



ANALISIS BAMBU SEBAGAI STRUKTUR BALOK BANGUNAN RUMAH TINGGAL BERTINGKAT (ANALYSIS OF BAMBOO AS A BEAM STRUCTURE OF STAY HOUSE BUILDING)

Aditya Purnama¹, Imam Suyadi²

Program Studi Teknik Sipil Universitas Tulungagung¹

Jalan Ki mangunsarkoro Beji, Kec. Boyolangu, Kab. Tulungagung 66233

Email: purnamaaditya126@gmail.com

Program Studi Teknik Sipil Universitas Tulungagung²

Jalan Ki mangunsarkoro Beji, Kec. Boyolangu, Kab. Tulungagung 66233

Email: imamsuyadhi@gmail.com

Abstract

Bamboo material is a renewable natural product that can be obtained easily, cheaply, easily planted, grows fast, can reduce the effects of global warming, and has a very high tensile strength that can be competed with steel. Bamboo is a material that is commonly found in several villages and mountainous areas in Tulungagung, therefore bamboo material has a relatively cheap price.

Loading reviews dead load and lives load. The analysis carried out in this study is loading, calculating the ultimate moment, normal force, and transverse force, then planning the bamboo beam against bending, tensile and compressive axial forces, and planning the shear of the bamboo beam. Then the bamboo beam is controlled against the combined axial bending load.

Based on the results of the analysis and planning calculations, it was obtained that a bamboo beam with a stretch of 5 meters required 3 pieces of bamboo used to resist bending, and 2 pieces of bamboo needed as diagonal support. The bamboo used is bamboo with a diameter of 10 cm with a bamboo wall thickness of 1 cm.

Keywords: Bamboo; beam; renewable; analysis; design

Abstrak

Material bambu merupakan produk hasil alam yang *renewable* yang dapat diperoleh dengan mudah, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek *global warming* serta memiliki kuat tarik sangat tinggi yang dapat dipersaingkan dengan baja. Bambu merupakan material yang banyak ditemui di beberapa desa dan daerah pegunungan di Tulungagung, maka dari itu material bambu memiliki harga yang relatif murah.

Pembebanan meninjau beban mati dan beban hidup. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah pembebanan, menghitung momen ultimate, gaya normal, gaya lintang, kemudian merencanakan balok bambu terhadap lentur, gaya aksial tarik dan tekan, dan merencanakan geser balok bambu. Kemudian balok bambu dikontrol terhadap beban kombinasi aksial lentur.

Berdasarkan hasil dari perhitungan analisis dan perencanaan diperoleh hasil balok bambu dengan bentangan 5 meter diperlukan bambu yang digunakan untuk menahan lentur sebanyak 3 buah, bambu yang diperlukan sebagai *diagonal support* sebanyak 2 buah. Bambu yang digunakan ialah bambu dengan diameter 10 cm dengan ketebalan dinding bambu 1 cm.

Kata Kunci: Bambu; balok; *renewable*; analisis; perencanaan

PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan hunian yang berkualitas, artistik, dan ekonomis semakin meningkat, maka dari itu pemilihan material yang digunakan sangat menentukan. Selain material, konsep konstruksi dari bangunan rumah tersebut harus efektif dan efisien, harus menyesuaikan material struktur yang digunakan.

Bambu merupakan produk hasil alam yang *renewable* yang dapat diperoleh dengan mudah, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek *global warming* serta memiliki kuat tarik sangat tinggi yang dapat dipersaingkan dengan baja (Agus Setiya Budi, 2009). Material bambu merupakan material yang banyak ditemui di Jawa Timur, khususnya di Tulungagung material bambu masih banyak ditemui di beberapa desa dan daerah pegunungan, maka dari itu material bambu memiliki harga yang relatif murah. Memilih bambu sebagai

material struktur rumah dua lantai juga akan meningkatkan perekonomian daerah. Salah satu contoh bangunan rumah tinggal bertingkat dengan menggunakan material bambu sebagai struktur utama dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Bangunan Rumah Tinggal Bertingkat dengan Menggunakan Material Bambu Sebagai Struktur Utama

(Sumber: <https://fabelio.com/blog/keuntungan-material-bambu/>)

Bambu merupakan material yang dapat membuat kita menjadi berdaulat pada bidang material struktur, karena material ini banyak tersedia di sekitar kita dan kita tidak tergantung dari pihak lain untuk pengadaan material bambu tersebut, selama masyarakat masih menghargai alam untuk tidak menebang bambu secara berlebihan, harga bambu akan selalu stabil. Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan analisis bambu sebagai struktur balok bangunan rumah tinggal bertingkat.

Mengacu pada latar belakang di atas maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut: bagaimana analisis struktur balok bambu bangunan rumah tinggal bertingkat dan bagaimana perencanaan balok bambu bagnuna rumah tinggal bertingkat.

Untuk mendapatkan hasil yang baik, maka diperlukan batasan-batasan sebagai berikut: peraturan pembebanan menggunakan SNI 1727:2013 (Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain), beban hidup menggunakan beban lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik, atau bengkel (192 kg/m²), material struktur balok bangunan rumah tinggal bertingkat menggunakan bambu, perhitungan gaya momen, gaya normal, dan gaya geser pada balok struktur bambu menggunakan Midas Gen 2019.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk: mengetahui analisis struktur balok bambu bangunan rumah tinggal bertingkat dan mengetahui perencanaan balok bambu bagnuna rumah tinggal bertingkat.

METODE PENELITIAN

Tahapan pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai langkah-langkah penelitian secara sistematis supaya proses penelitian dapat berjalan dengan teratur dan benar.

Analisis kebutuhan bambu dan pemasangan bambu sebagai struktur balok banguan rumah tinggal bertingkat menggunakan bambu yang memiliki ukuran diameter ± 10 cm, dengan ketebalan dinding bambu ± 1 cm. Pilihan jenis bambu yang dapat digunakan pada analisis ini ialah bambu apus yang dapat dilihat pada gambar 2, bambu galah yang dapat dilihat pada gambar 3, dan bambu petung yang dapat dilihat pada gambar 4. Bambu petung masih banyak ditemukan di daerah Kabupaten Tulungagung, hal ini merupakan potensi yang dapat dimanfaatkan secara lebih baik.



Gambar 2. Bambo Petung
(Sumber:https://bumdesakota.id/menyediakan_bambu_petung,_ori_dan_jawa_panjang_minimal_10_meter_130)



Gambar 3. Bambo Apus
(Sumber:<https://www.tokopedia.com/bosbam/bambu-apus-tali-panjang-6-meter-500-batang>)

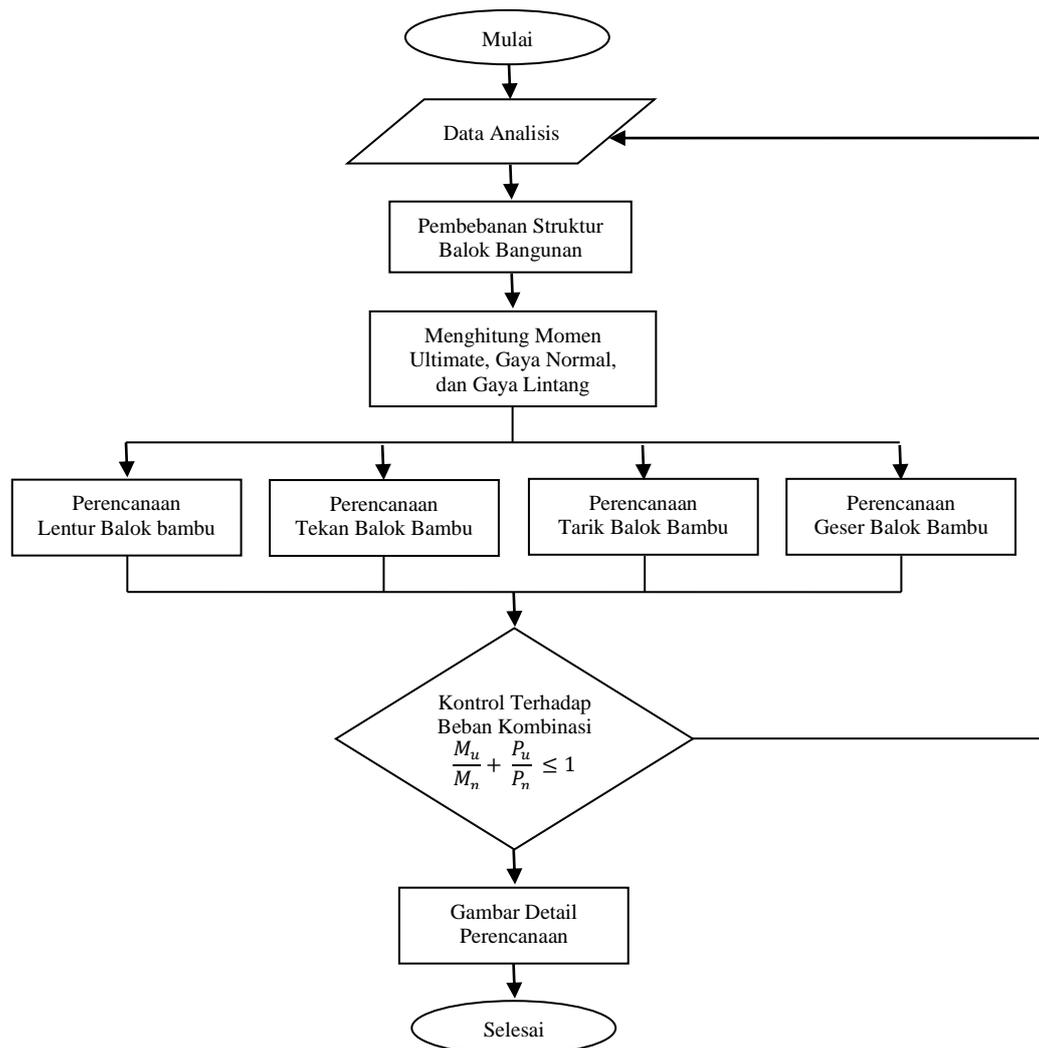


Gambar 4. Bambo Galah
(Sumber:<https://www.facebook.com/357113511606718/photos/a.357114298273306/58428655556078/?type=3&theater>)

Pembebanan pada perhitungan analisis bambu sebagai struktur balok bangunan rumah tinggal bertingkat meninjau beban mati dari struktur balok bambu tersebut dan beban hidup dari penggunaan bangunan rumah tinggal.

Perhitungan analisis struktur balok bambu agar dapat dilakukan perencanaan balok bambu dengan baik dan benar langkah-langkah yang harus dilakukan ialah menghitung pembebanan, menghitung besar momen ultimate, gaya normal, gaya lintang, kemudian merencanakan balok bambu terhadap lentur, kemudian merencanakan balok bambu terhadap gaya aksial baik tarik maupun tekan, merencanakan balok bambu terhadap gaya geser yang terjadi, kemudian balok bambu dikontrol terhadap beban kombinasi aksial lentur.

Analisa statika untuk mengetahui besarnya gaya dalam yang terjadi pada balok bambu bangunan gedung bertingkat dilakukan dengan Midas Gen 2019. Baganl alurl analisis bambu sebagai struktur lantai bangunan rumah tinggal bertingkat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alur Analisis Perhitungan

Sifat Mekanika Bambu

Sifat mekanika sangat diperlukan untuk memberi petunjuk tentang cara pengerjaan maupun sifat barang yang akan dihasilkan. Hasil pengujian sifat mekanis bambu telah diberikan oleh Ginoga (1977) sebagai tahap pendahuluan. Pengujian menggunakan bambu apus (*Gigantochloa apus* Kurz.) dan bambu hitam (*Gigantochloa nigrocillata* Kurz.). Sifat mekanis bambu dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain ialah umur, posisi ketinggian, diameter, tebal daging bambu, posisi beban (pada buku atau ruas), posisi radial dari luas sampai ke bagian dalam dan kadar air bambu. Sifat mekanika adalah sesuatu yang paling utama dalam merencanakan bambu sebagai bahan konstruksi. Besar kecilnya sifat mekanika bambu ini sangat menentukan kuat tidaknya, dan layak tidaknya digunakan pada posisi tertentu pada konstruksi bangunan. Lingkungan tempat tumbuh bambu juga sangat mempengaruhi sifat mekanik bambu. Sifat mekanik bambu terdiri dari beberapa hal berikut:

Kuat Tekan Bambu

Gaya tekan yang mampu ditahan oleh bambu dipengaruhi ada tidaknya ruas pada batang yang ditinjau. Bagian batang tanpa ruas memiliki kuat tekan (8 – 45)% lebih tinggi dari pada batang bambu yang beruas (Eratodi 2017:25). Contoh pengujian kuat tekan bambu dapat dilihat pada gambar 6, sedangkan hasil uji tekan bambu yang sudah dilakukan penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilihat pada gambar 7.

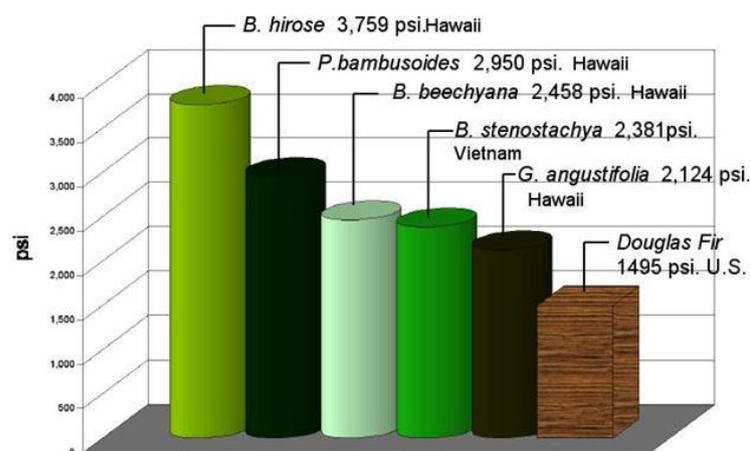
Kuat tekan batang bambu dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\sigma_{tk} = \frac{P_{tk}}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

dimana : P_{tk} = Beban tekan maksimum (N)
 A = Luas bidang tekan (mm^2)



Gambar 6. Uji Tekan Bambu
(Sumber: Eratodi, 2017)



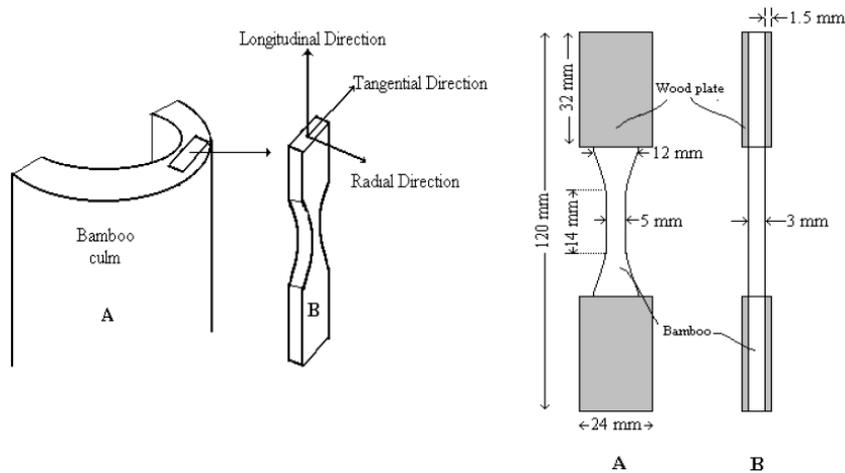
Gambar 7. Hasil Uji Tekan Bambu
(Sumber: Eratodi, 2017)

Kuat Tarik Bambu

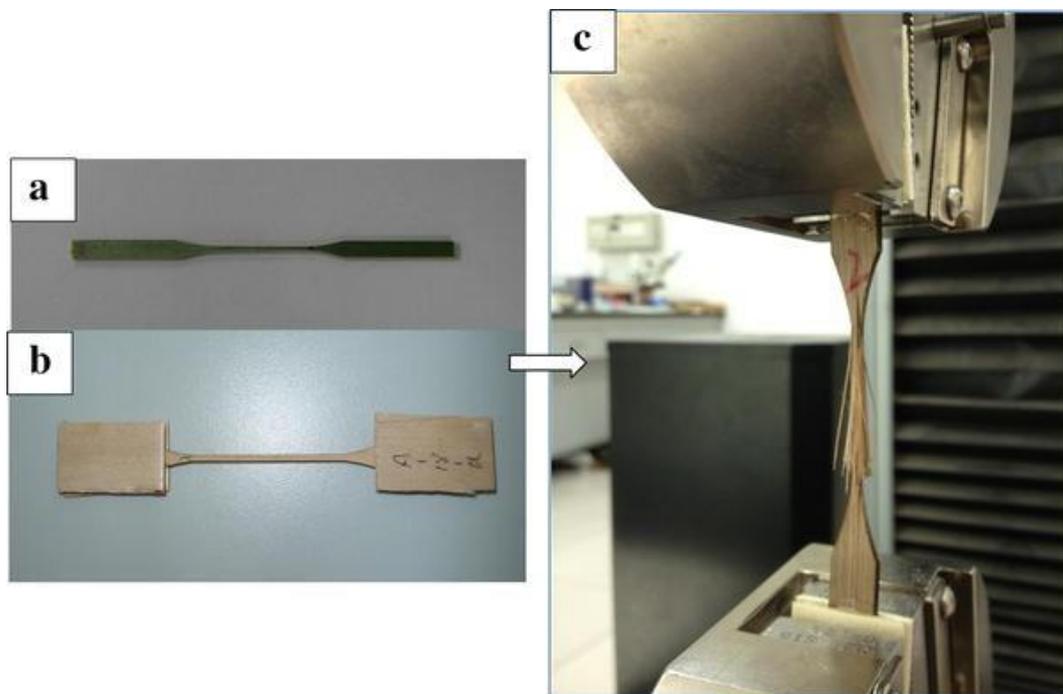
Batang bambu yang digunakan sangat menentukan besarnya gaya tarik yang mampu ditahan oleh bambu. Bagian ujung memiliki kekuatan terhadap gaya tarik 12% lebih rendah dibanding dengan bagian pangkal (Eratodi 2017:25). Contoh pembuatan spesimen uji tarik bambu dapat dilihat pada gambar 8, sedangkan contoh pengujian kuat tarik bambu dapat dilihat pada gambar 9. Kuat tarik batang bambu dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\sigma_{tr} = \frac{P_{tr}}{A_n} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

dimana : P_{tr} = Beban tarik maksimum (N)
 A_n = Luas bersih bidang tarik (mm^2)



Gambar 8. Pembuatan Spesimen Uji Tarik Bambu
(Sumber: Mirmehdi, 2016)



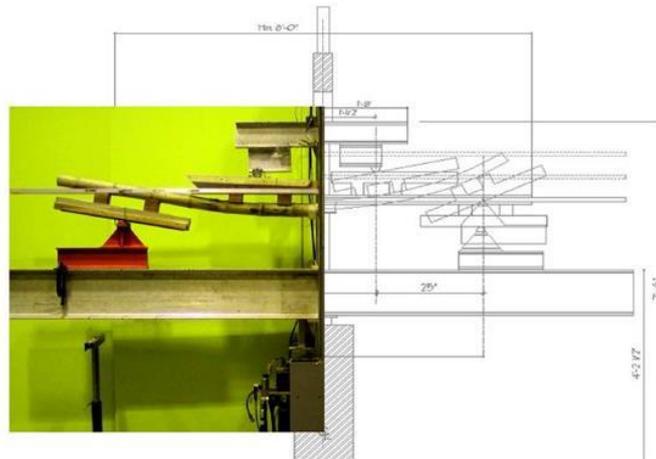
Gambar 9. Uji Tarik Bambu
(Sumber: Chen, H., Cheng, H., Wang, G. et al, 2015)

Kuat Lentur Bambu(Modulus of Rupture (MOR))

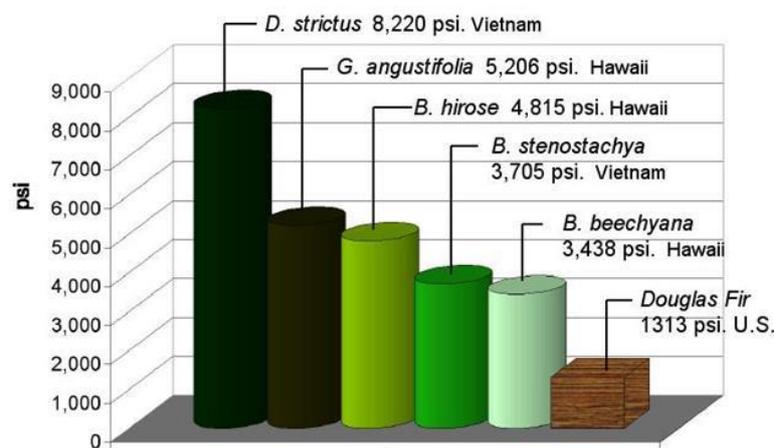
Kuat Lentur merupakan ukuran kemampuan suatu bahan menahan beban lentur yang bekerja tegak lurus sumbu memanjang serat. Contoh pengujian lentur batang bambu dapat dilihat pada gambar 10, sedangkan hasil pengujian lentur bambu pada penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilihat pada gambar 11. Nilai kuat lentur bahan pada batang lentur tumpuan sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sigma_{lt} = \frac{3 \cdot P_{max} \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

- dimana :
- P_{max} = Beban maksimum (N)
 - b = Lebar benda uji (mm)
 - h = Tinggi benda uji (mm)
 - L = Jarak antar tumpuan (mm)



Gambar 10. Uji Lentur Batang Bambu (*Bending*)
(Sumber: Eratodi, 2017)



Gambar 11. Hasil Uji Lentur Bambu (*Bending*)
(Sumber: Eratodi, 2017)

Modulus Elastisitas (E) atau *Modulus of Elasticity* (MOE)

Perbandingan tegangan terhadap regangan atau tegangan per satuan regangan disebut sebagai modulus elastisitas atau biasa disebut modulus young. Semakin besar nilai modulus elastisitas, maka semakin besar pula tegangan yang diperlukan untuk menghasilkan regangan tertentu. Modulus elastisitas merupakan implikasi bahwa deformasi yang terjadi akibat suatu beban tertentu yang dapat kembali ke posisi semula secara sempurna setelah beban diadakan. Nilai modulus elastisitas bahan pada batang lentur tumpuan sederhana dengan beban terpusat di tangan bentang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E = \frac{P \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \delta}$$

dimana :

P	= Beban pada tengah bentang (N)
b	= Lebar benda uji (mm)
h	= Tinggi benda uji (mm)
L	= Jarak antar tumpuan (mm)
δ	= Defleksi pada titik lengkung (mm)

Hasil pengujian beberapa jenis bambu untuk mendapatkan sifat mekanik bambu dapat dilihat pada tabel 1. Jenis-jenis bambu yang diambil spesimennya untuk dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui sifat mekanika dari bambu antara lain: *Gigantochloa apus Kurz*

(bambu apus), *Gigantochloa Verticillata Munro* (bambu galah), dan *Dendrocalamus asper Backer* (bambu petung)

Tabel 1. Hasil pengujian 3 spesies bambu, *Gigantochloa apus Kurz* (bambu apus), *Gigantochloa Verticillata Munro* (bambu galah), dan *Dendrocalamus asper Backer* (bambu petung)

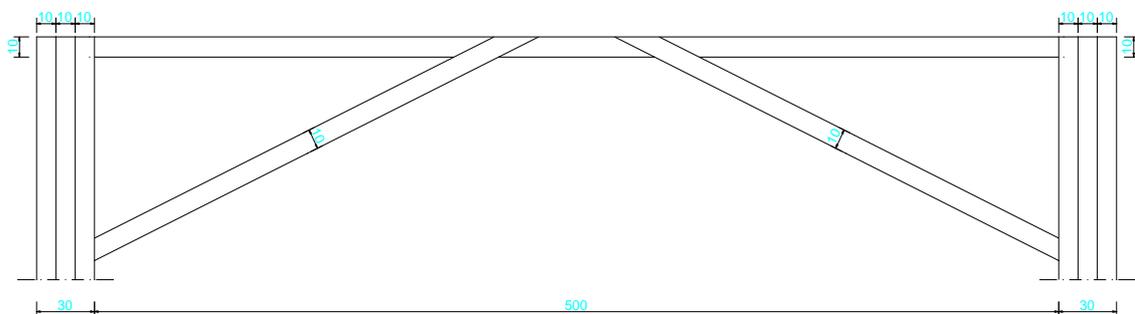
Sifat Mekanis	Besaran	Jumlah Spesimen
Kuat Tarik	118 – 275 MPa	234
Kuat Lentur	78,5 – 196 MPa	234
Kuat Tekan	49,9 – 58,8 MPa	234
E Tarik	8.728 – 31.381 MPa	54
E Tekan	5.590 – 21.182 MPa	234
Batas Regangan Tarik	0,0037 – 0,0244	54
Berat Jenis	0,67 – 0,72	132
Kadar Lemas	10,04 – 10,81 %	117

(Sumber: Siopongco dan Munandar, 1987)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Struktur Balok Bambu

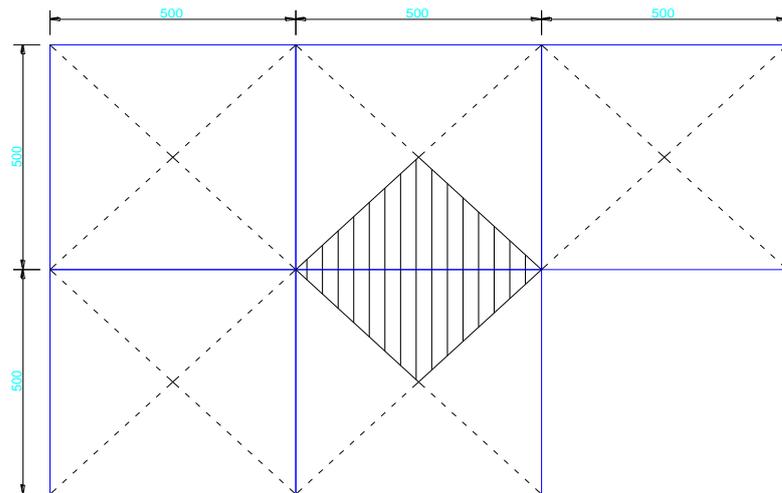
Struktur balok bambu merupakan struktur balok pada bangunan bertingkat yang hanya menggunakan bambu sebagai material struktur bambu untuk menahan beban pada balok bangunan bertingkat. Tahapan dalam menganalisis struktur balok bambu ialah menentukan sistem balok bambu yang digunakan, menghitung pembebanan, menghitung besar momen ultimate, menghitung kapasitas momen satu buah bambu, sehingga diketahui berapa jumlah bambu yang diperlukan untuk menahan beban pada balok bangunan bertingkat tersebut. Gambar konsep struktur balok bambu dapat dilihat pada gambar 12 berikut ini.



Gambar 12. Konsep Struktur Balok Bambu

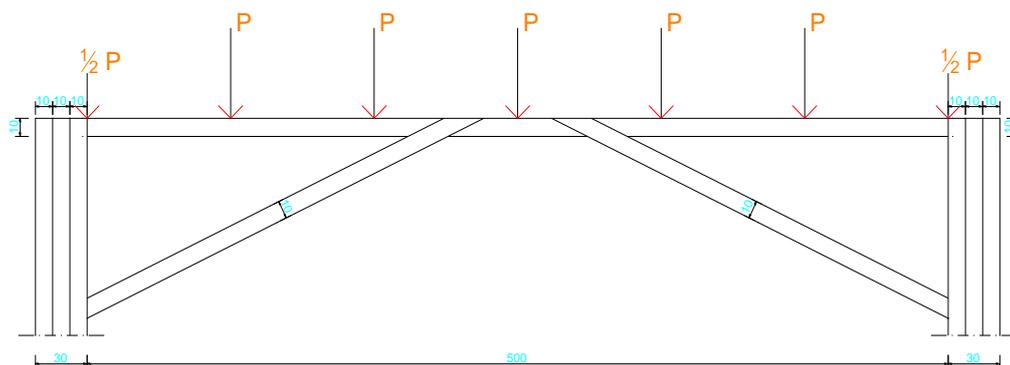
Menghitung Pembebanan

Beban yang digunakan dalam analisis ini terdiri dari beban mati (DL) dan beban hidup (LL). Selain beban lantai, pada beban mati (DL) juga terdapat beban sendiri dari struktur bambu tersebut. Lebar area beban untuk balok sebesar 3,33 m (1,67 m x 2) diperoleh dari pembagian beban dengan metode pembebanan amplop pada uangan dengan ukuran 5 m x 5 m. Perencanaan balok pada bangunan ini tidak direncanakan secara menerus karena memang konsep perencanaan balok bambu yang digunakan adalah model terpisah. Denah bangunan rumah tinggal bertingkat untuk menghitung pembebanan pada balok bambu dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Denah Bangunan Rumah Bertingkat Sebagai Pembebanan Balok Bambu

Beban merata pada balok bambu didistribusikan menjadi beban terpusat pada beberapa titik yang pengaruhnya paling signifikan. Hal ini dilakukan agar sistem struktur balok bambu yang digunakan bisa dimodelkan, sehingga dapat dilakukan analisis dengan menggunakan program bantu Midas Gen 2019. Berat sendiri dari balok bambu dimasukkan pada beban mati (DL) dengan menggunakan *selfweight*. Pendistribusian beban merata menjadi beban terpusat dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Pendistribusian Beban Merata Menjadi Beban Terpusat

Rincian pembebanan pada analisis struktur balok bambu dapat diuraikan sebagai berikut:

Beban Mati (DL):

• Keramik penutup lantai	24	x	3,33	= 80	Kg/m
• Spesi perekat keramik (tebal 4 cm)	84	x	3,33	= 280	Kg/m
• Dinding gypsum	30	x	3,70	= 111	Kg/m
• Berat bambu bagian atas	18,7	x	3,33	= 62,2	Kg/m
• Berat struktur lantai bambu	18,7	x	3,33	= 62,2	Kg/m
				<u>595,41</u>	Kg/m

Beban Hidup (LL):

• Beban guna bangunan	192	x	3,33	= 640	Kg/m
-----------------------	-----	---	------	-------	------

Beban Ultimate (q_u)

$$q_u = 595,41 \times 1,2 + 640 \times 1,6 = 1738,49 \text{ Kg/m}$$

Beban ultimate seperti yang dihitung di atas merupakan beban ultimate terbagi rata yang kemudian dikonfersi menjadi beban terpusat.

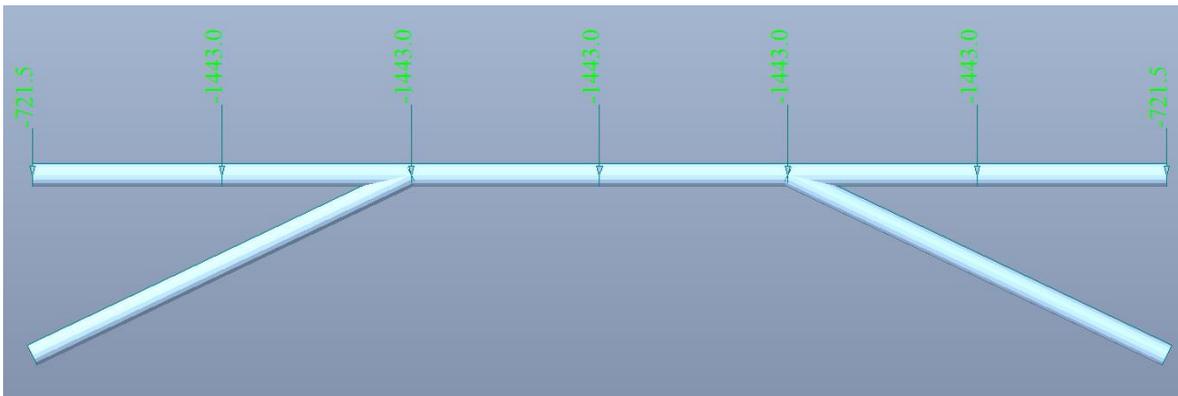
$$P_u = S \times q_u$$

$$P_u = 0,83 \times 1738,49 = 1442,95 \text{ Kg}$$

dimana S merupakan jarak antara titik pusat beban

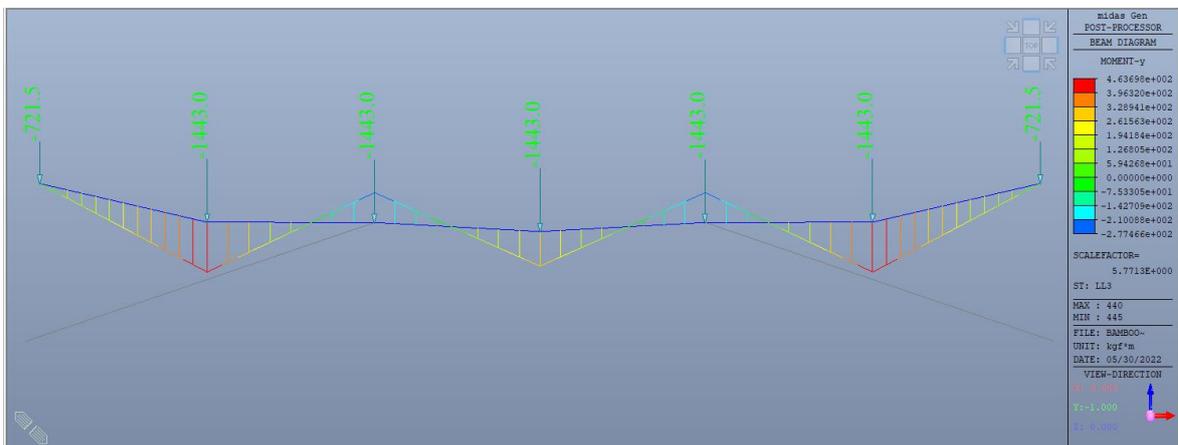
Menghitung Besar Momen Ultimate

Perhitungan struktur dilakukan dengan melakukan pemodelan menggunakan aplikasi program komputer Midas Gen 2019. Balok bambu menumpu pada kolom di kanan dan kiri dengan menggunakan tumpuan sendi-sendi. Pemodelan struktur balok bambu pada bangunan bertingkat dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Pemodelan Struktur Balok Bambu pada Bangunan Bertingkat

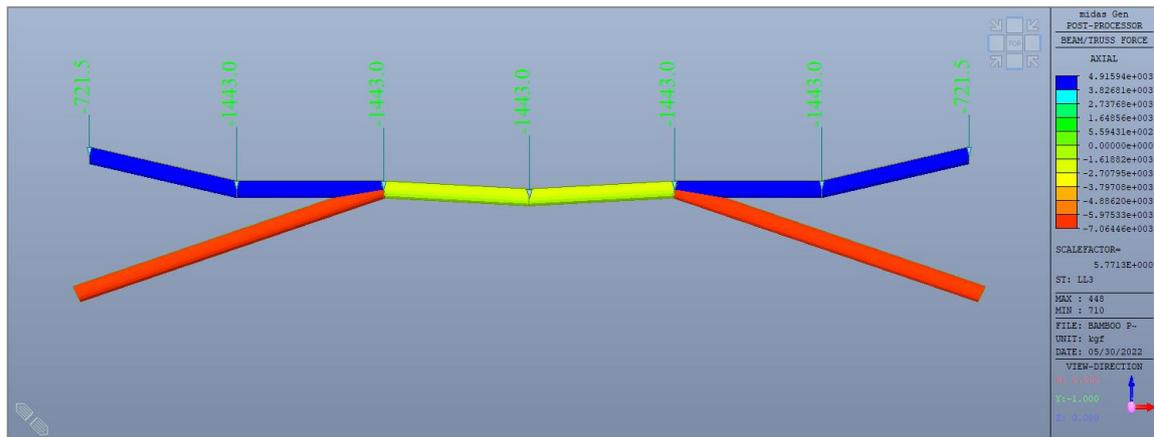
Berdasarkan perhitungan momen menggunakan Midas Gen 2019 diperoleh nilai *moment ultimate* (M_u) terbesar pada balok bambu tersebut adalah 463,70 kg.m. Hasil perhitungan momen ultimate pada balok bambu bangunan bertingkat dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Momen Ultimate pada Balok Bambu Bangunan Bertingkat

Menghitung Gaya Aksial pada Struktur Balok Bambu

Berdasarkan perhitungan gaya aksial yang terjadi pada *diagonal support* diperoleh hasil besar gaya normal tekan *ultimate* (C_u) yang terjadi sebesar 7.064,5 kg, sedangkan gaya normal tarik *ultimate* (T_u) yang terjadi pada balok bambu sebesar 4.915,94 kg. Hasil perhitungan gaya normal tekan yang terjadi pada *diagonal support* dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Perhitungan Gaya Normal pada Balok Bambu

Menghitung Kebutuhan Bambu untuk Menahan Lentur

Perhitungan kebutuhan bambu untuk menahan lentur pada balok bambu akan dijelaskan melalui perhitungan berikut ini. Perhitungan kapasitas momen satu buah bambu dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma_{lt} = \frac{M \cdot y}{I_b}$$

$$\sigma_{lt} \cdot \phi = \frac{M_u \cdot y}{I_b}$$

$$M_n = \frac{\sigma_{lt} \cdot \phi \cdot I_b}{y}$$

dengan :

- M_u = Momen maksimum yang bekerja pada balok (kg.cm)
- y = Jarak dari garis netral menuju tepi penampang bawah (cm)
- I_b = Inersia penampang bambu (cm⁴)
- σ_{lt} = Tegangan lentur pada tepi bambu bawah (kg/cm²)
- ϕ = Faktor reduksi kekuatan

Perhitungan inersia bambu (I_b) dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$I_b = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot (D_L^4 - D_D^4)$$

dengan :

- D_L = Diameter luar bambu (cm)
- D_D = Diameter dalam bambu (cm)

maka besar inersia bambu adalah sebagai berikut.

$$I_b = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot (D_L^4 - D_D^4)$$

$$I_b = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot (10^4 - 8^4)$$

$$I_b = 289.81 \text{ cm}^4$$

Perhitungan jarak dari garis netral menuju tepi penampang bawah (y) dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$y = \frac{D_L}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ cm}$$

maka besar kapasitas momen satu buah bambu adalah seperti berikut.

$$M_n = \frac{\sigma_{lt} \cdot \phi \cdot I_b}{y}$$

$$M_n = \frac{785 \cdot 0,5 \cdot 289,81}{5}$$

$$M_n = 22.750,24 \text{ kg.cm}$$

$$= 227,50 \text{ kg.m}$$

Perhitungan kebutuhan bambu akan diuraikan sebagai berikut.

$$n_{lt} = \frac{M_u}{M_n} = \frac{463,70}{227,50} = 2,04 \sim 3 \text{ Buah}$$

Menghitung Kebutuhan Bambu pada *Diagonal Support*

Diagonal support pada balok bambu berfungsi untuk menahan balok agar momen yang terjadi pada balok bambu tidak terlalu besar sehingga kebutuhan bambu yang diperlukan tidak terlalu banyak, selain itu semakin sedikit bambu yang diperlukan maka biaya akan semakin murah, selain itu pekerjaan juga akan semakin cepat diselesaikan.

Gaya tekan normal *ultimate* (C_u) pada *diagonal support* sebesar 7.064,5 kg. Perhitungan kapasitas tekan pada satu buah bambu dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$P_{cn} = A_g \cdot \frac{\sigma_{tk} \cdot \phi}{\omega}$$

dengan :

- A_g = Luas bruto penampang tekan (cm^2)
- σ_{tk} = Tegangan tekan ijin bambu (kg/cm^2)
- P_{cn} = Kuat tekan rencana bambu (kg)
- ω = Faktor tekuk
- ϕ = Faktor reduksi kekuatan

Perhitungan faktor tekuk (CJ) dapat diperoleh dengan cara menghitung jari-jari girasi bambu terlebih dahulu, kemudian menghitung besarnya kelangsingan. Setelah diperoleh besarnya kelangsingan dengan mengacu pada tabel III PKKI 1961 dapat diperoleh besarnya nilai faktor tekuk. Perhitungan jari-jari girasi dengan cara sebagai berikut:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

dengan :

- I = Momen inersia penampang bambu (cm^4)
- A = Luas penampang bambu (cm^2)
- r = jari-jari girasi (cm)

Maka jari-jari girasi dapat diperoleh seperti berikut.

$$r = \sqrt{\frac{289,81}{28,27}}$$

$$r = 3,2 \text{ cm}$$

Besarnya kelangsingan dapat dihitung sebagai berikut ini.

$$\lambda = \frac{k \cdot L}{r}$$

dengan :

- k = Panjang efektif
- λ = Kelangsingan
- L = Panjang bentangan (cm)
- r = jari-jari girasi (cm)

maka dapat diperoleh,

$$\lambda = \frac{1 \cdot 195}{3,2}$$

$$\lambda = 60,91$$

Setelah diketahui besaran kelangsingan, maka dengan melihat pada tabel III pada PKKI 1961 diperoleh besarnya faktor tekuk (C) sebesar 1,69.

Perhitungan kapasitas tekan satu buah bambu adalah sebagai berikut.

$$P_{cn} = 28,27 \cdot \frac{543,5 \cdot 0,5}{1,69}$$

$$P_{cn} = 4546,48 \text{ kg}$$

Kebutuhan jumlah bambu untuk menahan tekan pada *diagonal support* sebagai berikut.

$$n_{tk} = \frac{C_u}{P_{cn}}$$

$$n_{tk} = \frac{7.064,5}{4546,48}$$

$$n_{tk} = 1,55 \sim 2 \text{ buah}$$

Merencanakan Balok Bambu terhadap Gaya Aksial Tarik

Berdasarkan perhitungan analisis struktur menggunakan Midas Gen 2019 diperoleh gaya normal tarik ultimate (T_u) yang terjadi pada balok bambu sebesar 4.915,94 kg yang dapat dilihat pada gambar 17.

Perhitungan kebutuhan bambu untuk menahan gaya tarik didasarkan pada kapasitas sambungan bambu balok dan kolom, yang mana sebagai *connector* digunakan mur dan baut baja. Maka dari itu untuk menghitung kebutuhan bambu untuk menahan gaya tarik terlebih dahulu harus dihitung kapasitas geser baut dan kapasitas desak bambu terhadap baut tersebut. Perhitungan kapasitas desak bambu terhadap baut dapat dijelaskan sebagai berikut.

$$V_{nbm} = \phi \cdot \sigma_{tk} \cdot \phi_b \cdot t_{bm} \cdot n_v$$

dengan :

- V_{nbm} = Kapasitas desak bambu terhadap baut (kg)
- ϕ = Faktor keamanan
- σ_{tk} = Tegangan tekan ijin bambu searah serat (kg/cm^2)
- t_{bm} = Tebal bambu (cm)
- n_v = Jumlah penampang desak bambu
- ϕ_b = Diameter baut (cm)

Maka kapasitas desak bambu dapat dihitung sebagai berikut.

$$V_{nbm} = 0,5 \cdot 543,5 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2$$

$$V_{nbm} = 1.087 \text{ kg}$$

Perhitungan kapasitas baut menahan geser.

$$V_{nb} = \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A$$

dengan :

- V_{nb} = Kapasitas geser baut (kg)
- ϕ = Faktor keamanan
- r_1 = Baut berulir / tidak berulir
- f_u = Tegangan putus baut (MPa)
- A = Luas penampang baut (mm²)

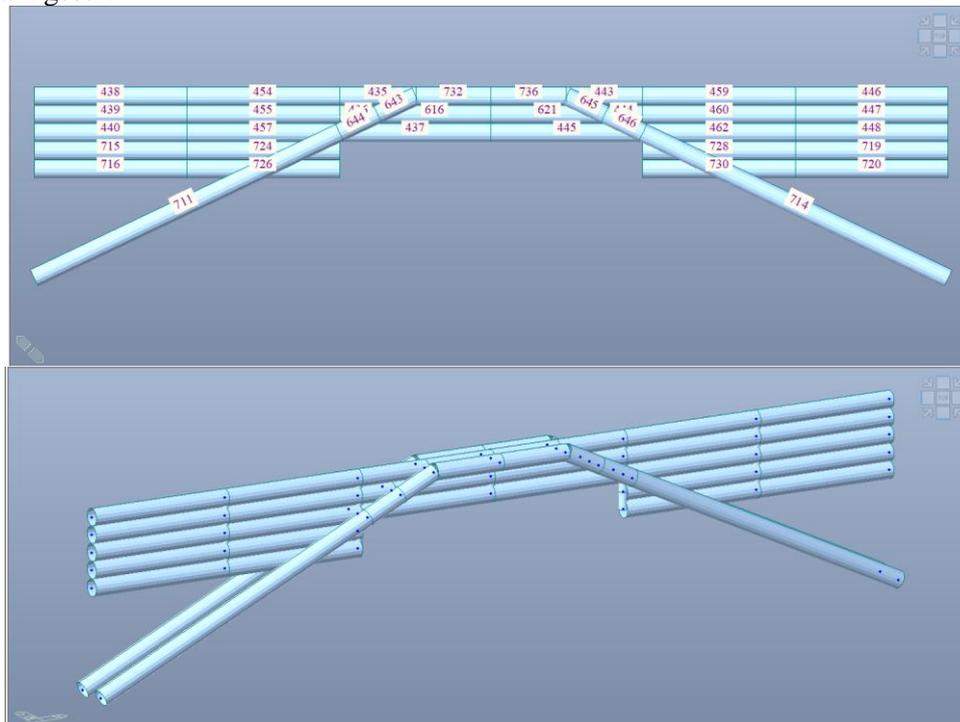
Maka kapasitas baut menahan geser dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_{nb} &= 0,75 \cdot 0,4 \cdot 340 \cdot 314,16 \\ V_{nb} &= 32.044,25 \text{ N} \\ V_{nb} &= 3.204,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

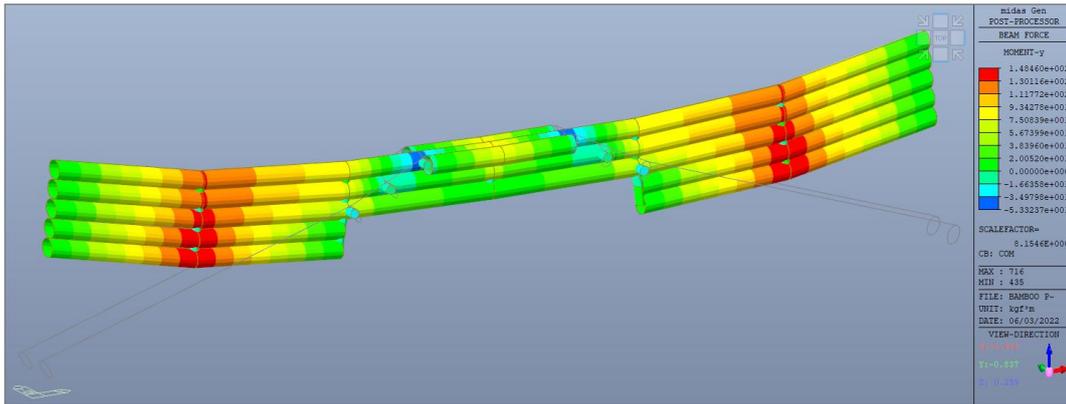
Perhitungan kebutuhan bambu untuk menahan gaya tarik didasarkan pada kapasitas minimum antara kapasitas desak bambu dan kapasitas geser baut, dimana diperoleh kapasitas minimum sebesar 1.087 kg. Sehingga kebutuhan bambu untuk menahan tarik dapat dihitung sebagai berikut.

$$n_t = \frac{T_u}{V_{nbm}} = \frac{4.915,94}{1.087} = 4,52 \sim 5 \text{ buah}$$

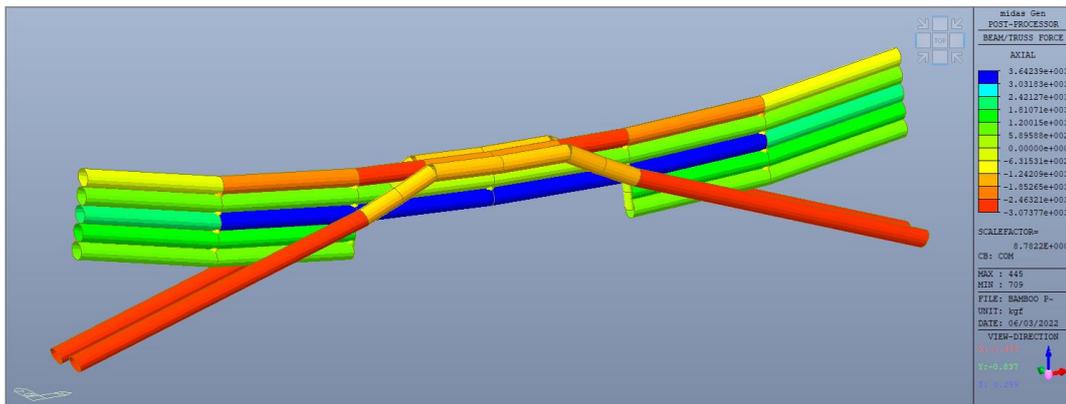
Berdasarkan perhitungan perencanaan kebutuhan balok bambu pada bangunan bertingkat, maka diperoleh model balok bambu bangunan bertingkat seperti pada gambar 18. Hasil perhitungan analisis struktur dengan menggunakan Midas Gen 2019 dapat dilihat pada gambar 19 untuk gaya dalam momen, pada gambar 20 untuk gaya dalam aksial, dan gambar 21 untuk hasil gaya dalam geser.



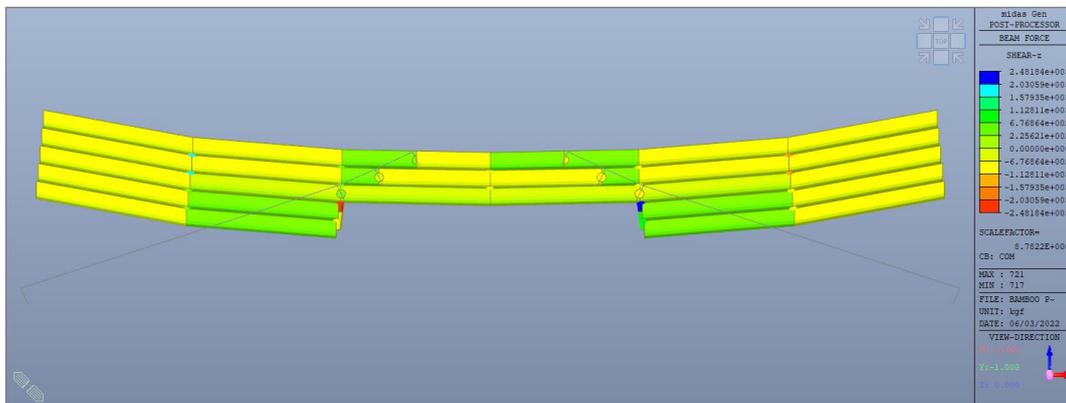
Gambar 18. Pemodelan Balok Bambu Bangunan Bertingkat



Gambar 19. Bidang Momen (Mu) Balok Bambu Bangunan Bertingkat



Gambar 20. Gaya Normal (Nu) Balok Bambu Bangunan Bertingkat



Gambar 21. Gaya Geser (Vu) Balok Bambu Bangunan Bertingkat

Perencanaan Geser Balok Bambu

Besarnya kapasitas geser yang dapat diterima didasarkan pada perhitungan kapasitas geser sebelumnya (V_{nbm}) sebesar 1.087 kg. Geser yang terjadi pada balok bambu tersebut ditahan oleh *shear connector* berupa baut panjang pada posisi vertikal. Perhitungan kebutuhan *shear connector* (n_{vb}) pada balok bambu akan dijelaskan sebagai berikut.

$$n_{vb} = \frac{V_u}{V_{nbm}} = \frac{2.481,84}{1.087} = 2,28 \sim 3 \text{ buah}$$

Kontrol Terhadap Beban Kombinasi Aksial Lentur

Hasil perencanaan balok bambu harus dikontrol terhadap beban kombinasi yang terjadi yaitu berupa kombinasi beban lentur dan beban normal, baik berupa normal tarik atau normal tekan. Kontrol bambu terhadap beban kombinasi ditinjau pada tiga balok yang mengalami dominan tekan, dominan tekan, dan dominan lentur yang akan diuraikan sebagai berikut.

Kontrol bambu terhadap beban kombinasi aksial lentur dominan aksial tekan (elemen no.435 dan 443).

$$\frac{M_u}{M_n} + \frac{N_u}{P_{cn}} \leq 1$$

$$\frac{77,01}{227,50} + \frac{2612,09}{7317,67} = 0,70 \leq 1$$

Kontrol bambu terhadap beban kombinasi aksial lentur dominan aksial tarik (elemen no.457, 437, 445, dan 462).

$$\frac{M_u}{M_n} + \frac{N_u}{P_{tn}} \leq 1$$

$$\frac{107,55}{227,50} + \frac{3642,39}{44447,25} = 0,56 \leq 1$$

Kontrol bambu terhadap beban kombinasi aksial lentur dominan lentur (elemen no.726, dan 730).

$$\frac{M_u}{M_n} + \frac{N_u}{P_{tn}} \leq 1$$

$$\frac{148,46}{227,50} + \frac{1071,75}{44447,25} = 0,68 \leq 1$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan struktur balok bambu pada bangunan bertingkat dengan ukuran bentangan balok bambu 5 m, dengan asumsi beban guna bangunan menggunakan beban lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik, atau bengkel (192 kg/m²).

Hasil perhitungan analisa statika menggunakan Midas Gen 2019 diperoleh besar momen ultimate sebesar 148,46 kg.m, gaya normal tekan terbesar pada balok bambu sebesar 2612,09 kg, sedangkan gaya normal tekan pada *diagonal support* sebesar 3073,77 kg, gaya normal tarik terbesar sebesar 3642,39 kg, sedangkan gaya geser yang terjadi pada balok bambu sebesar 2481,64 kg.

Hasil perhitungan perencanaan diperoleh hasil balok bambu dengan bentangan 5 meter diperlukan bambu yang digunakan untuk menahan lentur sebanyak 3 buah, bambu yang diperlukan sebagai *diagonal support* sebanyak 2 buah. Bambu yang digunakan ialah bambu dengan diameter 10 cm dengan ketebalan dinding bambu 1 cm. Jenis bambu yang dapat digunakan adalah bambu apus, bambu galah, atau bambu petung.

Perlu kiranya dilakukan penelitian dan kajian analisis bambu sebagai elemen struktur kolom, sehingga bangunan gedung bertingkat tersebut tidak hanya elemen baloknya saja yang bisa menggunakan material bambu, akan tetapi elemen kolom dari bangunan gedung bertingkat tersebut juga dapat menggunakan bambu. Semakin banyaknya material bangunan gedung yang bisa digantikan dengan bambu maka akan semakin memberikan nilai tambah dari pohon bambu tersebut, yang juga akan berdampak pada peningkatan ekonomi masyarakat. Selain itu perlu dilakukan pengujian sifat mekanik bambu pada semua jenis bambu yang terdapat di kabupaten Tulungagung. Kemudian perlu juga dilakukan pengujian laboratorium tentang balok bambu sehingga dapat dilalukan perbandingan antara analisis dan hasil pengujian eksperimen.

DAFTAR PUSTAKA

Budi, Agus Setiya. 2009. *Kapasitas Lentur Balok Bambu Wulung dengan Bahan Pengisi Mortar*. Media teknik Sipil. Volume IX.

- Tim Konten Fabelio. 2019. Ingin *Punya Rumah Bambu?*, Simak Dulu Keuntungan Bambu Berikut ini!. From <https://fabelio.com/blog/keuntungan-material-bambu/>
- Standar Nasional Indonesia 1727:2013. 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Iain. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Kelompok Bambu Samuel. 2019. Bambu Petung, Ori, dan Jawa Panjang Minimal 10 Meter. Bumdeskota. From https://bumdeskota.id/menyediakan_bambu_petung,_ori_dan_jawa_panjang_minimal_10_meter_130.
- Bosbambu. 2022. Bambu Apus/Tali Panjang 6 Meter 500 Batang. Tokopedia. From <https://www.tokopedia.com/bosbambu/bambu-apus-tali-panjang-6-meter-500-batang>.
- Jual Beli Online Sakra Barat. 2020. Bambu Galah untuk Kandang Ayam. Facebook. From <https://www.facebook.com/357113511606718/photos/a.357114298273306/584286555556078/?type=3&theater>.
- Ginoga, B. 1977. *Sifat Fisis dan Mekanis Bambu Apus (Gigantochloa Apus Kurz) dan Bambu Hitam (Gigantochloa Nigrocillata Kurz)*. Laporan Intern Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Eratodi, I Gusti Lanang Bagus. 2017. *Struktur dan Rekayasa Bambu*. Denpasar Bali: Universitas Pendidikan Nasional.
- Mirmehdi, Muhamad. 2016. The Effects of bamboo species and adhesive type on mechanical properties of laminated bamboo lumber (LBL). Qualification project as a doctoral requirement course of the graduate program in the field of Science and Technology of Wood at the Federal University of Lavras (UFLA).
- Chen, H., Cheng, H., Wang, G. *et al.* Tensile properties of bamboo in different sizes. *J Wood Sci* **61**, 552–561 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10086-015-1511-x> .
- Siopongco, J.O.; Munandar, M. 1987. Technology manual on bamboo as building material. Forest Products Research and Development Institute, Los Baños, Philippines. 93 pp.