kemudian pilih *Uniform*. Masukkan data sesuai dengan yang ditunjukkan di Gambar 34



Gambar 34 Mengaplikasikan Beban Hidup

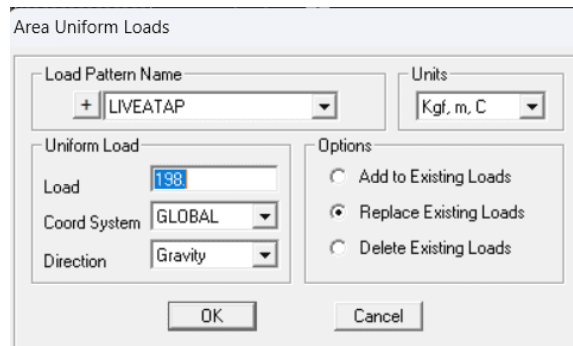
Setelah memasukkan data, klik *OK* untuk menyelesaikan proses.

Untuk melakukan pembebanan pada atap, klik pada seluruh pelat atap menggunakan toolbar naik dan turun  . Klik *Assign*, pilih *Area Loads*, dan kemudian pilih *Uniform*. Masukkan data sesuai dengan yang ditunjukkan di Gambar 35



Gambar 35 Mengaplikasikan Beban mati

Klik *OK*. Kemudian, klik *Assign*, pilih *Shell/Area Loads*, dan pilih *Uniform*. Masukkan data sesuai dengan yang terlihat di Gambar 36



Gambar 36 Mengaplikasikan Beban hidup

Untuk mengecek pembebanan, klik kanan pada area yang telah diberi beban. Akan muncul tampilan seperti di Gambar 37. Klik *Loads*, dan tampilan akan berubah menjadi seperti yang terlihat di Gambar 38. Di kotak dialog tersebut, kita juga dapat mengganti satuan dengan mengklik *Units*.

Object Model - Area Information

Location | Assignments | Loads

Identification

Label 7

Area	7.5
Number of Points	4
Point 1	57
Coordinate System	GLOBAL
X	1.
Y	5.
Z	4.25
Point 2	78
Coordinate System	GLOBAL
X	4.
Y	5.
Z	4.25
Point 3	79
Coordinate System	GLOBAL
X	4.
Y	7.5
Z	4.25
Point 4	59
Coordinate System	GLOBAL
X	1.

Double click white background cell to edit item.

N, m, C

Reset All

Update Display

Modify Display

OK

Cancel

Gambar 37 Kotak Dialog Object Model – Area Information

Object Model - Area Information

Location | Assignments | Loads

Identification

Label 7

Load Pattern	DEAD
Uniform Load	
Coordinate System	GLOBAL
Load Direction	Gravity
Force/Area	198.
Load Pattern	LIVE
Uniform Load	
Coordinate System	GLOBAL
Load Direction	Gravity
Force/Area	298.

Assign Load...

Kgf, m, C

Reset All

Update Display

Modify Display

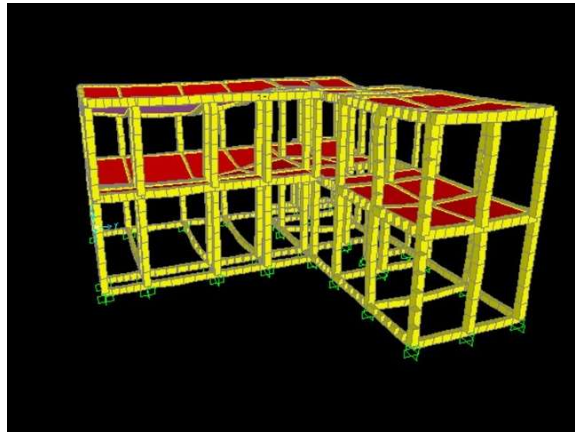
OK

Cancel


Double click white background cell to edit item.

Gambar 38 Kotak Dialog Loads pada Object Model – Area Informatio

Untuk melakukan analisis, pilih *Analyzer* dan klik *Run Analysis*. Setelah proses analisis selesai, akan terlihat deformasi yang terjadi pada struktur. Untuk menampilkan struktur gedung dengan lebih jelas, klik *Set Building View Options* ☒, kemudian pilih *Object Fill* dan *Extrusion*.

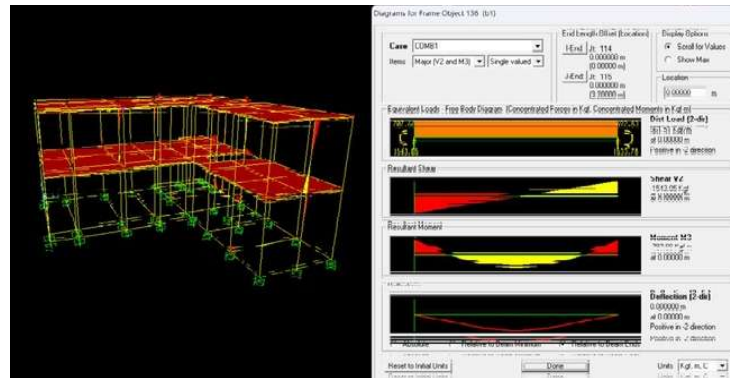


Gambar 39 Deformasi yang terjadi pada struktur

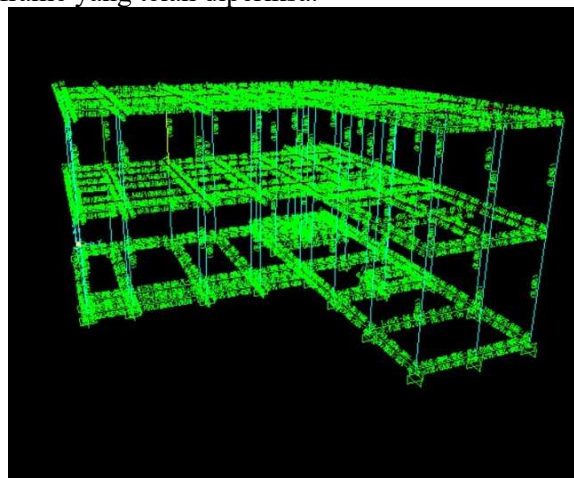
Untuk melihat momen, buka toolbar  dan klik pada *Display*. Pilih *Show Member Forces/Stress Diagram* dan lanjutkan dengan mengklik *Frame/Pier/Spandrel Forces*. Setelah itu, akan muncul kotak dialog yang terlihat di Gambar 40. Di dalam dialog tersebut, pilih jenis beban momen yang ingin ditampilkan, pilih *Moment 3-3*, dan klik *OK*.

Gambar 40 Kotak Dialog *Member Force Diagram for Frames*

Klik kanan pada batang yang ingin Anda lihat momen-nya. Pilih jenis beban yang ingin ditampilkan pada *Load*, lalu klik *Show Max* untuk melihat momen maksimum yang terjadi.

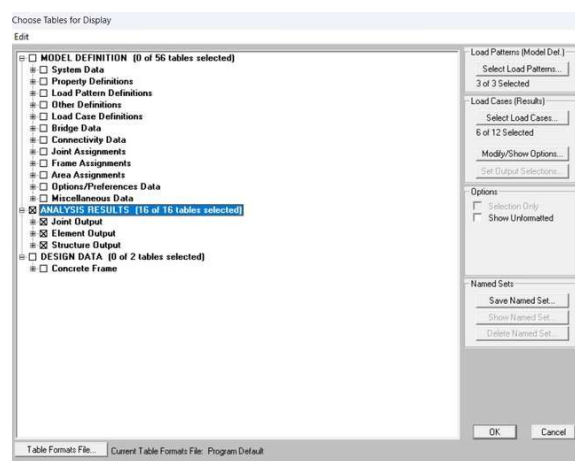
Gambar 41 Melihat *moment* pada *frame*

Untuk mengontrol kekuatan struktur, penting untuk memeriksa kekuatan dan keamanan model terlebih dahulu. Caranya adalah dengan mengklik *Design*, pilih *Concrete Frame Design*, dan lanjutkan dengan memilih *Start Design/Check of Structure*. Setelah itu, akan muncul warna pada frame yang telah diperiksa.



Gambar 42 Hasil analisa kontrol kekuatan struktur

Untuk mengolah data output, dapat menampilkan data atau tabel analisis dengan cara mengklik *Display* dan memilih *Show Tables*. Untuk melihat data hasil output, pilih *Analysis Result* dan klik *OK*, seperti yang ditunjukkan di Gambar 43 dan Gambar 44.



Gambar 43 Memilih Data Output yang Akan Ditampilkan.

Joint	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Test	Kgf-m-s2	Kgf-m-s2	Kgf-m-s2	Kgf-m-s2	Kgf-m-s2	Kgf-m-s2
41	281.53	281.53	281.53	0	0	0
42	273.13	273.13	273.13	0	0	0
43	281.53	281.53	281.53	0	0	0
44	409.99	409.99	409.99	0	0	0
45	336.76	336.76	336.76	0	0	0
46	297.14	297.14	297.14	0	0	0
47	301.94	301.94	301.94	0	0	0
48	318.75	318.75	318.75	0	0	0
49	301.94	301.94	301.94	0	0	0
50	225.11	225.11	225.11	0	0	0
51	363.18	363.18	363.18	0	0	0
52	340.36	340.36	340.36	0	0	0
53	417.2	417.2	417.2	0	0	0
54	446.01	446.01	446.01	0	0	0
55	462.82	462.82	462.82	0	0	0
56	434.01	434.01	434.01	0	0	0
57	417.2	417.2	417.2	0	0	0
58	446.01	446.01	446.01	0	0	0
60	373.98	373.98	373.98	0	0	0
61	309.15	309.15	309.15	0	0	0
62	381.18	381.18	381.18	0	0	0

Gambar 44 Hasil Data Output

Untuk memindahkan atau mengekspor tabel data ke program Excel, buka menu kotak dialog yang terlihat di Gambar 45. Kemudian, klik *Edit* dan pilih *Copy Entire Table*. Buka program Excel dan klik *Paste* untuk menempelkan tabel tersebut.

Joint	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Kgf-m-s2	Kgf-m-s2	Kgf-m-s2	Kgf-m-s2	Kgf-m-s2	Kgf-m-s2
41	281.53	281.53	281.53	0	0	0
42	273.13	273.13	273.13	0	0	0
43	281.53	281.53	281.53	0	0	0
44	409.99	409.99	409.99	0	0	0
45	336.76	336.76	336.76	0	0	0
46	297.14	297.14	297.14	0	0	0
47	301.94	301.94	301.94	0	0	0
48	318.75	318.75	318.75	0	0	0
49	301.94	301.94	301.94	0	0	0
50	225.11	225.11	225.11	0	0	0
51	363.18	363.18	363.18	0	0	0
52	340.36	340.36	340.36	0	0	0
53	417.2	417.2	417.2	0	0	0
54	446.01	446.01	446.01	0	0	0
55	462.82	462.82	462.82	0	0	0
56	434.01	434.01	434.01	0	0	0
57	417.2	417.2	417.2	0	0	0
58	446.01	446.01	446.01	0	0	0
60	373.98	373.98	373.98	0	0	0
61	309.15	309.15	309.15	0	0	0
62	381.18	381.18	381.18	0	0	0

Gambar 45 Output Analisis di Excel

D. Penutup

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa perancangan struktur portal beton 3D dengan analisis dinamik menggunakan perangkat lunak SAP2000 telah berhasil dilakukan dengan mengikuti ketentuan SNI 2847-2019. Dalam penelitian ini, dimensi balok induk dan balok anak direncanakan berdasarkan beban yang diterima, dengan hasil akhir berupa dimensi balok induk sebesar 35 cm x 25 cm dan balok anak 20 cm x 30 cm. Selain itu, perencanaan kolom yang dilakukan menghasilkan dimensi kolom 30 cm x 30 cm, yang memenuhi syarat kekuatan dan stabilitas struktur.

Analisis dinamik yang diterapkan pada model portal beton menunjukkan bahwa struktur mampu menahan beban mati dan hidup yang diterapkan, dengan total beban mati mencapai 20.243,9 kg dan beban hidup sebesar 7.937,5 kg. Kombinasi pembebanan yang dihitung menggunakan rumus $Q_u = 1.2D + 1.6L$ menghasilkan total beban maksimum sebesar 36.992,68 kg atau setara dengan 369.926,8 N. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa struktur memiliki faktor keamanan yang memadai, sehingga dapat diandalkan untuk penggunaan jangka panjang.

Daftar Pustaka

- Asroni, A. (2010). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: BSN.

- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design (5th ed.)*. McGraw-Hill.
- Dewobroto, W. (2016). *Struktur Baja: Perilaku, Analisis & Desain - AISC 2010 (2nd ed.)*. Jakarta: Lumina Press.
- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2014). *Design of Reinforced Concrete (9th ed.)*. Wiley.
- Nawy, E. G. (2008). *Concrete Construction Engineering Handbook (2nd ed.)*. CRC Press.
- Nilson, A. H., Darwin, D., & Dolan, C. W. (2010). *Design of Concrete Structures (14th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Setiawan, A. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Erlangga.
- Taranath, B. S. (2016). *Structural Analysis and Design of Tall Buildings: Steel and Composite Construction*. CRC Press.
- Vis, W.C., & Kusuma, G.H. (1993). *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.