

**SKRIPSI 54**

**PENGGUNAAN GRASSHOPPER  
UNTUK PERANCANGAN BENTUK  
DENGAN STRUKTUR *GRIDSHELL*  
DAN KONSTRUKSI MASS TIMBER  
OBJEK STUDI: DOWNLAND *GRIDSHELL***



**NAMA : BERNARDUS RAY WIRALEKSONO**

**NPM : 6111901158**

**PEMBIMBING: DR. IR. KAMAL A. ARIF, M.ENG**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN ARSITEKTUR  
PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR**  
Akreditasi Institusi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 1998/SK/BAN-  
PT/Ak.Ppj/PT/XII/2022 dan Akreditasi Program Studi Berdasarkan BAN  
Perguruan Tinggi No: 10814/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/IX/2021

**BANDUNG  
2023**

**SKRIPSI 54**

**PENGGUNAAN GRASSHOPPER  
UNTUK PERANCANGAN BENTUK  
DENGAN STRUKTUR *GRIDSHELL*  
KONSTRUKSI MASS TIMBER  
OBJEK STUDI: DOWNLAND *GRIDSHELL***



**NAMA : BERNARDUS RAY WIRALEKSONO**

**NPM : 6111901158**

**PEMBIMBING:**

**Dr. Ir. Kamal A. Arif, M.Eng**

**PENGUJI :**

**Dr. Ir. Alwin Suryono Sombu, M.T**

**Dr. Nancy Yusnita Nugroho, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN ARSITEKTUR  
PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR**

Akreditasi Institusi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 1998/SK/BAN-PT/Ak.Ppj/PT/XII/2022 dan Akreditasi Program Studi Berdasarkan BAN Perguruan Tinggi No: 10814/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/IX/2021

**BANDUNG  
2023**

# PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN SKRIPSI

*(Declaration of Authorship)*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bernardus Ray Wiraleksono  
NPM : 6111901158  
Alamat : Jalan Bukit Jarian no.7, Hegarmanah, Cidadap, Bandung, Jawa Barat  
40141

Judul Skripsi : Penggunaan Grasshopper Untuk Perancangan Bentuk  
Dengan Struktur *Gridshell* Konstruksi Mass Timber  
Objek Studi: Downland *Gridshell*

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 di kemudian 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, 7 Juli 2023



Bernardus Ray Wiraleksono

## Abstrak

# PENGGUNAAN GRASSHOPPER UNTUK PERANCANGAN BENTUK DENGAN STRUKTUR *GRIDSHELL* KONSTRUKSI MASS TIMBER OBJEK STUDI: DOWNLAND *GRIDSHELL*

Oleh  
**Bernardus Ray Wiraleksono**  
NPM: 6111901158

Perkembangan teknologi dalam bidang arsitektur memudahkan proses penggambaran dan menghasilkan bentuk - bentuk baru yang lebih variatif. Perancangan bentuk yang lebih variatif ini memerlukan pertimbangan struktur dan konstruksi yang perhitungan dan validasi suatu struktur *buildable* atau tidaknya, bukan hal yang dialami arsitek. Arsitek memerlukan alat bantu berupa alat desain komputasional yang dapat membantu perancangan bentuk dan struktur secara logis. Dengan bantuan *parametric modelling software* Grasshopper dan *plug-ins* Karamba3D, arsitek dapat melakukan validasi pada sistem struktur yang dirancang melalui simulasi sebelum rancangannya diserahkan ke bidang keahlian lain.

Bentuk – bentuk baru yang dipadukan dengan teknologi struktur dan konstruksi dikenal dengan arsitektur organik yang inspirasinya berasal dari alam. Kemunculan arsitektur organik memerlukan adanya sistem struktur dan konstruksi yang dapat menyesuaikan dengan kebutuhan rancangan. *Gridshell* sebagai sistem struktur yang dapat menunjang arsitektur organik belum banyak ditemui di Indonesia padahal memiliki potensi besar untuk bidang arsitektur. Struktur *gridshell* sebagai penunjang arsitektur organik memiliki potensi yaitu dapat menjadi struktur tiga dimensional yang kuat, ringan, dan efisien, serta memungkinkan bentuk dinamis karena fleksibilitasnya yang tinggi.

Perkembangan teknologi juga mendorong munculnya inovasi baru dalam bidang material dan konstruksi salah satunya penemuan *mass timber*. *Mass timber* merupakan material yang lebih berkelanjutan daripada material konvensional seperti kayu konvensional, baja, dan beton. Penggunaan *mass timber* dapat mengurangi emisi karbon, efek rumah kaca, mengurangi polutan ke udara, serta limbah padat akibat proses konstruksi. Perancangan yang baik menggunakan konstruksi *mass timber* mampu menciptakan konstruksi yang tahan api dan tahan gempa. Sayangnya pengetahuan mengenai *gridshell* dan *mass timber* di Indonesia masih sangat terbatas.

Penelitian dengan metode eksperimental dilakukan dengan pembelajaran mengenai struktur *gridshell* material *mass timber* dari preseden kemudian dilakukan pembuatan model dari objek studi Weald and Downland *Gridshell* yang dibuat dengan bentuk dasar dan bentuk aslinya kemudian disimulasikan dengan pendekatan komputasional dan mengacu pada syarat struktur yang kuat, kaku, dan stabil. Simulasi tersebut kemudian dianalisis. Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat membuka wawasan dan landasan penggunaan struktur *gridshell* maupun material *mass timber* di Indonesia dengan bantuan aplikasi parametrik sebagai pertimbangan membuat bentuk.

Hasil penelitiannya berupa validasi Grasshopper dengan bantuan Karamba3D sebagai alat bantu perancangan bentuk dan struktur yang logis, bagaimana Grasshopper membantu arsitek dalam perancangan bentuk dengan sistem struktur *gridshell* dengan konstruksi *mass timber*, serta pengaruh dari modifikasi bentuk dengan terhadap *displacement value* atau kemungkinan terjadinya deformasi, *axial stress* atau beban aksial yang searah dengan member, *utilization*, serta dan momen lentur.

**Kata-kata kunci:** *gridshell*, Grasshopper, *mass timber*, struktur, konstruksi, komputasional



## Abstract

# GRASSHOPPER USAGE FOR BUILDING FORM DESIGN WITH *GRIDSHELL* STRUCTURE AND MASS TIMBER CONSTRUCTION STUDY OBJECT: DOWNLAND *GRIDSHELL*

by  
**Bernardus Ray Wiraleksono**  
NPM: 6111901158

The development of technology in the field of architecture has facilitated the process of visualization and produced new and more varied forms. Designing these more varied forms requires considerations of structure and construction that are not the architect's area of expertise. Architects require computational design tools to assist in the logical design of forms and structures. With the help of parametric modeling software like Grasshopper and plug-ins like Karamba3D, architects can validate the structural systems they design through simulations before handing over their designs to other areas of expertise.

New forms combined with structural and construction technology are known as organic architecture, inspired by nature. The emergence of organic architecture requires structural and construction systems that can adapt to design needs. Gridshell, as a structural system that can support organic architecture, is not yet widely found in Indonesia, despite its great potential in the field of architecture. Gridshell structures, as supports for organic architecture, have the potential to be strong, lightweight, efficient, and allow for dynamic forms due to their high flexibility.

Technological advancements also drive the emergence of new innovations in materials and construction, one of which is the discovery of mass timber. Mass timber is a more sustainable material compared to conventional materials like conventional wood, steel, and concrete. The use of mass timber can reduce carbon emissions, greenhouse effects, air pollutants, as well as solid waste from construction processes. Well-designed constructions using mass timber can create fire-resistant and earthquake-resistant structures. Unfortunately, knowledge about gridshell and mass timber in Indonesia is still very limited.

Research with experimental methods is conducted by learning about the gridshell structure of mass timber material from precedents. Models of the Weald and Downland Gridshell object are created with both basic and original forms, and then simulated using computational approaches and referring to the requirements of strong, rigid, and stable structures. These simulations are then analyzed. Through this research, it is hoped to broaden insights and provide a foundation for the use of gridshell structures and mass timber materials in Indonesia, with the help of parametric applications as considerations for creating forms.

The research results include Grasshopper validation with the assistance of Karamba3D as a tool for designing logical forms and structures. They demonstrate how Grasshopper aids architects in designing forms with the gridshell structural system using mass timber construction. The study also explores the effects of shape modifications on displacement value or the possibility of deformation, axial stress or axial load in the same direction as the member, utilization, and bending moments.

**Keywords:** *gridshell*, Grasshopper, mass timber, structure, construction, computational.

## **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 seizin 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 Program Studi Sarjana Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan. Selama proses penelitian berlangsung, penulis mendapatkan bimbingan, arahan, dukungan, dan saran. Untuk itu rasa terima kasih sedalam-dalamnya penulis sampaikan kepada:

- Orang tua, yang memberikan doa dan semangat selama proses penulisan skripsi ini.
- Dosen pembimbing, Dr.Ir. Kamal A. Arif, M.Eng, IAI atas masukan dan bimbingan yang diberikan.
- Koordinator skripsi 54, Dr. Nancy Yusnita Nugroho, S.T., M.T.
- Dosen penguji, Dr. Ir. Alwin Suryono Sombu, M.T. dan Dr. Nancy Yusnita Nugroho, S.T., M.T. atas masukan dan bimbingan yang diberikan.
- Dani Hermawan., S.T., M.Arch., IAI atas masukan dan bimbingan yang diberikan.
- Anastasia Maurina, S.T., M.T., PhD IAI atas masukan dan bimbingan yang diberikan.
- Serta berbagai pihak yang berjasa dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca, Akhir kata, penulis ucapkan terimakasih.

Bandung, 7 Juli 2023



Bernardus Ray Wiraleksono



## DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract.....	iii
<b>PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....</b>	<b>v</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5 Kerangka Penelitian.....</b>	<b>13</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Hubungan Arsitektur dan Struktur Menurut Angus J. Macdonald     (Structure &amp; Architecture).....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Hubungan Bentuk Konstruksi dan Struktur Menurut Hartiningsih.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Hubungan Antara Struktur, Konstruksi, dan Bentuk Menurut Heinz Frick     .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Gridshell.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4.1 Pengertian Gridshell.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4.2 Sifat Gridshell dan Perilaku Struktur.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.3 Konfigurasi Gridshell.....</b>	<b>23</b>
<b>2.5 Mass Timber.....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.1 Pengertian Mass Timber.....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.2 Jenis Mass Timber.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5.3 Karakteristik Mass Timber.....</b>	<b>29</b>
<b>2.5.4 Jenis Kayu Indonesia yang Digunakan untuk Mass Timber.....</b>	<b>30</b>
<b>2.6 Struktur.....</b>	<b>30</b>
<b>2.7 Desain Komputasional.....</b>	<b>32</b>
<b>2.8 Rhinoceros.....</b>	<b>34</b>
<b>2.9 Grasshopper.....</b>	<b>34</b>
<b>2.10 Karamba3D.....</b>	<b>34</b>
<b>2.11 Downland Gridshell.....</b>	<b>36</b>

2.12	The Savill Garden Gridshell.....	46
2.13	Toledo Gridshell .....	51
2.14	Centre Pompidou – Metz.....	52
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>57</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	57
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	57
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	57
3.3.1	Studi Literatur .....	58
3.3.2	Studi Preseden.....	58
3.3.3	Eksperimen.....	58
3.4	Teknik Analisis .....	60
<b>BAB IV HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>61</b>
4.1	Hasil Simulasi.....	61
4.1.1	Deskripsi Simulasi.....	61
4.1.2	Model <i>Barrel Vault</i> .....	62
4.1.3	Model <i>Weald and Downland Gridshell</i> .....	66
4.2	Analisis Simulasi.....	69
4.2.1	Model <i>Barrel Vault</i> .....	70
4.2.2	<i>Weald and Downland</i> .....	80
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>		<b>89</b>
5.1	Kesimpulan .....	89
5.2.1	Rekomendasi untuk Perancangan Arsitektur .....	90
5.2.2	Pengembangan Penelitian .....	91
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>93</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Arsitektur Organik di Indonesia.....	2
Gambar 1.2 <i>Gridshell</i> Rancangan Vladimir Shukhov.....	3
Gambar 1.3 <i>Mass Timber</i> .....	5
Gambar 1.4 Kayu Indonesia sebagai Kayu Cepat Tumbuh.....	6
Gambar 1.5 Simulasi Tahan Api <i>Mass Timber</i> Selama 2 Jam.....	8
Gambar 1.6 Objek Studi Downland <i>Gridshell</i> .....	10
Gambar 1.7 Kerangka Penelitian .....	13
Gambar 2.1 Diagram Berdasarkan Teori Hartiningsih.....	16
Gambar 2.2 Diagram Kemungkinan A.....	17
Gambar 2.3 Diagram Kemungkinan B.....	17
Gambar 2.4 Percobaan Struktur <i>Gridshell</i> di Essen.....	18
Gambar 2.5 Variasi Pola <i>Grid</i> pada <i>Gridshell</i> .....	19
Gambar 2.6 Ilustrasi Simpul pada <i>Gridshell</i> .....	19
Gambar 2.7 Biomimikri <i>Peregrinum Seed</i> dengan Sistem Struktur <i>Gridshell</i> .....	20
Gambar 2.8 <i>Buckling</i> yang Terjadi pada Batang .....	21
Gambar 2.9 <i>Buckling</i> yang Terjadi pada Sistem Struktur .....	21
Gambar 2.10 Mekanisme Penyaluran Beban pada Struktur <i>Shell</i> dan <i>Gridshell</i> .....	22
Gambar 2.11 Solusi Antisipasi Gaya Tekuk pada Struktur <i>Gridshell</i> .....	23
Gambar 2.12 <i>Bending Active Gridshell</i> dan <i>Bending Inactive Gridshell</i> .....	23
Gambar 2.13 <i>Cylindrical Paraboloid</i> .....	24
Gambar 2.14 <i>Conical Paraboloid</i> .....	24
Gambar 2.15 <i>Elliptic Paraboloid</i> .....	25
Gambar 2.16 <i>Hyperbolic Paraboloid</i> .....	25
Gambar 2.17 Modifikasi Bentuk Struktur <i>Gridshell</i> .....	26
Gambar 2.18 <i>Cross Laminated Timber (CLT)</i> .....	27
Gambar 2.19 <i>Glue Laminated Timber (Glulam)</i> .....	28
Gambar 2.20 <i>Dowel-Laminated timber (DLT)</i> .....	28
Gambar 2.21 <i>Laminated Veneer Lumber (LVL)</i> .....	28
Gambar 2.22 <i>Nail-Laminated Timber (NLT)</i> .....	29
Gambar 2.23 Klasifikasi Elemen Struktur Berdasarkan Geometris dan Sifat – Sifat Fisik .....	31
Gambar 2.24 Tampilan Luar Downland <i>Gridshell</i> .....	36
Gambar 2.25 Denah Lantai Atas Downland <i>Gridshell</i> .....	37
Gambar 2.26 Denah Lantai Bawah Downland <i>Gridshell</i> .....	37
Gambar 2.27 Denah Atap Downland <i>Gridshell</i> .....	38
Gambar 2.28 Potongan Memanjang Downland <i>Gridshell</i> .....	38
Gambar 2.29 Potongan Melintang Downland <i>Gridshell</i> .....	38
Gambar 2.30 Model Tiga Dimensi Struktur Downland <i>Gridshell</i> .....	39
Gambar 2.31 Model Maket Tiga Dimensi Struktur Downland <i>Gridshell</i> .....	39
Gambar 2.32 Detail Klem Penyambung Downland <i>Gridshell</i> .....	40
Gambar 2.33 Prototipe Downland <i>Gridshell</i> .....	40
Gambar 2.34 Prototipe Downland <i>Gridshell</i> .....	41
Gambar 2.35 Detail Hubungan Sistem yang Dipatenkan dengan.....	42

Klem Memungkinkan Berotasi.....	42
Gambar 2.36 Proses Konstruksi Downland <i>Gridshell</i> .....	44
Gambar 2.37 <i>Multipurpose Raking</i> untuk Memanipulasi Bentuk Lengkung.....	45
Gambar 2.38 Susunan Penutup Atap.....	46
Gambar 2.39 Atap The Savill Garden “Mengambang”.....	47
Gambar 2.40 Sketsa Menunjukkan Atap Kesan “Mengambang” .....	47
Gambar 2.41 Tampak dan Denah The Savill Garden .....	47
Gambar 2.42 Potongan The Savill Garden .....	48
Gambar 2.43 Model Tiga Dimensi Bentuk <i>Gridshell</i> The Savill Garden .....	49
Gambar 2.44 Model Fisik Tiga Dimensi <i>Gridshell</i> The Savill Garden.....	50
Gambar 2.45 Hubungan dari Ring Balok Baja dan LVL The Savill Garden .....	50
Gambar 2.46 Hubungan Kolom Berbentu V dan Ring Balok Baja .....	51
Gambar 2.47 Bangunan Toledo <i>Gridshell</i> .....	51
Gambar 2.48 Proses Pengangkatan <i>Gridshell</i> dari Susunan Datar .....	52
Gambar 2.49 Bangunan Centre Pompidou Metz .....	53
Gambar 2.50 Denah Rangka Atap Centre Pompidou Metz.....	53
Gambar 2.51 Potongan Centre Pompidou Metz .....	54
Gambar 2.52 Model Digital Tiga Dimensi Centre Pompidou Metz .....	54
Gambar 2.53 Hubungan LVL pada Sistem Struktur Centre Pompidou .....	55
Gambar 3.1 Aplikasi Rhinoceros 7 .....	59
Gambar 3.2 Aplikasi Grasshopper.....	60
Gambar 3.3 <i>Plugin</i> Karamba3D .....	60
Gambar 4.1 Tampak Atas Model <i>Barrel Vault</i> .....	62
Gambar 4.2 Tampak Depan Model <i>Barrel Vault</i> .....	63
Gambar 4.3 Tampak Samping Model <i>Barrel Vault</i> .....	63
Gambar 4.4 <i>Script</i> 1 Model <i>Barrel Vault</i> .....	64
Gambar 4.5 <i>Script</i> 2 Model <i>Barrel Vault</i> .....	65
Gambar 4.6 <i>Script</i> 3 Model <i>Barrel Vault</i> .....	65
Gambar 4.7 Tampak Atas Weald and Downland <i>Gridshell</i> .....	67
Gambar 4.8 Tampak Depan Weald and Downland <i>Gridshell</i> .....	67
Gambar 4.9 Tampak Samping Weald and Downland <i>Gridshell</i> .....	67
Gambar 4.10 <i>Script</i> 1 Weald and Downland <i>Gridshell</i> .....	68
Gambar 4.11 <i>Script</i> 2 Weald and Downland <i>Gridshell</i> .....	69
Gambar 4.12 <i>Script</i> 3 Weald and Downland <i>Gridshell</i> .....	69
Gambar 4.13 Simulasi Displacement Model <i>Barrel Vault</i> Tumpuan Jepit .....	70
Gambar 4.14 Momen Lentur pada Simulasi <i>Barrel Vault</i> Tumpuan Jepit.....	71
Gambar 4.15 Simulasi Deformasi Model <i>Barrel Vault Deformation Scale</i> 50 Tumpuan Jepit – 1 .....	72
Gambar 4.16 Simulasi Deformasi Model <i>Barrel Vault Deformation Scale</i> 50 Tumpuan Jepit – 2 .....	72
Gambar 4.17 Simulasi Deformasi Model <i>Barrel Vault Deformation Scale</i> 200 Tumpuan Jepit- 1.....	72
Gambar 4.18 Simulasi Deformasi Model <i>Barrel Vault Deformation Scale</i> 200 Tumpuan Jepit - 2.....	73
Gambar 4.19 Momen Lentur pada Busur yang Dipengaruhi Gaya Eksternal (Sihan Ruan dan Yang Wei, 2023) .....	73
Gambar 4.20 Momen Lentur pada Simulasi Model <i>Barrel Vault</i> .....	73

Tumpuan Sendi.....	73
Gambar 4.21 Simulasi Displacement Model <i>Barrel Vault</i> Tumpuan Sendi.....	74
Gambar 4.22 Simulasi Deformasi Model <i>Barrel Vault Deformation Scale 50</i> Tumpuan Sendi - 1 .....	74
Gambar 4.23 Simulasi Deformasi Model <i>Barrel Vault Deformation Scale 50</i> Tumpuan Sendi - 2 .....	74
Gambar 4.24 Simulasi Deformasi Model <i>Barrel Vault Deformation Scale 200</i> Tumpuan Sendi - 1 .....	75
Gambar 4.25 Simulasi Deformasi Model <i>Barrel Vault Deformation Scale 200</i> Tumpuan Sendi - 2 .....	75
Gambar 4.26 Simulasi <i>Axial Stress</i> Model <i>Barrel Vault</i> Keseluruhan.....	76
Tumpuan Jepit .....	76
Gambar 4.27 Simulasi <i>Axial Stress</i> Model <i>Barrel Vault</i> Tumpuan Jepit.....	77
Gambar 4.28 Momen Lentur pada Busur yang Dipengaruhi Gaya Eksternal (Sihan Ruan dan Yang Wei, 2023) .....	78
Gambar 4.29 Simulasi <i>Axial Stress</i> Model <i>Barrel Vault</i> Keseluruhan Tumpuan Sendi ...	78
Gambar 4.30 Gaya Normal Model <i>Barrel Vault</i> .....	79
Gambar 4.31 Simulasi <i>Utilization</i> Model <i>Barrel Vault</i> .....	80
Gambar 4.32 Simulasi <i>Displacement</i> Weald and Downland.....	81
Gambar 4.33 Simulasi <i>Bending Moment</i> Weald and Downland Skala Deformasi 1: 1000 - 1 .....	81
Gambar 4.34 Simulasi <i>Bending Moment</i> Weald and Downland Skala Deformasi 1: 1000 - 2 .....	81
Gambar 4.35 Simulasi <i>Bending Moment</i> Weald and Downland Skala Deformasi 1: 1000 - 3 .....	81
Gambar 4.36 Simulasi <i>Bending Moment</i> Weald and Downland Skala Deformasi 1: 1000 - 4 .....	82
Gambar 4.37 Simulasi <i>Bending Moment</i> Weald and Downland Skala Deformasi 1: 1000 - 5 .....	82
Gambar 4.38 Diagram <i>Bending Moment</i> Weald and Downland.....	83
Segmen 1 dan 4.....	83
Gambar 4.39 Diagram <i>Bending Moment</i> Weald and Downland Segmen 2 .....	83
Gambar 4.40 Diagram <i>Bending Moment</i> Weald and Downland Segmen 3 .....	83
Gambar 4.41 Simulasi Deformasi Weald and Downland.....	85
Gambar 4.42 Simulasi Deformasi Weald and Downland.....	85
Gambar 4.43 Simulasi <i>Axial Stress</i> Weald and Downland .....	86
Gambar 4.44 Simulasi <i>Axial Stress</i> Weald and Downland .....	87
Gambar 4.45 Simulasi <i>Utilization</i> Weald and Downland .....	87

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam bidang keilmuan arsitektur dewasa ini semakin memudahkan proses perancangan arsitektur salah satunya dalam hal penggambaran rancangan menggunakan *software* desain arsitektur yang memungkinkan arsitek untuk membuat model tiga dimensi yang sangat rinci dan memvisualisasikan hasil rancangan dengan realistis. Hal ini berbeda dengan proses perancangan beberapa abad lalu tanpa bantuan rancangan desain komputasional dan *Building Information Modeling* yang semuanya dilakukan secara manual.

Desain secara komputasional menjadi alat bantu arsitek dalam mempelajari bentuk dan proses desain untuk menyelesaikan masalah dengan bantuan komputer. Perancang menggunakan pengetahuan dan intuisinya untuk membuat rancangan dengan bantuan perangkat lunak dan menambah produktivitasnya dalam bekerja. Alat desain komputasional tidak hanya membantu arsitek dalam merancang bentuk tetapi membantunya dalam merancang dan mempertimbangkan struktur. Dengan bantuan perangkat lunak ini, struktur yang bukan bidang keahlian arsitek dapat divalidasi kebenarannya sebelum diserahkan ke bidang keahlian sipil yang akan memperhitungkan lebih jauh.

Kemajuan dalam perancangan arsitektur ini memunculkan bentuk – bentuk baru dengan sistem struktur maupun material yang lebih variatif. Bentuk – bentuk baru yang dinamis serta teknologi konstruksi dengan sistem struktur dan material yang baru mempengaruhi perkembangan arsitektur kontemporer sehingga rancangan yang ada tidak lagi terlihat kaku. Rancangan – rancangan dengan bentuk baru ini membentuk gerakan arsitektur organik yang memadukan bentuk – bentuk dari alam dengan teknologi. Fenomena arsitektur organik sendiri cenderung mengarah kepada arsitektur biomorfik yang inspirasinya muncul dari hewan, tumbuhan, bentuk tubuh manusia, maupun anatomi yang memiliki bentuk dinamis.

Bentuk dan gaya arsitektur berhubungan erat dengan cara konstruksi dan bahan yang laku pada zaman itu. Seiring berkembangnya zaman, teknologi konstruksi dan material terus berkembang, hal ini mempengaruhi bentuk dan gaya arsitektur (Heinz Frick, 1998).





Gambar 1.1 Arsitektur Organik di Indonesia

(Sumber: archdaily.com)

Untuk menjawab kebutuhan dari rancangan arsitektur kontemporer diperlukan sistem struktur dan material yang dapat diperlakukan sebagaimana bentuk yang diharapkan. Sistem struktur bangunan mempertimbangkan sistem struktur yang dapat mendukung bentuk – bentuk biomorfik (Sujanra et al., 2017). Salah satu sistem yang dapat menunjang arsitektur organik adalah struktur *gridshell* yang belum banyak ditemui di Indonesia pada saat ini. Padahal sistem struktur ini memiliki potensi besar untuk perkembangan arsitektur di Indonesia.

Menurut Hennicks and Schaur, *Gridshell* adalah kerangka batang melengkung secara spasial dengan sambungan yang kaku. Elemen rangka batang membentuk bidang susunan yang saling berpotongan tegak lurus atau diagonal (*grid*) dengan jarak yang konstan antar simpul (*node*). Susunan ini membentuk struktur tiga dimensi berbidang lengkung yang memanfaatkan sifat kuat dan kaku dari material sehingga mampu menahan beban. Umumnya struktur ini digunakan pada bangunan – bangunan berbentuk lebar karena sistem struktur ini mampu mengakomodasi kebutuhan bentang yang sangat besar.



Gambar 1.2 *Gridshell* Rancangan Vladimir Shukhov  
(Sumber: en.wikipedia.org)

*Gridshell* dapat digunakan untuk menciptakan bangunan dengan bentuk organik yang ditemukan di alam sekaligus menjadi struktur yang sangat kuat dan efisien. Seringkali *gridshell* digunakan pada bangunan publik seperti museum, galeri seni, pameran, dan pusat konvensi karena bentuk organiknya yang dapat menjadi daya tarik besar pengunjung seperti yang ditemui di *Nine Bridges Country Club* dan *Centre Pompidou Metz* karya arsitek Shigeru Ban.

Struktur *gridshell* dalam arsitektur memiliki beberapa keuntungan dari segi desain yang organik memungkinkan bentuk – bentuk dinamis. *Gridshell* memiliki kekuatan struktural yang tinggi karena bentuk lengkungnya yang dapat menyebar beban dan mengurangi titik – titik lemah pada struktur. Elemen yang saling menopang mampu mengurangi jumlah bahan dan biaya yang dibutuhkan untuk menciptakan struktur yang kuat sehingga *gridshell* memiliki efisiensi yang tinggi. Fleksibilitas desain tinggi yang ditawarkan struktur ini membuat rancangan bangunan menjadi lebih unik dan variatif. Selain itu, penggunaan struktur *gridshell* juga mampu membantu menciptakan bangunan yang lebih ramah lingkungan dengan mengurangi jumlah bahan yang dibutuhkan, memaksimalkan penggunaan cahaya alami, ventilasi alami,

Struktur *gridshell* dan struktur *shell* adalah dua jenis struktur yang berbeda, meskipun keduanya termasuk kategori struktur yang memiliki bentuk dinamis dan organik. Struktur *shell* disebut juga dengan struktur cangkang yang terdiri dari bidang yang tipis terbentuk dari material seperti beton bertulang, logam, atau kayu yang ditekuk atau dibengkokkan menjadi bentuk geometris yang kuat dan kaku. Struktur ini biasanya dirancang dengan bentuk cangkang yang melengkung dan dapat menopang beratnya sendiri seperti pada rancangan arsitek stadion Olimpiade Beijing 2008 karya Norman Foster.

Perbedaan antara kedua tipe struktur ini terdapat pada tampilan dan susunannya, cara pembuatan, penyaluran beban dan momen, fleksibilitas, dan materialnya. Secara tampilan dan susunannya, struktur *gridshell* terbentuk dari rangkaian elemen *grid* atau rangka batang yang membentuk lengkungan. Sementara struktur *shell* terbentuk dari plat tipis yang memiliki bentuk menyerupai cangkang untuk mencapai kekakuannya. Struktur *gridshell* mampu menyesuaikan bentuknya dengan permukaan tanah yang tidak rata sehingga rancangan tidak selalu berbentuk simetris.

Dari cara pembuatannya, struktur *shell* biasanya dibuat dengan mencetak material yang digunakan menjadi bentuk yang diinginkan sehingga menjadi bidang. Apabila menggunakan beton sebagai material utamanya, shell akan memerlukan bekisting dan material yang lebih banyak. Berbeda dengan struktur *gridshell* yang dibuat dengan merangkai batang menjadi elemen *grid* menjadi bentuk yang diinginkan. Batang tersebut saling berpotongan dan dihubungkan dengan *node*.

Berdasarkan penyaluran beban dan momennya, struktur *shell* cenderung menyebar beban secara menyeluruh ke seluruh permukaan sehingga pada idealnya tidak terjadi momen. Sementara pada struktur *gridshell* memiliki lebih banyak kebebasan dalam penyaluran beban dan momen lentur dapat terjadi pada strukturnya akibat bentuk dan dimensi yang lebih kompleks sehingga beban yang diterapkan tidak selalu merata pada seluruh permukaan. Momen lentur ini terjadi pada batang yang mengalami gaya lentur menyebabkan perubahan bentuk atau deformasi sehingga momen lentur harus diperhitungkan untuk memastikan struktur ini dapat menopang beban dengan aman dan efektif. Hal ini dapat diminimalisasi dengan penggunaan material yang tepat seperti *mass timber* serta perancangan geometri dan tata letak profil yang tepat. Melalui solusi tersebut, *gridshell* dapat menjadi kuat dan kaku.

Dari segi fleksibilitasnya, struktur *shell* cenderung lebih kaku dan bentuknya kurang fleksibel. Berbeda dengan struktur *gridshell* yang lebih fleksibel daripada struktur *shell* karena profil atau elemen *grid* yang digunakan dapat menyesuaikan dengan perubahan beban atau momen yang terjadi akibat faktor dari luar.

Secara material penyusunnya, struktur *shell* biasanya terbentuk dari material masif yang berbentuk plat seperti beton bertulang, sedangkan *gridshell* biasanya dibuat dari batang dengan material yang lebih ringan dan fleksibel seperti kayu, bambu, atau baja yang tipis.

Berkembangnya teknologi juga mendorong munculnya inovasi baru dalam teknologi material bangunan dan konstruksi salah satunya kayu. Sifat alami kayu yang

memunculkan stigma lemah, rapuh, mudah lapuk, dan mudah terbakar, kini dapat direkayasa sehingga mampu menjadi material yang ramah lingkungan mengalahkan beton dan baja. Kayu yang rekayasa atau *mass timber* merupakan panel kayu yang direkayasa untuk meningkatkan kekuatannya sebagai material dengan cara dilaminasi antarlapisan.



Gambar 1.3 *Mass Timber*

(Sumber: <https://www.builder.id/kayu-glulam-kayu-laminasi/>)

Kayu bukanlah material yang jarang ditemukan di Indonesia. Indonesia sebagai negara dengan hutan hujan tropis terbesar ketiga di dunia dengan hutan yang mencakup sekitar 49,1 % dari total luas wilayah Indonesia memiliki potensi dalam pemanfaatan kayu sebagai material struktur secara bertanggungjawab. Melalui sumber daya hutan yang sangat melimpah dan beragam jenisnya, Indonesia mampu menghasilkan material yang tidak kalah kualitasnya dengan kayu – kayu di luar negeri terlebih pemerintah Indonesia yang telah menerapkan beberapa kebijakan untuk mengelola hutan secara berkelanjutan untuk menghasilkan kualitas kayu yang mampu menunjang kebutuhan material struktur. Beberapa jenis kayu yang sudah dipelajari untuk pembuatan material struktur *mass timber* di Indonesia adalah Jabon (*Anthocephalus cadamba*), Karet (*Hevea brasiliensis*), Mahoni (*Swietenia sp.*), Mangium (*Acacia mangium*), Manii (*Maesopsis eminii*), Mindi (*Melia azedarach*), Pinus (*Pinus merkusii*), Sengon (*Falcataria moluccana*), dan Sungkai (*Peronema canescens*), sedangkan kayu dari hutan alam untuk kombinasinya yaitu Kayu Kempas (*Koompassia malaccensis*) dan Merbau (*Instia sp.*). Sementara perekat yang digunakan dalam pembuatan *mass timber* yaitu perekat nabati mangium, mahoni, dan tanin merbau, serta perekat sintetis yaitu isosianat dan *phenol resorcinol formaldehyde* (PRF) (Yusuf Sudo Hadi & Andi Sri Rahayu Diza Lestari, 2022). Terdapat juga beberapa produsen yang menggunakan kayu yang kuat, tahan terhadap cuaca, dan tahan terhadap serangga kayu seperti Kayu Meranti, Kayu Jati, Kayu Kamper, dan Kayu Bengkirai.

Pada konstruksi kayu konvensional, kayu yang biasanya digunakan untuk material struktur adalah kayu yang sudah berumur kurang lebih 50 tahun sehingga

didapatkan kayu yang berdiameter besar. Berbeda dengan *mass timber* yang terdiri dari lapisan – lapisan lamina yang cenderung menggunakan jenis kayu cepat tumbuh (*fastgrowing*) yang berumur 5 hingga 10 tahun seperti Mangium (*Acacia mangium*), Ekaliptus (*Eucalyptus sp.*), Sengon (*Falcataria moluccana*), dan Pinus (*Pinus merkusii*). Dari kayu cepat tumbuh tersebut didapatkan kayu dengan diameter mencapai 40 cm. Melalui kayu yang berdiameter tidak terlalu besar dapat diperoleh *mass timber* yang berukuran lebih besar dengan ketahanan terhadap serangga perusak kayu.



Gambar 1.4 Kayu Indonesia sebagai Kayu Cepat Tumbuh  
(Sumber: <https://www.bebeja.com/sengon-jabon-kayu-cepat-tumbuh/>)

Namun kebutuhan akan kayu pun meningkat dengan adanya pemanfaatan material kayu konvensional maupun *mass timber* sebagai material struktur. Dengan meningkatnya kebutuhan akan kayu untuk material struktur tersebut, akan semakin banyak permintaan yang berbanding lurus dengan penanaman hutan di Indonesia. Pemerintah berperan serta dalam perundang – undangan penebangan hutan dan reboisasi. Hal ini dapat berdampak baik juga untuk lingkungan apabila penebangan hutan dapat dikendalikan.

Menurut Green (2018), penebangan hutan harus dilakukan secara berkelanjutan, yaitu dengan penanaman kembali dengan jangka panjang dan diverifikasi spesies dalam proses perencanaan. Hutan akan tetap menjadi hutan walaupun lokasinya yang dipindahkan. Dengan demikian, pengelolaan hutan berkelanjutan dan sertifikasi hutan merupakan hal mendasar yang mendukung penggunaan *mass timber* di Indonesia.

Penggunaan *mass timber* sebagai material yang berkelanjutan memiliki lebih banyak kelebihan ketimbang penggunaan material konstruksi konvensional seperti beton dan baja. Menurut Canadian Wood Council (2004) mengatakan bahwa baja dan beton

menghasilkan lebih banyak energi sebesar 26% dan 57% dibanding kayu, lebih banyak gas rumah kaca 34% dan 81% dibanding kayu, lebih banyak polutan ke udara 24% dan 47%, lebih banyak limbah padat 8% dan 23% dibanding kayu, lebih banyak menyebabkan pencemaran air 400% dan 350%, dan lebih berat secara berat jenisnya yaitu 7850 – 8000 kg/m<sup>3</sup> dan 2200, - 2500 kg/m<sup>3</sup>, sementara kayu hanya 300 – 700 kg/m<sup>3</sup>. Limbah kayu sisa produksi mass timber pun dapat didaur ulang menjadi bubur kertas (*pulp*), bahan baku pembuatan kertas, tisu, dan lain sebagainya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Seagate Structures Ltd., dilakukan perbandingan antara bangunan beton dan bangunan integrasi beton dan *mass timber*. Ditemukan bahwa, bangunan dengan *mass timber* lebih tahan terhadap gempa; instalasinya 2.8 kali lebih cepat; membutuhkan 33% lebih sedikit pekerja; membutuhkan lebih sedikit biaya; massa per m<sup>3</sup> lebih ringan 18 %; dan sama – sama memiliki kekuatan dan kekakuan.

Dibandingkan dengan material alami lainnya yaitu bambu, bambu dianggap lebih berkelanjutan daripada kayu sebagai bahan bangunan dikarenakan kecepatan tumbuhnya yang mampu mencapai sekitar 60 cm per hari dan kayu perlu waktu yang lebih lama untuk tumbuh. Padahal dengan diproduksi *mass timber*, terdapat variasi kayu yang dapat digunakan untuk membuat material struktur dengan berbagai ukuran yang dapat disesuaikan sehingga tidak selalu memerlukan kayu yang berdimensi besar dan jenis kayu tertentu. *Mass timber* sendiri dalam pembuatannya dapat lebih mudah dibentuk daripada bambu karena karakteristiknya yang mampu diseragamkan berbeda dengan bambu yang langsung diambil dari alam. *Mass timber* juga memiliki detail sambungan dan pengerjaan yang lebih mudah dibandingkan bambu karena diameter bambu yang berbeda – beda. Secara keindahan, kayu memiliki serat dan tekstur yang menambah keindahan. Secara kekuatan, *mass timber* lebih tahan terhadap tekan dan lentur dengan berat jenis yang serupa. Selain itu, cacat kayu sendiri dapat diminimalisasi dengan penggunaan *mass timber* berbeda dengan bambu yang lebih sulit untuk dideteksi.

Sayangnya kurangnya pengetahuan dan stigma masyarakat terhadap *mass timber* menghambat perkembangan *mass timber* di Indonesia, dimana masyarakat beranggapan bahwa *mass timber* merupakan material konstruksi yang mahal, sulit pengerjaannya dengan kemampuan tukang Indonesia yang belum memenuhi, dan dianggap lemah dalam ketahanan api, ketahanan struktur, dan keamanan (Gold dan Rubik, 2008). Padahal, bila dirancang dengan tepat dan efektif, *mass timber* juga mampu bersifat tahan api (Barber, 2017). *Mass timber* dirancang untuk tahan api dan memiliki kemampuan untuk

mempertahankan integritas struktur selama waktu tertentu dalam kondisi kebakaran. Hal ini ditentukan oleh jenis dan spesifikasi material yang digunakan serta ketebalan lapisan perlindungan api, serta durasi dan suhu paparan api.

Secara umum, *mass timber* diklasifikasikan ke dalam tiga kategori tahan api berdasarkan standar internasional yaitu tahan api tipe I (sangat tahan api) yang mampu bertahan selama 2 jam dalam suhu di atas 1000 derajat Celsius, tipe II (tahan api) yang mampu bertahan selama 1-2 jam dalam suhu di atas 900 derajat Celsius, dan tipe III (sedang tahan api) yang mampu bertahan selama 45-60 menit dengan suhu 760 derajat Celsius. Namun kemampuan tahan api dari *mass timber* juga dipengaruhi oleh faktor – faktor seperti ventilasi, kelembapan, dan kepadatan material sekitarnya.

*Mass Timber* yang terbentuk dari lapisan lamina yang tebal memiliki ketahanan terhadap api. Saat lapisan *mass timber* paling luar terpapar api, lapisan kayu tersebut akan menjadi arang yang berfungsi sebagai isolator panas bagi bagian inti (*core*) sehingga strukturnya dapat dipertahankan ketika terjadi kebakaran.



Gambar 1.5 Simulasi Tahan Api *Mass Timber* Selama 2 Jam  
(Sumber: *Fire Safety of Mass Timber Buildings with CLT in USA*)

Selain tahan api, *mass timber* juga merupakan material yang tahan terhadap guncangan gempa karena sifatnya yang elastis sehingga mampu menyerap getaran serta kuat terhadap gaya tarik dan tekan. Selain itu, *mass timber* tidak akan mengalami perubahan dimensi yang menyebabkan deformasi karena sifatnya yang tahan terhadap kelembapan dan temperatur tinggi.

Penggunaan material struktur *mass timber* cocok untuk bangunan yang menggunakan sistem struktur *gridshell* di Indonesia karena memiliki berbagai kelebihan

yang diantaranya: Kekuatan dan daya tahannya yang tinggi terhadap berbagai aspek dari luar seperti cuaca, guncangan, dan api sehingga konstruksinya menjadi kokoh dan tahan lama; Kemampuan fleksibilitasnya yang tinggi sehingga dapat mengikuti bentuk kompleks maupun perbedaan kontur yang dapat disesuaikan kebutuhan rancangan; Dapat dirancang menjadi konstruksi tahan gempa karena sifatnya yang mampu menerima momen lentur yang disebabkan penyebaran gaya yang kurang merata pada tiap profilnya; Keindahan dari serat kayu *mass timber* yang diekspos; dan Ketersediaan material bahan baku di Indonesia untuk pengadaan material proyek konstruksi.

Penggunaan *mass timber* di Indonesia saat ini masih terbatas walaupun memiliki potensi yang besar. *Mass timber* di Indonesia sebagian besar digunakan untuk skala kecil seperti furnitur. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pengetahuan dan pemahaman mengenai sistem struktur beserta dengan material serta kelebihanannya. Penggunaannya yang masih sedikit dan jumlah industri *mass timber* di Indonesia sehingga ketersediannya yang terbatas dan diperlukan adanya teknologi untuk fabrikasi yang menyebabkan biaya produksinya relatif tinggi. Selain itu belum adanya bangunan yang terbangun menggunakan sistem struktur *gridshell* dan konstruksi *mass timber* di Indonesia ataupun standar yang jelas sehingga menjadi kendala dalam penerapan teknologi ini dalam proyek konstruksi. Kurangnya dukungan dari industri dan pemerintah dalam pengembangan teknologi *gridshell* dengan material *mass timber* yang masih terbatas juga mempengaruhi penggunaan sistem struktur dan konstruksi ini di Indonesia.

Bidang keahlian arsitek yang tidak ahli dalam struktur dan konstruksi ini terbantu dengan adanya bantuan desain komputasional, walaupun belum banyak digunakan dan belum diketahui validitasnya. Maka daripada itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui validitas Grasshopper sebagai alat bantu perancangan arsitektur yang sesuai dengan praktik dan teori sehingga dapat digunakan untuk perancangan.

Penelitian ini akan dilakukan secara eksperimental dengan studi preseden dan pengambilan objek studi yang menggunakan tipe struktur *gridshell* dan material *mass timber* yang kemudian disimulasikan dengan aplikasi parametrik Grasshopper dari model yang dibuat pada aplikasi Rhino 7 dibandingkan dengan bentuk dasarnya dengan pendekatan syarat struktur yang kuat, kaku, dan stabil. Hasil simulasi yang didapatkan berupa mengenai *displacement value* pada member *gridshell*, *axial stress* yang bekerja pada sistem struktur, *utilization* atau pemanfaat material untuk menerima beban yang ada. Berdasarkan data tersebut dibandingkan dengan teori pembandingnya untuk



menyimpulkan bahwa aplikasi ini dapat digunakan untuk membantu perancangan arsitektur.

Objek studi yang akan dipelajari ditentukan dari tipologi bentuk dan tingkat kompleksitas bangunan yaitu bangunan *Downland Gridshell* yang memiliki tipologi *barrel vault* yang dimodifikasi, Centre Pompidou – Metz yang memiliki tipologi *hyperbolic – paraboloid*, The Savill Garden yang memiliki tipologi bentuk *elliptic paraboloid*, dan Toledo *Gridshell 2.0* dengan tipologi bentuk *elliptic paraboloid*.



Gambar 1.6 Objek Studi Downland *Gridshell*

(Sumber: <https://www.burohappold.com/projects/weald-downland-gridshell/>)

Terdapat satu objek studi yang dibuat model tiga dimensinya di aplikasi Rhino 7 dan disimulasikan di aplikasi Grasshopper yaitu Weald and Downland *Gridshell* yang memiliki tipologi bentuk *corrugated barrel vault* atau modifikasi *barrel vault* tersusun dari tiga buah kubah yang terbuka pada dua sisi. Objek studi yang disimulasikan bersifat dasar dapat dianalisis dengan teori yang ada.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penggunaan konstruksi *mass timber* dengan tipe struktur *gridshell* di Indonesia masih sangat terbatas padahal konstruksi dan sistem struktur ini memiliki potensi untuk digunakan pada bangunan bentang lebar yang memiliki bentuk organik di Indonesia. Ketimbang struktur *shell* sebagai yang masif, struktur *gridshell* yang memiliki rongga – rongga grid ini memerlukan material yang lebih sedikit pada konstruksinya. Cara pembuatan *gridshell* pun lebih mudah dan lebih hemat biaya ketimbang *shell* yang memerlukan bekisting dan proses pengecoran yang lebih sulit. Berbeda dengan *gridshell* yang tersusun dari profil yang disambungkan dengan *node*. Selain itu, *gridshell* dapat dibuat menjadi bentuk yang lebih variatif karena fleksibilitas rancangan yang lebih tinggi. Perkembangan tipe struktur dan konstruksi ini dapat menunjang keberlangsungan Arsitektur Organik di Indonesia.

Bentuk, sistem struktur, dan konstruksi berpengaruh besar pada bentuk bangunan arsitektur, terlebih pada bangunan dengan sistem struktur *gridshell* konstruksi *mass timber*. Suatu bentuk pasti dipertimbangkan juga dengan struktur yang dapat mengakomodasinya, namun perhitungan struktur maupun validasi suatu bangunan *buildable* bukan hal yang dialami seorang arsitek. Seorang arsitek memikirkan mengenai logika struktur dan bagaimana merancang bentuk untuk mewedahi suatu fungsi.

Hal ini yang sering menjadi kendala seorang arsitek dalam merancang karena keterbatasannya sehingga memerlukan adanya bantuan komputasional sebagai pertimbangan dan proses *form-finding* yang dapat memvalidasi.

Adanya alat untuk membantu perancangan arsitektur dapat memudahkan arsitek untuk mempertimbangkan bentuk beserta struktur dan konstruksinya. Alat ini berupa Grasshopper yang merupakan *parametric modelling software* yang dapat membantu simulasi struktur dan membantu arsitek dalam memastikan sistem struktur yang digunakan. Namun metode ini belum diyakini kebenarannya sehingga harus dibuktikan validitasnya untuk digunakan pada proses perancangan arsitektur. Dari masalah – masalah tersebut ditemukan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

- Apakah aplikasi *parametric modelling software* dapat menjadi alat bantu perancangan bentuk dan struktur *gridshell* dengan konstruksi *mass timber* yang logis?
- Bagaimana aplikasi *parametric modelling software* Grasshopper membantu perancangan bentuk dan struktur *gridshell* dengan konstruksi *mass timber*?
- Apa pengaruh perbedaan bentuk dasar dan modifikasi bentuk pada preseden Weald and Downland *Gridshell* terhadap:
  1. Gaya dan momen yang terjadi
  2. *Displacement value*
  3. *Axial stress*
  4. *Utilization*

### 1.3 Tujuan Penelitian

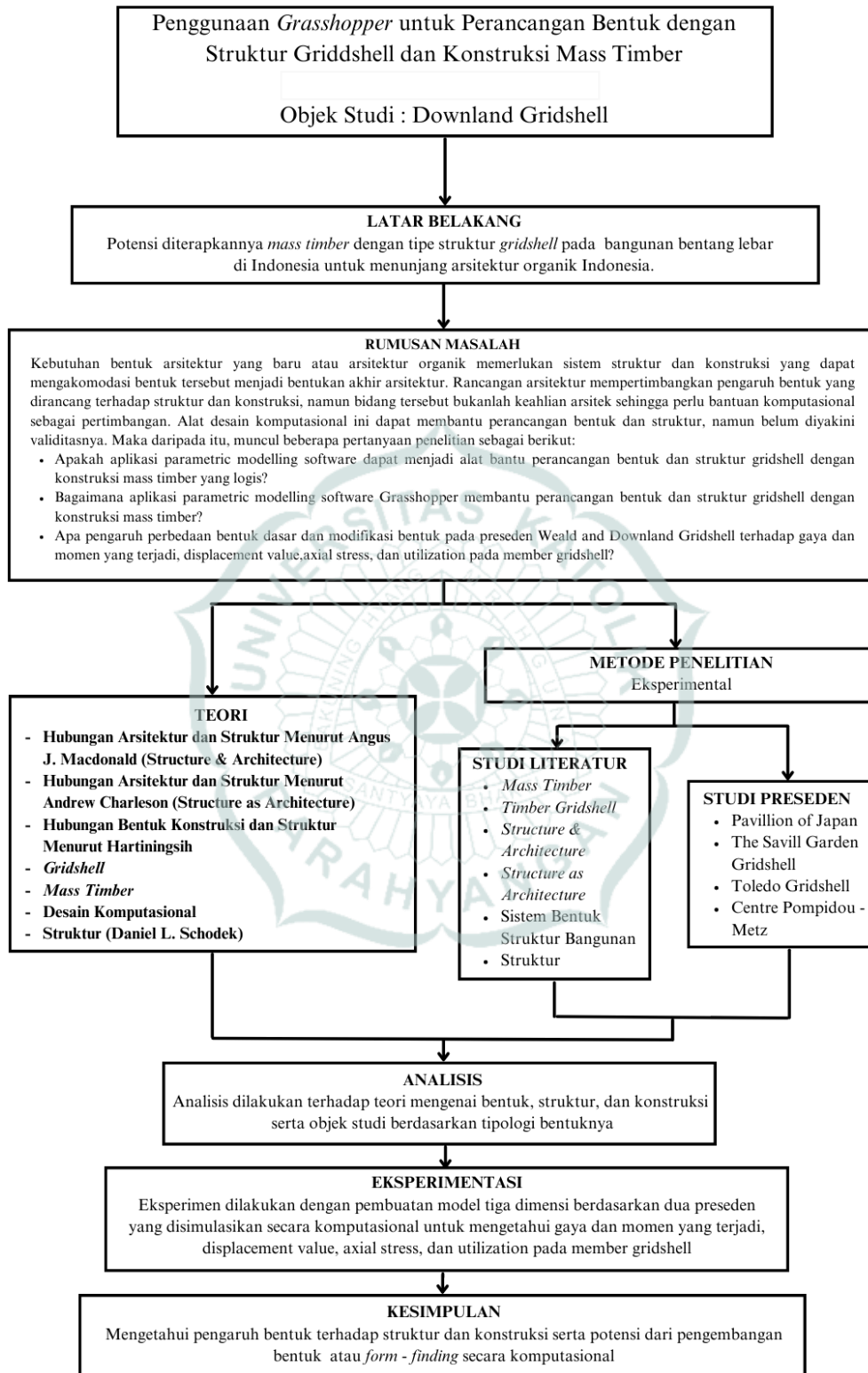
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui validitas Grasshopper sebagai alat bantu desain komputasional yang dapat membantu arsitek dalam melakukan perancangan bentuk dan struktur *gridshell* dengan konstruksi *mass timber*, mengetahui bagaimana alat bantu desain komputasional membantu arsitek dalam memutuskan bentuk, struktur, dan konstruksi sebelum diserahkan ke bidang keahlian lain, serta perbedaan yang didapat dari modifikasi bentuk terhadap gaya dan momen, *displacement value*, *axial stress*, dan *utilization* pada objek studi Weald and Downland *Gridshell*.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menjadi landasan berkembangnya penggunaan material *mass timber* dan sistem struktur *gridshell* di Indonesia sebagai penunjang arsitektur organik, memberikan pedoman dalam perancangan bangunan dengan sistem struktur *gridshell* konstruksi *mass timber*, dan diharapkan metode yang dilakukan penulis dapat diterapkan untuk proses perancangan maupun proses pembelajaran bentuk dan struktur oleh bidang keilmuan arsitektur.



## 1.5 Kerangka Penelitian



Gambar 1.7 Kerangka Penelitian