

KOMPARASI BENTUK PADA STRUKTUR BAMBU UNTUK APLIKASI AYUNAN BERODA

STUDI KASUS : MOTUS ROTAN

Nofal Safli¹, Etik Mufida², dan Hafizah Denisya Chairani³

¹Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia

¹Surel: 21512115@students.uui.ac.id

ABSTRAK: *Bambu memiliki potensi besar sebagai material konstruksi karena sifatnya yang ringan, fleksibel, dan mudah tumbuh. Penelitian ini mengevaluasi kinerja struktur bambu spiral dibandingkan dengan struktur bambu portal dalam aplikasi ayunan beroda melalui simulasi software. Metode penelitian melibatkan analisis distribusi gaya geser dan stabilitas struktur pada berbagai kondisi pembebanan. Hasil menunjukkan bahwa pada beban 5 kg (0,05 kN) dan 50 kg (0,5 kN), struktur bambu spiral memiliki distribusi gaya geser yang lebih merata dibandingkan struktur bambu portal, yang mengalami gaya geser signifikan di beberapa titik. Dalam simulasi beban dinamis 25 kg (0,25 kN), struktur bambu spiral tetap stabil, sedangkan struktur bambu portal mengalami gaya geser yang lebih besar. Namun, dalam hal deformasi, struktur bambu portal lebih unggul karena masih dapat mempertahankan kestabilan saat satu sisi mengalami kegagalan, sementara kegagalan pada struktur bambu spiral cenderung menyebabkan runtuhnya seluruh sistem struktur. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi variasi beban dinamis dan sifat material bambu guna meningkatkan efisiensi dan ketahanan struktur dalam aplikasi konstruksi.*

Kata kunci: *Ayunan Beroda, Motus Rotan, Struktur Bambu Portal, Struktur Bambu Spiral*

PENDAHULUAN

Bambu merupakan material alami yang sudah lama digunakan dalam berbagai aplikasi arsitektural dan struktural, di wilayah Asia Tenggara terutama di Indonesia. Kemampuannya untuk tumbuh dengan cepat, keberadaannya yang melimpah dan sifatnya yang ringan, serta fleksibilitasnya yang tinggi menjadikannya pilihan yang ideal bagi banyak aplikasi konstruksi. Namun, sayangnya penerapan material bambu di Indonesia terhadap konstruksi masih sangat terbatas karena kurangnya sosialisasi (Rahmah & Putrie, 2021), yang mana sebenarnya pengaplikasian material bambu pada konstruksi bisa dilakukan dalam pembangunan jembatan, rumah, dan bahkan juga konstruksi sederhana seperti ayunan. Dalam konteks ayunan beroda, struktur bambu portal, seperti portal, sering digunakan karena kemudahan pembuatannya dan stabilitas yang ditawarkannya. Namun, sudah beberapa tahun belakangan ini perkembangan dalam desain struktural telah menghasilkan perubahan yang sangat signifikan, bentuk-bentuk baru yang menawarkan keunggulan dalam hal kekuatan dan kekakuan.

Salah satu inovasi dalam desain struktural bambu adalah penggunaan bambu spiral. Struktur spiral memiliki keunggulan berupa distribusi efek beban yang merata dan kemampuan untuk menahan deformasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur portal. Sehingga, hipotesis yang ingin diuji dalam penelitian ini adalah bahwa struktur bambu spiral memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur bambu portal, memungkinkan struktur ini untuk menahan efek beban yang dihasilkan oleh ayunan beroda dengan tingkat kerusakan atau deformasi yang lebih rendah.

Komparasi dilakukan pada struktur bambu spiral dengan bentuk struktur lainnya, yakni portal. Struktur portal, sebagai struktur portal, memiliki desain yang sederhana dan sangat umum digunakan dalam berbagai aplikasi oleh masyarakat saat ini. Adapun perkembangan struktur baru seperti spiral yaitu menggabungkan sifat lingkaran dengan tambahan

pengulangan bentuk dan posisi tumpuan yang berubah, yang mungkin memberikan keuntungan struktural lebih lanjut.

Penelitian ini berfokus pada penggunaan ayunan beroda, dengan studi kasus pada Motus Rotan, sebagai aplikasi nyata yang membutuhkan kekuatan dan kekakuan struktur yang tinggi (JPA Fierro et al., 2019). Pengaruh material tidak menjadi fokus utama penelitian ini, karena semua bentuk struktur dibuat dengan menggunakan bahan yang sama, yaitu bambu. Fokus utama adalah mengevaluasi kinerja struktur bambu spiral dibandingkan dengan struktur bambu portal dalam hal kekuatan, kekakuan, dan ketahanan terhadap deformasi. Hal ini dilakukan dengan mengoptimalkan desain struktur bambu spiral dan menilai efektivitasnya dalam menahan tekanan.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja struktur bambu spiral dibandingkan dengan bentuk portal aplikasi ayunan beroda. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap desain dan pengembangan struktur bambu yang lebih efisien dan tahan lama.

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sifat Mekanika Bambu

Sifat mekanika bambu merupakan parameter krusial dalam menentukan kinerja dan ketahanan suatu konstruksi berbahan dasar bambu. Berbagai faktor seperti umur, posisi ketinggian, diameter, tebal daging, posisi beban (pada buku atau ruas), posisi radial, dan kadar air secara signifikan mempengaruhi sifat mekanika bambu. Nilai-nilai sifat mekanika ini menjadi acuan utama dalam perancangan struktur bambu, karena menentukan kapasitas beban yang dapat ditahan oleh material tersebut pada posisi tertentu. Dengan kata lain, pemahaman mendalam terhadap sifat mekanika bambu sangat penting untuk memastikan keselamatan dan keberlanjutan bangunan bambu. (Eratodi, I. G. L. B., 2017). Bambu merupakan material alami yang memiliki sifat mekanika yang unik dan berbeda dengan material konstruksi lainnya. Sifat mekanika bambu ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti spesies bambu, umur panen, pengolahan, dan kondisi lingkungan.

a. Kekuatan Tekan

Bambu memiliki kekuatan tekan yang tinggi, berkisar antara 40-80 MPa (Megapascal). Kekuatan tekan bambu tergantung pada arah serat, dengan kekuatan tekan longitudinal (sejajar dengan serat) lebih tinggi daripada kekuatan tekan radial (tegak lurus dengan serat). (Lamine, 2018; Nugroho et al., 2018; Rahmawati et al., 2020)

b. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik bambu berkisar antara 10-20 MPa, lebih rendah daripada kekuatan tekannya. Kekuatan tarik bambu juga tergantung pada arah serat, dengan kekuatan tarik longitudinal lebih tinggi daripada kekuatan tarik radial. (Lamine, 2018; Nugroho et al., 2018; Rahmawati et al., 2020)

c. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas bambu adalah ukuran kekakuannya. Modulus elastisitas bambu berkisar antara 10-15 GPa (Gigapascal) untuk modulus elastisitas longitudinal dan 0.5-1 GPa untuk modulus elastisitas radial. (Lamine, 2018; Nugroho et al., 2018; Rahmawati et al., 2020)

d. Modulus Geser

Modulus geser bambu adalah ukuran ketahanannya terhadap deformasi geser. Modulus geser bambu berkisar antara 0.5-1 GPa. (Lamine, 2018; Nugroho et al., 2018; Rahmawati et al., 2020)

e. Kekerasan

Kekerasan bambu adalah ukuran ketahanannya terhadap goresan dan lekukan. Kekerasan bambu berkisar antara 10-15 Brinell Hardness Number (BHN). (Lamine, 2018; Nugroho et al., 2018; Rahmawati et al., 2020)

f. **Densitas**

Densitas bambu adalah beratnya per satuan volume. Densitas bambu berkisar antara 600-1200 kg/m³. Densitas bambu tergantung pada spesies bambu, umur panen, dan pengolahan. (Lamine, 2018; Nugroho et al., 2018; Rahmawati et al., 2020)

g. **Ketahanan Terhadap Api**

Bambu memiliki ketahanan terhadap api yang relatif rendah dibandingkan dengan material konstruksi tradisional lainnya. Bambu dapat terbakar dengan cepat jika terkena api langsung. Namun, ketahanan api bambu dapat ditingkatkan dengan pengolahan yang tepat, seperti impregnasi dengan bahan tahan api. (Lamine, 2018; Nugroho et al., 2018; Rahmawati et al., 2020)

h. **Ketahanan Terhadap Hama dan Jamur**

Bambu memiliki ketahanan yang relatif baik terhadap hama dan jamur. Ketahanan ini disebabkan oleh kandungan silika dan lignin yang tinggi dalam bambu. Namun, ketahanan bambu terhadap hama dan jamur dapat menurun jika bambu tidak diolah dengan benar. (Lamine, 2018; Nugroho et al., 2018; Rahmawati et al., 2020)

2.2 Struktur Bambu

Bambu merupakan material yang ideal untuk konstruksi karena sifatnya yang ringan, kuat, fleksibel, tahan lama, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Struktur bambu dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi konstruksi dan menawarkan banyak keunggulan dibandingkan dengan material konstruksi tradisional lainnya. Bambu memiliki beberapa sifat yang membuatnya ideal untuk konstruksi, antara lain:

a. Ringan dan Kuat

- Bambu memiliki rasio kekuatan-terhadap-berat yang tinggi, membuatnya ideal untuk konstruksi yang membutuhkan kekuatan dan efisiensi.
- Kekuatan bambu setara dengan baja tarik rendah, dengan kepadatan yang jauh lebih rendah.

b. Fleksibel dan Tahan Lama

- Bambu memiliki sifat lentur yang tinggi, membuatnya mampu menahan beban dinamis dan benturan dengan baik.
- Bambu memiliki ketahanan yang tinggi terhadap hama dan jamur, serta tahan terhadap api dengan pengolahan yang tepat.

c. Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan

- Bambu merupakan sumber daya yang terbarukan dan mudah ditanam, menjadikannya pilihan yang ramah lingkungan untuk konstruksi.
- Bambu menyerap emisi karbon dioksida saat tumbuh, membantu memerangi perubahan iklim.

Bambu terdiri dari serat-serat panjang yang tersusun secara longitudinal dan diikat oleh matriks resin. Serat-serat ini memiliki kekuatan tarik yang tinggi, sedangkan matriks resin memberikan kekakuan dan stabilitas. Struktur bambu dapat dibagi menjadi beberapa bagian:

- Ruas : Bagian batang bambu yang dibatasi oleh dua node (buku).
- Node : Bagian batang bambu yang padat dan memiliki diameter yang lebih besar dari ruas.
- Dinding Ruas : Bagian luar ruas bambu yang terdiri dari serat-serat longitudinal dan matriks resin.
- Diafragma : Membran tipis yang membagi ruas bambu menjadi beberapa kompartemen.

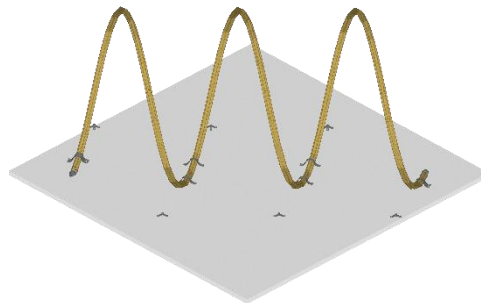
2.3 Struktur Bambu Spiral

Struktur bambu spiral merupakan inovasi menarik dalam dunia konstruksi yang memanfaatkan sifat fleksibel dan kuat bambu untuk menciptakan struktur spiral yang estetis dan fungsional. Inspirasi utama desain ini berasal dari bentuk geometri lingkaran

yang diulang secara teratur, menghasilkan pola yang menarik dan fungsional. (Auliah et al., 2021) dalam penelitian mereka, ditekankan betapa pentingnya memahami teori dasar mengenai gaya yang bekerja pada objek lengkung saat merancang struktur bambu spiral. Hal ini menjadi krusial mengingat sifat fleksibel bambu sebagai bahan utama.

Sebelum melakukan pelengkungan, beberapa langkah penting perlu dipertimbangkan. Pertama, pembuatan goresan potongan pada bambu dengan jarak dan kedalaman tertentu untuk memfasilitasi proses pembentukan struktur spiral. Kedua, penentuan titik sambungan antar bambu. Penghindaran penyambungan pada titik tengah struktur sangat disarankan untuk memaksimalkan kinerja struktur.

Penerapan struktur bambu spiral membutuhkan pemahaman mendalam tentang karakteristik dan potensi bambu sebagai bahan konstruksi, serta perencanaan yang cermat dalam proses pembuatannya. Dengan pengembangan yang tepat, struktur bambu spiral dapat menjadi solusi inovatif dalam pembangunan berkelanjutan yang memanfaatkan sumber daya alam secara efisien (Auliah et al., 2021).



Gambar 1 Struktur Bambu Spiral “Motus Rotan”
Sumber : Architecture uii, Bamboo boys team, 2023

Struktur ini memiliki beberapa kelebihan, yaitu:

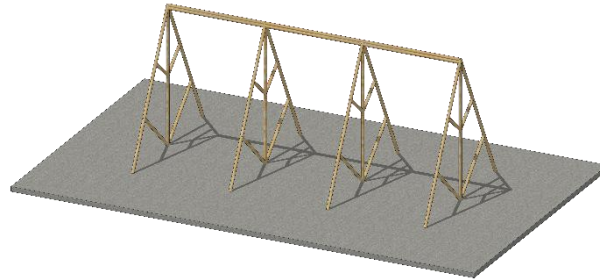
- Ringan, kuat, dan tahan lama : Bambu memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan ringan, sehingga struktur bambu spiral dapat digunakan untuk membangun struktur yang kokoh dan tahan lama. (Lamine, 2018; Agus, 2014)
- Fleksibel : Bambu memiliki sifat fleksibel, sehingga struktur bambu spiral dapat digunakan untuk membangun struktur yang tahan terhadap gempa bumi dan angin kencang. (Lamine, 2018; Agus, 2014)
- Berkelanjutan : Bambu adalah bahan yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui, sehingga struktur bambu spiral merupakan pilihan yang berkelanjutan untuk konstruksi. (Lamine, 2018; Agus, 2014)

2.4 Struktur Bambu Portal

Struktur bambu portal, dengan akarnya dalam tradisi dan teknologi, menawarkan potensi luar biasa dalam konstruksi modern. Keberlanjutan, ketahanan, kemampuan adaptasi, dan nilai budayanya menjadikannya pilihan yang menarik untuk berbagai aplikasi (Utomo et al., 2020). Meskipun memiliki beberapa tantangan, seperti ketahanan terhadap hama dan jamur, kekuatan terbatas, dan keterbatasan keterampilan tradisional (Utomo et al., 2020), perkembangan teknologi dan penelitian terus meningkatkan potensi struktur bambu konvensional untuk konstruksi modern dan ramah lingkungan.

Struktur bambu portal, yang awalnya dibentuk dengan cara tradisional menggunakan ikatan tali atau tali ijuk, kini telah berkembang dengan penggunaan baut. Variasi elemen struktur yang terus dikembangkan untuk mengikuti tren pasar memang memberikan fleksibilitas, namun hal ini juga dapat menyebabkan pemborosan material dan melupakan kesederhanaan bentuk struktur bambu portal yang sebenarnya (Utomo et al., 2020).

Penting untuk menemukan keseimbangan antara tradisi dan modernitas dalam mengembangkan struktur bambu portal. Keuntungan dari teknik tradisional seperti kesederhanaan dan kecocokan lingkungan harus dijaga, sambil memanfaatkan kemajuan teknologi untuk meningkatkan kekuatan, ketahanan, dan efisiensi struktur (Utomo et al., 2020). Struktur bambu portal, dengan warisan budayanya yang kaya dan potensinya yang luar biasa dalam konstruksi modern, menawarkan solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk berbagai kebutuhan konstruksi. Dengan terus mengembangkan teknologi dan penelitian, sambil menjaga kesederhanaan dan nilai budayanya, struktur bambu portal dapat menjadi pilihan yang menarik untuk masa depan.



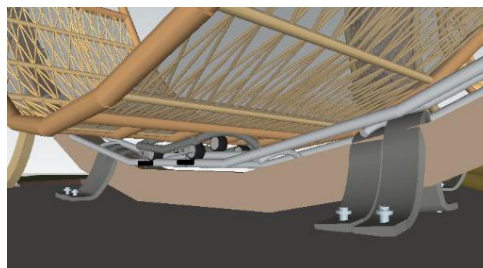
Gambar 2 Struktur Bambu Portal
Sumber : Penulis, Juli 2024

Struktur bambu portal memiliki beberapa kelebihan, yaitu:

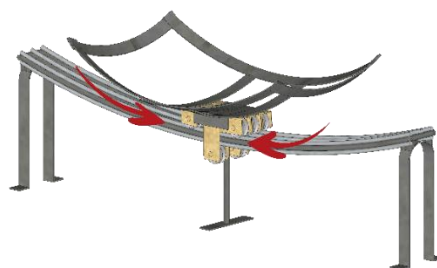
- a. Murah: Bambu adalah bahan yang murah dan mudah didapat, sehingga struktur bambu konvensional merupakan pilihan yang ekonomis untuk konstruksi.
- b. Mudah dibangun: Struktur bambu konvensional dapat dibangun dengan mudah dan cepat menggunakan alat-alat sederhana.

2.3 Ayunan Beroda

Ayunan beroda merupakan inovasi dalam dunia permainan anak yang menawarkan pengalaman baru dan berbeda dari ayunan tradisional. Tidak seperti ayunan konvensional yang memungkinkan pengguna mengayun bebas di udara, ayunan beroda membatasi pergerakan pengguna pada alur roda, menghadirkan sensasi bermain yang unik dan menantang.



Gambar 3 Ayunan Beroda "Motus Rotan"
Sumber : Architecture uii, Bamboo boys team, 2023



Gambar 4 Pergerakan Ayunan Beroda “Motus Rotan”

Sumber : Architecture uii, Bamboo boys team, 2023

Keunikan ayunan beroda terletak pada desainnya yang menggabungkan elemen tradisional dengan teknologi modern. Dudukan ayunan terpasang pada roda yang terbuat dari besi dan bergerak di alur tertentu, memungkinkan pengguna untuk bergerak maju, mundur atau ke kanan, dan ke kiri. Keseimbangan ayunan terjaga dengan baik berkat keseimbangan antara beban pada tali dan roda.

- a. Perkembangan ayunan beroda dilandasi oleh beberapa faktor, di antaranya:
 - Keinginan untuk menghadirkan pengalaman bermain yang baru dan berbeda. Ayunan tradisional, meskipun disukai banyak anak, terkadang terasa monoton dan kurang menantang.
 - Ayunan beroda menawarkan variasi pergerakan dan sensasi yang berbeda, sehingga dapat menarik minat anak-anak yang mencari pengalaman bermain yang lebih seru.
 - Meningkatkan keamanan dan stabilitas ayunan. Ayunan tradisional, dengan pergerakan bebasnya, berisiko menyebabkan anak terjatuh jika tidak berhati-hati. Ayunan beroda, dengan alur rodanya, membatasi pergerakan anak dan memberikan rasa aman yang lebih besar.
 - Meningkatkan nilai estetika ayunan, Ayunan beroda memiliki desain yang lebih modern dan menarik dibandingkan ayunan tradisional. Desainnya yang unik dan *eye-catching* dapat menjadi daya tarik bagi anak-anak dan meningkatkan nilai estetika taman bermain atau area bermain lainnya.
- b. Penggunaan ayunan beroda sebagai mainan anak menawarkan beberapa manfaat, di antaranya:
 - Meningkatkan keseimbangan dan koordinasi motorik. Gerakan ayunan beroda yang kompleks melatih keseimbangan dan koordinasi motorik anak.
 - Meningkatkan kekuatan dan fleksibilitas otot. Mengayun pada ayunan beroda membutuhkan kekuatan dan fleksibilitas otot untuk mengontrol gerakan.
 - Meningkatkan rasa percaya diri dan keberanian. Mencoba ayunan beroda yang baru dan berbeda dapat membantu anak membangun rasa percaya diri dan keberanian.
 - Memberikan pengalaman bermain yang menyenangkan dan seru. Ayunan beroda menawarkan pengalaman bermain yang unik dan menantang yang dapat dinikmati anak-anak.

Ayunan beroda merupakan inovasi teknologi yang menghadirkan pengalaman bermain baru dan berbeda bagi anak-anak. Desainnya yang unik, aman, dan estetis menjadikannya pilihan menarik untuk taman bermain dan area bermain lainnya. Manfaatnya dalam meningkatkan keseimbangan, koordinasi motorik, kekuatan, fleksibilitas, rasa percaya diri, dan keseruan bermain menjadikannya pilihan yang tepat untuk mendukung perkembangan dan kebahagiaan anak.

2.4 Motus Rotan

Motus Rotan dalam bahasa Latin diterjemahkan menjadi “Gerakan Berputar” . “*Motus*” artinya gerak, sedangkan “*Rotan*” diasosiasikan dengan “*Rotare*” yang artinya berputar atau

bergerak melingkar. Dalam konteks permainan ayunan bambu, “Motus Rotan” menyampaikan gagasan tentang gerakan rotasi atau perputaran elemen-elemen dalam permainan. Hal ini menyoroti peran sentral bambu dalam permainan, baik sebagai elemen struktural ayunan, komponen dekoratif, atau bahkan bagian dari aturan permainan. Intinya, permainan ini banyak menggunakan bambu, menjadikannya bagian integral dari pengalaman bermain game secara keseluruhan.

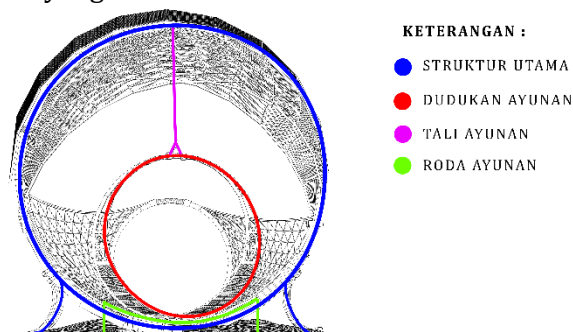


Gambar 5 Visualisasi Motus Rotan

Sumber : Architecture uii, Bamboo boys team, 2023

Motus Rotan merupakan ide desain revolusioner untuk sebuah ayunan beroda yang terinspirasi oleh filosofi dan estetika pendulum. Penggunaan ayunan sebagai representasi pendulum dalam desain arsitektur menghadirkan cara inspiratif untuk mengintegrasikan elemen kinetik dan filosofis ke dalam sebuah bangunan. Gerakan pendulum yang berayun tanpa henti memberikan daya tarik visual sekaligus melambangkan perubahan, keseimbangan, dan dinamika pada lingkungan binaan. Konsep ini sejalan dengan tren desain arsitektur kontemporer yang menekankan keberlanjutan dan fungsionalitas yang efisien.

Dengan memadukan estetika dan filosofi, Motus Rotan menciptakan sebuah bangunan yang memikat hati para pengamat dan memancing kontemplasi terhadap perjalanan waktu dan perubahan dunia arsitektur yang terus berkembang. Ayunan beroda ini bukan hanya elemen dekoratif, tetapi juga undangan untuk merenungkan hubungan antara manusia dan lingkungan binaan, serta dinamika yang terus menerus dalam dunia arsitektur.



Gambar 6 Struktur Motus Rotan

Sumber : Architecture uii, Bamboo boys team, 2023

METODE

3.1 Simulasi Software Eksperimental

Proses simulasi dilakukan menggunakan pendekatan simulasi pemodelan untuk mengevaluasi kinerja struktur bambu spiral pada ayunan beroda. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan software SketchUp untuk membangun model 3D ayunan beroda

dan SAP2000 untuk analisis struktur. Model 3D ayunan beroda dibuat dengan detail dimensi dan material yang akurat. Model ini kemudian diimpor ke SAP2000 untuk analisis struktur. Beban dan kondisi pembebanan yang sesuai pada model ayunan beroda didefinisikan, dan simulasi dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan, kekakuan, dan ketahanan deformasi struktur bambu spiral. Hasil simulasi dibandingkan dengan struktur bambu konvensional, seperti portal, untuk menganalisis perbedaan dan kelebihan struktur bambu spiral. Kesimpulan dan rekomendasi terkait desain dan aplikasi struktur bambu spiral untuk ayunan beroda dirumuskan berdasarkan hasil penelitian. Metode penelitian ini memungkinkan evaluasi kinerja struktur bambu spiral secara komprehensif dan memberikan informasi yang bermanfaat untuk desain dan pengembangan struktur bambu yang lebih efisien dan tahan lama untuk aplikasi ayunan beroda.

3.2 Eksperimental Menurut Para Ahli

Tabel 1 Komparasi Pendekatan Eksperimental

Ahli	Definisi	Karakteristik Utama
John W. Creswell	Membangun hubungan sebab akibat dengan memanipulasi variabel independen dan mengontrol variabel lain.	Manipulasi variabel independen, pengukuran variabel dependen, pengendalian variabel
Robert Yin	Membangun hubungan sebab akibat dengan membandingkan kelompok yang berbeda berdasarkan variabel independen.	Desain eksperimental, pengumpulan data, analisis data.
Donald Campbell dan Julian Stanley	Memberikan kerangka kerja untuk memahami desain eksperimen dan ancaman terhadap validitas internal dan eksternal.	Identifikasi delapan ancaman terhadap validitas internal dan eksternal.

Sumber : Hasil Penelitian tahun 2024

Dari beberapa cara eksperimental menurut para ahli, pendekatan dan proses eksperimental komparasi menurut John W. Creswell adalah salah satu cara perbandingan yang paling sesuai dengan penelitian kali ini, maka dari itu ditemukanlah beberapa variabel untuk memenuhi standar proses komparasinya yaitu :

Tabel 2 Variabel Penelitian, Parameter dan Indikator

No	Variabel	Parameter	Indikator
1	Variabel Independen Struktur Bambu Portal dan Spiral	Berdasarkan pada SNI 03-3527-1994: Spesifikasi Bambu untuk Bangunan.	Material Bambu Apus berdiameter 6 cm dengan panjang bambu 6m dengan total keseluruhan 54m, Beban hidup penuh sebesar 50 Kg/0,5 Kn, dan beban hidup separuh 25 Kg/0,25 Kn, Serta Beban mati 5 Kg/0,05 Kn.
2	Variabel Dependen Struktur Bambu Portal dan Spiral	Berdasarkan Hasil penelitian PERMANA, IYAN. Sifat Fisika dan Mekanika Bambu Apus (Studi Kasus: Bambu Daerah Turgo). Diss.	Kadar air bambu Apus adalah 13,93% dengan kerapatan 717,96 kg/m ³ . Sifat mekanisnya meliputi kekuatan tarik 270,94 MPa, kekuatan tekan 48,97 MPa, kekuatan lentur 70,46 MPa, kekuatan geser dengan ruas 5,14 MPa, tanpa ruas 4,02 MPa, dan kekuatan tumpu 37,38 MPa. Modulus Elastisitasnya adalah

Universitas Gajah Mada, 2017. 18.058 MPa untuk tarik, 25.582 MPa untuk tekan, dan 19.514 MPa untuk lentur. Kekuatan mekanis bambu Apus berkurang seiring meningkatnya kadar air, sementara meningkat seiring bertambahnya kerapatan.

Sumber : Hasil Penelitian tahun 2024

3.3 Prosedur/Alur Penelitian

3.3.1 Pemodelan 3D Ayunan Beroda :

- Membangun model 3D ayunan beroda dengan detail dimensi dan material menggunakan SketchUp.
- Memastikan model 3D akurat dan sesuai dengan spesifikasi ayunan beroda yang sebenarnya.

3.3.2 Analisis Struktur dengan SAP2000 :

- Mengimpor model 3D SketchUp ke SAP2000.
- Menentukan beban dan kondisi pembebanan yang sesuai pada model ayunan beroda.
- Melakukan analisis struktur untuk simulasi perilaku struktur bambu spiral di bawah beban yang diterapkan.
- Mengolah dan menganalisis hasil simulasi untuk mengevaluasi kekuatan, kekakuan, dan ketahanan deformasi struktur.

3.3.3 Perbandingan Kinerja Struktur :

- Membandingkan hasil simulasi struktur bambu spiral dengan struktur bambu portal.
- Menganalisis perbedaan dan kelebihan struktur bambu spiral dibandingkan struktur portal.

3.3.4 Kesimpulan dan Rekomendasi :

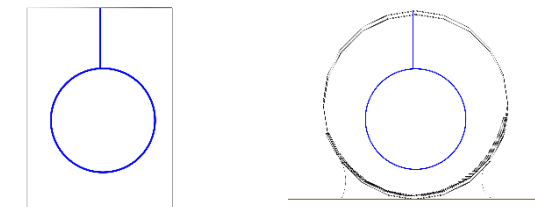
- Merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian dan analisis.
- Memberikan rekomendasi terkait penelitian selanjutnya.

3.4 Batasan Penelitian

Penting untuk dicatat bahwa penelitian ini memiliki batasan tertentu pada objek bambu spiral. Penelitian ini hanya fokus pada bambu spiral dengan dimensi dan spesifikasi tertentu, desain tertentu (jumlah lilitan, sudut kemiringan, sambungan), serta jenis beban dan kondisi pembebanan sederhana. Faktor lingkungan dan metode simulasi juga memiliki keterbatasan tersendiri. Oleh karena itu, hasil penelitian ini hanya berlaku untuk struktur bambu spiral dengan karakteristik yang diteliti dan generalisasi ke struktur lain memerlukan penelitian lebih lanjut.

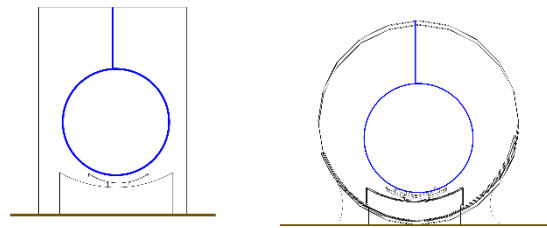
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hasil Simulasi SAP2000 Pada Objek Struktur



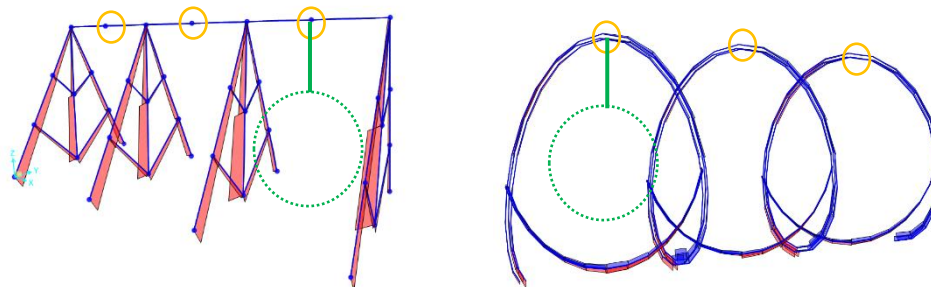
Gambar 7 Tampak Depan Struktur Bambu Portal & Spiral Tanpa Roda

Sumber : Penulis, September 2024



Gambar 8 Tampak Depan Struktur Bambu Portal & Spiral Dengan Roda
Sumber : Penulis, September 2024

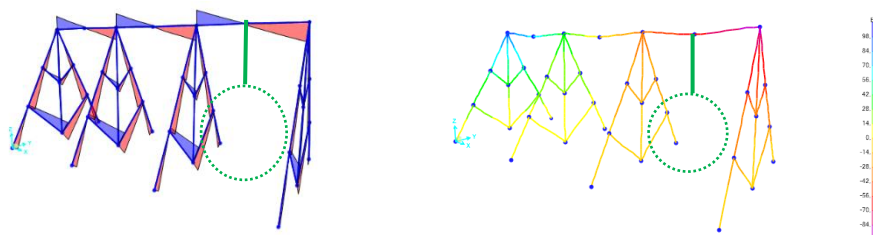
Pembagian beban pada kedua struktur ayunan diupayakan agar masing-masing menerima beban yang setara. Beban yang diletakkan dengan satu titik tumpuan, di mana tali langsung menopang ke struktur utama kedua ayunan, dialokasikan sedemikian rupa. Pada ayunan beroda, beban terbagi menjadi dua, sebagian disalurkan langsung ke rel, sementara sebagian lainnya ditopang oleh tali pengikat.



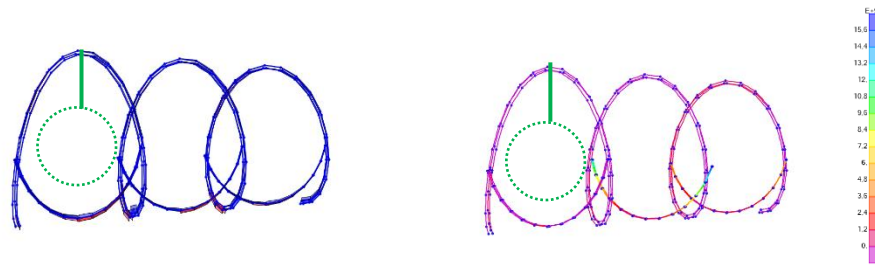
Gambar 9 Simulasi Gaya Geser Terhadap Beban Mati Struktur Bambu Portal & Spiral
Sumber : Penulis, September 2024

Berdasarkan hasil simulasi kekuatan struktur bambu jenis portal dan spiral terhadap beban mati diasumsikan sebesar 5 kg (0,05 kN) yang berasal dari berat dudukan ayunan bermaterial bambu, terlihat bahwa struktur portal menunjukkan stabilitas dengan kekuatan strukturnya. Area yang ditandai dengan warna merah dalam struktur portal pada gambar 9 menunjukkan daerah dengan risiko gaya geser yang signifikan, sisi kanan dan kiri penyangga rangka menjadi area dengan risiko terbesar terhadap gaya geser pada simulasi pembebanan mati ini, sementara titik ayunan tidak menunjukkan risiko yang signifikan.

Pada struktur bambu spiral, pembebanan mati dengan besar yang sama diterapkan pada setiap pertengahan modul. Hasil simulasi menunjukkan bahwa area risiko gaya geser terbesar terjadi pada siku kanan dan kiri. Namun, persebaran risiko gaya geser pada struktur bambu spiral tidak sebanyak pada struktur bambu portal. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kedua jenis struktur mengalami risiko deformasi, struktur bambu spiral cenderung memiliki distribusi risiko gaya geser yang lebih terpusat dan lebih sedikit dibandingkan dengan struktur bambu portal.



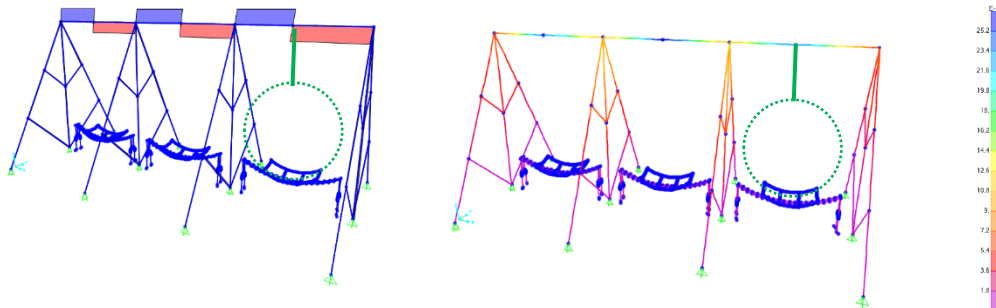
Gambar 10 Simulasi Gaya Geser & Prediksi Deformasi Menggunakan Beban Hidup Struktur Bambu Portal Tanpa Roda
Sumber : Penulis, September 2024



Gambar 11 Simulasi Gaya Geser & Prediksi Deformasi Menggunakan Beban Hidup Struktur Bambu Spiral Tanpa Roda

Sumber : Penulis, September 2024

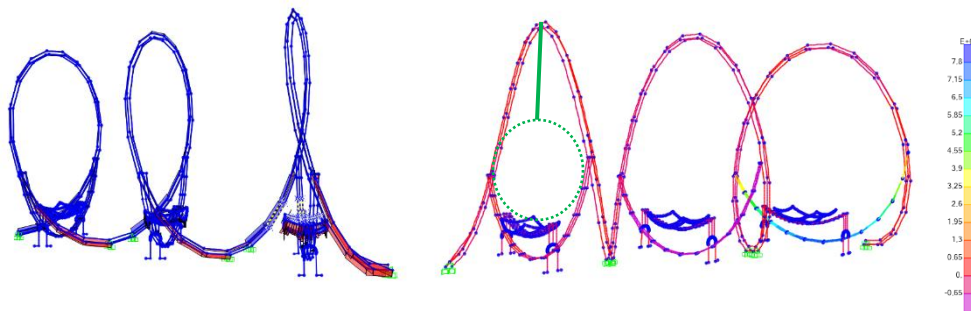
Selanjutnya, simulasi kedua dilakukan dengan beban yang lebih besar, yaitu 50 kg (0,5 kN) yang diasumsikan berat satu orang berayun tanpa penggunaan roda, sehingga beban penuh langsung diaplikasikan. Beban ini diterapkan pada kedua jenis struktur dengan persebaran titik beban yang sama seperti sebelumnya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa struktur bambu spiral jauh lebih stabil, tanpa indikasi gaya geser yang besar dari beban yang diujikan. Sebaliknya, pada struktur bambu portal, terjadi gaya geser yang signifikan pada setiap titik bebannya. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kedua struktur diuji dengan kondisi beban yang sama, struktur bambu spiral memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban besar tanpa mengalami gaya geser yang besar, dibandingkan dengan struktur bambu portal yang menunjukkan kelemahan pada titik-titik bebannya. Namun, jika terjadi deformasi pada struktur bambu portal, kondisi ini jauh lebih menguntungkan. Ketika satu sisi mengalami keruntuhan, sisi lainnya tetap dapat bertahan, seperti yang terlihat pada ilustrasi gambar 10. Hal ini sangat berbeda dengan struktur spiral, di mana keruntuhan pada satu sisi akan memicu keruntuhan pada sisi lainnya.



Gambar 12 Simulasi Gaya Geser & Prediksi Deformasi Menggunakan Beban Hidup Struktur Bambu Portal Dengan Roda

Sumber : Penulis, September 2024

Simulasi berikutnya menggunakan beban setengah, yaitu sebesar 25 kg (0,25 kN), untuk merepresentasikan kondisi ayunan dengan roda. Asumsi ini didasarkan pada beban dari satu orang yang sedang berayun, yang kemudian disebar melalui tali penggantung dan roda. Pada gambar 12, terlihat bahwa penggunaan ayunan beroda menyebabkan gaya geser signifikan pada titik peletakan tali (beban). Selain itu, terdapat indikasi kemungkinan gaya geser pada struktur portal ketika digunakan dengan ayunan beroda. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun beban yang digunakan hanya setengah dari beban penuh, struktur portal masih rentan terhadap deformasi dan gaya geser pada titik-titik kritis saat diberi beban dinamis dari ayunan beroda.



Gambar 13 Simulasi Gaya Geser & Prediksi Deformasi Menggunakan Beban Hidup Struktur Bambu Spiral Dengan Roda

Sumber : Penulis, September 2024

Pada simulasi selanjutnya, pengujian ayunan beroda dilakukan pada struktur spiral, menggunakan beban setengah, yaitu sebesar 25 kg (0,25 kN), untuk merepresentasikan kondisi ayunan dengan roda. Berdasarkan gambar 13, kemungkinan gaya geser terlihat pada sudut bawah setiap lingkaran dalam struktur bambu spiral. Terlihat bahwa struktur ini memiliki stabilitas yang sama baiknya, baik digunakan untuk ayunan beroda maupun tidak. Tapi jika mengalami deformasi, keruntuhan pada satu sisi struktur spiral akan tetap memicu keruntuhan pada sisi lainnya.

Setelah semua pengujian dilakukan, dapat dinyatakan bahwa kedua struktur sama-sama kuat dalam penerapannya untuk ayunan beroda maupun tidak. Namun, perlu diperhatikan bahwa stabilitas dan kemampuan struktur bambu spiral dalam menerima dan menyalurkan beban terlihat lebih baik dibandingkan dengan struktur bambu portal. Hal ini tidak hanya disebabkan oleh inovasi bentuknya yang dinamis, tetapi juga karena perlakuan strukturnya yang lebih baik. Struktur bambu spiral menunjukkan kinerja terbaik dalam berbagai kondisi beban, membuatnya lebih andal untuk aplikasi struktur kedepannya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, struktur bambu spiral terbukti lebih unggul dibandingkan struktur bambu portal dalam menahan berbagai kondisi pembebanan. Pada pembebanan mati sebesar 5 kg (0,05 kN), struktur bambu spiral menunjukkan distribusi risiko gaya geser yang lebih terpusat dan minimal dibandingkan dengan struktur bambu portal yang mengalami risiko gaya geser signifikan pada sisi kanan dan kiri penyangga. Ketika beban ditingkatkan menjadi 50 kg (0,5 kN), struktur bambu spiral tetap stabil tanpa peningkatan gaya geser, sementara struktur bambu portal mengalami gaya geser besar pada setiap titik bebannya. Pada simulasi dengan ayunan beroda dan beban 25 kg (0,25 kN), struktur bambu spiral kembali menunjukkan stabilitas yang baik, sedangkan struktur portal mengalami gaya geser yang lebih besar. Dalam hal potensi deformasi, pada struktur bambu portal kondisi ini justru lebih menguntungkan. Ketika satu sisi mengalami kegagalan, sisi lainnya masih mampu mempertahankan kestabilan. Ini berbeda dengan struktur spiral, di mana keruntuhan di satu sisi cenderung menyebabkan runtuhnya sisi-sisi lain.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian dengan berbagai variasi beban dinamis dan statis untuk mendapatkan data yang lebih komprehensif. Selain itu, penelitian lebih lanjut mengenai sifat material bambu yang digunakan, termasuk variasi spesies dan metode pengawetan, akan memberikan wawasan lebih mendalam tentang kekuatan dan stabilitas struktur. Implementasi struktur dalam skala penuh di lapangan juga penting untuk menguji kinerja dalam kondisi nyata. Pengembangan desain inovatif lainnya yang menggabungkan prinsip-prinsip dari struktur spiral dan portal, serta penggunaan teknologi modern seperti analisis elemen hingga dan simulasi software, dapat meningkatkan efisiensi dan kekuatan struktural bambu dalam aplikasi konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, S. 2014. Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Ariana Damara Putra, I. N., Sinarta, I. N., & Yasa Bagiarta, I. K. 2020. Analisa Kekuatan Struktur Bambu Pada Pembangunan Entry Building Green School Ubud. Ukarst: Universitas Kadiri Riset Teknik Sipil, 4(1), 39-53.
- Auliah, C., Anggraini, S. P., & Lestari, T. A. 2021. TEKNIK KONSTRUKSI BAMBU PADA SAMBUNGAN ELEMEN STRUKTUR BANGUNAN.
- Creswell, J. W. 2014. Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.). Sage Publications.
- Eratodi, I G. L. B. 2017. STRUKTUR DAN REKAYASA BAMBU. Denpasar Bali : Sidakarya.
- Fierro, J. P. A., Fierro, J. L. A., & Suárez, H. E. J. 2019. Structural Evaluation of Bamboo Bike Frames: Experimental and Numerical Analysis. Interchopen.
- Frick, H., 2004. Ilmu konstruksi bangunan bambu, Yogyakarta: Kanisius.
- Honta, Z. L. 2024. Analisis Kinerja Struktur Bambu sebagai Alternatif Ramah Lingkungan dalam Pembangunan Bangunan Hunian. Jurnal Cahaya Mandalika ISSN 2721-4796 (online), 1594-1603.
- Irnanan, D. 2022. Bambu Sebagai Material Konstruksi Yang Mudah Dibentuk Pada Konstruksi Bangunan Menara Penangkap Embun. Jurnal Teknosains Kodepena, 2(2), 27-31.
- Lamine, M. 2018. Bambu: Material Ramah Lingkungan untuk Konstruksi. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Maurina, A. 2014. Penggunaan bambu pada struktur rangka dan struktur permukaan aktif pada bangunan organik dengan bentuk atap bergelombang. In Prosiding Seminar Nasional Bamboo Biennale (pp. 21-31).
- 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, 1.
- Muchlis, A. F., & Setiyowati, E. 2011. MODEL SISTEM STRUKTUR BAMBU PENAMPANG TUNGGAL MENGGUNAKAN RELIABILITY DAN SERVICEABILITY BASED METHOD. Research Collections.
- Noverma, N., Yusrianti, Y., & Hapsari, O. E. 2018. Pengaruh Susunan Bambu terhadap Peningkatan Kekuatan dan Kekakuan Elemen Struktur Bangunan. Jurnal Teknik Sipil, 15(1), 42-49.
- Putra, I. D., Sinarta, I. N., & Bagiarta, I. Y. 2020. Analisa kekuatan struktur bambu pada pembangunan entry building green school Ubud. J Ukarst, 4(1), 40-53.
- Rahmah, S. F., & Putrie, A. A. 2021. Tantangan dan peluang penerapan bambu dalam konstruksi di Indonesia. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Industri, 8(2), 117-126.
- Rahmah, S., & Putrie, Y. E. 2021. Spasialitas dan temporalitas arsitektur bambu dalam konteks masyarakat tradisional dan kontemporer. Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia, 10(3), 146-155.
- Setiawan, A. H., & Susilowati, A. D. 2018. EKSPRESI STRUKTUR BAMBU PADA EDUWISATA KOPI DI LAMPUNG TANGGAMUS. MAESTRO, 1(1), 1-7.

Utomo, I. N., Adiprayitno, A., & Suwarno, A. 2020. Analysis of Bamboo Structure Performance as an Eco-Friendly Alternative in Housing Construction. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 11(10), 1061-1072.