

STUDI KEKUATAN BERDASARKAN TIPE SAMBUNGAN PADA KONSTRUKSI MODULAR DEPLOYABLE BAMBU SHEMINA

Studi Pengaruh Pembebanan Gaya Lateral Terhadap Kinerja Tipe Sambungan T & L Pipa Galvanis 3" Pada Bambu Apus Modul Shelter Mitigasi Bencana (SHEMINA)

Bima Bahitsua'ali Afnan Kusuma¹, Yulianto Purwono Prihatmaji², dan Bryan Putra
Parsada Sinaga³

¹Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia

¹Surel: 19512188@students.uii.ac.id

ABSTRAK: Penelitian bertajuk bamboology mengenai rancangan shelter mitigasi bencana konstruksi modular deployable yaitu modul yang fokusnya pada sambungan bambu khusus. tujuannya mengetahui kinerja sambungan terhadap kontribusinya pada modul dalam segi kekuatan, kestabilan, kemudahan, kecepatan membangun atau kepraktisan. penelitian ini akan mendapatkan data pengamatan berupa perilaku model uji terhadap pembebanan gaya lateral. hasil dari pengamatan berupa perbandingan dari sambungan-sambungan yang telah dirancang dan diuji untuk melihat pola perilaku pada modul fokusnya tiap sambungan berkenaan efek deformasi dan geser yang terjadi sehingga didapatkan formula terbaik untuk standarisasi penerapan modul SHEMINA pada ranah mitigasi pasca bencana.

Kata kunci: Bamboology, Deployable, Deformasi, Mitigasi Bencana, Modular, Pengujian Sambungan, Sambungan Bambu

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi bencana alam yang cukup besar. Dimulai dari gunung meletus, gempa bumi, banjir, tsunami, dan longsor. Dalam setiap bencana yang terjadi, pasti ada kerugian yang dialami oleh masyarakat yang terdampak. Tidak hanya struktur modular, tetapi juga jenis sambungan yang digunakan mempengaruhi kekuatan struktur. Arsitektur tradisional Indonesia banyak memanfaatkan bambu yang kuat, mudah dan cepat tumbuh dan relatif ringan. Bencana alam macam gempa yang menimbulkan banyak korban jiwa karena keruntuhan rumah dan gedung beton membuat bambu kembali dilirik. bambu sebagai bahan alternatif konstruksi yang ramah lingkungan dan tahan terhadap gempa namun keberadaannya kurang diperhatikan.

Bambu memiliki filosofi desain arsitektur yang kuat, lentur, tumbuh cepat, fleksibel, tenang dan selalu siap meski sederhana (Pradono). Bambu ini budaya kita, budaya Indonesia. Indonesia memiliki sekitar 159 spesies dari 1.250 jenis bambu di dunia – 88 di antaranya bahkan endemik Indonesia (Muryanto, 2020). mengembangkan ekonomi kreatif di Indonesia melalui desain arsitektur yang memanfaatkan dan meningkatkan nilai bahan lokal dan tetap menjaga lingkungan berkelanjutan. Satu dari sekian banyak material alam Indonesia yang ramah lingkungan dan masih melimpah adalah bambu. Sekarang, bambu bukan lagi material alam sebagai simbol kemiskinan tetapi sudah menjadi material masa depan.

Dalam keadaan ini dilakukan mitigasi bencana yaitu mengurangi risiko dan dampak dari bencana. Untuk memaksimalkan proses tersebut, dibutuhkan kecepatan dalam penanganannya. Salah satunya adalah di gedung akomodasi yang digunakan untuk pengungsi. Shelter harus kokoh dalam konstruksi dan cepat dalam proses pembuatannya. Hal ini untuk mencegah terjadinya gempa susulan. Ada kebutuhan untuk memaksimalkan

penggunaan struktur modular dengan bahan yang murah. Tidak hanya struktur modular, tetapi juga jenis sambungan yang digunakan mempengaruhi kekuatan struktur. Kekuatan yang berbeda diperlukan untuk setiap sambungan. Sekali lagi, bambu adalah bahan yang banyak digunakan di Indonesia dan dimungkinkan membentuk sebuah shelter mitigasi bencana dengan konstruksi modular.

Material bambu sebagai unsur utama dalam arsitektur bangunan sifatnya yang fleksibel dan mudah dibentuk menjadi Faktor unggulan penerapan material bambu dalam desain bangunan arsitektur utamanya pada bangunan tanggap mitigasi bencana alam. Bangunan tersebut menerapkan konstruksi modular bambu dalam menanggapi tuntutan kecepatan dalam menyusun, merangkai dan membangun di kawasan mitigasi bencana dengan detail sambungan khusus. Dari segi arsitektur, struktur *deployable* dapat menjadi struktur dari sebuah tempat bernaung, entah itu rumah, ataupun fungsi lain. Seperti yang telah ditulis diatas, bahwa struktur *deployable* ini dapat menjadi solusi kebutuhan tempat tinggal pada keadaan pasca bencana. Kerusakan massal hunian dan fasilitas publik akibat bencana alam dapat memakan korban ribuan unit. Hunian adalah kebutuhan pokok manusia, sehingga harus sesegera mungkin dikembalikan. Hubungan antara anggota struktur harus memberikan kekuatan pada bangunan untuk menahan gravitasi atau beban vertikal karena berat sendiri dan beban hidup atau bergerak lainnya dan beban angin & gempa, dan mentransfer gaya-gaya ini ke fondasi. Biasanya, sambungan adalah titik terlemah dari struktur dan sebagian besar keruntuhan berasal dari sambungan. Kekuatan sambungan dipengaruhi oleh 3 hal yaitu bahan penyusun sambungan, alat sambung, tata letak alat penguat sambung, serta tata letak sambungan yang terdiri dari jarak ujung dan jarak antar alat sambung.

Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana kinerja sambungan L dan T terhadap gaya lateral?
2. Bagaimana pengaruh deformasi sambungan terhadap Kinerja bambu SHEMINA?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menilai kinerja sambungan khusus terhadap gaya lateral pembebanan

Batasan

Dalam Penelitian ini berfokus pada menganalisis perilaku sambungan dan bambu pada pengujian gaya lateral

KAJIAN PUSTAKA

Konstruksi Bambu



Gambar 1-4. *Types of bamboo joints in practice.*

Sumber: orca.cardiff.ac.uk

Kekuatan tarik bambu berkisar antara 100-400 MPa atau setara dengan $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{1}{4}$ tegangan ultimate besi. Seperti pada penelitian dari tahun 1994 hingga 1999 dilakukan oleh Morisco (1999) menunjukan bahwa kuat tarik bambu Petung mencapai 3100 kg/cm², dan beberapa jenis bambu memiliki tegangan regangan dengan kuat leleh 2400 kg/cm² dibanding dengan struktur baja. Kekuatan elastisitas pada kondisi kering udara 243.585 kg/cm² pada kondisi basah 205.306 kg/cm². Kuat tekan sejajar serat pada kondisi kering 654 kg/cm² dan pada kondisi basah 361 kg/cm². Terdapat 2 bambu yang bertumpukan dihubungkan dengan cara diberi penguat dengan baut vertical, clamp dan baut agar dapat

mengunci pergerakan bambu. Penguat untuk menghubungkan kedua bambu tersebut dengan menggunakan pipa baja yang dibentuk seperti capit yang dilas dan diberi baut, bentuk tersebut dibuat mencengkram agar bambu yang disatukan menjadi lebih kuat. Sambungan 2 bambu linier dengan diapit 2 plat perkuatan baut. Bentuk ini memungkinkan mengunci pergerakan dari sendi pada modul dan juga lubang antar modul digunakan untuk masuknya baut panjang untuk menghubungkan kedua modulnya. Sambungan terpisah dari modul utamanya dan dipasang ketika dalam tahap perakitan. Pada lubang bambu diisi dengan kayu untuk mempertahankan bentuk dan diameter lubangnya.

Struktur Deployable

Struktur *deployable* adalah struktur yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi dari konfigurasi tertutup (*compact*) ke konfigurasi terbuka, di mana dalam konfigurasi terbuka struktur memenuhi persyaratan struktural: kekuatan, kekakuan, dan stabilitas. Konfigurasi tertutup (kompak), portabilitas, membuat struktur cocok untuk digunakan melalui desain dan detail yang kompleks untuk mewujudkan potensinya dalam hal perakitan dan pembongkaran (Grosso & Basso, 2013). Penggunaan *scissor-like element* (SLE) adalah penggunaan tipe *deployable* yang paling umum. Secara sederhana, sistem ini menghubungkan dua batang dengan hubungan sendi yang dinamai hubungan sendi tengah (*intermediate hinge*) sehingga kedua batang tersebut dapat bergerak.

Konstruksi Modular

Resiploy merupakan singkatan dari resiprokal dan *deployable*. Memiliki potensi untuk dibuat modular secara horizontal, dan juga berpotensi untuk dibentuk secara vertikal. Resiploy memiliki satu kesatuan modul struktur. Sistem engsel bersinggungan badan bangunan dengan konstruksi atap yang menggunakan sistem batang spasial dengan sedikit modifikasi pada satu sisi sistem bangunan. Prisma Segitiga merupakan pengembangan dari struktur resiprokal dengan sistem SLE (*Scissor Like Element*) spasial, dan tujuan utama dari pengembangan struktur ini adalah untuk meningkatkan variasi bentuk dan dimensi serta mempermudah prefab modul.

Archinoma adalah sistem modular yang menciptakan objek arsitektur yang dapat berubah ukuran, bentuk, dan tampilannya. Kelebihan dari sistem modular ini adalah tidak memerlukan pondasi, sehingga tidak memerlukan pengetahuan khusus di bidang apapun dan mudah untuk membangun rumah dengan berbagai ukuran yang berkekuatan maksimal dan ramah lingkungan, serta untuk membangun objek karsinoma.

METODE PENELITIAN

Kerangka Variabel Penelitian

Variabel Independen

Sambungan T
Sambungan L

Variabel Dependen

Ragam
Beban

Variabel Kontrol

1. Material dan Ukuran Plat Sambungan
2. Jenis Bambu
3. Dimensi Bambu dan Sambungan
4. Jenis, Dimensi dan Jumlah Mur Baut

Variabel Penelitian

Variabel	Parameter	Indikator
Deformasi Sambungan	Deformasi Sambungan	1. Jumlah minimum beban gaya lateral 100 KG 2. Bambu tidak mengalami pecah/luka
Deformasi Sambungan	Kestabilan/elastisitas	1. Waktu Kemiringan modul lebih dari 7 menit 2. Modul dapat kembali ke posisi semula tegak lurus

Tabel 1. Variabel, Parameter, dan Indikator Penelitian

Sumber: Dokumentasi Penulis

Model Uji

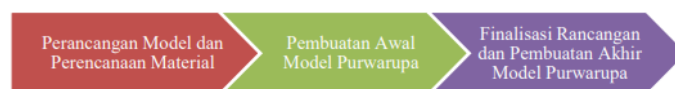
Dalam penelitian ini akan menggunakan beberapa model uji untuk dapat mengetahui konfigurasi modul terhadap sambungan yang akan mempengaruhi perilaku dan respons suatu material/model. Beberapa model uji diantaranya adalah:

1. Model Titik Pembebanan
2. Model Uji Tarik
3. Model Uji Kompresi
4. Model Gaya Lateral

Model ini akan menggunakan berupa beban searah tegak lurus tiang (beban horizontal) sesuai dengan beban lateral rencana untuk mengukur defleksi yang terjadi pada modul akibat beban lateral yang diberikan secara lambat yaitu interval dilakukan pada elevasi *cut of level* atau pada lokasi dimana beban lateral terbesar akan terjadi.

Instrumen Pengambilan Data

1. Program software
BIM Archicad 25 Software yang berfungsi sebagai pembuatan modelling bangunan dan sambungan khusus dalam bentuk 3D.



Gambar 5. Alur Perancangan

Sumber: Dokumentasi Penulis

Metode Analisis

Dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif metode naturalistik-fenomenologi pendekatan kuantitatif dengan instrumen kunci adalah peneliti. Tahapan proses kegiatan dari menganalisa data objek rancangan purwarupa pemodelan untuk merumuskan hipotesis berbagai pustaka/literatur dan beberapa fakta empiri arsitektur bamboology kemudian diuraikan menggunakan narasi dan uji simulasi. Terdapat tiga jenis dalam proses Analisa data dalam penelitian ini, yaitu ;

1. Analisa Visual

Analisa eksploratori pengumpulan data dengan bantuan melibatkan simulasi secara digital dengan menggunakan perangkat lunak digital dan observasi analisa praktikal secara langsung. Analisa ini mempertimbangkan faktor kecepatan membangun sehingga akan tanggap dalam upaya tanggap merespon bencana alam dan mobilitas

model. Analisa ini melalui beberapa tahap untuk mengetahui model rancangan yang khusus, terbaru, efektif, efisien, dapat digunakan, kuat dan stabil. Analisa ini dapat melalui beberapa cara yaitu melalui mendesain, merancang purwarupa/maket bentuk interpretatif untuk membuat sambungan maupun merakit model riil melalui teknik pertukangan untuk merakit seluruh komponen menjadi model purwarupa yang utuh.

2. Analisa Uji Simulasi

Analisa Uji Simulasi merupakan sebuah analisa yang dilakukan dengan bantuan model uji katrol dan beban massa. Tujuan analisa simulasi ini adalah sebagai pembuktian atau pengukuran kinerja bangunan yang dalam penelitian ini terkait kekuatan sebuah sambungan bambu terhadap pengujian pembebanan mempertimbangkan variabel dan tujuan penelitian.

3. Analisa Komparatif

Analisa Komparatif dapat dikatakan sebagai suatu bagian penelitian yang membandingkan variabel pada sampel yang berbeda (Sugiyono, 2012). Dalam penelitian ini, akan dianalisis kinerja bangunan sebelum intervensi dan sesudah dilakukan intervensi gaya lateral. Selain itu juga terfokus pada bagaimana rancangan dapat dirangkai dengan mudah dan cepat dalam penerapannya di kebutuhan pengungsi bencana alam sehingga dapat diketahui kekuatan yang dapat tetap stabil ketika antar modulnya disatukan.

Diagram Alur Penelitian

Dalam penelitian ini akan menggunakan teknik penarikan kesimpulan sebab akibat dengan tujuan untuk memudahkan alur berpikir dari sebab yaitu kekuatan modul bambu dengan sambungan khusus dalam kebutuhan kecepatan membangun pada pasca bencana dan akibat yaitu sebagai hasil dari tiap tipe sambungan bambu yang diterapkan. Dari proses tersebut dapat dihasilkan hasil dan kesimpulan penelitian ini.

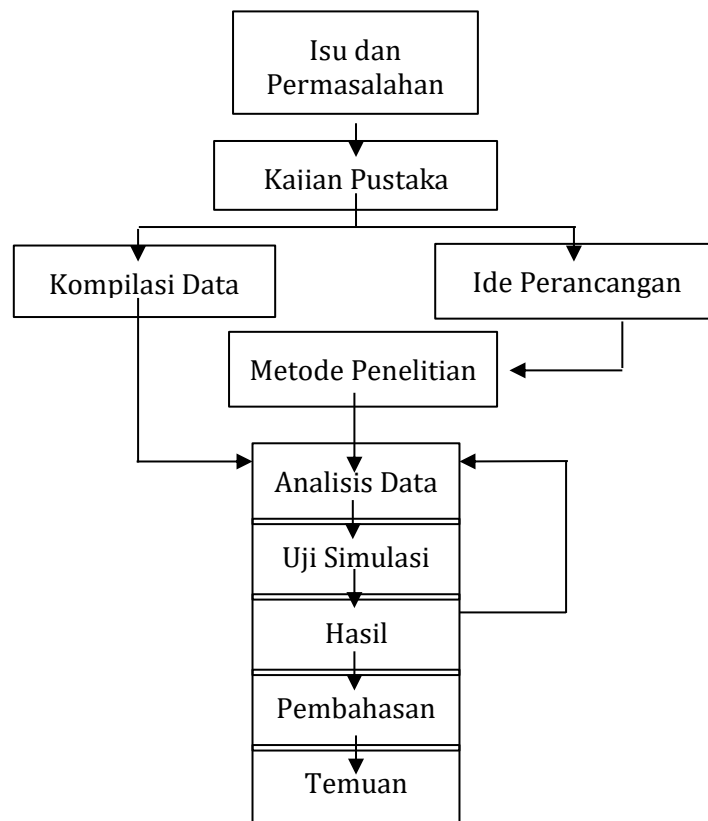
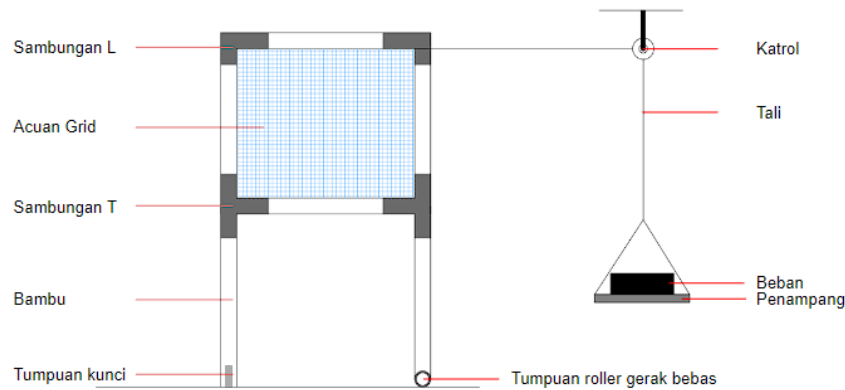


Diagram 1. Alur Penelitian
Sumber: Dokumentasi Penulis

Skema Uji Simulasi



Gambar 6. Skema Pengujian
Sumber: Dokumentasi Penulis

Pembebanan dilakukan bertahap disesuaikan beban yang ada dengan jumlah total beban yaitu 122.5 kg berdasar batas akhir penampang terkena lantai dengan interval penambahan beban yang diterapkan yaitu ± 10 kg dengan detail pembebanan pada tabel berikut:

No	Berat Beban (kg)	Progress (kg)	Skala
1	12.75	10	Interval
3	23.25	10.5	Interval
5	33.9	10.65	Interval
7	45.25	11.65	Interval
9	56.9	11.65	Interval
11	67.6	11	Interval
13	77.8	10.2	Interval
15	86.95	9.15	Interval
17	96.1	9.05	Interval
19	105.15	9.05	Interval
21	113.3	12	Interval
23	122.25	8.95	Interval

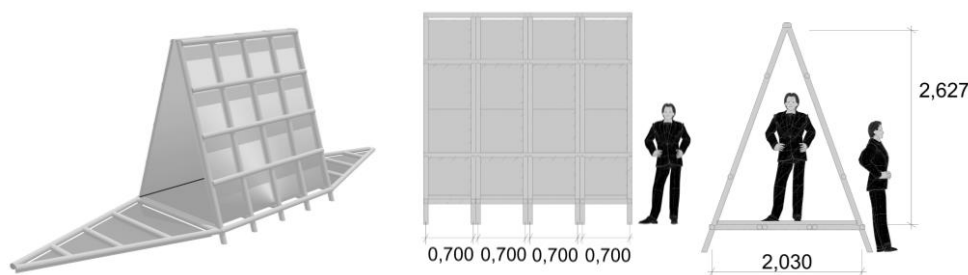
Tabel 2. Interval Pembebanan
Sumber: Dokumentasi Penulis



Gambar 7 dan 8. Beban Maksimum 122.5 kg dan Berat Penampang 2.72 kg
Sumber: Dokumentasi Penulis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Studi Kasus



Gambar 9. Gambar Perancangan SHEMA Rimba
Sumber: Dokumentasi Penulis

Kekuatan

Konstruksi Modular Bambu material bambu apus diameter 7 cm. Sambungan antar bambu yaitu plat baja dengan sambungan baut dan terdapat engsel pengunci. Sambungan sendi pada bagian sudut dan bagian memotong tengah bidang menjadi elemen kekuatan pada konstruksi namun tetap bisa bersifat fleksibel. Konsep bangunan bentuk segitiga sama kaki Rigid pada kuncian setiap sudutnya. Modul ukuran alas 2,05 meter x lebar 0,7 meter x tinggi 2,6 meter dengan dukungan 3 ruas horizontal bambu pada bagian tengah bidang. Plat baja yang disempurnakan dengan pengikat baja baut kunci akan menghubungkan tiap susunan bambu dan memastikan pengikat dapat terus dikencangkan ketika bambu menyusut di masa mendatang.

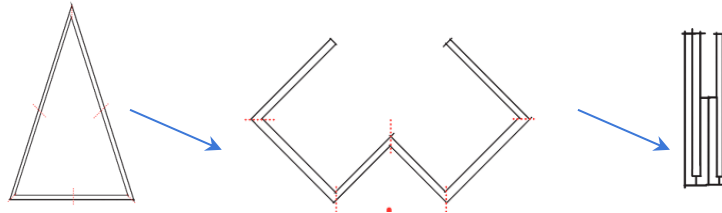
Sifat Mekanika	Tali/apus
Kekuatan Lentur	546 kg/cm ²
Modul elastisitas	101000 kg/cm ²
Kekuatan tekan	504 kg/cm ²
Kekuatan tarik	28,3 kg/cm ²

Tabel 3. Data Sifat Bambu Jenis Apus
Sumber: Dokumentasi Penulis

Kecepatan Membangun

Analisis kecepatan membangun dengan menitikberatkan pada sistem modular bambu. Komponen yang diperhatikan dimensi modul dan sambungan bambu yang digunakan.

Karakter bambu sebagai naungan dengan dimensi modul berukuran 1m x 3m mampu dibangun selama 3-4 jam. Sistem sambungan yang dapat menunjang kecepatan membangun sambungan plat baja dengan sambungan baut. Shelter dalam dilipatgandakan dalam jumlah banyak dan mudah di packing untuk menyesuaikan kebutuhan pada lokasi mitigasi bencana pada fungsi hingga luas kebutuhan ruang.



Gambar 10. Skema Deployable

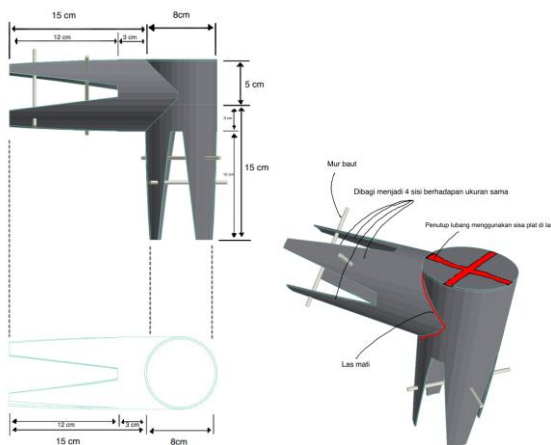
Sumber: Dokumentasi Penulis

Mobilitas

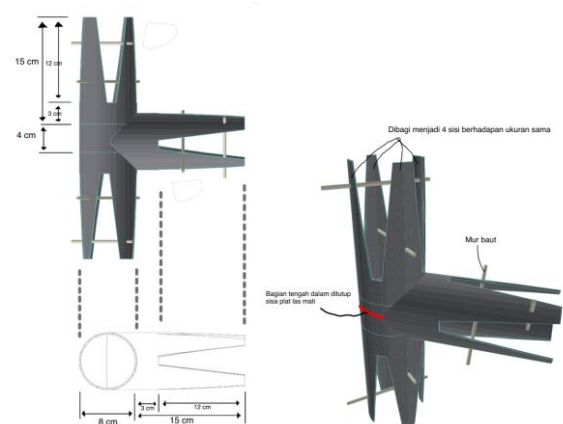
Komponen modul bambu disusun sehingga menjadi struktur yang *deployable*. Shelter dapat dilipatgandakan dalam jumlah banyak dan mudah di packing untuk menyesuaikan kebutuhan pada lokasi mitigasi bencana pada fungsi hingga luas kebutuhan ruang. Kemampuan struktur ini untuk dibangun dengan cepat merupakan salah satu alasan dipilihnya sistem ini sebagai bangunan semi permanen pada pengungsian.

Sambungan Bambu

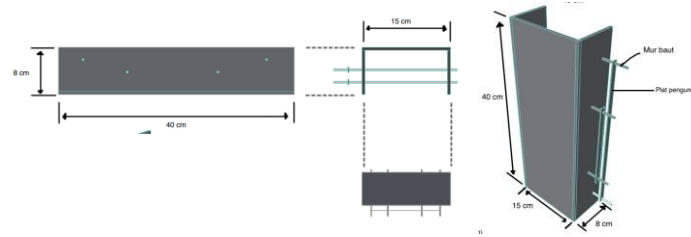
Sambungan utama antar ruas bambu pada satu modul menggunakan prinsip perpipaian dengan bahan plat baja dan terdapat mur baut dan pengikat baja pengunci. Sambungan sendi pada bagian sudut dan bagian memotong tengah bidang menjadi elemen kekuatan pada konstruksi namun tetap bisa bersifat fleksibel. Plat baja yang disempurnakan dengan pengikat baja baut kunci akan menghubungkan tiap susunan bambu dan memastikan pengikat dapat terus dikencangkan ketika bambu menyusut di masa mendatang.



Gambar 11. Detail Sambungan L



Gambar 12. Detail Sambungan T



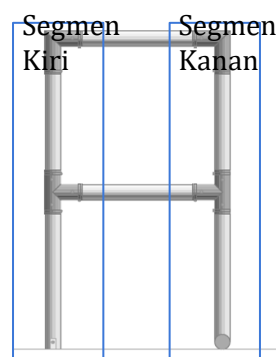
Gambar 13. Detail Sambungan U
Sumber: Dokumentasi Penulis

Uji Simulasi Model Gaya Lateral

Dilakukan pengujian pada modul 1:1 SHEMINA. Metode pengujian ini memiliki variabel yaitu sambungan 3 tipe pada konstruksi yang mempunyai model beragam di berbagai sudut berbeda. Sambungan utama antar ruas bambu pada satu modul menggunakan prinsip perpipaian dengan bahan plat baja dan terdapat mur/pengunci. Pemilahan model bambu paling lurus dengan diameter 7 - 7,6 cm kemudian dipotong sesuai ukuran rancangan yaitu 70cm sebanyak 8 buah

Berdasarkan hasil final rancangan sambungan yang telah didiskusikan bersama tukang untuk didapatkan kekuatan dan efisiensi maksimal yang kemudian dilakukan proses pembentukan - las. Dilakukan proses pelubangan pada sambungan dan bambu. Bambu tidak baik jika dilakukan perusakan atau lubang yang sejajar karena sifat yang bambu yang dapat membuat bambu pecah dalam keadaan luka segar sehingga solusi yaitu penyilangan mur baut ataupun pelubangan yang tidak lurus. Disisi lain hal itu juga menambah kekuatan dan kestabilan dari arah arah yang beragam. Dalam perencanaan dan realita harus sinkronisasi matang dalam ukuran, tipe, jenis, detailing seperti sudut, letak lubang, ukuran yang berpengaruh terhadap bentuk dan kekuatan.

Dilakukan penyesuaian dan pencocokan bilah bambu dengan sambungan kemudian disambung menjadi satu modul utuh. kondisi sambungan yang belum sempurna menggunakan mur baut dua sisi/arah berbeda untuk melihat nilai kekuatan terendah sebagai sebuah modul dan memperhatikan efek stabilitas kembali ke posisi semula kembali.



Gambar 14. Ilustrasi Segmen Uji Model
Sumber: Dokumentasi Penulis

Berdasarkan Segmen yang telah diperjelas berfungsi sebagai data perbandingan awal melihat signifikansi interval pembebanan terhadap pola perilaku model uji yang kemudian difokuskan masing-masing. dalam hal ini, segmen kanan menjadi fokus penelitian. selaras dengan metode penelitian uji simulasi bahwa pembebanan diberikan dengan interval

progress ± 10 kg sebanyak 13 kali. berikut data penelitian atas beban yang diberikan terhadap deformasi pada masing masing sambungan.

No	Berat Beban (kg)	Progress (kg)	Pergeseran (cm)		Skala
			Segmen Kiri	Segmen Kanan	
1	0	12.7	-	-	Interval
2	12.75	10	4.78	4.7	Interval
3	23.25	10.5	6.78	5.85	Interval
4	33.9	10.65	8.3	7.3	Interval
5	45.25	11.65	9.6	8.78	Interval
6	56.9	11.65	12.6	11.75	Interval
7	67.6	11	15.1	14.3	Interval
8	77.8	10.2	17.2	15.9	Interval
9	86.95	9.15	20	19	Interval
10	96.1	9.05	22.1	21.3	Interval
11	105.15	9.05	27.2	26.4	Interval
12	113.3	12	35.4	34.6	Interval
13	122.25	8.95	38.6	38.5	Interval

Tabel 4. Perbandingan data pembebanan dengan deformasi Sambungan L
Sumber: Dokumentasi Penulis

No	Berat Beban (kg)	Progress (kg)	Pergeseran (cm)		Skala
			Segmen Kiri	Segmen Kanan	
1	0	12.7	-	-	Interval
2	12.75	10	2.86	3.4	Interval
3	23.25	10.5	4,4	4.9	Interval
4	33.9	10.65	5.7	6	Interval
5	45.25	11.65	6.78	6.6	Interval
6	56.9	11.65	9.2	9.35	Interval
7	67.6	11	11.3	11.1	Interval
8	77.8	10.2	12.9	13	Interval
9	86.95	9.15	15.2	15.1	Interval
10	96.1	9.05	16.9	16.7	Interval

11	105.15	9.05	20	19.95	Interval
12	113.3	12	24.9	25.3	Interval
13	122.25	8.95	26.6	27	Interval

Tabel 5. Perbandingan data pembebanan dengan deformasi Sambungan T
Sumber: Dokumentasi Penulis

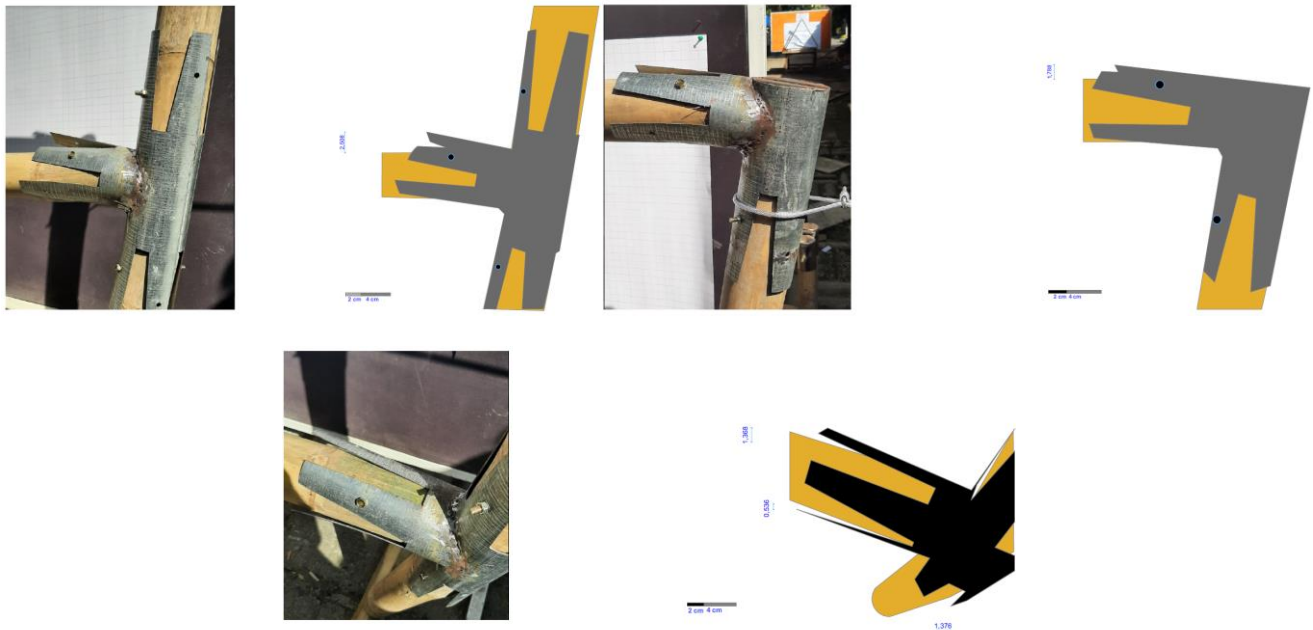
Rancangan Model Uji Simulasi yang telah dirangkai utuh dengan mempertimbangkan variabel variabel yang terikat dilakukan pembebanan untuk melihat perilakunya dari pergeseran dan deformasi sambungan maupun bambu. Berikut dapat dilihat signifikansi perubahan pada bentuk model uji saat pengujian berlangsung.

No	Beban (kg)	Skema 2D	Pergeseran dan Deformasi
1	12.75		
2	23.25		
3	33.9		
4	45.25		

5	56.9		
6	67.6		
7	77.8		
8	86.95		
9	96.1		
10	105.15		
11	113.3		

12	122.25		
----	--------	---	---

Tabel 6. Data pengamatan
Sumber: Dokumentasi Penulis



Beban 122.25
Gambar 15-17. Deformasi pada sambungan
Sumber: Dokumentasi Penulis

model uji mengalami perilaku miring dari gaya tarik dan terjadi deformasi yang signifikan pada pembebanan ke 13 dimana hal itu selaras dengan akumulasi pembebanan yang ada dan faktor waktu yang berdampak pada kekuatan lentur dan elastisitas sebuah bambu sebagai material utama pada modul. perilaku bengkok pada bagian gerigi sambungan logis karena bentuknya yang adaptif sehingga dapat mengikat bambu dan kecenderungan akan melawan bambu yang bergerak bebas dalam hal ini mengalami gaya tarik. maka dari itu terdapat Efek deformasi lain, yaitu bambu yang pecah di sekitar garis pemasangan mur. kerusakan fatal pada sambungan di bagian las maupun pipa galvanis tidak nampak karena pengelasan yang baik dan menyeluruh di semua bagian lingkaran tiap sambungan.

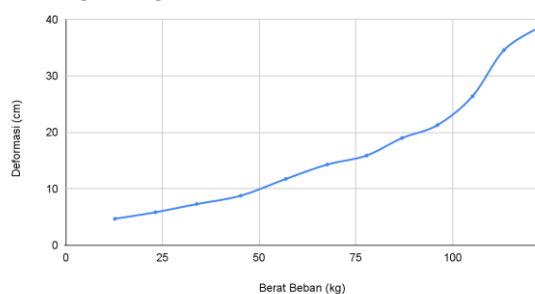


Gambar 18 dan 19. kerusakan pada bambu
Sumber: Dokumentasi Penulis

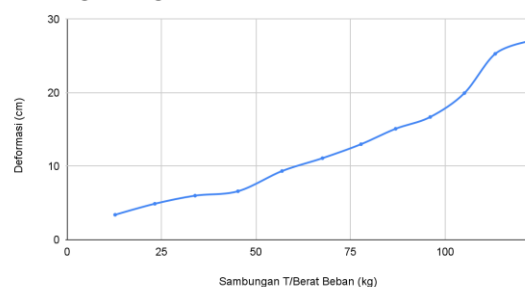
Kerusakan pada bambu merupakan hal yang sangat wajar karena variabel dan faktor yang selalu akan ada disaat proses dan saat pengujian. material bambu yang sudah matang atau kering bagus, namun karena tidak dilapisi oleh zat pelindung ataupun karena terlalu muda sehingga terkena cuaca dan menjadikan semakin rapuh atau tidak tepat digunakan sebagai material pengujian. efeknya pada saat pengujian, bambu yang telah disiapkan tidak dalam kondisi terbaik.

Kinerja Sambungan yang diberi pembebanan bertahap memiliki pola perilaku yang unik karena jumlah pembebanan akan selaras dengan semakin signifikan efek deformasinya yang meningkat dan cenderung paling signifikan diatas interval pembebanan 100 kg. dapat dilihat pada grafik perbandingan yaitu garis biru yang menunjukkan pernyataan tersebut.

Sambungan L Segmen Kanan



Sambungan T Segmen Kanan

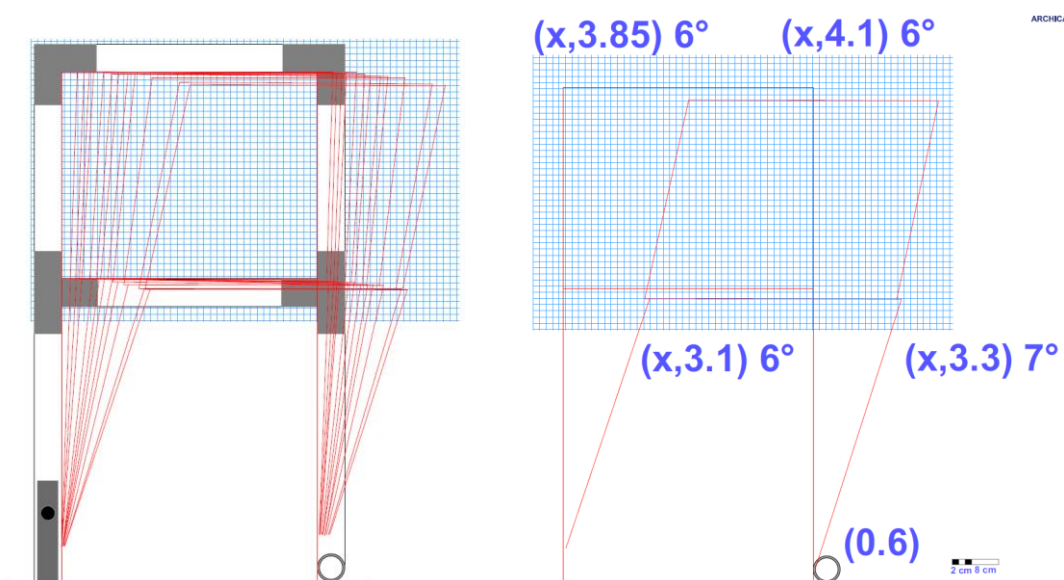


KESIMPULAN

Shelter Mitigasi Bencana atau SHEMINA merupakan model rancangan dengan tujuan mitigasi pasca bencana yang memiliki modul modul *deployable structure* sehingga dapat dirangkai, dirakit dan diperbanyak dengan bantuan perkuatan yaitu sambungan khusus. Dilakukan analisis uji simulasi untuk mengukur kekuatan tiap sambungan yang ada dan mengamati perilaku pada modul pengujian pembebanan interval gaya lateral menggunakan bantuan katrol tetap dan pengunci di kaki.

Berdasarkan data analisis uji simulasi yang ada mengindikasikan perilaku yang unik pada modul bambu yaitu adanya deformasi atau pergerakan geser pada sambungan dan retak atau pecah pada bambu. Pembebanan maksimal pada penelitian yaitu 122.5 kg karena

penampang sudah mencapai batas bawah dengan rerata interval pembebanan 10.5 kg. perilaku model uji bambu dan sambungannya searah dengan gaya tarik lateral beban yaitu ke arah kanan pada gambar. Pada model uji segmen kanan, Sambungan L mengalami pergeseran 38.5 cm dibandingkan Sambungan T mengalami pergeseran 27 cm sehingga Sambungan L bergeser lebih jauh dari posisi semula. Efek deformasi pada model uji yaitu Sambungan L bagian gerigi atas terangkat sejauh 1.8 cm, sedangkan Sambungan T bagian gerigi atas terangkat sejauh 2.5 cm dan bagian bawah sambungan gerigi kanan bergeser sejauh 1.4 cm. perilaku pada bambu yaitu pecah pada bambu karena terdapat sambungan yang dikaji yaitu mur baut yang ditempatkan bersilangan dan mur kecil yang dipasang sejajar lurus sehingga berdampak ke bambu ketika ada gaya tarik. perbandingan posisi semula dengan posisi akhir atas pembebanan total memperlihatkan terjadinya perilaku pada modul uji yang mengalami deformasi geser dan turun yang signifikan dan selaras yaitu rerata turun sejauh 3.6 cm dengan 6-7 derajat.



Gambar 20-21. Hasil Deformasi

Sumber: Dokumentasi Penulis

Pada penelitian ini memiliki hambatan waktu dan akomodasi sehingga model purwarupa dan uji simulasi masih memerlukan tahap selanjutnya yaitu perbanyak modul dan model sambungan mempertimbangkan variabel seperti jumlah dan perletakan mur baut sehingga kedepannya didapatkan perbandingan data yang lebih beragam dengan variabel bebas tertentu. Pada penelitian selanjutnya akan menerapkan uji simulasi model yang lebih beragam dalam pengujian gaya disesuaikan ketersediaan alat uji dan ukuran model purwarupa sehingga model rancangan dapat melewati sertifikasi kekuatan, keamanan atau standarisasi sebuah Shelter Mitigasi Bencana yang akan didistribusikan ke seluruh pelosok negeri. Berkenaan dengan material, ukuran ketebalan Sambungan disarankan untuk > 3 inch karena sambungan adalah variabel utama kekuatan model yang harus solid dengan didukung komponen pengunci mur baut yang tidak segaris atau bisa bersilang dengan jumlahnya lebih dari 1 tiap sisi. selain itu, ukuran rancangan sambungan yang mengikat bambu disarankan proporsional sehingga tidak terlalu pendek dan tidak boros. titik temu ujung sambungan dengan anatomi bambu disarankan memiliki ukuran yang bisa mendapatkan bagian ruas buku (node) bambu karena memiliki solid lebih baik atau tidak mudah pecah.

Diperlukan juga kesesuaian dengan konteks dengan perakitan model utuh seminimalnya 4 modul yang dirangkai untuk kemudian dalam penelitian selanjutnya dapat dilakukan

pengujian sehingga didapatkan data uji simulasi yang lebih kompleks dan utuh untuk dijadikan pedoman dalam penerapan Shelter Mitigasi Bencana di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Artikel Jurnal

Diana, Y. dkk. (2019). EKSPLORASI DESAIN STRUKTUR BAMBU MODULAR DENGAN SISTEM KONSTRUKSI DEPLOYABLE. Jurnal RISA (Riset Arsitektur) ISSN 2548-8074, www.journal.unpar.ac.id Volume 03, Nomor 04, edisi Oktober 2019; hal 381-397

Firdaus, A. dkk. (2017). *Deployable Bamboo Structure Project: A Building Life-Cycle Report*. AIP Conference Proceedings. 1903. 1. <https://doi.org/10.1063/1.5011509>

Maurina, A. Prastyatama, B. (2019). *Bamboo Deployable Structural Systems: An Exploration Study in Responding to Rapid Alteration Challenges*. <https://dx.doi.org/10.2991/senvar-18.2019.10>

Morisco. 1999. Rekayasa Bambu. Nafiri Offset, Yogyakarta.

Pradipto, E. (2021). MODEL PENGEMBANGAN DAN PERLINDUNGAN KONSTRUKSI BAMBU PASCA BENCANA Jurnal Arsitektur Komposisi, Volume 15 No. 1.

Wang, Tsung-Hsien, Trujillo, Olivia Espinosa, Chang, Wen-Shao and Deng, Bailin. 2017. Encoding bamboo's nature for freeform structure design. International Journal of Architectural Computing 15 (2) , pp. 169-182. <https://orca.cardiff.ac.uk/102214/1/IJAC%20-%20Encoding%20Bamboo%20Nature%20for%20Freeform%20Structure%20Design%20-%20Postprint.pdf>

Situs Web

A. Masdar, B. Suhendro. dkk. (2013). Development of Connection System Bamboo Truss Structure. *4th International Conference on Sustainable Future for Human Security*. Kyoto.

E.A. Widjaya. (2011). *Bamboo Types Identification Kit in Java*. Puslitband Biologi LIPI.

G, Bachtiar. (2016). Penelitian Fisik dan Mekanik Bambu pada berbagai Umur Sebagai Bahan Bangunan. Proceedings of Seminar Nasional Menuju Konstruksi Bambu Modern Masa Depan. Bandung.

Maurina, A.(2017). EKSPLORASI STRUKTUR BAMBU DENGAN KONSTRUKSI 'DEPLOYABLE'. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan