

**LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN
DANA INTERNAL PERGURUAN TINGGI**



**MODEL SAMBUNGAN UNTUK STRUKTUR LANTAI PANGGUNG
BAMBU SEBAGAI ALAS TIDUR PENGUNGS**

Ketua : Intan Findanavy Ridzqo, ST, M. Ars. NIDN: 0310029401
Anggota : Estuti Rochimah, ST, M. Sc. NIDN: 0326076902
Verdy Ananda Upa, ST, MT NIDN: 0316099201

**Dibiayai oleh:
Dana Pengembangan Penelitian Perguruan Tinggi
Institut Teknologi Indonesia
Nomor Surat Tugas 058/ST-PLT/PRPM-PP/ITI/V/2021**

**PROGRAM STUDI ARSITEKTUR
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA
AGUSTUS 2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Model Sambungan untuk Struktur Lantai Panggung
Bambu sebagai Alas Tidur Pengungsi

Jenis Penelitian : Eksperimen

Bidang Penelitian : Infrastruktur dan Permukiman

Tujuan Sosial Ekonomi : Perancangan

Peneliti

a. Nama Lengkap : Intan Findanavy Ridzqo, ST, M. Ars.

b. NIDN : 0310029401

c. Jabatan Fungsional : -

d. Program Studi : Arsitektur

e. Nomor HP : 0896 9715 7024

f. Alamat Surel (*e-mail*) : intan.findanavy@iti.ac.id;
intan.findanavy@gmail.com

Anggota Peneliti 1

a. Nama Lengkap : Estuti Rochimah, ST, M. Sc.

b. NIDN : 0326076902

c. Institusi : Prodi Arsitektur Institut Teknologi Indonesia

Anggota Peneliti 2

a. Nama Lengkap : Verdy Ananda Upa, ST, MT

b. NIDN : 0316099201

c. Institusi : Prodi Teknik Sipil Institut Teknologi Indonesia

Anggota Mahasiswa

a. Nama Lengkap, NIM, Program Studi:

1. Rafi Zain, 1222000016, Arsitektur

2. Aidah Nurul Hasanah, 1221800013, Arsitektur

Institusi Sumber Dana : Dana Pengembangan Penelitian Perguruan Tinggi

Biaya Penelitian : Rp. 4.000.000,-

Kota Tangerang Selatan, 2 September 2021


Mengetahui
Program Studi Arsitektur

Ketua

(Estuti Rochimah, ST, M. Sc.)
NIDN: 0326076902

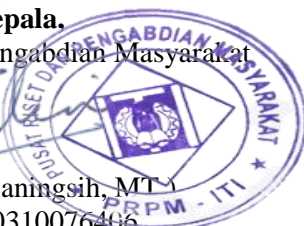


Ketua Tim


(Intan Findanavy Ridzqo, ST, M. Ars.)
NIDN: 0310029401

Menyetujui,
Kepala,
Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat


(Dr. Ir. Joelianingsih, MT)
NIDN : 0310076466



HALAMAN TUGAS

Lampiran Surat Tugas
No. 058/ST-PLI/LPKT-IT/IV/2021
Tanggal 03 Mei 2021

DAFTAR PENELITIAN DOSEN PROGRAM STUDI ARSITEKTUR SEMESTER GENAP THN AKADEMIK: 2020/2021

Revisi 19 Juli 2021

NO	TOPIK PENELITIAN	BIDANG	SUSUNAN TIM	SUMBER DANA	JUMLAH DANA (Rp)	KETERLIBATAN PRODI/INSTITUSI LAIN	KETERLIBATAN MAHASISWA
1	Kajian Bangunan Hemat Energi di Kota Bandung	Engineering and Technology	1. Aliviana Demami, S. Ars, M. Ars (Ketua)	Mandiri	Rp 2.000.000		
2	Rumah Tinggal Pasca Pandemi COVID-19	Engineering and Technology	1. Fuad Rizal, S.T., M.T (Ketua) 2. Aliviana Demami, S. Ars., M. Ars. (Anggota)	Hibah Internal	Rp 5.000.000		1. Muhammad Abyan 2. Nadiana Khumairoh
3	Model Sambungan untuk Struktur Lantai Panggung Bambu sebagai Alas Tidor Pengungsi	Engineering and Technology	1. Intan Findanavy Ridzqo, ST, M. Ars. (Ketua) 2. Esnuti Pochimah, ST, M. Sc. (Anggota) 3. Verdy Ananda Upa, ST, MT (Anggota)	Hibah Internal	Rp 5.000.000	Prodi Teknik Sipil	1. Hermawan Indra Dwiyanto 2. Aidah Nurul Hasnah
4	An Overview of High-Rise Buildings in Jakarta since 1967 to 2020.	Engineering and Technology	1. Intan Findanavy Ridzqo, ST, M. Ars. (Ketua)	Mandiri	Rp 4.000.000	Stephanus Wirawan Dharmatama (Mahasiswa Magister Arsitektur Universitas Petra)	M. Fikri Effendi
5	From Site to Scaled Model: Material Scripting for Digital Fabrication	Engineering and Technology	1. Intan Findanavy Ridzqo, ST, M. Ars. (Ketua) 2. Titeandy Lie, S. Ars., MT (Anggota)	Mandiri	Rp 4.000.000		
6	Eksistensi Kampung Wisata pada Tepian Sungai Cisadane menuju Kepariwisataaan Urban di Kota Tangerang	Engineering and Technology	1. Refranisa, ST, MT (Ketua) 2. Ir. Rino Wicaksono, MAUD, MURP, PhD (Anggota) 3. Fornia Lestari, ST, M. Sc (Anggota)	Hibah Internal	Rp 4.700.000	Prodi PWK	Eva Destrya
7	Kajian Elemen Pembentuk Ruang Pada Rumah Adat dan Kebudayaan "Bunni Ageung Cikidang" di Cianjur	Engineering and Technology	1. Titeandy Lie, S. Ars., MT (Ketua) 2. Kusriantari Fenny Aprilia, ST, M. Ars. (Anggota)	Hibah Internal	Rp 4.900.000		Azis Nurchohis Majid

Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Institut Teknologi Indonesia
Kepala



Dr. Ir. Joeliansih, MT

ABSTRAK

Berbagai bencana melanda hampir di seluruh wilayah Indonesia belakangan ini. Penanganan pertama terhadap masyarakat yang terdampak bencana, umumnya, adalah dengan menempatkan masyarakat pada suatu area yang relatif paling aman terhadap bencana susulan, seperti tanah yang datar dan terletak paling tinggi. Dalam area pengungsian, pengungsi tidur beralaskan dengan alas terpal seadanya. Tak ayal, kelembaban dari uap air pada permukaan tanah, genangan air hujan yang meresap di tanah membasahi alas tidur ini pada musim kemarau, atau bahkan bahaya masuknya hewan-hewan tanah, seperti ular, justru bisa menjadi bencana lain yang mengancam kesehatan dan keselamatan. Tenda pengungsian seharusnya dapat menjamin keamanan, keselamatan dan kesehatan menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat yang terdampak bencana. Untuk itu, rancangan tenda pengungsian perlu dikembangkan untuk dapat memenuhi aspek-aspek tersebut. Menanggapi kondisi permasalahan dan kebutuhan tersebut, arsitektur tradisional di Indonesia sebenarnya telah mengajarkan kepada kita, yaitu dengan lantai panggung. Rancangan konstruksi panggung dimaksudkan untuk menghindari ancaman hewan-hewan tanah, kenaikan air laut dan sebagai ruang udara untuk mengalirkan termal.

Sebagai suatu struktur yang bersifat sementara, pengembangan rancangan lantai untuk tenda pengungsian dapat menggunakan material yang dapat ditemukan di sekitar lokasi bencana. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin ketersediaan bahan yang dapat langsung diperoleh sehingga meminimalisasi waktu tunggu kiriman bantuan. Namun, konstruksi bambu secara tradisional memerlukan waktu yang relatif lama dan membutuhkan keahlian ketukangan yang spesifik. Untuk mendirikan ruang pengungsian sementara yang cepat dan mudah, serta dapat dikerjakan oleh masyarakat umum, diperlukan suatu model sambungan pada konstruksi lantai panggung tersebut. Berbagai rancangan model sambungan konstruksi bambu modern pun telah banyak berkembang, seiring dengan kemudahan alat pembuatnya, yaitu digital printing. Banyak penelitian telah memanfaatkan teknologi tersebut, namun pemanfaatannya untuk menghasilkan solusi yang dapat membantu kebutuhan masyarakat dalam upaya mitigasi bencana belum banyak dilakukan. Penelitian ini akan menghasilkan suatu model sambungan yang dibuat dengan teknik digital printing yang akan dimanfaatkan pada suatu struktur bambu yang difungsikan sebagai lantai panggung untuk alas tidur di tenda pengungsian.

Kata Kunci: sambungan, struktur bambu, lantai panggung, digital printing, pengungsian

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN TUGAS	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.3 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Bambu dan Struktur Bambu	5
2.2. Struktur Bambu	6
2.3. Konstruksi Bambu	7
2.4. Rancangan Sistem Struktur Bambu untuk Lantai	10
BAB III METODE.....	11
3.1 Alat dan Bahan	13
3.2 Prosedur Penelitian.....	13
3.3 Pembagian Tugas Tim Penelitian.....	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Rancangan Sistem Struktur dan Konstruksi.....	15
4.2 Pembuatan Model Berskala.....	17
BAB V KESIMPULAN.....	20
DAFTAR PUSTAKA	211

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Beberapa media yang mengabarkan situasi tenda pengungsian yang basah saat hujan.....	1
Gambar 2. Transformasi tenda velbed, yakni dari tenda yang digabungkan dengan rangka tidur <i>folding</i>	2
Gambar 3. Konstruksi bambu secara tradisional yang dikembangkan secara digital dan dicetak dengan mesin cetak 3D menghasilkan suatu sambungan bambu yang modern.....	3
Gambar 4. Saung dengan struktur bambu (kiri), struktur atap dengan bambu (tengah) dan struktur lantai bambu untuk mitigasi bencana (kanan).....	6
Gambar 5. Sistem klasifikasi oleh Widyowijanarko.....	7
Gambar 6. Ragam konstruksi bambu yang banyak dipakai dalam praktik membuat struktur bambu.....	7
Gambar 7. Struktur bangunan sekolah Tipu Sultan Merkez (TSM) oleh Ziegert Roswag Seiler Architekten Ingenieure (2012) dan rumah tahan gempa rancangan Ramboll dan Grenzeloos Milieu serta University College London (UCL) (2018) di Lombok.....	10
Gambar 8. Fase penelitian.....	11
Gambar 9. Langkah-langkah dalam tahapan perancangan model dan perencanaan material.....	12
Gambar 10. Diagram alir penelitian.....	14
Gambar 11. Rancangan awal sistem struktur.....	15
Gambar 12. Eksplorasi model sambungan.....	16
Gambar 13. Rancangan model struktur lantai panggung dengan bambu.....	16
Gambar 14. Model maket berskala 1:4 dan komponen maket struktur.....	17
Gambar 15. Model sambungan yang telah dicetak.....	18
Gambar 16. Pengukuran diameter kayu balsa dowel di sepanjang batang.....	18
Gambar 17. Lembaran batang bambu (bamboo mat).....	19

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ragam konstruksi bambu.....	8
Tabel 2. Kebutuhan alat dan bahan.....	13
Tabel 3. Daftar tugas tim penelitian.....	14
Tabel 4. Material scripting yang berisi kebutuhan material untuk maket.....	17

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berbagai bencana melanda hampir di seluruh wilayah Indonesia belakangan ini. Fenomena alam yang semakin ekstrem, seperti curah hujan yang lebat, atau wilayah Indonesia yang berada di atas garis api yang tercipta dari pertemuan lempengan benua menjadikan gunung berapi aktif dan gempa sebagai fenomena alam yang tidak dapat terpisahkan. Kejadian fenomena alam menjadi bencana bagi manusia ketika manusia bermukim di area terjadinya fenomena alam yang menimbulkan kerusakan infrastruktur yang dibangun oleh manusia. Penanganan pertama terhadap masyarakat yang terdampak bencana, umumnya, adalah dengan menempatkan masyarakat pada suatu area yang relatif paling aman terhadap bencana susulan, seperti tanah yang datar dan terletak paling tinggi. Pada area ini, bantuan disalurkan dan didirikan tenda-tenda pengungsian untuk hunian sementara. Namun, bencana tidak memilih waktu, yang dapat terjadi di musim kemarau dan musim penghujan. Bentuk tenda pengungsian, umumnya, dibuat untuk fungsi pencahayaan penghuninya terhadap terpaan cahaya matahari, angin dan air hujan. Sedangkan, pengungsi tidur beralaskan dengan alas terpal seadanya. Tak ayal, kelembaban dari uap air pada permukaan tanah, genangan air hujan yang meresap di tanah membasahi alas tidur ini pada musim kemarau, atau bahkan bahaya masuknya hewan-hewan tanah, seperti ular, justru bisa menjadi bencana lain yang mengancam kesehatan dan keselamatan.



Gambar 1. Beberapa media yang mengabarkan situasi tenda pengungsian yang basah saat hujan.

Sumber: fajar.co.id, kompas.com dan tribunnews.com.

Tenda pengungsian yang dapat menjamin keamanan, keselamatan dan kesehatan menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat yang terdampak bencana. Untuk itu, rancangan tenda pengungsian perlu dikembangkan untuk dapat memenuhi aspek-aspek tersebut. Menanggapi kondisi permasalahan dan kebutuhan tersebut, arsitektur tradisional di Indonesia sebenarnya telah mengajarkan kepada kita, yaitu dengan lantai panggung. Konstruksi lantai panggung dapat ditemukan pada hampir sebagian besar arsitektur tradisional di Indonesia, baik di daerah pesisir maupun di pegunungan. Rancangan konstruksi panggung dimaksudkan untuk menghindari ancaman hewan-hewan tanah, kenaikan air laut dan sebagai ruang udara untuk mengalirkan termal (Sato, 1991). Salah satu rancangan desain tenda dengan alas yang dinaikkan dari permukaan tanah, yang menggunakan logika pentingnya alas dinaikkan, adalah tenda velbed. Tenda velbed menggabungkan konstruksi rangka tidur aluminium yang biasanya digunakan oleh tentara dengan tenda penaung di atasnya (Gambar 2). Kapasitas tenda velbed adalah untuk satu orang. Pemanfaatan logika rancangan tenda velbed dapat dikembangkan lebih lanjut untuk tenda pengungsi yang dapat menampung pengguna setidaknya satu keluarga, yaitu ringan dan mudah dirangkai.

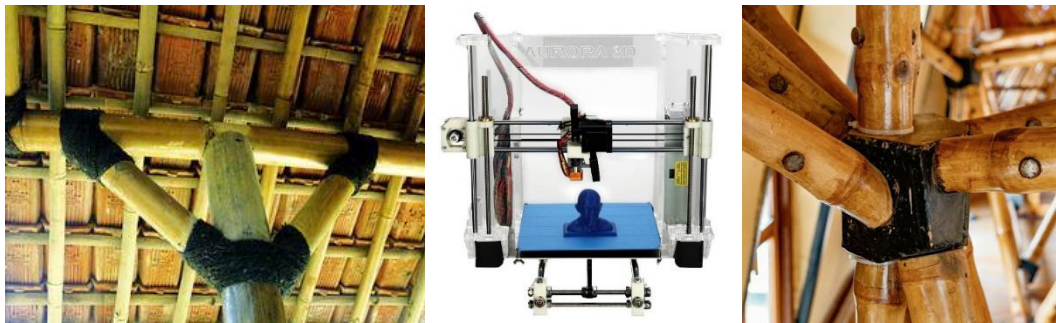


Gambar 2. Transformasi tenda velbed, yakni dari tenda yang digabungkan dengan rangka tidur *folding*.

Sumber: decathlon.com dan tokopedia.com.

Sebagai suatu struktur yang bersifat sementara, pengembangan rancangan struktur lantai sebagai alas tidur pengungsian dapat menggunakan material yang dapat ditemukan di sekitar lokasi bencana. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin

ketersediaan bahan yang dapat langsung diperoleh sehingga meminimalisasi waktu tunggu kiriman bantuan. Bambu, sebagai salah satu sumber penyedia material struktural bangunan, merupakan tanaman yang mudah dibudidayakan, mudah dipanen dan langsung digunakan. Namun, konstruksi bambu secara tradisional memerlukan waktu yang relatif lama dan membutuhkan keahlian ketukangan yang spesifik. Untuk mendirikan ruang pengungsian sementara yang cepat dan mudah, serta dapat dikerjakan oleh masyarakat umum, diperlukan suatu model sambungan pada konstruksi lantai panggung tersebut. Berbagai rancangan model sambungan konstruksi bambu modern pun telah banyak berkembang, seiring dengan kemudahan alat pembuatnya, yaitu *digital printing*. Banyak penelitian telah memanfaatkan teknologi tersebut, namun pemanfaatannya untuk menghasilkan solusi yang dapat membantu kebutuhan masyarakat dalam upaya mitigasi bencana belum banyak dilakukan.



Gambar 3. Konstruksi bambu secara tradisional yang dikembangkan secara digital dan dicetak dengan mesin cetak 3D menghasilkan suatu sambungan bambu yang modern.

Sumber: hdesignideas.com, jakartanotebook.com dan abari.earth

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan yang dirumuskan yaitu bagaimana rancangan sambungan struktur lantai bambu yang dapat digunakan sebagai alas tempat tidur pengungsi.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian adalah untuk mengeksplorasi rancangan sambungan untuk struktur lantai panggung dengan bahan bambu dengan memanfaatkan teknologi pencetakan tiga dimensi (*3D printing*).

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini terdiri dari manfaat khusus dan manfaat umum. Manfaat khusus penelitian ini yaitu rancangan model digunakan untuk fungsi mitigasi bencana sebagai rangka alas tidur pengungsi. Sedangkan, manfaat umum dari penelitian ini adalah model sambungan yang dapat digunakan untuk fungsi-fungsi lainnya dalam pengembangan sambungan bamboo modern.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bambu dan Struktur Bambu

Bambu merupakan salah satu tanaman yang tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia. Tanaman bambu mudah dibudidayakan dan tidak diperlukan perawatan khusus, bahkan dapat dimanfaatkan untuk menyerap racun yang terkandung di dalam air dan tanah. Batang tanaman bambu dapat dipanen dalam waktu lima tahun. Batang bambu merupakan salah satu sumber bahan bangunan struktural dari sumber organik selain kayu. Dalam proses pembuatan struktur bangunan menggunakan bambu, bambu termasuk bahan yang mudah dipotong dan dibentuk. Bambu memiliki sifat fisis berupa massa jenis yang ringan, salah satunya disebabkan karena bagian tengah penampang bambu kosong atau tidak berisi. Sementara itu, berdasarkan sifat mekanis, bambu memiliki kelebihan berupa kekuatan tarik yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kayu. Bambu dengan diameter batang dan dinding yang tebal, seperti jenis bambu petung, memiliki kuat tekan yang tinggi yang banyak dimanfaatkan sebagai elemen struktural, seperti tiang. Namun, kelemahan bambu adalah durabilitasnya sebagai elemen struktural tidak lebih lama daripada kayu, terutama apabila terpapar cahaya matahari dan air secara terus menerus. Durabilitas ini tentu sebanding dengan waktu panen yang juga relatif cepat.

Sejak dahulu hingga saat ini, batang bambu secara luas digunakan sebagai material struktural, mulai dari struktur jembatan hingga bangunan. Dalam pengetahuan struktur bangunan menggunakan bambu, bambu dapat digunakan untuk menciptakan struktur bangunan secara keseluruhan (lantai hingga atap), struktur penang (atap), atau struktur lantai saja (Gambar 4). Dalam upaya mitigasi bencana, bambu dapat menjadi bahan alternatif untuk menciptakan ruang perlindungan. Pradipta dan Hamastuti dalam artikelnya yang berjudul *Konstruksi Lantai Bambu Bongkar Pasang Bentang Panjang Untuk Mitigasi Bencana*, menawarkan suatu rancangan struktur lantai panggung untuk alas pengungsi tidur. Sama seperti konsep lincak di Jawa yang digunakan sebagai bangku panjang dan

lebar untuk berkumpul beberapa orang, struktur lantai bambu tersebut dimaksudkan untuk dapat menampung banyak orang di atasnya.

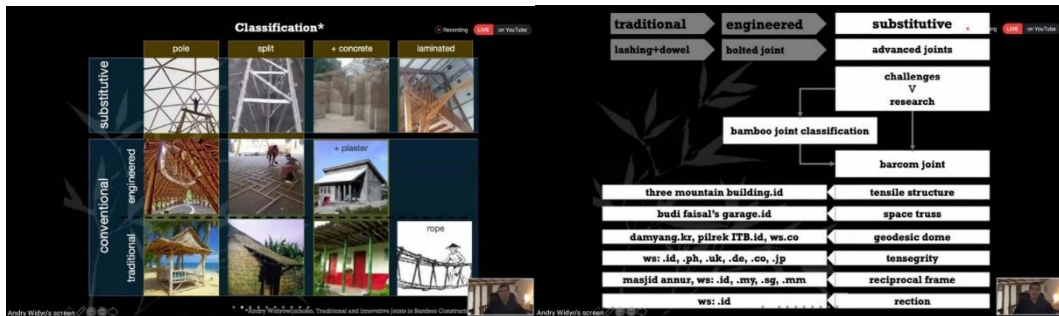


Gambar 4. Saung dengan struktur bambu (kiri), struktur atap dengan bambu (tengah) dan struktur lantai bambu untuk mitigasi bencana (kanan).

Sumber: Tunastaman.com (kiri) dan Pradipta dan Hamastuti (kanan).

2.2. Struktur Bambu

Sebuah sistem struktur dilengkapi dengan konstruksi. Konstruksi yang dimaksud merupakan sambungan untuk merangkai komponen-komponen struktural menjadi sistem struktur. Setiap bahan yang digunakan sebagai komponen struktural membutuhkan konstruksi yang spesifik. Pada perkembangan sistem struktur dan konstruksi bambu, Widyowijanarko (2020), seorang arsitek dan pakar struktur dan konstruksi bambu di Indonesia, menjelaskan sistem klasifikasi struktur dan konstruksi bambu, yaitu konvensional dan substitutif (Gambar 5). Sistem konvensional yang dimaksud membagi teknik struktur dan konstruksi secara tradisional dan rekayasa (engineered) dengan menggunakan batang bambu utuh, sedangkan sistem substitutif merupakan sistem struktur bambu dengan konstruksi apa saja, namun dengan material batang bambu, batang bambu belah, laminasi, dan bambu dengan beton.

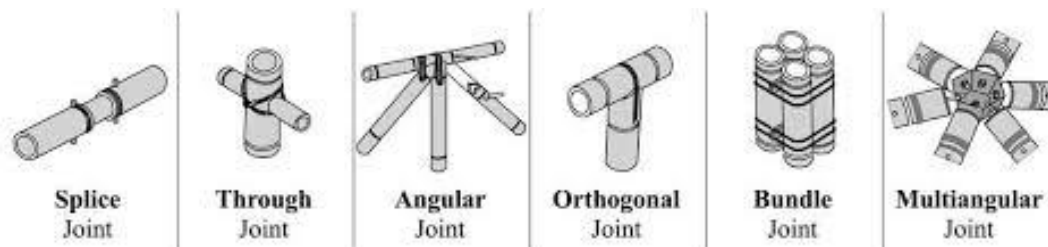


Gambar 5. Sistem klasifikasi oleh Widyowijanarko

Sumber: Seminar serial daring Belajar dari Mereka (2020).

2.3. Konstruksi Bambu





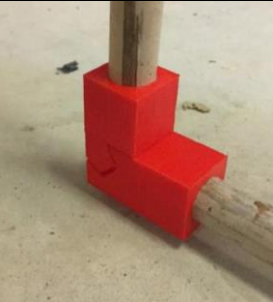

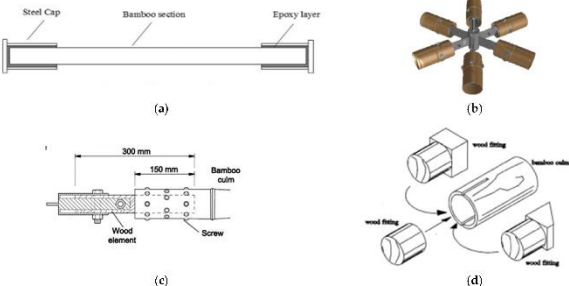
Rekayasa konstruksi bambu yang berkembang semakin modern memanfaatkan teknologi digital printing dalam mengeksplorasi desain yang paling efektif dan efisien. Beberapa desain sambungan bambu yang berkembang didokumentasikan dalam tabel 1. Perkembangan desain model sambungan pada dasarnya dikembangkan dari konstruksi tradisional bambu, yang telah banyak dicatat oleh Frick dalam bukunya Konstruksi Bambu, atau yang seringkali digunakan dalam praktik dicatat oleh Wang, et al (2017) (Gambar 6). Desain yang berkembang umumnya berupa suatu sambungan siku pejal untuk menyambungkan beberapa batang bambu, sambungan bola baja dengan pen baja yang ditanam ke dalam bambu menggunakan beton, sambungan tradisional bambu utuh dengan material modern dan sambungan modern yang sama sekali baru dan berbeda dari konstruksi tradisional pada umumnya.



Gambar 6. Ragam konstruksi bambu yang banyak dipakai dalam praktik membuat struktur bambu.

Sumber: Wang et al, 2017.

Tabel 1. Ragam konstruksi bambu.

<p>Sambungan siku pejal untuk menyambungkan beberapa batang bambu</p>	 <p>Aditya Trifaley Tools: MOST Delta RepRap or similar RepRap 3D printer Sumber: https://www.appropedia.org/Bamboo_Joints_for_house</p>	 <p>ABARI Sumber: http://abari.earth/mpp</p>	 <p>Asif Khan and Julia King Sumber: http://www.asif-khan.com/project/bamboo-silicone-jointing-system/</p>	 <p>Ben K. Sumber: https://www.instructables.com/Build-a-Bamboo-Bicycle-And-Light-it-up/</p>	 <p>P. Corroto dan V. Charlebois, 2018 Sumber: http://www.iaacblog.com/programs/lamps-and-joints/</p>
<p>Sambungan bola baja dengan pen baja yang ditanam ke dalam bambu menggunakan beton</p>	 <p>Andry Widyowijatnoko, 2015 Sumber: https://sappk.itb.ac.id/archives/10017</p>	 <p>Wang dan Hiziroglu, 2020 Sumber: https://www.mdpi.com/2076-3417/10/17/5985/htm</p>			

Sambungan tradisional bambu utuh dengan material modern



Kai Ming Yang, 2019

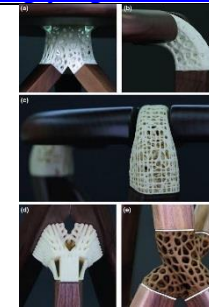
Sumber: <https://www.designboom.com/design/bamboo-metal-joinery-kai-ming-yang-09-03-2019/>

Sambungan modern yang sama sekali baru



Robit Harip, 2017

Sumber: <https://rohitharip.com/the-vertex>



S. Magrisso dan A. Zoran, 2019

Sumber:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-03676-8_16

2.4. Rancangan Sistem Struktur Bambu untuk Lantai

Beberapa rancangan sistem struktur lantai menggunakan bahan bambu telah banyak dikembangkan untuk merespon permasalahan struktural bambu terhadap beban gempa. Dua bangunan dalam gambar 7 merupakan struktur bangunan yang dirancang untuk mengakomodasi hal tersebut. Dari kedua bangunan, struktur lantai bangunan terdiri dari kolom, balok utama dan balok anak yang saling diikat menggunakan tali. Selain itu, dimensi kolom dapat menjadi besar karena terdiri dari beberapa batang bambu, sedangkan strategi pada bangunan lainnya yaitu dengan dimensi kolom yang lebih kecil terdiri dari satu batang bambu namun dengan perkuatan batang bambu yang didirikan horizontal sebagai *bracing*.



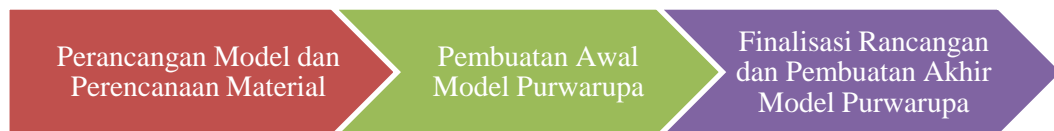
Gambar 7. Struktur bangunan sekolah Tipu Sultan Merkez (TSM) oleh Ziegert | Roswag | Seiler Architekten Ingenieure (2012) dan rumah tahan gempa rancangan Ramboll dan Grenzeloos Milieu serta University College London (UCL) (2018) di Lombok.

Sumber: lafargeholcim.com dan dezeen.com

BAB III

METODE

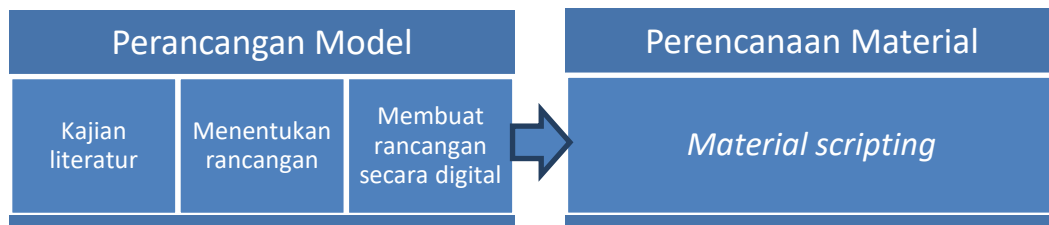
Penelitian ini akan menghasilkan suatu *real-scaled* model sambungan untuk konstruksi lantai panggung bambu yang akan digunakan sebagai alas pada tenda pengungsian. Hasil penelitian menekankan pada eksplorasi model sambungan dan formasi komponen struktural pada sistem struktur. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap perancangan, pembuatan awal komponen model purwarupa dan pembuatan akhir model purwarupa dengan skala sebenarnya (Gambar 8). Rangkaian penelitian melibatkan simulasi secara digital di laboratorium dengan menggunakan perangkat lunak Google SketchUp, teknologi pencetakan digital tiga-dimensi untuk membuat sambungan telah dirancang dengan bentuk dan ukuran yang khusus, serta teknik pertukangan untuk merakit seluruh komponen menjadi model purwarupa yang utuh.



Gambar 8. Fase penelitian.

Tahap perancangan model diawali dengan kajian literatur untuk mengeksplorasi bentuk-bentuk struktur lantai untuk tenda, struktur lantai panggung bambu, dimensi dan kekuatan berbagai jenis bambu, inovasi sambungan pada struktur bambu dan sistem atau mekanisme pencetakan model sambungan dengan teknologi digital printing. Hasil kajian rancangan struktur lantai dan inovasi sambungan didokumentasikan untuk dianalisis kelebihan dan kekurangannya sehingga dapat membantu peneliti untuk menentukan potensi kebaruan yang belum dieksplorasi (Gambar 9). Sementara itu, hasil kajian mekanisme teknologi digital printing diperlukan untuk tahap perencanaan penyiapan model yang siap untuk dicetak dan dirakit. Setelah kajian pustaka dilakukan, tim peneliti akan merancang suatu model sambungan pada struktur lantai panggung yang baru. Model struktur dan sambungan dirancang secara

digital dengan skala material yang sebenarnya. Model terdiri dari komponen-komponen yang dapat disimulasikan pasang dan lepas. Setelah setiap komponen dalam model struktur dan konstruksi telah siap, tim peneliti merencanakan penyiapan material atau disebut material scripting, yaitu membuat tabel rekapitulasi kebutuhan jumlah komponen dengan spesifikasi ukuran tertentu untuk dirakit menjadi suatu model yang utuh. Selain itu, perencanaan juga mencakup urutan penyiapan material dan perakitan.



Gambar 9. Langkah-langkah dalam tahapan perancangan model dan perencanaan material.

Tahap pembuatan awal model purwarupa bertujuan untuk menguji langkah-langkah perancangan dan perancangan telah urut dan sesuai dengan mekanisme fabrikasi digital printing serta menguji keterbangunan model. Produk yang diperoleh dari tahap ini berupa satu modul dari keseluruhan sistem struktur, yang terdiri dari komponen batang bambu dan satu sambungan. Komponen-komponen tersebut kemudian dirakit sedemikian sehingga dapat didirikan tanpa bantuan penyokong. Berbagai antisipasi yang komprehensif untuk membuat model awal yang paling optimal keberhasilannya, bagaimanapun, tidak terlepas dari berbagai kekurangan sehingga setelah uji coba awal ini, tim peneliti akan mengevaluasi, menganalisis, dan memperbaiki rancangan model dan tahapan pembuatan dari awal hingga akhir. Langkah ini perlu dilakukan untuk mencegah risiko kegagalan dan kerugian material yang besar terhadap keseluruhan model yang dirancang.

Setelah model awal dianalisis dan dievaluasi, tim peneliti memperbaiki rancangan model secara digital. Langkah-langkah pada tahap ini serupa dengan tahap perancangan dan perencanaan di awal penelitian, namun tidak dimulai dari awal, melainkan memperbaiki rancangan yang telah ada. Tahap ini akan

diharapkan akan menghasilkan produk berupa model struktur yang utuh, terdiri dari sejumlah sambungan dan batang bambu, yang bertujuan untuk menguji keterbangunan sistem struktur. Untuk mencapai hal tersebut, perencanaan penyiapan material membutuhkan waktu sedikit lebih lama. Selain itu, tim peneliti perlu mempertimbangkan aspek ekonomi dari pembuatan sambungan yang disesuaikan dengan alokasi biaya sehingga diperlukan justifikasi terhadap modular dari rancangan sistem struktur. Walaupun demikian, tahap ini bukan berarti akhir dari penelitian ini, melainkan suatu awalan yang akan dikembangkan lebih lanjut pada penelitian selanjutnya.

3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan sesuai fase penelitian (Tabel 2).

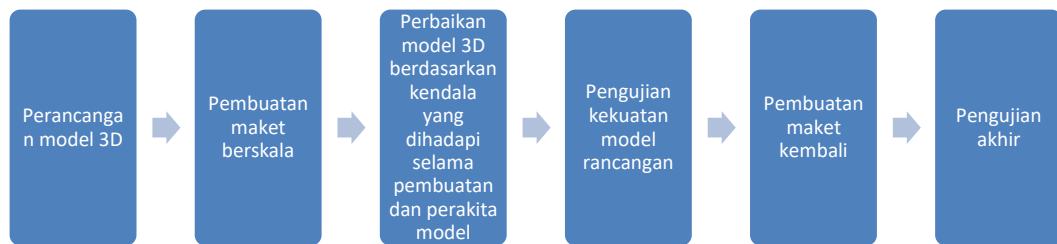
Tabel 2. Kebutuhan alat dan bahan.

Fase penelitian	Perancangan Model dan Perencanaan Material	Pembuatan Awal Model Purwarupa	Finalisasi Rancangan dan Pembuatan Akhir Model Purwarupa
Alat			
Alat ukur (ketelitian 1 mm)	-	V	V
Pisau pemotong	-	V	V
Jangka sorong (<i>calliper</i>)	-	V	V
Mesin pencetak 3D	-	V	V
Bor	-	-	V
Bahan			
<i>Dowell</i> kayu balsa D 40 mm	-	V	-
<i>Dowell</i> kayu balsa D 25 mm	-	V	-
<i>Dowell</i> kayu balsa D 20 mm	-	V	-
Bambu D 60 mm	-	-	V
Bambu D < 60 mm	-	-	V
Baut dan mur	-	-	V

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian diawali dengan tahap perancangan model secara tiga dimensi dan digital menggunakan perangkat lunak Google SketchUp. Kemudian, untuk menguji kekuatan sambungan dengan formasi batang-batang bambu, sebuah

maket struktur berskala dibuat. Komponen sambungan dicetak dengan mesin cetak tiga dimensi, sedangkan komponen batang menggunakan bahan kayu balsa bentuk *dowel*. Kendala yang dihadapi selama proses pembuatan maket dicatat karena merupakan simulasi juga yang mencerminkan proses merangkai seluruh komponen di lapangan. Setelah maket siap, rancangan model diperbaiki sesuai dengan kendala yang ditemukan. Kemudian, model diuji kekuatannya secara digital dengan perangkat lunak yang terkait dengan struktur. Perbaikan rancangan kembali dilakukan untuk memperoleh rancangan yang paling optimal. Setelah hasil diperoleh, maket kembali dibuat dengan skala tertentu untuk menguji secara langsung (Gambar 10).



Gambar 10. Diagram alir penelitian.

3.3. Pembagian Tugas Tim Penelitian

Pembagian tugas tim penelitian yaitu sebagai berikut (Tabel 3).

Tabel 3. Daftar tugas tim penelitian

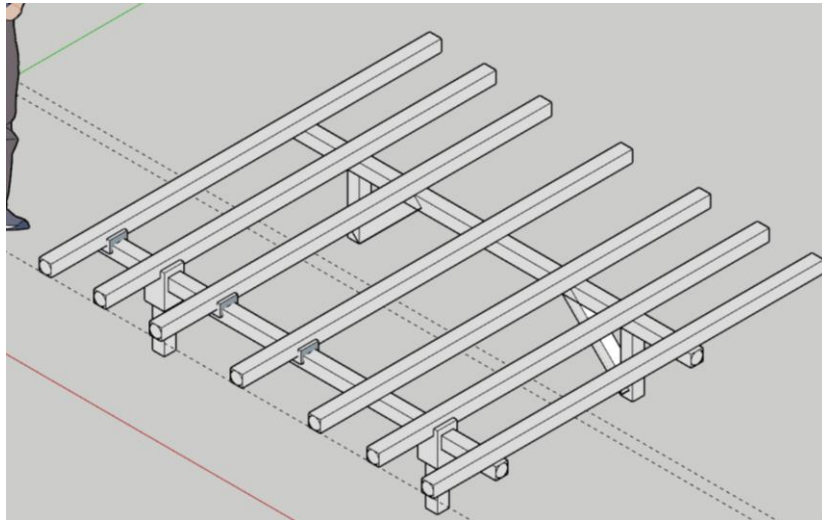
No.	Nama Pengusul	Tugas
1.	Ketua pengusul	Merancang sistem struktur dan model sambungan
2.	Anggota pengusul 1	Memberikan saran terkait ruang dan pengguna
3.	Anggota pengusul 2	Memberikan saran terkait kekuatan struktur
4.	Asisten peneliti 1	Menyiapkan komponen maket
5.	Asisten peneliti 2	Menyiapkan komponen maket dan dokumentasi

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

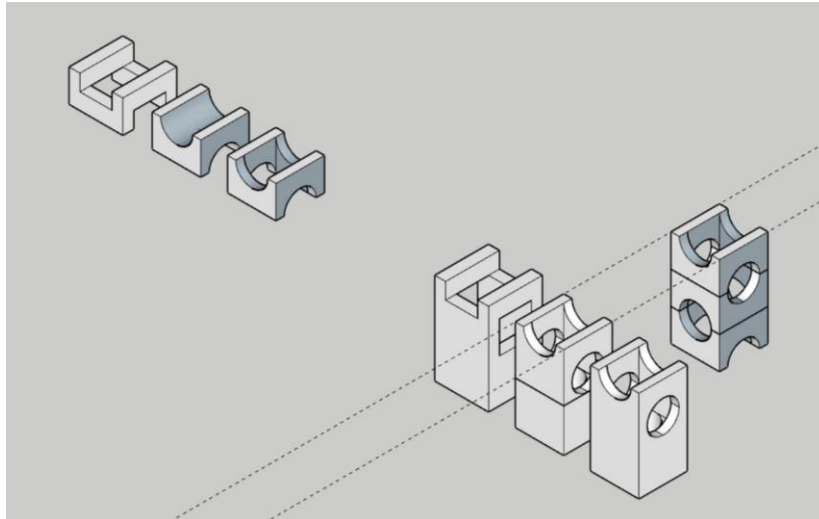
4.1 Rancangan Sistem Struktur dan Konstruksi

Rancangan sistem struktur dan konstruksi lantai panggung ini dibuat dengan ukuran sebenarnya 200 cm x 200 cm. Jenis bambu yang digunakan adalah bambu tali (*Gigantochloa apus*) karena jenis bambu ini dapat ditanam di seluruh wilayah Indonesia, panen yang cepa antara 3 – 5 tahun, dan digunakan secara luas untuk pembuatan saung dan balai. Diameter bambu yakni antara 3 – 6 cm. Dalam rancangan ini, diameter bambu disimulasikan dengan diameter 6 cm. Sistem struktur menggunakan sistem portal. Formasi batang-batang bambu dibuat dengan dasar sistem struktur lantai panggung kayu yang terdiri dari kolom bawah, balok induk dan balok anak, serta bidang penutup lantai (Gambar 11).



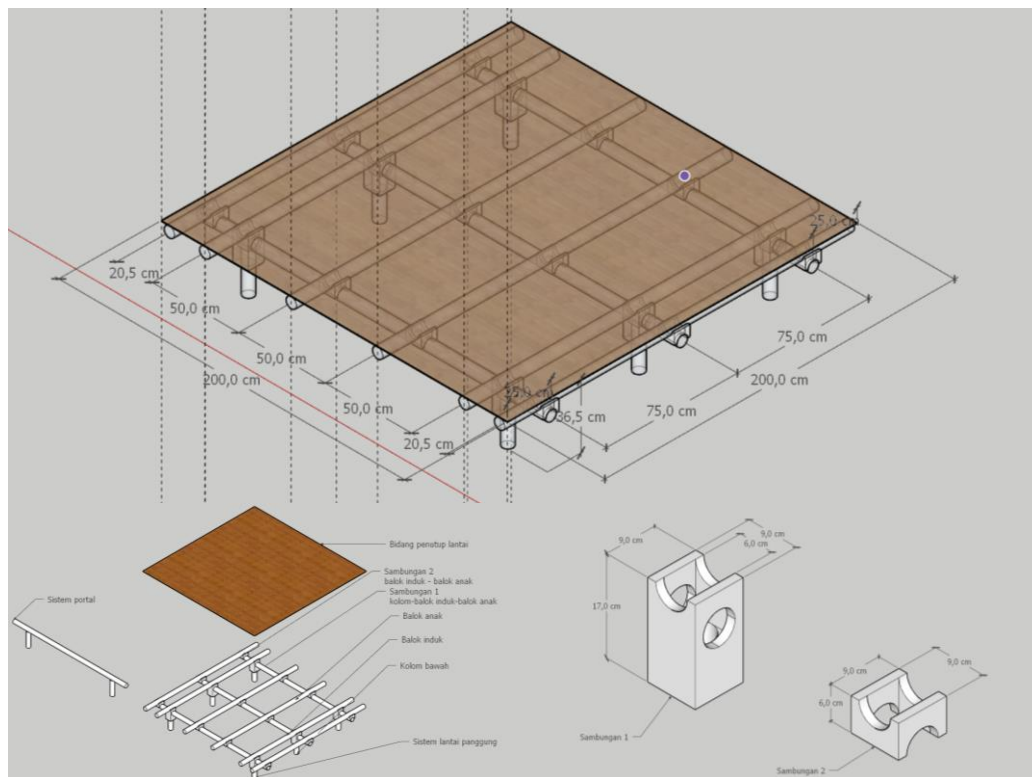
Gambar 11. Rancangan awal sistem struktur.

Rancangan awal kemudian disempurnakan dengan menekankan pada model sambungan yang modular yang dikembangkan dari satu bentuk. Satu bentuk kemudian dilakukan beberapa modifikasi dengan rotasi, *mirror* (dicerminkan) dan digabungkan. Dengan eksplorasi tersebut hasil yang diperoleh model sambungan pada gambar 12.



Gambar 12. Eksplorasi model sambungan.

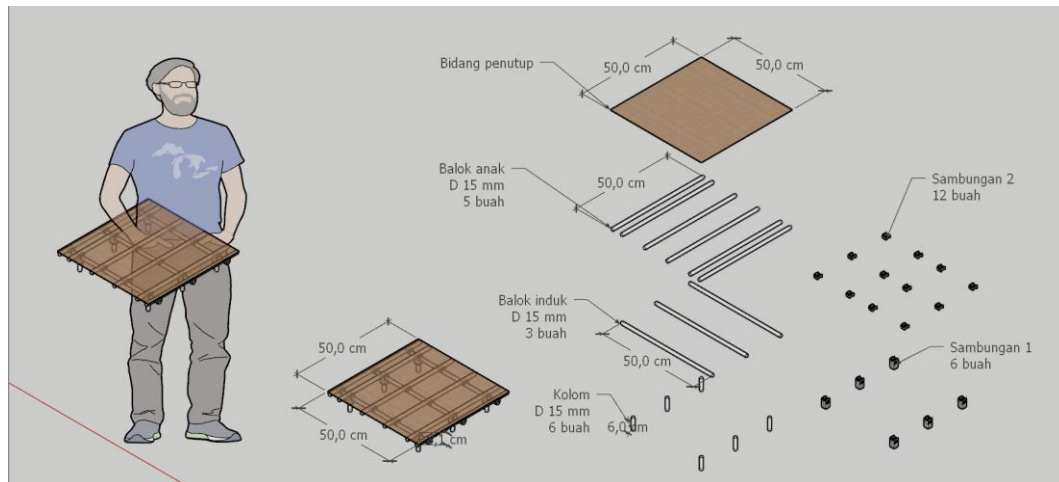
Model sistem struktur kemudian dilengkapi dan disempurnakan (Gambar 13).



Gambar 13. Rancangan model struktur lantai panggung dengan bambu.

4.2 Pembuatan Model Berskala

Rancangan yang telah dibuat dengan skala yang sebenarnya kemudian diperkecil menjadi skala 25% atau 1:4 (Gambar 14). Dengan skala tersebut, maka bahan maket yang diperlukan adalah seperti pada tabel 4.



Gambar 14. Model maket berskala 1:4 dan komponen maket struktur.

Tabel 4. *Material scripting* yang berisi kebutuhan material untuk maket.

Komponen	Bahan	Panjang	Jumlah
Kolom	Kayu balsa <i>dowel</i>	6 cm	6
Balok induk	D 15 mm	50 cm	3
Balok anak		50 cm	6
Bidang penutup	Lembaran batang bambu yang dirakit	50 cm x 50 cm	1
Sambungan 1	PLA	Dimensi sesuai detail pada gambar 14	6
Sambungan 1	PLA		6

Dalam periode penelitian ini, seluruh komponen tersebut telah disiapkan. Namun, pada saat proses perakitan ditemukan kendala:

- Dimensi hasil cetak 3D komponen sambungan 1 dan 2 lebih kecil dari yang telah dirancang dalam file 3D. Hal ini ditemukan pada saat mengukur dimensi lubang, yang mana seharusnya 15 mm, namun hasil cetaknya menjadi 14,6 mm.



Gambar 15. Model sambungan yang telah dicetak.

- Diameter kayu balsa *dowel* tidak seragam, yaitu antara 15 – 15,4 mm sehingga diperlukan penyesuaian dengan mengamplas seluruh permukaan sehingga dapat diperoleh diameter yang dapat masuk ke dalam sambungan yang telah dicetak, yaitu dengan diameter setidaknya 14,6 mm.



Gambar 16. Pengukuran diameter kayu balsa *dowel* di sepanjang batang.

- Material bidang penutup yang dijual berukuran 24 cm x 24 cm sehingga untuk mendapatkan dimensi 50 cm x 50 cm diperlukan penyambungan.



Gambar 17. Lembaran batang bambu (*bamboo mat*).

Proses pembuatan maket masih berlangsung hingga seluruh komponen dapat dirakit menjadi sistem struktur.

BAB V

KESIMPULAN

Proses penelitian hingga tahap perakitan maket ini masih menemui kendala. Rancangan secara digital yang telah presisi tidak sepenuhnya dapat diimplementasikan secara presisi pula dengan teknologi pencetakan. Selain itu, material yang telah dibuat dalam skala industry, yaitu kayu balsa *dowel* juga tidak seluruhnya presisi. Dalam kondisi di lapangan, batang bambu yang ditanam tentunya juga memiliki ukuran yang beragam. Untuk itu, dalam rancangan sambungan, diperlukan dimensi yang dapat mengakomodasi perbedaan diameter lubang bambu.

DAFTAR PUSTKA

<https://fajar.co.id/2021/01/18/diguyur-hujan-pengungsi-tidur-dengan-pakaian-basah/>

<https://regional.kompas.com/read/2021/01/17/14422811/angin-kencang-landa-majene-tenda-pengungsi-beterbangan-korban-gempa-di-mana>

<https://www.tribunnews.com/regional/2017/03/18/cerita-korban-banjir-di-tenda-pengungsian-kalajengking-hingga-ular-pun-masuk-rumah?page=3>

Sato, K. (2014). Menghuni lubang: beberapa pertimbangan mengenai asal-usul konstruksi rumah panggung di kepulauan Pasifik. *Antropologi Indonesia*. Diakses melalui <http://www.ijil.ui.ac.id/index.php/jai/article/view/3291/2578>.

Pradipto, E., & Hamastuti, S. D. *Konstruksi Lantai Bambu Bongkar Pasang Bentang Panjang Untuk Mitigasi Bencana*.

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. Diakses melalui <https://orca.cf.ac.uk/102214/1/IJAC%20-%20Encoding%20Bamboo%20Nature%20for%20Freeform%20Structure%20Design%20-%20Postprint.pdf> .

<https://www.lafargeholcim-foundation.org/media/news/projects/locally-manufactured-cob-and-bamboo-school-building?show=26cb6ac8-40ee-4392-b267-cb5ca94f2cc9>

<https://www.dezeen.com/2019/12/31/bamboo-template-houses-ramboll-earthquake-indonesia/>