

PERENCANAAN STRUKTUR RUMAH TINGGAL RAMAH LINGKUNGAN TYPE 200 M²

PETRUS KANISIUS TEGAR PRAMUDWITYA¹, WAHYUNI WAHAB²

Universitas Bina Darma

Email: petruskanisius02@gmail.com¹, wahyuni.wahab@binadarma.ac.id²

Abstrak: Rumah ramah lingkungan muncul sebagai respon terhadap masalah-masalah lingkungan yang disebabkan oleh pembangunan yang tidak berkelanjutan. Dalam perencanaan rumah ramah lingkungan selain mengutamakan konsep berkelanjutan, aspek keselamatan dan kekuatan struktur tetap menjadi prioritas utama. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan struktur rumah tinggal yang ramah lingkungan dengan pemodelan struktur menggunakan AutoCAD dan ETABS, perencanaan diawali dengan menentukan material struktur yang ramah lingkungan, dilanjutkan penentuan dimensi dan gambar 2D menggunakan AutoCAD lalu pemodelan struktur dengan ETABS meliputi struktur pondasi, kolom, balok, pelat. Dalam perencanaan ini, hasil perencanaan yang didapatkan yaitu rangka atap menggunakan rangka baja ringan, dimensi Balok 25 cm x 45 cm, Kolom 30 cm x 30 cm, pelat lantai $\phi 12$, analisis perencanaan juga menggunakan program ETABS dimana dengan dimensi yang telah direncanakan mampu menahan beban yang bekerja pada bangunan.

Kata kunci: Struktur Rumah Ramah Lingkungan, ETABS, AutoCAD.

A. Pendahuluan

Perkembangan zaman dan pesatnya pertumbuhan populasi di berbagai belahan dunia, termasuk Indonesia, menyebabkan kebutuhan akan tempat tinggal yang layak semakin meningkat. Namun, peningkatan tersebut sering kali mengabaikan prinsip-prinsip keberlanjutan, yang berdampak negatif pada lingkungan. Proses pembangunan yang tidak ramah lingkungan dapat mengakibatkan pencemaran, penurunan kualitas udara, hilangnya keanekaragaman hayati, dan dampak negatif lainnya terhadap ekosistem.

Menurut (Santoso, 2020), perencanaan struktur bangunan yang ramah lingkungan melibatkan penggunaan material yang berkelanjutan, teknologi hemat energi, dan desain yang mendukung pengurangan jejak karbon. Hal ini sejalan dengan prinsip arsitektur hijau yang menekankan efisiensi energi, manajemen air, dan peningkatan kualitas udara di dalam ruangan. Selain itu, pembangunan rumah ramah lingkungan juga menjadi solusi dalam menghadapi peningkatan konsumsi energi di sektor perumahan yang mencapai 25-40% dari total penggunaan energi di suatu negara (Harsono, 2018).

Konsep rumah ramah lingkungan muncul sebagai respons terhadap masalah-masalah lingkungan yang disebabkan oleh pembangunan yang tidak berkelanjutan. Perkembangan teknologi dan inovasi dalam industri konstruksi memberikan peluang besar untuk mengimplementasikan konsep rumah ramah lingkungan dengan biaya yang semakin terjangkau. Namun tantangan tetap ada seperti kurangnya regulasi yang mendorong pengadopsian konsep ini secara luas (Kusuma et al., 2019). Meskipun konsep ramah lingkungan mengutamakan keberlanjutan, aspek kekuatan dan keselamatan struktur tetap menjadi prioritas utama dalam perencanaan dan pembangunan rumah. Struktur bangunan harus mampu menahan beban yang diterimanya sepanjang masa pakai bangunan (SNI 03-2847-2019). Oleh karena itu, perencanaan kekuatan struktur pada rumah ramah lingkungan tidak hanya berfokus pada material dan teknik konstruksi yang digunakan, tetapi juga harus mempertimbangkan keberlanjutan bahan, efisiensi energi, serta integrasi dengan elemen-elemen alam sekitar.

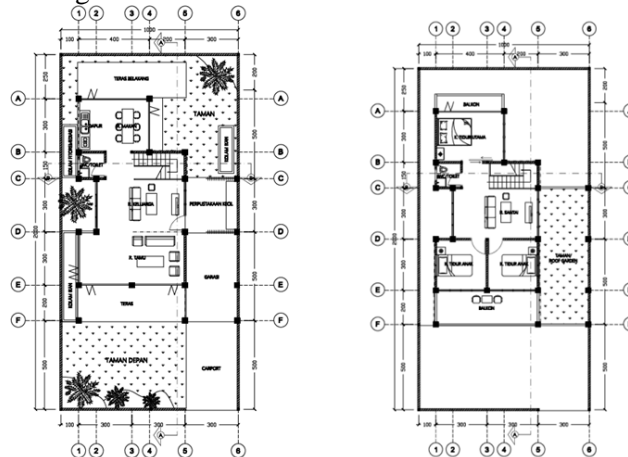
Dalam perencanaan kekuatan struktur rumah ramah lingkungan, pemilihan material menjadi faktor penting. Banyak material ramah lingkungan, seperti beton daur ulang, bambu, kayu, dan bahan-bahan alami lainnya, yang dapat dipertimbangkan dalam konstruksi rumah. Selain itu, perencanaan kekuatan struktur juga harus diperhitungkan dan disesuaikan dengan kondisi dari bangunan yang akan dibuat. Perencanaan kekuatan struktur bisa dimulai dari perencanaan struktur atas dan dilanjutkan dengan perencanaan struktur bawah, juga harus memperhatikan kondisi lingkungan setempat, termasuk potensi bencana alam seperti gempa bumi, angin kencang, atau banjir. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, perencanaan kekuatan struktur rumah ramah lingkungan dapat

mengurangi risiko kerusakan bangunan dan memberikan kenyamanan serta keamanan bagi penghuninya.

B. Metode Penelitian

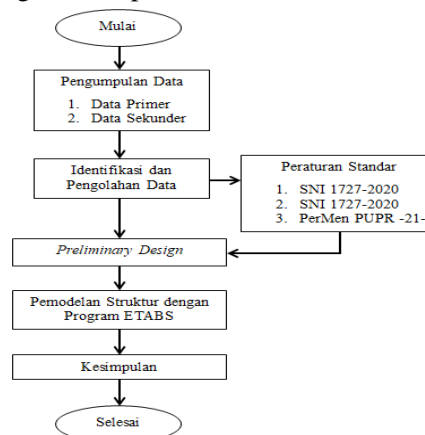
Tempat dan Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, dimana analisis yang dilakukan melalui data yang didapat dan dibuat yang berupa gambar dan angka sebagai data awal dalam penelian dan jenis data hasil studi literatur. Tempat penelitian dan perencanaan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bina Darma yang kota Palembang, Sumatera Selatan, Dengan Obyek Perencanaan Rumah Tinggal Ramah Lingkungan sebagai berikut :



Gambar 1. Denah Bangunan Lt 1 dan Lt 2

Pada perencanaan ini didesain menggunakan *AutoCAD* dengan rumah type 200 m² yang terdiri dari 2 lantai dengan konsep Green Building, pada desain lt. 1 terdapat ruang tamu, ruang keluarga, ruang makan, dapur, kamar mandi, dan perpustakaan, untuk desain lt 2 terdapat kamar tidur utama, 2 kamar tidur anak, ruang santai, kamar mandi, dan *roof garden*. Garis besar langkah-langkah perencanaan disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 2.

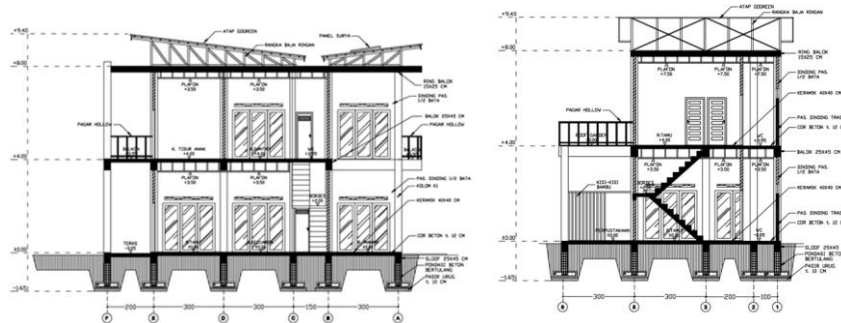


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

C. Hasil Dan Pembahasan

Preliminary Design

Preliminary desain merupakan tahap awal perancangan suatu bangunan berlantai, dilakukan perhitungan dengan manual dan menggunakan aplikasi komputer sehingga diperoleh dimensi yang efektif dan kuat. Desain struktur dapat dilihat pada gambar potongan berikut :



Gambar 3. Potongan Memanjang dan Melintang

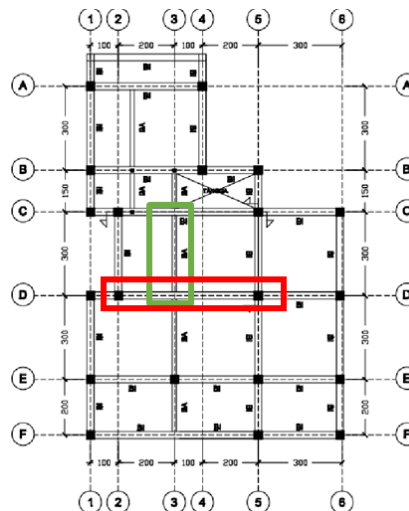
Dilihat pada gambar potongan memanjang dan melintang desain struktur rumah beton bertulang type 200 m² menggunakan struktur pondasi tapak, sloof, balok, dan kolom sebagai struktur utama pada bangunan. Untuk itu dilakukan perencanaan mutu beton dan tulangan lalu dilanjutkan dengan penentuan dimensi, sebagai berikut :

Penentuan Material

Berdasarkan pedoman SNI 2847:2019 tabel 19.2.1.1 mutu beton dan penggunaannya, material yang digunakan dalam struktur bangunan menggunakan mutu beton dengan kuat tekan beton yang di syaratkan ($f_y = 420$) dan ($f_c' = 25$ Mpa).

Penentuan Dimensi Balok

Penentuan dimensi balok sesuai dengan tabel 2.41 yang berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 9.3.1.1 hal 180. Adapun data – data perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan dimensi balok sebagai berikut :



Gambar 4. Denah Rencana Balok

Dilihat pada denah rencana balok, rencana balok induk terpanjang berada pada grid D dari grid 2-5 dengan bentang 5000 mm, sedangkan untuk rencana balok anak terpanjang berada pada grid 3 dari grid C-D dengan bentang 3000 mm. Setelah mengetahui desain rencana terpanjang dapat ditentukan perencanaan dimensi balok sebagai berikut :

Perhitungan perencanaan balok induk memanjang

$$\text{Bentang Balok Induk} = 5000 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok induk (h) diperkirakan } \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{14} \right) L \text{ (bentang terpanjang)}$$

$$h = \frac{1}{12} \times 5000 = 416,667 \text{ mm}$$

Diambil tinggi balok induk dari $\frac{1}{12}$ yakni $416,667 \approx 450$ mm

Lebar rencana balok induk (b) diambil dari tinggi balok (h)

$$b = \frac{1}{2} \times 450 = 225 \text{ mm}$$

Diambil lebar balok induk dari $\frac{1}{2}$ yakni $225 \approx 250$ mm

Jadi, ukuran balok induk adalah 250 mm x 450 mm
 Perhitungan perencanaan balok anak memanjang
 Bentang Balok Anak = 3000 mm
 Tinggi balok anak (h) diperkirakan $(\frac{1}{14} - \frac{1}{16}) L$ (bentang terpanjang)

$$h = \frac{1}{16} \times 3000 = 187,5 \text{ mm}$$

Diambil tinggi balok anak dari $\frac{1}{16}$ yakni $187,5 \approx 250$ mm

Lebar rencana balok anak (b) diambil dari tinggi balok (h)

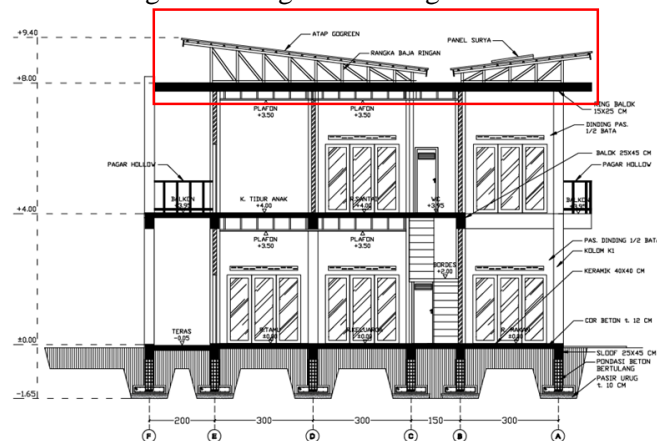
$$b = \frac{1}{2} \times 250 = 125 \text{ mm}$$

Diambil lebar balok induk dari $\frac{1}{2}$ yakni $125 \approx 150$ mm

Jadi, ukuran balok anak adalah 150 mm x 250 mm

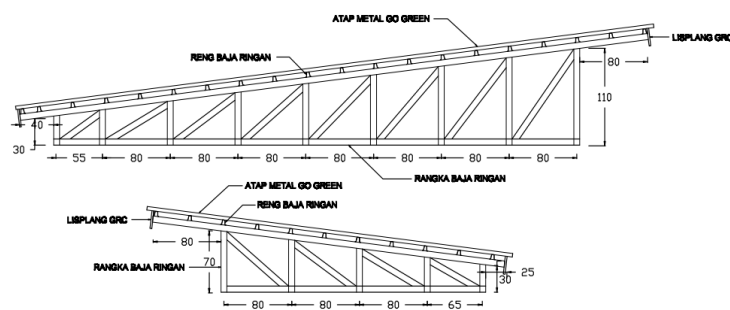
Perencanaan Desain Rangka Atap

Dalam perencanaan desain atap menggunakan rangka baja ringan dengan penutup atap go green, rangka atap direncanakan dengan desain gambar sebagai berikut:



Gambar 5. Desain Rangka Atap

Dilihat pada desain rangka atap memiliki 2 bagian atap yang digunakan namun dengan tipe yang sama. Dalam perencanaan desain rangka atap baja ringan pada bangunan rumah ini memerlukan dimensi dari detail rangka atap sebagai berikut :



Gambar 6. Detail Rangka Atap

Pada detail rangka atap didesain dengan tinggi 110 cm dengan panjang 600 cm untuk bentang rangka 1 dan 300 cm untuk bentang rangka 2. Desain rangka atap yang telah direncanakan harus dihitung kekuatannya agar dapat menahan beban angin dan hujan yang bekerja pada rangka atap, Direncanakan :

- Bentang Kuda-Kuda = 6 m
- Jarak Kuda-Kuda = 1 m
- Jarak Gording = 1,5 m
- Sudut $\alpha = 10^\circ$
- Gording Yang Dipakai = CNP 150 x 65 x 20 x 3,2
- Berat Gording = 7,51 kg/m

- Beban Atap = 50,00 kg/m²
- Beban Pekerja = 100 kg
- Mutu Baja B37 (Fu) = 370 Mpa
- Mutu Baja B37 (Fy) = 240 Mpa
- Modulus Elastisitas (Es) = 200000 Mpa

Analisa Pembebanan

a. Beban Mati (qd)

$$\begin{aligned} \text{Berat Sendiri Gording} &= 7,51 \text{ kg/m} \\ \text{Berat atap} &= 50 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 75 \text{ kg/m} + \\ \text{qd} &= 82,51 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} qd_x &= qd \times \sin \alpha \\ &= 82,51 \text{ kg/m} \times \sin 10^\circ \\ &= 14,3277 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} qd_y &= qd \times \cos \alpha \\ &= 82,51 \text{ kg/m} \times \cos 10^\circ \\ &= 81,2565 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mdx &= 1/8 \times qd_x \times (l)^2 \\ &= 1/8 \times 14,3277 \text{ kg/m} \times (1\text{m})^2 \\ &= 1,7909 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mdy &= 1/8 \times qd_y \times (l)^2 \\ &= 1/8 \times 81,2565 \text{ kg/m} \times (1\text{m})^2 \\ &= 10,1571 \text{ kgm} \end{aligned}$$

b. Beban Akibat Angin

$$\alpha = 10^\circ$$

$$W = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Angin Tekan} &= ((0,02 \times \alpha) - 0,4) \times W \times \text{jarak gording} \\ &= ((0,02 \times 10^\circ) - 0,4) \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} qhx &= -7,5 \text{ kg/m} \\ Mx &= 1/8 \times qhx \times (1)^2 \\ &= 1/8 \times -7,5 \text{ kg/m} \times (1\text{m})^2 \\ &= -0,9375 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Angin Hisap} &= -(0,4 \times W \times \text{Jarak gording}) \\ &= -(0,4 \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m}) \\ &= -15 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Untuk gording karena beban angin bekerja tegak lurus sumbu x sehingga hanya ada Mx.

c. Pembebanan Akibat Beban Hidup (Pelaksanaan)

$$\text{Beban Pekerja (P)} = 100 \text{ Kg}$$

$$Px = P \sin \alpha = 100 \text{ kg} \times \sin 10^\circ = 17,3648 \text{ kg}$$

$$Py = P \cos \alpha = 100 \text{ kg} \times \cos 10^\circ = 98,480 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} MPx &= 1/4 \times Py \times (l) \\ &= 1/4 \times 17,3648 \times (1\text{m}) \\ &= 4,3412 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mpy &= 1/4 \times Px \times (l) \\ &= 1/4 \times 98,480 \text{ kg} \times (1\text{m}) \\ &= 24,62 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

1. Beban Mati

$$Qdx = 14,3277 \text{ kg/m} = 0,143277 \text{ N/mm}$$

$$Qdy = 81,2565 \text{ kg/m} = 0,812565 \text{ N/mm}$$

$$\delta = 5 \cdot q \cdot l^4$$

$$\delta = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times EI}$$

$$\delta_x = \frac{5 \times q_{dx} \times \left(\frac{l}{2}\right)^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 0,143277 \times \left(\frac{1000}{2}\right)^4}{384 \times 200000 \times 540000} = 0,001079 \text{ mm}$$

$$\delta_y = \frac{5 \times q_{dy} \times l^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \times 0,812565 \times 1000^4}{384 \times 200000 \times 332000} = 0,151934 \text{ mm}$$

2. Beban Pekerja

$$P_x = 4,3412 \text{ kg} = 43,412 \text{ N}$$

$$P_y = 24,62 \text{ kg} = 246,2 \text{ N}$$

$$\delta = \frac{1}{48} \left(\frac{P \cdot L^3}{E \cdot I} \right)$$

$$\delta_x = \frac{1}{48} \left(\frac{P_x \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^3}{E \cdot I_y} \right) = \frac{1}{48} \left(\frac{43,412 \times \left(\frac{1000}{2}\right)^3}{200000 \times 540000} \right) = 0,0010467 \text{ mm}$$

$$\delta_y = \frac{1}{48} \left(\frac{P_y \cdot l^3}{E \cdot I_x} \right) = \frac{1}{48} \left(\frac{246,2 \times 1000^3}{200000 \times 332000} \right) = 0,0772 \text{ mm}$$

3. Beban Angin

$$Q_{hx} = 7,5 \text{ kg/m} = 0,075 \text{ N/mm}$$

$$\delta = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E \cdot I}$$

$$\delta_x = \frac{5 \times q_{hx} \times \left(\frac{l}{2}\right)^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 0,075 \times \left(\frac{1000}{2}\right)^4}{384 \times 200000 \times 540000} = 0,000565 \text{ mm}$$

Lendutan Kombinasi

$$\delta_{x\text{total}} = 0,001079 + 0,0010467 + 0,000565 = 0,001079 \text{ mm}$$

$$\delta_{y\text{total}} = 0,151934 + 0,0772 + 0 = 0,229134 \text{ mm}$$

$$\delta = \sqrt{(\delta_x)^2 + (\delta_y)^2} = \sqrt{(0,001079)^2 + (0,229134)^2} = 0,22913 \text{ cm}$$

$$0,22913 \leq L/360$$

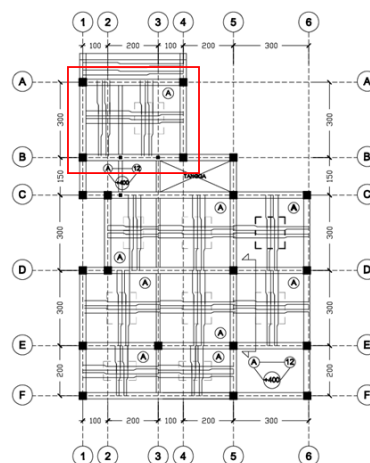
$$0,22913 \leq 1000/360$$

$$0,22913 \leq 2,777 \text{ (Aman)}$$

Setelah dilakukan perhitungan desain dapat dilihat struktur rangka atap mampu menahan beban yang bekerja pada atap bangunan rumah.

Penentuan Dimensi Pelat

Adapun data – data perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan dimensi pelat sebagai berikut :



Gambar 7. Denah Rencana Plat

Dilihat pada denah rencana pelat, rencana pelat dengan luasan terbesar berada pada pelat kamar tidur utama dengan panjang 3000 mm dan lebar 4000 mm, maka perhitungan dimensi pelat sebagai berikut :

$$L_x = 3000 \text{ mm}$$

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

$$\beta = \left\lfloor \frac{Ly}{Lx} = \frac{4000}{3000} = 1,3 \text{ mm} \leq 2 \text{ termasuk two way slab} \right.$$

$$\begin{aligned} \text{LnY} &= \text{Panjang bentang} - \left(2 \times \frac{1}{2} \times \text{lebar balok} \right) \\ &= 400 - \left(2 \times \frac{1}{2} \times 25 \right) \\ &= \frac{375}{\text{cm}} \approx 3750 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LnX} &= \text{Panjang bentang} - \left(2 \times \frac{1}{2} \times \text{lebar balok} \right) \\ &= 300 - \left(2 \times \frac{1}{2} \times 25 \right) \\ &= 275 \text{ cm} \approx 2750 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penentuan α_m sebagai berikut :

Sisi Balok Induk BI (25 cm x 45 cm), L = 400 cm

$$\begin{aligned} \alpha_{BI 1} &= \frac{Ecb/Ib}{Ecb/Ip} \\ &= \frac{(4700\sqrt{25}/\frac{1}{12} \times 25 \times 45^3)}{(4700\sqrt{25}/\frac{1}{12} \times 400 \times 12^3)} \\ &= 0,31 \end{aligned}$$

Sisi Balok Induk BI (25 cm x 45 cm), L = 300 cm

$$\begin{aligned} \alpha_{BI 2} &= \frac{Ecb/Ib}{Ecb/Ip} \\ &= \frac{(4700\sqrt{25}/\frac{1}{12} \times 25 \times 45^3)}{(4700\sqrt{25}/\frac{1}{12} \times 300 \times 12^3)} \\ &= 0,22 \end{aligned}$$

Jadi rasio kekakuan rata – rata :

$$\begin{aligned} \alpha_m &= \frac{\alpha_{BI 1} + \alpha_{BI 1} + \alpha_{BI 2} + \alpha_{BI 2}}{4} \\ &= \frac{0,31 + 0,31 + 0,22 + 0,22}{4} \\ &= 0,265 \leq 2 \end{aligned}$$

Karena $\alpha_m \leq 2$ maka rumus tebal pelat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H &= \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \\ &= \frac{3750\left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + 9(1,33)} \\ &= 84,87 \end{aligned}$$

Dalam ketentuan SNI 2847-2019, tebal pelat tidak boleh < 120 mm

Maka diambil tebal pelat 120 mm.

Penentuan Dimensi Kolom

Penentuan dimensi kolom dengan cara dimensi terkecil kolom lebih dari atau sama dengan lebar balok ($B_{Kolom} \geq B_{Balok}$). Dalam SNI 2847 : 2019 pasal 18.7.2.1 hal. 385 menentukan syarat untuk ukuran penampang kolom, yakni :

a. Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300mm, dengan rumus :

$$B \geq 300 \text{ mm}$$

b. Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4, dengan rumus :

$$\frac{B}{H} > 0,4$$

Setelah mengetahui syarat menentukan penampang kolom, maka direncanakan ukuran kolom 300 mm x 300 mm, kemudian pengecekan dimensi sesuai dengan syarat diatas :

- Cek syarat $B \geq 300 \text{ mm}$
 $B = 300 \text{ mm}$
 $300 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$ (AMAN)

2. Cek syarat $\frac{b}{h} > 0,4$

$$B = 300 \text{ mm}, h = 300 \text{ mm}$$

$$\frac{300}{300} = 1 > 0,4 \text{ (AMAN)}$$

Jadi, setelah pengecekan sesuai dengan syarat SNI untuk penampang kolom dengan dimensi 300 mm × 300 mm aman digunakan.

Klasifikasi beban pada kolom, data – data perencanaan sebagai berikut :

Kuat tekan beton (f_c')	= 25 Mpa
Kuat leleh tulangan (f_y)	= 400 Mpa
Ukuran Balok BI	= 25 cm x 45 cm
Ukuran Balok BA	= 15 cm x 25 cm
Tebal Peleat	= 12 cm
Tinggi tiap lamtai	= 400 cm
Bentang terbesar	= 400 cm x 300 cm
Tebal spesi	= 5 cm
Tebal keramik	= 0,5 cm

Berdasarkan beban desain minimum pada SNI 1727:2020, sebagai berikut :

Beton	= 2200 kg/m ³
Beton bertulang	= 2400 kg/m ³
Dinding ½ bata	= 2,5 kN/m ²
Spesi	= 21 kN/m ³
Keramik	= 24 kN/m ³
Plafond	= 0,18 kN/m ³

Perhitungan Pembebanan Kolom

a. Beban Mati

Beban Mati Dinding

$$\text{Dinding dengan BI} = 4 \text{ m} \times (4 \text{ m} + 3 \text{ m}) = 28 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Dinding dengan BA} = 4 \text{ m} \times (4 \text{ m} + 3 \text{ m}) = 28 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total} = 56 \text{ kN/m}^2$$

Beban Mati Lantai 1

$$\text{Berat Sendiri kolom} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 8,64 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sloof SI} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 0,25 \text{ m} \times 0,45 \text{ m} \times (4 \text{ m} + 3 \text{ m}) = 18,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sloof SA} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 0,15 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times (4 \text{ m} + 3 \text{ m}) = 6,3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pelat} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,12 \text{ m} = 34,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 21 \text{ kN/m}^3 \times 0,05 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 12,6 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Keramik} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 0,005 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 1,44 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Plafond} = 0,18 \text{ kN/m}^3 \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 2,16 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Dinding dengan BI} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2,5 \text{ kN/m}^3 = 40 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Dinding dengan BA} = 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2,5 \text{ kN/m}^3 = 30 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total} = 154,6 \text{ kN/m}^2$$

Beban Mati Lantai 2

$$\text{Berat Sendiri kolom} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 8,64 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Balok BI} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 0,25 \text{ m} \times 0,45 \text{ m} \times (4 \text{ m} + 3 \text{ m}) = 18,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Balok BA} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 0,15 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times (4 \text{ m} + 3 \text{ m}) = 6,3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pelat} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,12 \text{ m} = 34,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 21 \text{ kN/m}^3 \times 0,05 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 12,6 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Keramik} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 0,005 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 1,44 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Plafond} = 0,18 \text{ kN/m}^3 \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 2,16 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Dinding dengan BI} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2,5 \text{ kN/m}^3 = 40 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Dinding dengan BA} = 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2,5 \text{ kN/m}^3 = 30 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total} = 154,6 \text{ kN/m}^2$$

Beban Mati Atap

$$\text{Berat Atap} = 0,057 \text{ kN/m}^2 \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 0,684 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Ring Balok} = 24 \text{ kN/m}^3 \times 0,15 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times (4 \text{ m} + 3 \text{ m}) = 6,3 \text{ kN/m}^2$$

Total = 6,984 kN/m²

b. Beban Hidup

Berat hidup Lantai 1 = 4,79 kN/m² × 4 m × 3 m = 57,48 kN/m²

Berat hidup Lantai 2 = 4,79 kN/m² × 4 m × 3 m = 57,48 kN/m²

Berat hidup Lantai Atap = 0,96 kN/m² × 4 m × 3 m = 11,52 kN/m²

Total = 126,48 kN/m²

c. Beban Hujan dan Angin

Berat Hujan Atap = 0,5 kN/m² × 4 × 3 = 6 kN/m²

Berat Angin Atap = 0,25 kN/m² × 4 × 3 = 3 kN/m²

Total = 9 kN/m²

Total seluruh beban yakni :

Total = 372,184 + 126,48 + 9 = 507,664 kN

Total Beban × 10³ = 0,3 × Ag × fc'

507,664 kN = 0,3 × Ag × 25 Mpa

Ag Perlu = $\frac{507,664}{0,3 \times 25} = 67688,53$

b = \sqrt{Ag}
 = $\sqrt{67688,53}$
 = 260,1702 mm

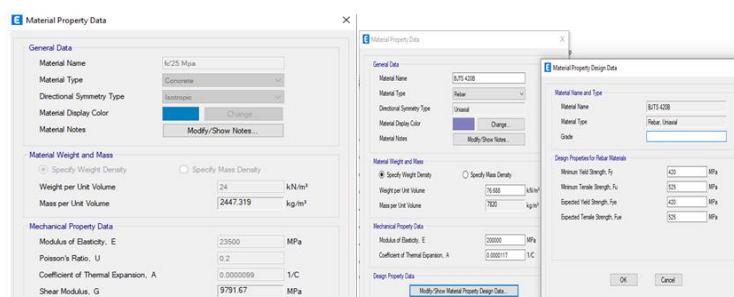
Maka b yang diambil adalah 260,1702 ≈ 300 mm

Jadi, dimensi kolom yang digunakan yaitu 300 mm × 300 mm

Pemodelan Struktur

Input Material

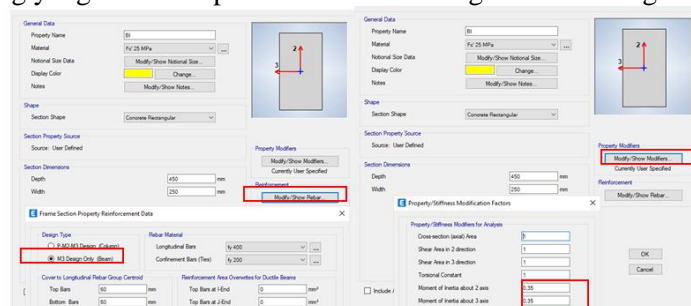
Input material bertujuan untuk menentukan karakteristik material yang akan digunakan dalam analisa struktur. Material yang telah direncanakan yaitu (fy = 420) dan (fc'= 25 Mpa), akan di input di ETABS 21 dengan detail sebagai berikut :



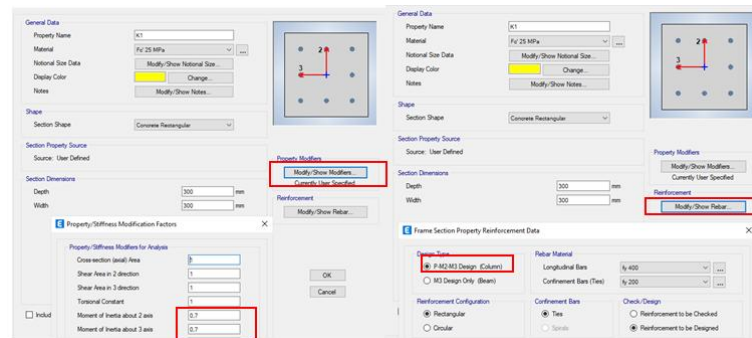
Gambar 8. Input Material Beton dan Baja

Input Penampang

Input penampang bertujuan untuk menginput ukuran-ukuran dari penampang yang akan digunakan. penampang yang akan di input di ETABS 21 dengan detail sebagai berikut :



Gambar 9. Penampang Balok (B1) dengan ukuran 250 mm x 450 mm

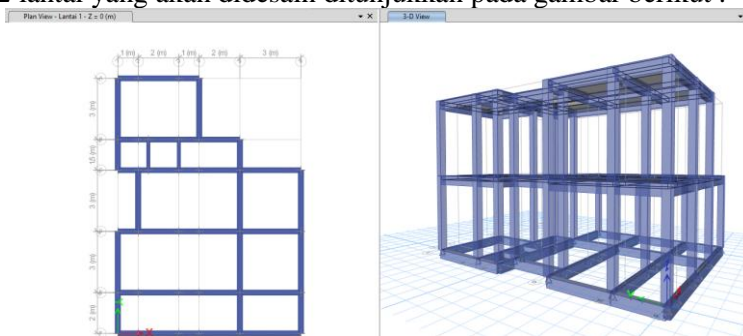


Gambar 10. Penampang Kolom (K1) dengan ukuran 300 mm x 300 mm

Untuk balok anak dan balok sloof diinput sama seperti detail gambar diatas, dimensi dan material disesuaikan dengan *Preliminary Design*.

Penggambaran Struktur (Denah, Portal 3D)

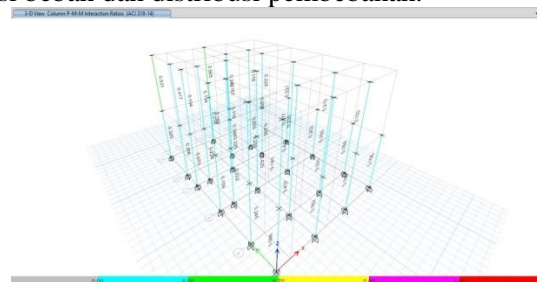
Pemodelan struktur dilakukan dengan Program ETABS 21. Pemodelan struktur rumah tinggal ramah lingkungan 2 lantai yang akan didesain ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 11. Rencana Pemodelan Stuktur Rumah Tinggal

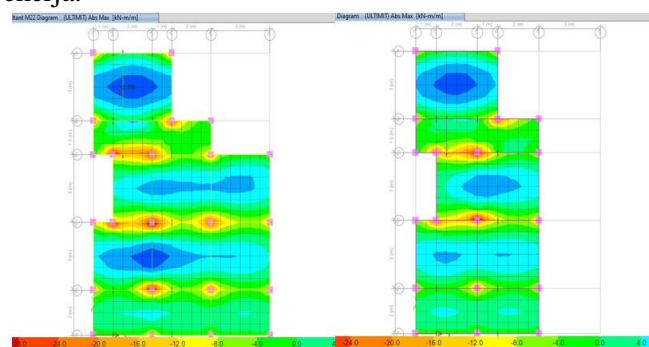
Output Hasil Run Analysis

Run analysis merupakan proses perhitungan yang dilakukan oleh program ETABS 21 terhadap tahapan-tahapan input yang dilakukan sebelumnya seperti input data material, input data penampang, input kombinasi beban dan distribusi pembebanan.



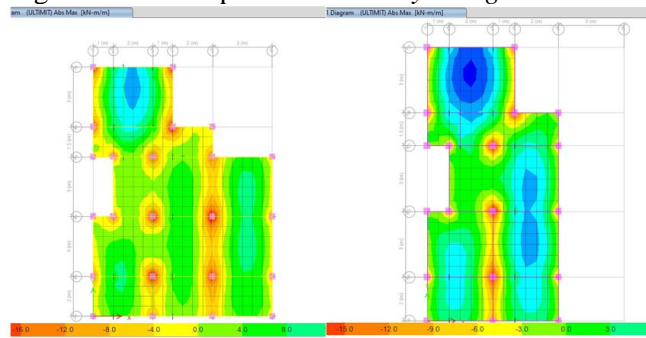
Gambar 12. Output Hasil Run Analysis Kolom pada ETABS 21

Hasil *run analysis* kolom dapat dilihat pada gambar 6, dengan dimensi kolom 300 mm x 300 mm menggunakan mutu kuat tekan beton yang di syaratkan ($f_c' = 25$ Mpa) dan ($f_y = 420$) mampu menahan beban yang bekerja.



Gambar 13. Output Hasil Run Analisis pada ETABS 21

Hasil *run analysis* untuk tumpuan dapat dilihat pada gambar 7, dengan menggunakan mutu kuat tekan beton yang di syaratkan ($f_c' = 25$ Mpa) dan ($f_y = 420$) mampu menahan beban yang bekerja. Dilihat indeks warna pada analisa program etabs berwarna hijau yang mengartikan struktur dapat menahan beban yang direncanakan pada *Preliminary Design*.



Gambar 14. *Output Hasil Run Analisis pada ETABS 21*

Hasil *run analysis* untuk tumpuan dapat dilihat pada gambar 8, dengan menggunakan mutu kuat tekan beton yang di syaratkan ($f_c' = 25$ Mpa) dan ($f_y = 420$) mampu menahan beban yang bekerja. Dilihat indeks warna pada analisa program etabs berwarna hijau yang mengartikan struktur dapat menahan beban yang direncanakan pada *Preliminary Design*.

D. Penutup

Setelah melakukan analisa perhitungan secara manual maupun dengan program ETABS 21 pada perencanaan struktur rumah tinggal ramah lingkungan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Beton daur ulang dapat digunakan untuk struktur rumah ramah lingkungan, tetapi beton daur ulang juga harus disesuaikan dengan mutu kuat tekan yang direncanakan. Mutu kuat tekan yang digunakan pada struktur rumah ramah lingkungan type 200 m² ini yaitu ($f_c' = 25$ Mpa), ($f_y = 420$).
2. Desain struktur rumah dengan menggunakan struktur beton bertulang berdasarkan output program ETABS 21 dengan dimensi dan kuat tekan ($f_c' = 25$ Mpa), ($f_y = 420$) yang telah direncanakan mampu menahan beban yang bekerja pada bangunan.

Desain struktur meliputi dimensi sebagai berikut :

- a. Rangka atap menggunakan struktur baja ringan.
- b. Tebal pelat 12 cm dengan memakai tulangan $\phi 10 - 150$.
- c. Dimensi kolom sebesar 300 mm x 300 mm dengan memakai tulangan 8 $\phi 16$.
- d. Dimensi balok utama sebesar 250 mm x 450 mm, memakai tulangan 8 $\phi 16$.
- e. Dimensi balok anak sebesar 150 mm x 250 mm, memakai tulangan 4 $\phi 16$.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI-2847-2019-*Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan Gedung*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020a). SNI-1727-2020- *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020c). SNI-8900-2020-*Panduan Desain Sederhana Untuk Bangunan Beton Bertulang*.
- Kusuma, et al. (2019). *Konsep Rumah Ramah Lingkungan Dalam Industri Konstruksi*.
- Pradana, C. H., & Hariyani, D. S. (2021). *Penerapan Material yang Ramah Lingkungan pada Bangunan di Indonesia*. 8, C015–C018. <https://doi.org/10.32315/ti.9.c015>