

Analisis Struktur Rangka Batang Bentang Lebar Pada Bangunan Bambu

Hady Riyandy¹, Ilham¹, Siswanti Zuraida¹

¹ Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung, Cikarang Pusat, Indonesia
E-mail: hadyriyandy@gmail.com

Informasi naskah:

Diterima
2020
Direvisi
2020
Disetujui terbit
2020
Diterbitkan
2020

Abstract

Most of the construction materials needed during the construction process are classified as non-renewable natural resources, such as cement, sand, stone, and iron. All of these raw materials are available in nature but in limited quantities. Therefore, the use of natural resources must be balanced so as not to cause damage to nature. One of them is by using bamboo as an alternative material that is environmentally friendly. This research will discuss the design of wide span building structures. This building has the widest span of 20 meters with bamboo as the main material in this building. Structure modeling using SAP2000. The data used for modeling were obtained from secondary data contained in previous related studies. Because there is no specific standard regarding the calculation of structural durability, a wooden structure calculation approach is used based on SNI 7973: 2013 regarding design specifications for wood construction. By using the Load And Resistance Factor Design (LRFD) method, the cross-sectional dimensions of bamboo that are able to withstand loads are obtained based on SNI 1727-2013 and SNI 1726-2019 as follows, exterior column (diameter 100 mm); Interior column (100 mm diameter x 9 bamboo sticks); Exterior beam (diameter 100 mm); Interior beam (100 mm diameter x 2 bamboo sticks); Curved structure (diameter 70 mm x 7 bamboo sticks); Radius of curved structure (diameter 70 mm x 4 bamboo sticks). The wooden structure calculation approach can be implemented into a bamboo structure, but there are some differences that must be adjusted if using the wood approach for bamboo calculations such as differences in the cross-sectional shape of wood and bamboo which will affect the cross-sectional area, static moments and moments of inertia that occur in the cross-section.

Keywords: *structure, bamboo structure, wide span structure*

1. PENDAHULUAN

Material konstruksi yang diperlukan pada saat proses pembangunan banyak yang merupakan sumber daya alam tidak terbarukan (non-renewable). Contohnya seperti semen, pasir, batu, dan besi. Semua bahan baku material tersebut tersedia di alam tetapi dalam jumlah yang terbatas. Oleh sebab itu penggunaan sumber daya alam harus diimbangi agar tidak menimbulkan kerusakan alam. Salah satunya yaitu dengan menggunakan bambu sebagai material alternatif yang ramah lingkungan. Menurut Artiningsih (2012), bambu

merupakan sumber daya terbarukan dan serbaguna, ditandai dengan pertumbuhan yang cepat, bambu mudah tumbuh serta mudah dikerjakan dengan menggunakan alat sederhana.

Menurut Sukawi (2010), penggunaan bambu awalnya hanya dimanfaatkan untuk bangunan rumah sederhana, peralatan rumah tangga, alat-alat pertanian, kerajinan, dan makanan. Saat ini, perkembangan konstruksi bambu semakin meningkat dengan meningkatnya minat terhadap desain ramah lingkungan dan pembangunan berkelanjutan (Widyowijatnoko dan Aditra, 2018). Sehingga penggunaan bambu sebagai material konstruksi juga semakin banyak diaplikasikan.

Penggunaan bambu di luar negeri sudah banyak diterapkan terutama pada bidang struktur bangunan seperti Ting Xi Bamboo Restaurant dan Bamboo-woven Hostel di China, Kontum Indochine Cafmerupae dan Wind & Water Bar di Vietnam, Salon di Bangkok, The METI School di Bangladesh, dan lain sebagainya. Di Indonesia ada beberapa struktur bangunan yang material utamanya adalah bambu. Contoh bangunan bambu di dalam negeri yaitu, OBI Eco Campus Purwakarta, di Bali ada beberapa bangunan bambu yaitu The Temple House, The Stunning Spa, The Captivating Cacao House dan The River House.

Selain mempunyai estetika yang khas, bambu juga mempunyai sifat material yang ringan namun memiliki kekuatan yang tinggi dan tahan terhadap gempa, bambu berpotensi dijadikan material struktur untuk bangunan bentang lebar (Maurina dkk, 2014). Bangunan bentang lebar merupakan bangunan yang memungkinkan penggunaan ruang bebas kolom yang selebar dan sepanjang mungkin. Dalam Schodek (1999), struktur bentang lebar dibagi menjadi 5 sistem struktur salah satunya yaitu struktur rangka batang dan rangka ruang yang nantinya akan dibahas dalam penelitian ini. Selain keunggulan bambu juga memiliki keterbatasan jika dijadikan sebuah material konstruksi. Menurut Artiningsih (2012), ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan jika ingin menggunakan bambu sebagai material konstruksi yaitu, daya tahan bambu rentan terhadap jamur dan serangga, mudah terbakar, jenis sambungan yang kurang efisien serta masih terbatasnya acuan desain dan standarisasi terkait konstruksi bambu.

Pada penelitian ini akan membahas tentang perencanaan struktur bangunan dengan bambu sebagai material utama pada bangunan tersebut. Pemodelan struktur menggunakan SAP2000. Dari sisi lain pemodelan struktur bambu dengan bantuan perangkat lunak agar mencapai hasil yang optimal masih jarang dilakukan penelitian, hal ini menjadi peluang cukup menarik untuk mengembangkan potensi bambu di Indonesia. Sehingga penulis mengambil judul dalam penelitian ini yaitu, pemanfaatan bambu sebagai material konstruksi pada struktur bangunan bentang lebar.

2. METODE

2.1 Metode Elemen Hingga

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini dengan cara pemodelan berbasis metode elemen hingga (finite element method) dengan bantuan software SAP2000. Analisis struktur sangat perlu dilakukan untuk mendapatkan gaya-gaya dalam serta tegangan-tegangan yang bekerja pada suatu struktur tersebut. Hasil nilai gaya dalam

dari analisis struktur akan digunakan untuk ke tahap desain struktur. Desain struktur bertujuan untuk menentukan dimensi penampang yang paling cocok dengan struktur yang telah di model kan sehingga struktur tersebut mampu menahan beban yang bekerja pada struktur tersebut.

2.2 Metode Desain Faktor Beban Ketahanan

Dikarenakan material bambu belum ada standar khusus terkait desain keandalan struktur, maka dari itu pada penelitian ini menggunakan pendekatan analisis keandalan pada struktur kayu. Berdasarkan SNI 7973-2013 tentang spesifikasi desain untuk struktur kayu prosedur desain yang pakai dalam penelitian ini menggunakan metode desain faktor beban ketahanan (DFBK/LRFD). Load And Resistance Factor Design merupakan suatu metode dalam perencanaan struktur bangunan yang memperhitungkan faktor beban dan faktor ketahanan material. Metode ini pada prinsipnya membandingkan tegangan yang terjadi dalam setiap elemen struktur, dimana tahanan nomina terkoreksi (N') harus lebih besar dari beban terfaktor (N_u) yang bekerja pada struktur tersebut, seperti pada persamaan berikut:

$$N' \geq N_u$$

Dimana:

N' = tahanan nomina terkoreksi

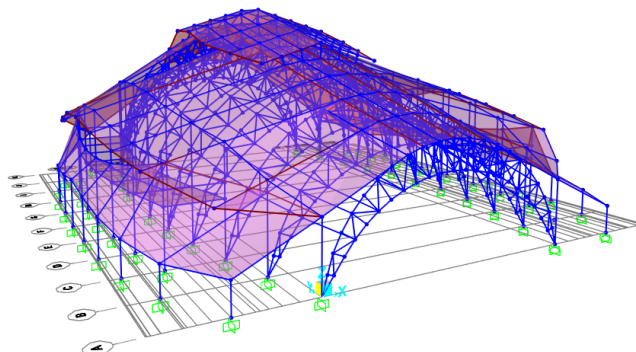
N_u = beban terfaktor

3. PEMBAHASAN DAN DISKUSI

3.1 Pemodelan

Pemodelan struktur dalam tugas akhir ini adalah menggunakan material bambu. Berikut gambaran umum dan data struktur yang diasumsikan dalam perencanaan bangunan ini yaitu:

- Fungsi bangunan : Aula Serbaguna
- Ukuran denah : 40 m x 30 m
- Tinggi bangunan : 12 m
- Wilayah bangunan : Kota Deltamas
- Jenis tanah : Tanah Sedang
- Jenis material : Bambu Betung, Andong, dan Tali/Apus



Gambar 1. Tampak 3D Pemodelan Struktur Bangunan

Sumber: SAP2000, 2021

3.2 Desain penampang struktur

Tabel 1. Penampang bambu yang digunakan

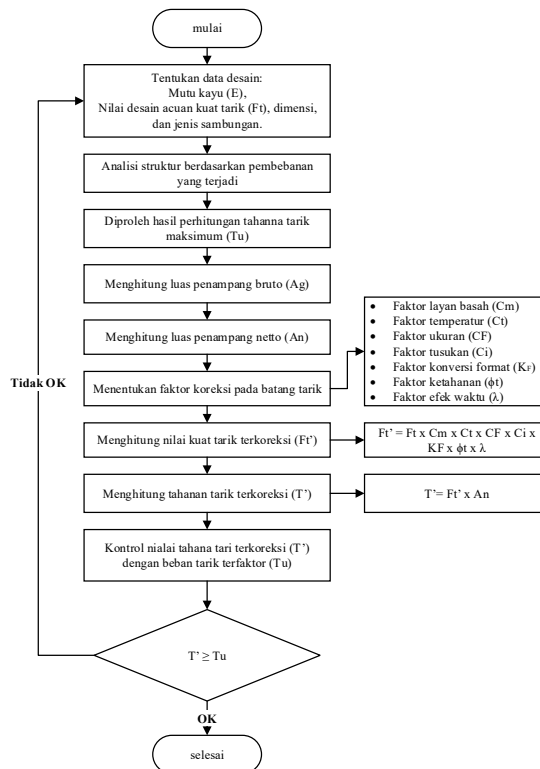
Elemen Struktur	Jenis Bambu	Penampang	Dimensi	Elemen Struktur	Jenis Bambu	Penampang	Dimensi
kolom eksterior	bambu betung		diameter 100 mm tebal 10 mm	balok interior	bambu andong		diameter 100 mm tebal 10 mm 2 batang bambu
kolom interior	bambu betung		diameter 100 mm tebal 10 mm 9 batang bambu	rangka lengkung	bambu apus/tali		diameter 70 mm tebal 70 mm 7 batang bambu
balok eksterior	bambu andong		diameter 100 mm tebal 10 mm	jari-jari rangka lengkung	bambu apus/tali		diameter 70 mm tebal 7 mm 4 batang bambu

3.3 Tahapan Perhitungan Kekuatan Struktur

Dibawah ini merupakan tahapan untuk dari perhitungan kekuatan struktur bambu dengan pendekatan perhitungan struktur kayu.

3.3.1 Bagan Alir Perhitungan Struktur Tarik

Berikut dibawah ini merupakan tahapan untuk kontrol perhitungan dari struktur tarik:

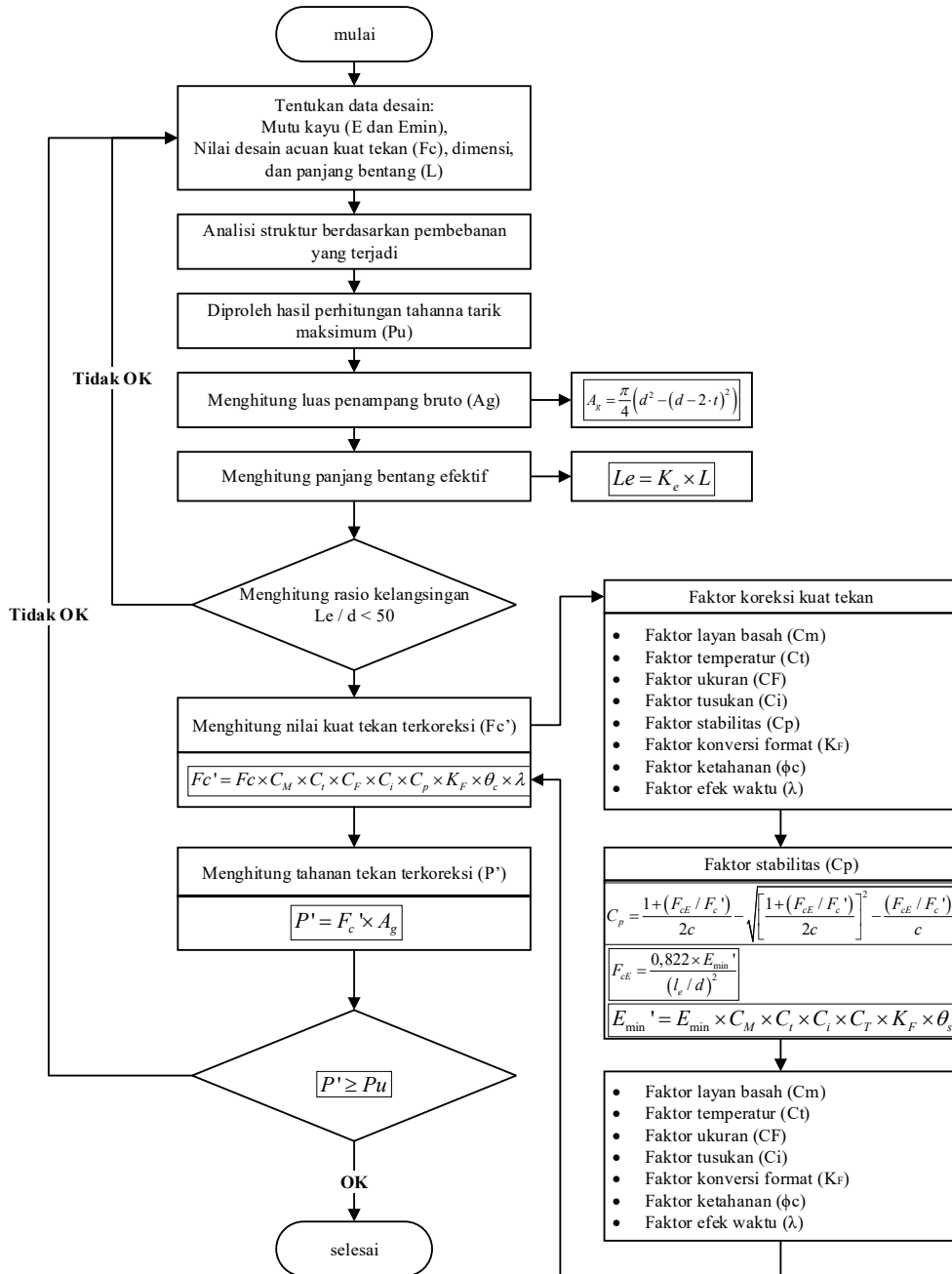


Gambar 2. Bagan Alir Perhitungan Struktur Tarik

Sumber: SNI 7973:2013

3.3.2 Bagan Alir Perhitungan Struktur Tekan

Berikut dibawah ini merupakan tahapan untuk kontrol perhitungan dari struktur tekan:

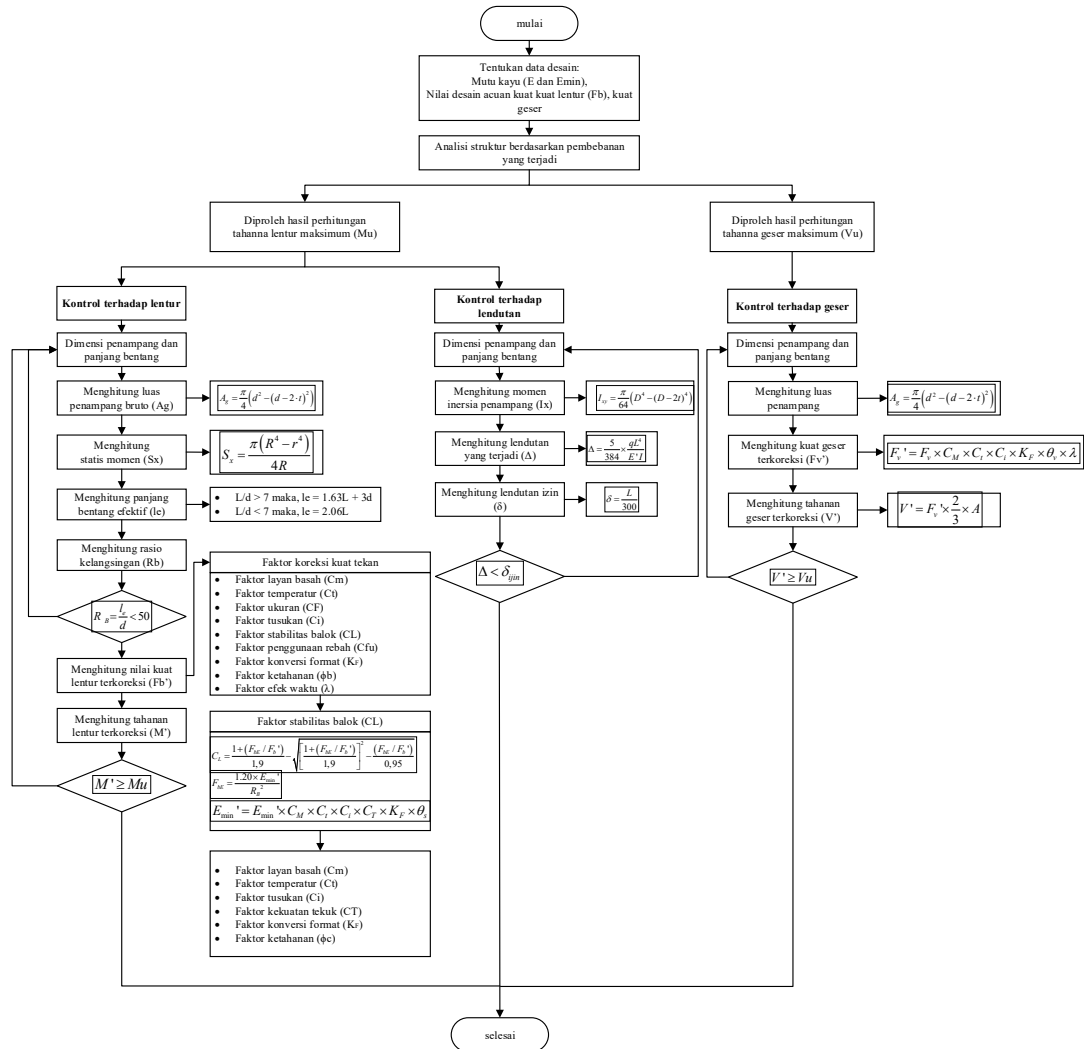


Gambar 3. Bagan Alir Perhitungan Struktur Tekan

Sumber: SNI 7973:2013

3.3.3 Bagan Alir Perhitungan Struktur Lentur

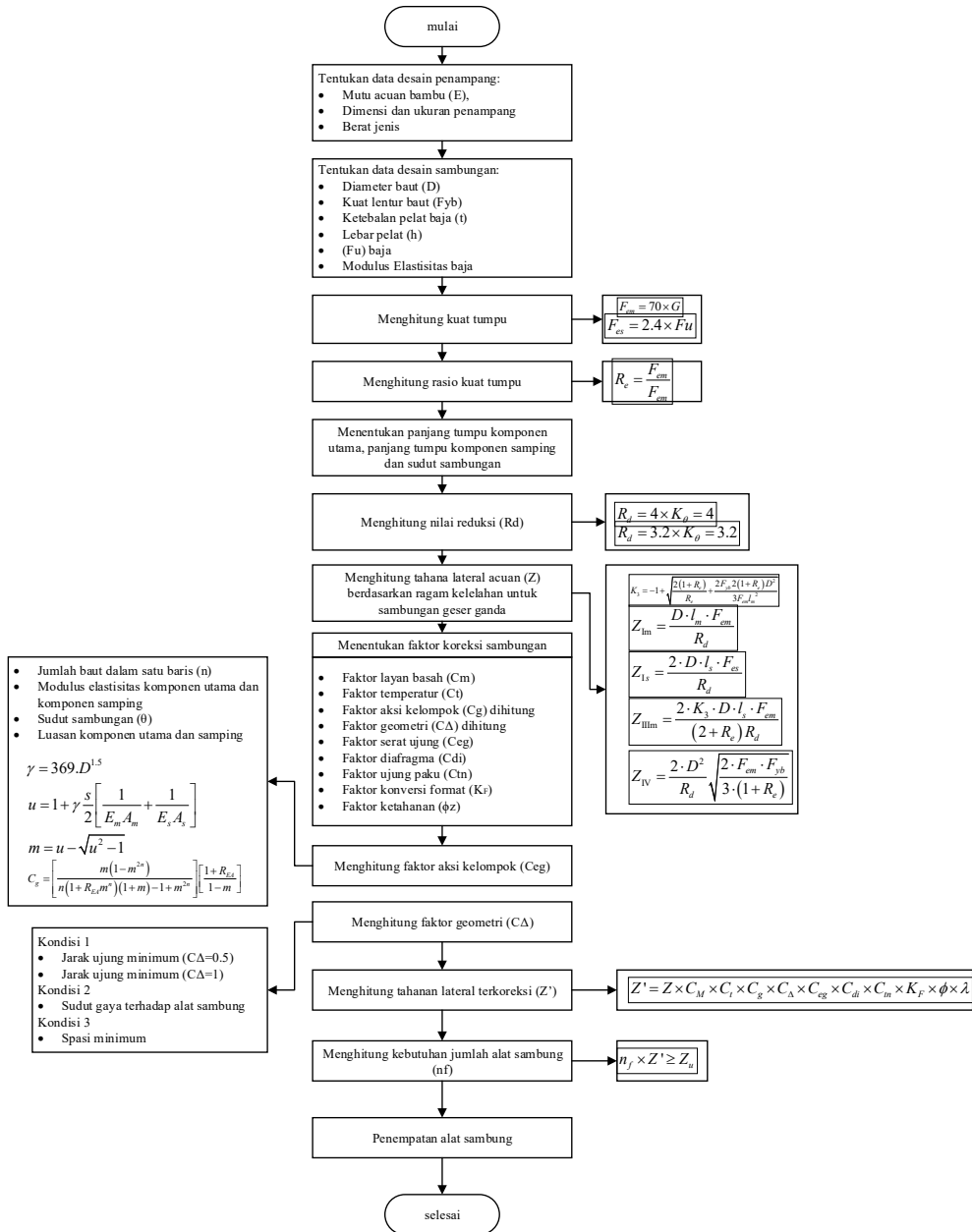
Berikut dibawah ini merupakan tahapan untuk kontrol perhitungan dari struktur lentur:



Gambar 2. Bagan Alir Perhitungan Struktur Lentur
 Sumber: SNI 7973:2013

3.3.4 Bagian Alir Perhitungan Sambungan Baut

Berikut dibawah ini merupakan tahapan untuk kontrol perhitungan sambungan baut:

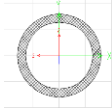
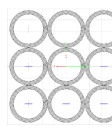


Gambar 2. Bagian Alir Perhitungan Sambungan Baut



Sumber: SNI 7973:2013

3.4 Hasil Dari Kontrol Perhitungan Ketahanan Struktur

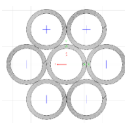

Tabel 2. Hasil Kontrol Perhitungan Kolom

Elemen Struktur	Dimensi Penampang	$\frac{le}{d} < 50$	$P' \geq Pu$ (kN)
Kolom Eksterior		22	58.005 kN \geq 18.271 kN
	diameter 100 mm	OK	OK
Kolom Interior		20	555.542 kN \geq 144.947 kN
	diameter 100 mm kali 9 batang	OK	OK

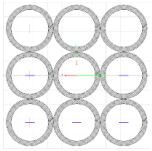
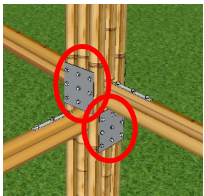
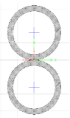
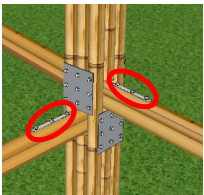
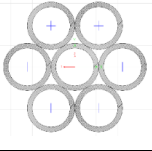
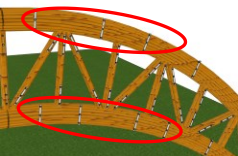
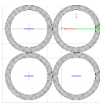
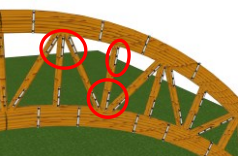
Tabel 3. Hasil Kontrol Perhitungan Balok

Elemen Struktur	Dimensi Penampang	Kontrol terhadap lentur	Kontrol terhadap geser	Kontrol terhadap lendutan
		$M' \geq Mu$ (kNm)	$V' \geq Vu$ (kN)	$\Delta < \delta$ (mm)
Balok Eksterior		1.581 kNm \geq 0.510 kNm	13.162 kN \geq 0.678 kN	1.725 mm $<$ 6.871 mm
	diameter 100 mm	OK	OK	OK
Balok Interior		19.559 kNm \geq 2.450 kNm	26.324 kN \geq 2.029 kN	0.355 mm $<$ 5.096 mm
	diameter 100 mm kali 2 batang	OK	OK	OK

Tabel 4. Hasil Kontrol Perhitungan Struktur Utama

Elemen Struktur	Dimensi Penampang	Kontrol terhadap tarik	Kontrol terhadap tekan
		$T' \geq Tu$ (kN)	$P' \geq Pu$ (kN)
Struktur lengkung		150.078 kN \geq 122.082 kN	122.390 kN \geq 61.456 kN
	diameter 70 mm kali 7 batang	OK	OK
Jari-jari struktur lengkung		96.45 kN \geq 38.72 kN	67.749 kN \geq 39.38 kN
	diameter 70 mm kali 4 batang	OK	OK

Tabel 5. Hasil Kontrol Perhitungan Sambungan Baut

Elemen Struktur	Dimensi Penampang	Jumlah Baut	Penempatan alat sambung
Kolom Interior		$nf = 21.60 \approx 24$ buah	
	diameter 100 mm kali 9 batang		
Balok Interior		$nf = 2.63 \approx 3$ buah	
	diameter 100 mm kali 2 batang		
Rangka lengkung		$nf = 15.71 \approx 16$ buah	
	diameter 70 mm kali 7 batang		
Jari-jari rangka lengkung		$nf = 4.85 \approx 5$ buah	
	diameter 70 mm kali 4 batang		

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan menggunakan metode Load And Resistance Factor Design (LRFD) pada pendekatan struktur kayu maka diperoleh dimensi penampang bambu yang mampu menahan beban yang bekerja sebagai berikut:
 - Kolom eksterior : diameter 100 mm
 - Kolom interior : diameter 100 mm x 9 batang
 - Balok eksterior : diameter 100 mm
 - Balok interior : diameter 100 mm x 2 batang
 - Struktur lengkung : diameter 70 mm x 7 batang
 - Jari-jari struktur lengkung : diameter 70 mm x 4 batang

2. Berdasarkan hasil dari percobaan dan perhitungan struktur bangunan aula serbaguna ini sudah memenuhi persyaratan atau dengan kata lain mampu menahan beban yang bekerja, seperti beban mati tambahan, beban hidup, beban angin, dan beban gempa dinamik respons spektrum serta sudah memenuhi kekuatan struktur berdasarkan SNI berikut:
 - SNI 1727-2013 tentang beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain.
 - SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung
 - SNI 7973:2013 tentang spesifikasi desain untuk konstruksi kayu.
3. Pendekatan perhitungan struktur kayu dapat diimplementasikan ke struktur bambu, tetapi ada beberapa perbedaan yang harus disesuaikan jika menggunakan pendekatan kayu untuk perhitungan bambu seperti, perbedaan bentuk penampang kayu dan bambu yang berbeda sehingga akan mempengaruhi luasan penampang, statis momen dan momen inersia yang terjadi pada penampang tersebut.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

1. Bapak Ilham, M.T., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Sains Bandung.
2. Ibu Siswanti Zuraida, M.T., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Sains Bandung.
3. Bapak Dr. Ir. I Gusti Lanang Bagus Eratodi, ST., MT., selaku Insinyur struktur bangunan bambu yang membimbing dalam pelaksanaan tugas akhir ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- 1) Artiningsih, N. K. A. (2012). Pemanfaatan Bambu Pada Konstruksi Bangunan Berdampak Positif Bagi Lingkungan. Metana.
- 2) Badan Standarisasi Nasional, (2012). SNI-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. BSN
- 3) Badan Standarisasi Nasional, (2013). SNI 1727-2013 Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain. BSN
- 4) Badan Standarisasi Nasional, (2013). SNI 7973-2013 spesifikasi desain untuk konstruksi kayu. BSN
- 5) Badan Standarisasi Nasional, (2014). SNI 8040-2014 Kegunaan Bambu. BSN
- 6) Daniel L. Schodek. 1999. Struktur. Penerbit Erlangga.
- 7) Eratodi, I.G.L.B. (2017). Struktur dan Rekayasa Bambu. Universitas Pendidikan Nasional Denpasar
- 8) Frick, Heinz, (2004). Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu. Penerbit Kansius.
- 9) Gunawan, A. (2010). PERILAKU TEKUK (BUCKLING) PADA BAMBU PETUNG BENTUK BILAH. Inersia, Jurnal Teknik Sipil, 1(2), 1-9

- 10) Hadi, B. K., Subadra, A., & Kuswoyo, A. (2018). Mechanical Properties of Natural Bamboo Due to Tensile and Compression Loadings. In *Key Engineering Materials* (Vol. 775, pp. 576-581). Trans Tech Publications Ltd.
- 11) Haris, A. (2008). *Pengujian Sifat Fisis Dan Mekanis Buluh Bambu Sebagai Bahan Konstruksi Menggunakan Iso 22157-1: 2004*. Institut Pertanian Bogor.
- 12) Javadian, A., Smith, I. F., Saedi, N., & Hebel, D. E. (2019). Mechanical properties of bamboo through measurement of culm physical properties for composite fabrication of structural concrete reinforcement. *Frontiers in Materials*, 6, 15.
- 13) Maurina, A., Sari, W. E., Krisanti, J., & Adhisaksana, J. (2014). *Komparasi penggunaan material bambu dalam struktur 'form-active' dan 'semi-form-active' pada bangunan lengkung bentang lebar*. Research Report-Engineering Science.
- 14) Park, S., Jang, J., Wistara, I., Hidayat, W., Lee, M., & Febrianto, F. (2018). Anatomical and physical properties of Indonesian bamboos carbonized at different temperatures. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 46(6), 656-669.
- 15) Prihadi, W. R., & Pratama, G. N. I. P. (2016). *Konfigurasi Batang Pada Perancangan Rangka Atap Bambu*. INformasi dan Ekspose hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur.
- 16) Siam, N. A., Uyup, M. K. A., Husain, H., & Awalludin, M. F. (2019). Anatomical, Physical, and Mechanical Properties of Thirteen Malaysian Bamboo species. *BioResources*, 14(2), 3925-3943.
- 17) Sukawi. (2010). *Bambu Sebagai Alternatif Bahan Bangunan dan Konstruksi di Daerah Rawan Gempa*. Jurnal TERAS
- 18) Sutardi, S. R., Nadjib, N., Muslich, M., Jasni, Sulastiningsih, I. ., Komaryati, S., Suprapti, S., Abdurrahman, & Basri, E. (2015). *Informasi Sifat Dasar dan Kemungkinan Penggunaan Sepuluh Jenis Bambu*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Badan Penelitian, Pengembangan dan Inovasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- 19) Widyowijatnoko, A., & Aditra, R. F. (2018). Application of Bamboo Radial Compression Joint for Tension and Knock-Down Structures. *Indonesian Journal of Science and Technology*.
- 20) Widyowijatnoko, Andry. (2012). *Traditional and Innovative Joints in Bamboo Construction*. Aachen: RWTH Aachen.
- 21) Wijayanti, D. A. (2008). *Konstruksi Bambu Pada Struktur Bangunan Bentang Lebar*. Universitas Indonesia.
- 22) Yuuwono, A. B. (2016). *Pengembangan Potensi Bambu Sebagai Bahan Bangunan Ramah Lingkungan*. Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur.