

SKRIPSI 44

**EKSPLORASI DESAIN STRUKTUR BAMBU
MODULAR DENGAN SISTEM KONSTRUKSI
*DEPLOYABLE***



**NAMA : YOSAFAT BAKTI DWIANA
NPM : 2013420085**

PEMBIMBING: ANASTASIA MAURINA, ST., MT

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI ARSITEKTUR
Akreditasi Institusi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 4439/SK/BAN-PT/
Akred/PT/XI/2017 dan Akreditasi Program Studi Berdasarkan BAN Perguruan
Tinggi No: 429/SK/BAN-PT/Akred/S/XI/2014**

**BANDUNG
2018**

SKRIPSI 44



**EKSPLORASI DESAIN STRUKTUR BAMBU
MODULAR DENGAN SISTEM KONSTRUKSI
*DEPLOYABLE***



**NAMA : YOSAFAT BAKTI DWIANA
NPM : 2013420085**

PEMBIMBING:

ANASTASIA MAURINA, ST., MT

PENGUJI :

**Dr. Ir. KAMAL A. ARIF, M.Eng
M. BUDIANASTAS P, ST., MT**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI ARSITEKTUR
Akreditasi Institusi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 4439/SK/BAN-PT/
Akred/PT/XI/2017 dan Akreditasi Program Studi Berdasarkan BAN Perguruan
Tinggi No: 429/SK/BAN-PT/Akred/S/XI/2014**

**BANDUNG
2018**



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN SKRIPSI
(Declaration of Authorship)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yosafat Bakti Dwiana
NPM : 2013420085
Alamat : Jalan Ria no.1, Cimahi
Judul Skripsi : Eksplorasi Desain Struktur Bambu Modular dengan Sistem
Konstruksi *Deployable*.

Dengan ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa :

1. Skripsi ini sepenuhnya adalah hasil karya saya pribadi dan di dalam proses penyusunannya telah tunduk dan menjunjung Kode Etik Penelitian yang berlaku secara umum maupun yang berlaku di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan.
2. Jika dikemudian hari ditemukan dan terbukti bahwa isi di dalam skripsi ini, baik sebagian maupun keseluruhan terdapat penyimpangan-penyimpangan dari Kode Etik Penelitian antara lain seperti tindakan merekayasa atau memalsukan data atau tindakan sejenisnya, tindakan plagiarisme atau autoplagarisme, maka saya bersedia menerima seluruh konsekuensi hukum sesuai ketentuan yang berlaku.

Bandung, Mei 2018

Yosafat Bakti Dwiana

Abstrak

EKSPLORASI DESAIN STRUKTUR BAMBUN MODULAR DENGAN SISTEM KONSTRUKSI *DEPLOYABLE*

Oleh
Yosafat Bakti Dwiana
NPM: 2013420085

Struktur bangunan *deployable* merupakan struktur yang dapat bertransformasi dari konfigurasi tertutup ke konfigurasi terbuka. Struktur *deployable* dapat dibangun dan dibongkar dengan sangat mudah. Kemudahan pembangunan inilah yang membuat struktur *deployable* menjadi bangunan yang tepat dalam penanggulangan bencana. Dalam keadaan darurat, material alam sangat dibutuhkan karena mudah ditemukan dan digunakan. Bambu merupakan salah satu tanaman rumput yang banyak dijumpai di Indonesia. Penelitian mengenai struktur *deployable* dengan material bambu sudah pernah dilakukan oleh dosen Arsitektur kampus UNPAR. Hasilnya menunjukkan bahwa struktur *deployable spatial* merupakan struktur yang memiliki potensi pengembangan. Salah satu potensi pengembangan yang diperlukan adalah kemampuan duplikasi ke berbagai arah pada modul struktur *deployable spatial* ini. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari sistem struktur *deployable spatial* yang mengaplikasikan konsep sistem struktur modular.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kualitatif dengan melakukan komparasi dan sintesis potensi-kendala terhadap objek studi yang ada. Hasil dari komparasi ini adalah potensi dan kendala dari masing-masing sistem struktur yang kemudian akan disintesis sehingga menjadi kriteria yang digunakan dalam struktur modular dengan sistem konstruksi *deployable*.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa penyederhanaan sambungan Resiproloy dengan struktur resiprokal dapat menjadi solusi agar struktur bambu *deployable* dapat diduplikasi ke berbagai arah.

Kata-kata kunci: Struktur bambu, *deployable*, modular, resiprokal.

Abstract

MODULAR BAMBOO STRUCTURE DESIGN WITH DEPLOYABLE CONTRUCTION SYSTEM

by

Yosafat Bakti Dwiana

NPM: 2013420085

Deployable structure is a type of structure that can transform from a closed configuration to an open configuration. This structure can be assembled and disassembled with ease. This easy construction is a reason why deployable structure is the right structure for after disaster scenario. In emergency, natural resources is needed since it can be found and used easily. Bamboo is a common plant that can be found everywhere in Indonesia. Some research have been done by UNPAR's architecture lecturer regarding deployable structure with bamboo as its material. It says that deployable spatial structure have a lot of room for development. One of many development that can be done is to make deployable spatial structure module to be able to duplicate in every directions.

Method that used in this researc is qualitative with comparation and synthesis within the object studies. The comparation result; which is opportunity and thread then synthesized to find a criteria for deployable structure that can be duplicated in every directions.

Based on the research, it can be concluded that a simpler resiploy's joint is a solution for a deployable structure to be duplicated in every directions.

Keywords: *bamboo structure, deployable, modular, reciprocal*

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi yang tidak dipublikasikan ini, terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Katolik Parahyangan, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI dan tata cara yang berlaku di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan.

Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh skripsi haruslah seijin Rektor Universitas Katolik Parahyangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini dibuat untuk memenuhi tugas akhir Fakultas Teknik Program Studi Arsitektur, Universitas Parahyangan. Selama proses penelitian berlangsung, penulis mendapatkan bimbingan, arahan, dukungan, dan saran. Untuk itu rasa terima kasih sedalam-dalamnya penulis sampaikan kepada:

- Dosen pembimbing, Anastasia Maurina, ST., MT atas saran, pengarahan, dan masukan yang telah diberikan serta berbagai ilmu yang sangat berharga.
- Dosen penguji, Bapak Dr. Ir. Kamal A. Arif, M.Eng. dan Bapak M. Budianast P ST., MT yang telah memberikan masukan dan bimbingan yang diberikan.
- Bapak Aceng dan Bapak Kiki selaku praktisi dalam konstruksi bambu yang telah membantu penulis dalam pembuatan maket sebagai bagian dari penelitian ini
- Orang tua dan Kakak yang selalu mendukung dan mendampingi selama proses pengejaan skripsi ini
- Teman-teman yang selalu siap untuk bertukar pikiran serta memberikan semangat ketika dibutuhkan
- Serta seluruh pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu saya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan

Akhirnya, penulis mengucapkan terima kasih lagi yang sebesar-besarnya kepada orang-orang yang telah disebutkan di atas, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi orang-orang yang telah membantu penyusunan penelitian ini, juga masyarakat luas.

Bandung, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
<i>Abstract</i>	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR BAGAN.....	xix
1. BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Kegunaan Penelitian.....	6
1.5. Metodologi Penelitian.....	7
1.5.1. Jenis Penelitian.....	7
1.5.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	7
1.5.3. Teknik Pengumpulan Data.....	8
1.5.4. Teknik Analisa Data.....	8
1.5.5. Kerangka Penelitian.....	9
1.6. Sistematika Penulisan.....	10
2. BAB II KERANGKA DASAR TEORI.....	11
2.1. Bambu.....	11
2.1.1. Bambu Sebagai Bahan Bangunan.....	11
2.1.2. Sifat-sifat Material Bambu.....	13
2.2. <i>Deployable</i>	14
2.2.1. Pantograph (<i>Scissor-like Elements</i>).....	15
2.2.2. Struktur <i>Deployable</i> Berdasarkan Panel 2D (Plat Lipat).....	16

2.2.3.	Kabel Membran dan <i>Pneumatic Deployable Structure</i>	16
2.2.4.	<i>Tensegrity</i>	17
2.2.5.	<i>Retractable Roofs</i> (Atap yang dapat dibuka).....	18
2.3.	Modular.....	18
2.4.	Struktur Resiprokal.....	20
3.	BAB III STUDI KASUS.....	25
3.1.	Resiproly, Skripsi Arsitektur Tahun 2016 oleh Bernadette Sudira.....	25
3.2.	Prisma Segitiga, Tim Arsitektur UNPAR.....	28
3.3.	<i>Rising canes</i> , Penda.....	29
3.4.	Y-BIO, Archinoma.....	33
4.	BAB IV KOMPARASI STRUKTUR <i>DEPLOYABLE</i> DAN MODULAR PADA OBJEK STUDI.....	37
4.1.	Modul Struktur.....	37
4.2.	Portabilitas dan Transportabilitas Modul.....	39
4.3.	Duplikasi modul.....	41
4.4.	Stabilitas Modul.....	43
4.5.	Sambungan.....	45
4.6.	Pondasi.....	47
4.7.	Potensi dan Kendala.....	48
4.8.	Kriteria.....	48
5.	BAB V EKSPLORASI DESAIN STRUKTUR BAMBU MODULAR DENGAN SISTEM KONSTRUKSI <i>DEPLOYABLE</i>	51
5.1.	Proses Perancangan.....	51
5.1.1.	Tahap Penggabungan (Sintesis).....	51
5.1.2.	Tahap Eksplorasi Dengan Maket.....	53
5.1.3.	Tahap Persiapan Pembangunan Maket Skala 1:2.....	55
5.2.	Struktur.....	56
5.2.1.	Modul Struktur.....	56

5.2.2.	Portabilitas dan Transportabilitas Modul	58
5.2.3.	Duplikasi Modul	60
5.2.4.	Stabilitas Modul	61
5.2.5.	Sambungan.....	62
5.2.6.	Pondasi	64
5.3.	Proses Konstruksi	64
6.	BAB VI KOMPARASI RANCANGAN DENGAN OBJEK STUDI	69
7.	BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	75
7.1.	Kesimpulan	75
7.2.	Saran	76
	GLOSARIUM.....	77
	DAFTAR PUSTAKA.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Contoh <i>Deployable Structure</i>	1
Gambar 1. 2 Rumah Tradisional di Desa Bayung Gede	2
Gambar 1. 3 Prototype Reiploy tahun 2016 di UNPAR	4
Gambar 1. 4 Prototype Prisma Segitiga tahun 2017 di UNPAR.....	4
Gambar 1. 5 Struktur Bambu ' <i>Rising canes</i> '	5
Gambar 1. 6 Sistem Sturktur 'Y-BIO'	5
Gambar 2. 1 Contoh Pemanfaatan Bambu.....	11
Gambar 2. 2 Contoh Sambungan Bambu.....	12
Gambar 2. 3 Konsep Pantograph	15
Gambar 2. 4 Struktur <i>Deployable Pinero</i>	16
Gambar 2. 5 Contoh Plat Lipat	16
Gambar 2. 6 Atap Membran Bad Hersfeld, Frei Otto.....	17
Gambar 2. 7 Struktur <i>Tensegrity</i> Sederhana Dengan 3 Batang	17
Gambar 2. 8 Ocean Dome Kota Miazaki, Jepang.....	18
Gambar 2. 9 Contoh struktur modular	19
Gambar 2. 10 Contoh struktur modular	20
Gambar 2. 11 Struktur resiprokal – Tampak 3D, Tampak Depan dan Detail.....	21
Gambar 2. 12 Atap Resiprokal dalam <i>Codex Atlanticus</i> karya Leonardo da Vinci.....	22
Gambar 2. 13 Jembatan Resiprokal dalam <i>Codex Atlanticus</i> karya Leonardo da Vinci...	22
Gambar 2. 14 Konfigurasi yang dapat dilakukan dalam struktur resiprokal	23
Gambar 2. 15 Eskterior dan Interior Seiwa Exhibition Hall.....	23
Gambar 2. 16 Denah atap dan Potongan Seiwa Exhibition Hall	23
Gambar 3. 1 Resiploy	25
Gambar 3. 2 Tahap 1 Pembangunan Resiploy	26
Gambar 3. 3 Tahap 2 Pembangunan Resiploy	26
Gambar 3. 4 Tahap 3 Pembangunan Resiploy	26
Gambar 3. 5 Tahap 4 Pembangunan Resiploy	27
Gambar 3. 6 Tahap 5 Pembangunan Resiploy	27
Gambar 3. 7 Tahap 6 Pembangunan Resiploy	28
Gambar 3. 8 Tahap 7 Pembangunan Resiploy	28
Gambar 3. 9 Struktur Rangka Prisma Segitiga	29

Gambar 3. 10 Pembangunan Stall Acara Dies Natalis UNPAR 2018	29
Gambar 3. 11 <i>Teepee</i>	30
Gambar 3. 12 Struktur " <i>Rising canes</i> ", Penda.....	31
Gambar 3. 13 Proses " <i>Rising canes</i> ", Penda	32
Gambar 3. 14 Proses Pembangunan <i>Rising canes</i> pada Beijing Design Week.....	33
Gambar 3. 15 <i>Rising canes</i>	33
Gambar 3. 16 Sistem Struktur Archinoma	34
Gambar 3. 17 Y-BIO, Archinoma.....	34
Gambar 3. 18 Y-BIO, Archinoma.....	35
Gambar 4. 1 Resiploy.....	37
Gambar 4. 2 Prisma Segitiga.....	38
Gambar 4. 3 <i>Rising canes</i>	38
Gambar 4. 4 Y-BIO.....	39
Gambar 4. 5 Kemampuan <i>deployable</i> Resiploy.....	40
Gambar 4. 6 Kemampuan <i>deployable</i> Prisma Segitiga.....	40
Gambar 4. 7 Ukuran Terbuka <i>Rising canes</i>	41
Gambar 4. 8 Batang Y-BIO.....	41
Gambar 4. 9 Resiploy Tidak Mampu Diduplikasi	42
Gambar 4. 10 Duplikasi Prisma Segitiga Linear 1 arah.....	42
Gambar 4. 11 Kemampuan Repetisi ke Segala Arah	43
Gambar 4. 12 Kemampuan Repetisi ke Segala Arah	43
Gambar 4. 13 Resiploy.....	44
Gambar 4. 14 Elemen Pengaku Prisma Segitiga.....	44
Gambar 4. 15 Elemen Pengaku <i>Rising canes</i>	45
Gambar 4. 16 Sambungan mur baut, dan lingkaran besi.....	45
Gambar 4. 17 Sambungan Segitiga Besi.....	46
Gambar 4. 18 Sambungan Ikatan Ijuk.....	46
Gambar 4. 19 Sambungan Antar Batang.....	47
Gambar 4. 20 Pondasi Pada Percobaan <i>Rising canes</i>	47
Gambar 5. 1 Sambungan Besi dan Resiploy	52
Gambar 5. 2 Sambungan ikat Pada <i>Rising canes</i>	52
Gambar 5. 3 Sambungan Besi Tambah (+).....	53
Gambar 5. 4 Percobaan Modul Terkecil	54
Gambar 5. 5 Percobaan Duplikasi 2 Arah.....	54

Gambar 5. 6 Percobaan Duplikasi 3 Arah.....	55
Gambar 5. 7 (kiri) Modul dengan Tambahan Bambu Sebagai Perpanjangan.....	56
Gambar 5. 8 (kanan) Modul dengan 2 Jenis Ukuran	56
Gambar 5. 9 Modul Terkecil dengan Bambu Diameter 7cm	57
Gambar 5. 10 (kiri) Hasil Akhir (kanan) Sambungan Besi Tambah (+).....	57
Gambar 5. 11 Denah Bangunan yang Dirancang.....	58
Gambar 5. 12 Tampak Bangunan yang Dirancang	58
Gambar 5. 13 Proses Pembukaan Modul Akhir.....	59
Gambar 5. 14 Struktur Dalam Keadaan Terlipat	60
Gambar 5. 15 Kemungkinan Duplikasi Modul ke Segala Arah.....	61
Gambar 5. 16 Sambungan Besi Tambah (+).....	62
Gambar 5. 17 (kiri) Sambungan Besi dan Resiploy.....	62
Gambar 5. 18(kanan) Sambungan Besi Tambah (+).....	62
Gambar 5. 19 Sambungan Besi Tambah (+).....	63
Gambar 5. 20 Pelepasan Batang Bambu Untuk Maintenance Bangunan	63
Gambar 5. 21 Kemungkinan Pondasi Untuk Struktur Bambu	64
Gambar 5. 22 Persiapan Bambu dengan Dipotong dan Dicuci.....	65
Gambar 5. 23 Pembolongan Bambu dengan Bor.....	65
Gambar 5. 24 Pembuatan Modul Awal.....	66
Gambar 5. 25 Penggabungan 2 Modul Awal	66
Gambar 5. 26 Penggabungan Modul Ketiga.....	66
Gambar 5. 27 Hasil Akhir Bangunan Hasil Rancangan.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tabel Jadwal Kerja	7
Tabel 2.1 Ketahanan Tarik Bambu	13
Tabel 4.1 Potensi dan Kendala masing-masing objek studi	48

DAFTAR BAGAN

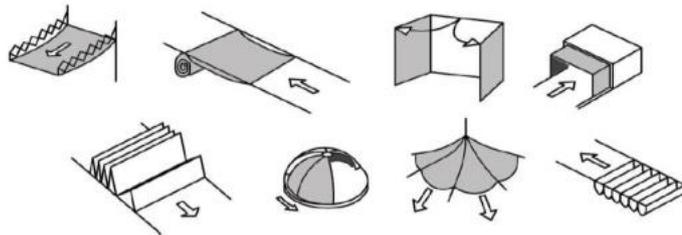
Bagan 1 Kerangka Penelitian.....	9
----------------------------------	---

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Struktur *deployable* merupakan sebuah struktur yang memiliki kemampuan untuk bertransformasi dari konfigurasi tertutup (kompak) ke konfigurasi terbuka, dimana pada konfigurasi terbuka ini struktur tersebut memenuhi persyaratan struktur, yaitu: kuat, kaku, dan stabil. Pencapaian kemampuan struktur untuk dideploy terkadang melalui sebuah perancangan dan pendetailan yang kompleks untuk dapat mencapai potensinya dari aspek konfigurasi tertutup (kompak), transportabilitas, instalasi dan juga pembongkaran (Grosso & Basso, 2013)¹. Struktur ini memiliki beragam keuntungan, salah satunya adalah kemampuannya untuk dapat dibangun dengan cepat karena memiliki sistem sambungan tertentu.



Gambar 1. 1 Contoh *Deployable Structure*
(Sumber : researchgate.net diakses pada 24 Januari 2018)

Kehadiran struktur *deployable* ini membuka berbagai kemungkinan pengembangan khususnya di dunia arsitektur. Terdapat beberapa waktu dimana dibutuhkan bangunan semi permanen yang dapat dibangun dengan cepat dan mudah, seperti pada saat setelah terjadinya bencana alam dimana masyarakat membutuhkan tempat tinggal sementara yang cepat dalam pembangunannya. Dengan adanya struktur ini dapat memungkinkan pengerjaan bangunan dengan waktu yang relatif singkat dan mudah sehingga bangunan tersebut bisa langsung digunakan. Selain untuk bangunan semi permanen, sistem *deployable* ini juga dapat dikembangkan untuk menjadi bangunan permanen dengan penambahan beberapa komponen struktur.

¹ Dikutip dari penelitian Anastasia Maurina, ST., MT, M Budianastas P, ST., MT, dan Laurenia Carissa, ST., MT “Eksplorasi Struktur Bambu Dengan Konstruksi ‘Deployable’

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.

Kebutuhan akan hunian darurat ini tentunya harus didukung dengan ketersediaan material untuk pembuatannya. Bambu merupakan salah satu material alam yang mudah ditemui di Indonesia. Terdapat sekitar 60 jenis bambu di Indonesia menurut Dansfield dalam bukunya yang berjudul *Plant Resources of South Asia No.7*. Keberagaman jenis bambu di Indonesia menjadi sebuah kesempatan untuk dilakukannya pengamatan dan pengolahan bambu menjadi material bangunan.

Bambu adalah salah satu bahan bangunan yang telah lama digunakan di Indonesia bahkan sejak ratusan tahun yang lalu. Hal ini dapat dilihat dari bangunan tradisional masyarakat Indonesia contohnya rumah tradisional di Desa Bayung Gede, Bali. Kekuatan yang dimiliki bambu, baik itu kekuatan tekan maupun tarik, membuat bambu menjadi alternatif struktur yang sudah tidak asing lagi di dunia arsitektur. Pengembangan bambu sebagai struktur bangunan pun sudah dilakukan oleh banyak orang, baik secara tradisional maupun secara modern.



Gambar 1. 2 Rumah Tradisional di Desa Bayung Gede
(Sumber : birbody.blogspot.com diakses pada 7 Februari 2018)

Bambu juga merupakan material yang berkelanjutan (*sustainable*) yang dapat tumbuh dengan sangat cepat, berbeda dengan material lain seperti kayu yang pertumbuhannya cenderung lambat. Pemanfaatan bambu sebagai bahan bangunan pun sangatlah maksimal tidak seperti kayu yang menghasilkan banyak sisa untuk mendapat bentuk yang diinginkan. Penggunaan bambu cenderung utuh sehingga material ini dianggap unik dengan bentuk dan ukuran yang berbeda setiap batangnya.

Beberapa studi mengenai desain struktur *deployable* dengan material bambu sudah pernah dilakukan baik oleh mahasiswa maupun dosen UNPAR yang menghasilkan beberapa jenis struktur rangka, diantaranya adalah struktur rangka “Resiploy” (Resiprokal dan *Deployable*) yang merupakan hasil Skripsi karya Bernadette Sudira² pada tahun 2016, dan juga struktur rangka “Prisma Segitiga” yang merupakan hasil pengembangan dari “Resiploy” pada tugas mahasiswa Arsitektur UNPAR di mata kuliah Struktur Konstruksi Bangunan Bentang Lebar (SKBBL) dibawah bimbingan Anastasia Maurina, ST., MT, M Budianastas P, ST., MT, dan Laurenia Carissa, ST., MT³ pada tahun 2017. Kedua bangunan ini merupakan contoh struktur *deployable* dengan material bambu, dimana bangunan ini memiliki ruang yang terdiri atas modul-modul yang dapat dilipat dan dibuka dengan mudah.

Kedua bangunan ini (Resiploy dan Prisma Segitiga) kemudian dikaji oleh Anastasia Maurina, ST., MT, M Budianastas P, ST., MT, dan Laurenia Carissa, ST., MT pada tahun 2017 dalam penelitian yang berjudul Eksplorasi Struktur Bambu Dengan Konstruksi ‘*Deployable*’. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa struktur bambu *deployable spatial* memiliki banyak potensi untuk dikembangkan. Kemampuan struktur ini untuk dibangun dengan cepat merupakan salah satu alasan dipilihnya sistem ini sebagai bangunan semi permanen pada pengungsian. Tentunya kedua bangunan ini juga memiliki potensi dan kendala tersendiri yang perlu diperhatikan.

² Bernadette Sudira merupakan mahasiswa arsitektur UNPAR angkatan 2012 dengan skripsi yang berjudul ‘Eksplorasi Konstruksi Bambu dengan Sistem *Deployable*’

³ Anastasia Maurina, ST., MT, M Budianastas P, ST., MT, dan Laurenia Carissa, ST., MT merupakan dosen arsitektur UNPAR



Gambar 1. 3 Prototype Reiploy tahun 2016 di UNPAR
(Sumber : Sudira, Bernadette. 2016. Eksplorasi Konstruksi Bambu Dengan Sistem Deployable. Skripsi Prodi Arsitektur. UNPAR)

Pada Resiploy, modul yang dibuat tidak memiliki variasi di dalam bentuk dan dimensi modul sehingga tidak dapat diduplikasi ke berbagai arah. Sedangkan pada Prisma Segitiga modul memiliki beberapa variasi dan dimensi sehingga dapat diduplikasi. Namun duplikasi modul struktur ini hanya bisa dilakukan dengan konfigurasi linear (1 arah). Kedua bangunan ini membutuhkan keahlian lebih dalam pembuatan modulnya, berat dan ukurannya pun cukup besar sehingga sulit untuk dipindahkan.



Gambar 1. 4 Prototype Prisma Segitiga tahun 2017 di UNPAR
(Sumber : Maurina, Anastasia. 2017. Eksplorasi Struktur Bambu Dengan Konstruksi 'Deployable'. UNPAR)

Perancangan sistem struktur yang dapat diduplikasi dikenal juga dengan sistem modular, dimana suatu bangunan dibagi-bagi ke dalam bagian yang lebih kecil (modul) yang dapat dibuat sendiri dan kemudian digunakan dalam sebuah sistem. Keuntungan sistem modular ini adalah keleluasaan dalam desain dimana kita dapat menambah dan mengurangi modul sesuai kebutuhan dan juga dapat berkurangnya biaya produksi dikarenakan adanya keseragaman dalam produk yang dihasilkan.

Salah satu bangunan dengan sistem struktur bambu yang menerapkan sistem modular adalah '*Rising canes*'. Bangunan ini merupakan salah satu rancangan dari studio arsitektur asal Beijing yang bernama Penda. Dalam acara Beijing Design Week tahun 2015, Penda berkesempatan untuk membangun struktur ini dalam sebuah instalasi. Desain

bangunan ini memanfaatkan material alami yang mudah didapat sebagai strukturnya. Fokus dari rancangan ini adalah untuk membuat bangunan yang tidak memberikan dampak pada lingkungan, maupun bambu itu sendiri. Penggunaan bambu pada bangunan ini merupakan bambu yang telah digunakan sebagai *scaffolding* pada saat pembangunan bangunan lain. Bangunan ini memiliki bentuk yang unik sehingga memiliki variasi dimensi dan bentuk modul serta dapat dikonfigurasi modulnya.



Gambar 1. 5 Struktur Bambu '*Rising canes*'
(Sumber: home-of-penda.com diakses pada 8 Februari 2018)

Selain '*Rising canes*', terdapat contoh bangunan lain dari sistem modular. Tetapi bangunan ini berbeda dengan '*Rising canes*' karena sistem ini memanfaatkan batang besi sebagai bahan utama dalam perancangan. Bangunan yang dimaksud adalah '*Y-BIO*' dari Archinoma. Bangunan ini menggunakan batang-batang besi yang dirangkai untuk menghasilkan bangunan semi permanen. Setiap batang besi memiliki titik sambung yang kemudian disusun dan diikat hingga membentuk suatu konfigurasi tertentu. '*Y-BIO*' yang sudah terbangun terdapat di sisi laut Crimea, Eropa.



Gambar 1. 6 Sistem Struktur '*Y-BIO*'
(Sumber : design-milk.com diakses pada 2 Maret 2018)

1.2. Rumusan Masalah

Pengembangan Struktur Bambu *deployable spatial* yang telah dilakukan baik oleh Bernadete Sudira (struktur rangka Resiploy) maupun Anastasia Maurina, ST., MT (struktur rangka Prisma Segitiga) masih memungkinkan dilakukannya pengembangan khususnya pada kemampuan untuk menciptakan konfigurasi modul yang dapat diduplikasi. Kekurangan kedua struktur rangka ini dapat terjawab oleh struktur bambu yang dirancang oleh Penda dan sistem struktur Y-BIO dari Archinoma yang merupakan sistem struktur yang dapat diduplikasi ke 3 axis (x,y,z) yang biasa dikenal dengan sistem modular.

Untuk dapat membuat struktur bambu *deployable spatial* yang dapat diduplikasi ke berbagai arah, maka dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

- Apakah potensi dan kendala dari sistem *deployable spatial* pada objek studi Resiploy dan Prisma Segitiga?
- Bagaimana sistem modular diterapkan pada sistem struktur dan konstruksi bambu dari objek studi *Rising canes* dan Y-BIO?
- Bagaimana penggabungan desain struktur bambu modular dengan sistem konstruksi *deployable* hasil perpaduan dari sistem *deployable spatial* dan sistem modular?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengembangkan desain struktur bambu *deployable spatial* agar dapat diduplikasi ke berbagai arah. Sistem struktur *deployable spatial* ini dibuat modular agar konfigurasi modulnya lebih variatif sesuai dengan kebutuhan pengguna.

1.4. Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat berguna baik bagi secara praktis, maupun secara akademis.

- Kegunaan praktis

Penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi langsung kepada masyarakat, terutama dalam penggunaan bambu sebagai material arsitektural. Konstruksi struktur bambu *deployable* modular ini juga diharapkan dapat menjadi struktur rumah cepat bangun dengan sistem struktur *deployable* (agar mudah ditransportasi) dan dapat diduplikasi ke berbagai arah. Struktur ini juga diharapkan dapat dikembangkan dari rumah darurat menjadi rumah permanen.

- Kegunaan akademis

Diharapkan dengan penelitian ini dapat menambah khazanah budaya dalam keteknikan bambu dan kemungkinan pengembangannya khususnya dalam sistem struktur *deployable*.

1.5. Metodologi Penelitian

1.5.1. Jenis Penelitian

Penelitian menggunakan metode komparatif atau perbandingan yang dimaksudkan untuk membandingkan masing-masing objek studi yang dibahas agar mendapat potensi dan kendala dari masing-masing objek studi. Hasil dari komparasi ini kemudian disintesis untuk menemukan sistem struktur yang tepat untuk struktur bangunan *deployable* dengan sistem konstruksi modular.

Selain itu, eksplorasi pada objek studi melalui maket juga akan dilakukan guna melihat secara langsung bagaimana sebuah sistem dapat bekerja. Eksplorasi melalui eksperimen berupa maket digunakan untuk mencoba berbagai macam gabungan sistem sehingga didapatkan sistem yang terbaik.

1.5.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Proses penelitian ini melalui beberapa tahapan, yaitu studi literatur dan maket untuk sistem *deployable*, studi literatur dan maket untuk sistem modular, pengembangan desain, studi maket, pengujian maket, perbaikan desain, pembuatan purwarupa, kemudian penarikan kesimpulan.

Penelitian dilakukan di UNPAR, Jalan Ciumbuleuit No.94, Bandung. Waktu penelitian akan dilakukan dari Februari hingga Mei 2018.

Tabel 1 Tabel Jadwal Kerja

Proses Penelitian	Februari		Maret				April				Mei	
	19	26	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7
Studi <i>deployable</i>												
Studi modular												
Pengembangan desain												
Studi maket												
Pengujian maket												
Perbaikan desain												
Pembuatan purwarupa												
Penarikan kesimpulan												

1.5.3. Teknik Pengumpulan Data

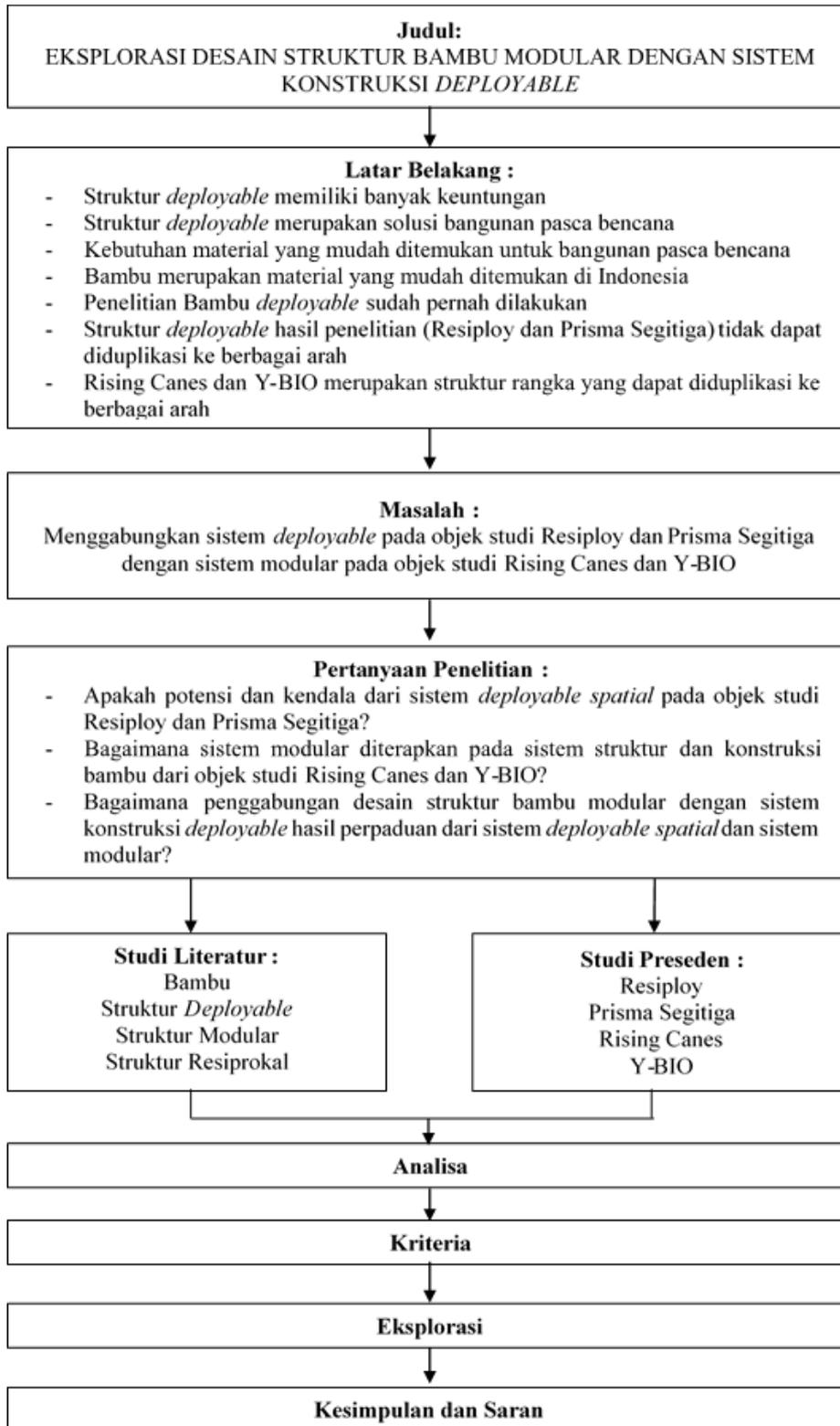
Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan observasi mengenai sistem struktur *deployable* dan sistem modular melalui buku, jurnal, maupun penelitian yang sudah pernah dilakukan. Selain itu, eksplorasi maket juga dilakukan untuk memahami bagaimana suatu sistem dapat bekerja. Contohnya pembuatan maket struktur rangka Resiploy untuk memahami bagaimana sistem *deployable* diterapkan dalam struktur rangka Resiploy tersebut. Melihat wujud struktur rangka Resiploy secara langsung juga dilakukan untuk dapat menguji coba sistem struktur tersebut.

Pengumpulan data sekunder dari internet dilakukan khususnya untuk mencari tahu bagaimana sistem modular bekerja dalam struktur bangunan “*Rising canes*” mengingat lokasi terbangunnya bangunan tersebut yang jauh. Uji maket juga dilakukan untuk bangunan “*Rising canes*”. Uji maket dilakukan untuk melihat sambungan yang ada dalam bangunan ini. Wawancara dengan perancang juga akan dicoba dilakukan lewat media surat elektronik

1.5.4. Teknik Analisa Data

Analisa data dilakukan secara kualitatif dengan cara mencari potensi dan kendala dari masing-masing objek studi melalui komparasi beberapa unsur bangunan. Data potensi dan kendala ini kemudian disintesis sehingga mendapatkan desain baru berupa struktur bambu *deployable* yang dapat diduplikasi ke berbagai arah.

1.5.5. Kerangka Penelitian



Bagan 1 Kerangka Penelitian

1.6. Sistematika Penulisan

Bab 1 PENDAHULUAN membahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, manfaat dan tujuan penelitian. Selain itu, terdapat juga kerangka penelitian, kerangka penelitian, serta metoda penelitian yang berkaitan dengan jenis penelitian, serta tempat dan waktu penelitian.

Bab 2 KERANGKA DASAR TEORI membahas mengenai teori yang menjadi acuan dalam penulisan, isi dari bab ini adalah teori mengenai bambu, struktur *deployable*, sistem modular, serta teori mengenai struktur resiprokal.

Bab 3 STUDI KASUS berisi tentang objek studi yang digunakan untuk perbandingan, yaitu Resiploy, Prisma Segitiga, *Rising canes*, dan juga Y-BIO.

Bab 4 KOMPARASI STRUKTUR *DEPLOYABLE* DAN MODULAR PADA OBJEK STUDI membahas analisa yang dilakukan oleh penulis. Analisa dilakukan dengan cara komparasi masing-masing objek studi. Hal yang dikomparasi merupakan unsur bangunan yang berkaitan erat dengan bagaimana suatu sistem dapat bekerja pada masing-masing objek studi. Unsur bangunan yang dimaksud adalah modul struktur, portabilitas dan transportabilitas modul, duplikasi modul, stabilitas modul, sambungan, serta kebutuhan pondasi. Setelah dibandingkan, diambilah potensi dan kendala dalam bangunan yang mendukung tercapainya sistem struktur dari masing-masing objek studi. Potensi dan kendala kemudian dijadikan kriteria untuk suatu bangunan yang akan dirancang.

Bab 5 EKSPLORASI DESAIN STRUKTUR BAMBU MODULAR DENGAN SISTEM KONSTRUKSI *DEPLOYABLE* membahas mengenai hasil sintesis dari kriteria yang telah ditemukan pada bab sebelumnya. Pada bab ini, penulis menceritakan bagaimana proses desain terjadi, mulai dari pencarian sambungan, percobaan dengan maket, persiapan pembuatan maket berskala 1:2 hingga pembahasan mengenai sistem struktur yang baru ditemukan oleh penulis ini. Di bab ini juga terdapat pembahasan mengenai proses konstruksi maket berskala 1:2 serta masalah yang terjadi pada saat konstruksi

Bab 6 KOMPARASI HASIL PENELITIAN DENGAN OBJEK STUDI berisi komparasi bangunan yang telah dirancang dengan objek studi.

Bab 7 KESIMPULAN DAN SARAN berisi kesimpulan dan saran