

EKSPLORASI MATERIAL *GLULAM* PADA PERANCANGAN *SHELTER* MENGGUNAKAN SALURAN KREATIVITAS : *FOCUS ON MATERIAL*

Nareswaranandya^{1*}

¹Jurusan Arsitektur, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arief Rachman Hakim No. 100 Surabaya
Indonesia 60117

*nareswaranandya@itats.ac.id

ABSTRAK

Setiap material memiliki karakteristik yang dapat dieksplorasi dan digunakan sebagai saluran kreativitas dalam merancang bangunan. Proses eksplorasi material tersebut harus dapat mendukung efisiensi penggunaan sumber daya dalam keseluruhan daur hidup (*life cycle*) bangunan, mulai dari pemilihan material, desain, konstruksi, pemeliharaan, hingga pembongkaran. *Glued Laminated Timber (Glulam)* merupakan salah satu material alternatif dari bahan dasar kayu yang dapat diperbaharui dan memiliki *low embodied energy*. Dengan menggunakan saluran kreativitas *focus on material*, karakteristik dari *glulam* digunakan sebagai pendekatan merancang bangunan. Tipe bangunan yang digunakan sebagai obyek eksplorasi adalah bangunan sederhana non-ruang, yaitu *shelter* (naungan). Proses rancang menggunakan *Cyclical Design Process* yang terdiri dari tahap analisis, sintesis, dan evaluasi yang dilakukan berulang-ulang hingga mendapat rancangan paling yang optimal. Tahap analisis data dari *glulam*, *shelter*, dan *focus on material* dilakukan untuk menghasilkan kriteria desain yang akan digunakan untuk menghasilkan beberapa alternatif rancangan pada tahap sintesis. Beberapa alternatif rancangan tersebut kemudian di evaluasi pada tahap evaluasi untuk mendapatkan rancangan yang paling sesuai. Hasil yang diperoleh adalah rancangan skematik bangunan *shelter* dengan bentuk *single curve* dan *double curve* yang tersusun dari konfigurasi monomaterial elemen-elemen *glulam* berukuran 60x60 cm menggunakan sambungan takik.

Kata-kunci: *focus on material; glulam; shelter*

MATERIAL EXPLORATION OF GLULAM IN SHELTER DESIGN USING CHANNEL OF CREATIVITY: FOCUS ON MATERIAL

ABSTRACT

Characteristics of material can be explored and used as a channel of creativity in designing buildings. Nevertheless, the material exploration process must be able to support efficient use of resources throughout the building's life cycle, starting from material selection, design, construction, maintenance, to demolition. Glued Laminated Timber (Glulam) is an alternative material which is wood-based materials, can be renewed and has low embodied energy. By using channel of creativity (focus on material, the characteristics of glulam are used as an approach to designing a building. The type of building that used as an object of exploration is a simple non-space building, called shelter. The design process is a cyclical series of phases: analysis, synthesis, and evaluation to obtain the most appropriate design. The analysis phase (glulam, shelter, and focus on material) create design criteria that will be used to produce several alternative designs at the synthesis stage. Then, some alternative designs are evaluated at the evaluation stage to get the most appropriate design. This research aims to find out schematic design of shelter in the form of single curves and double curves, composed of 60x60 cm glulam elements joined with notched technique. .

Keywords: *focus on material; glulam; shelter*

PENDAHULUAN

Material adalah daging, tulang, dan kulit arsitektur (Antoniades, 1990) yang seharusnya merupakan tahap penting dan menjadi pertimbangan pertama dalam merancang. Namun sering kali material penyusunnya ditentukan pada tahap akhir rancangan seolah hanya berperan sebagai lapisan estetika belaka. Pada kenyataannya, tiap material memiliki karakteristik masing-masing yang dapat dieksplorasi untuk digunakan sebagai saluran kreativitas dalam merancang, yaitu saluran kreativitas *Focus on Material*.

Pemilihan material harus dapat memberikan keuntungan secara ekonomi, kemudahan operasional bangunan, dan merupakan material yang ramah lingkungan. Proses eksplorasi material harus dapat mendukung efisiensi penggunaan sumber daya dalam keseluruhan daur hidup (*life cycle*) bangunan, mulai dari desain, konstruksi, operasi, pemeliharaan, renovasi, hingga pembongkaran (Bejo, 2017). Salah satu material yang dapat diperbaharui serta memiliki *low embodied energy* adalah material produk kayu rekayasa *Glued Laminated Timber (Glulam)*. Untuk memaksimalkan eksplorasi material, tipe bangunan yang dipilih adalah bangunan sederhana non-ruang yaitu *shelter* (naungan). Tujuan dari penelitian ini adalah mengeksplorasi karakteristik *glulam* sebagai pendekatan awal merancang struktur dan selubung *shelter*.

Saluran Kreativitas Focus on Material

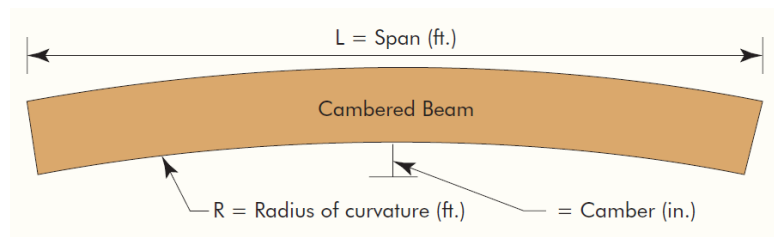
Focus on Material adalah sebuah saluran kreativitas yang menghasilkan sebuah karya arsitektur melalui pemahaman bahan-bahan atau material secara mendalam yang berkaitan dengan karakteristik, *durability*, dan teknologi (Antoniades, 1990). Berbagai aspek yang terdapat di dalamnya seperti asal material, seberapa berpengaruh material tersebut terhadap lingkungan sekitarnya sampai kepada proses produksi serta perlakuan saat pemasangan material tersebut pada bangunan. Pembahasan yang mendalam mengenai material inilah yang menjadi sebuah landasan karya arsitektur itu hadir. Antoniades (1990) menyebutkan terdapat 2 kategori penggunaan material dalam arsitektur:

1. Material yang memengaruhi sistem struktur dan organisasi ruang yang memiliki hubungan dengan karakter bangunan, proporsi, ritme (solid versus void), dan berat bangunan.
2. Material yang mempengaruhi detail dalam arsitektur, tekstur pada bagian eksterior dan interior, serta pada detail *finishing* dan *trimming*.

Glued Laminated Timber (Glulam)

Glued-Laminated Timber (Glulam) adalah salah satu produk kayu rekayasa yang terdiri dari beberapa lembar kayu laminasi yang direkatkan sejajar mengikuti serat kayu (APA, 2008). *Glulam* dihasilkan dari bahan dasar kayu tanaman hutan rakyat yang bersifat inferior seperti sengon, jabon, karet, gmelina, mangium atau campuran dari jenis-jenis tersebut (Sari, 2011). *Glulam* dapat diaplikasikan pada bangunan dengan bentangan yang lebar dan beban yang berat serta bentuk yang lengkung/kompleks. *Glulam* dapat diperbaharui serta memiliki *low embodied energy* yang lebih rendah daripada beton bertulang dan baja. *Glulam* merupakan material struktural yang lebih ringan daripada balok baja dan balok beton bertulang namun memiliki kemampuan menopang beban yang sama

kuat. *Glulam* dapat diaplikasikan pada bentang lebar hingga lebih dari 50 m. *Glulam* merupakan bahan bangunan prefabrikasi yang dapat diproduksi sesuai bentuk dan kebutuhan. Panjang dan bentuk *glulam* terbatas hanya dari faktor kemampuan produksi tiap pabrik, faktor transportasi, dan kemampuan membawa pada saat proses konstruksi. Oleh karena itu, dimensi standar *glulam* di Indonesia mengikuti dimensi produk multiplek pada umumnya, yaitu 120 x 240 cm. *Glulam* tahan api hingga 40 mm per jam ketika terbakar, tidak melengkung atau memuntir. *Glulam* tahan terhadap bahan kimia (asam, karat, dan korosi), namun untuk penggunaan eksterior harus diberi lapisan coating atau cat untuk melindungi dari cuaca (Lattke dan Lehmann, 2007). *Glulam* memiliki daya tahan dan kemampuan untuk menahan tekanan tanpa bengkok. Di samping itu, *Glulam* juga dapat dilengkungkan atau dibengkokkan hingga radius tertentu (APA, 2011).



Gambar 1. *Beam Camber Parameter*
(Sumber: APA, 2011)

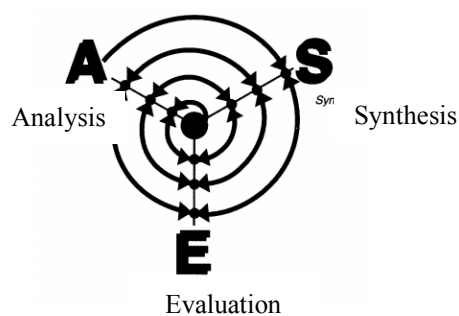
***Shelter* (Naungan)**

Shelter adalah bangunan peneduh non ruang yang bersifat sementara atau permanen yang tersusun dari atap tanpa dinding berfungsi untuk melindungi dari cuaca. Persyaratan dari *shelter* antara lain :

1. *Portable* (mudah diangkut, dipindahkan, & ringan)
2. Mudah dibongkar dan dipasang kembali
3. Disusun dari material daur ulang yang dapat digunakan kembali
4. Dapat diproduksi secara massal
5. Stabil/tahan gempa

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Cyclical Design Process* (Duerk, 1993) yang terdiri dari 3 tahapan yang dilakukan berulang-ulang hingga mencapai rancangan yang sesuai dengan kriteria (Gambar 2).



Gambar 2. *Cyclical Design Process*
(Sumber: Duerk, 1993).

Tahapan tersebut antara lain:

1. Tahap analisis, pengumpulan dan analisis data literatur *glulam* dan *shelter* untuk menyusun parameter rancangan.
2. Tahap sintesis, mengeksplorasi beberapa alternatif rancangan berdasarkan parameter yang mampu menjawab permasalahan penelitian
3. Tahap evaluasi, pengujian dan pemilahan rancangan untuk mendapatkan rancangan yang paling sesuai

HASIL DAN DISKUSI

Tujuan dari penelitian ini adalah mengeksplorasi karakteristik *glulam* sebagai pendekatan awal merancang struktur dan selubung *shelter*. Melalui metode *Cyclical Design Process*, karakteristik dari *glulam* dan *shelter* akan dianalisis untuk menyusun parameter rancangan. Parameter rancangan digunakan sebagai acuan pada tahap sintesis untuk menghasilkan beberapa alternatif eksplorasi rancangan. Beberapa alternatif rancangan tersebut kemudian di evaluasi untuk mendapatkan rancangan yang paling sesuai dengan parameter.

Proses Desain 1

1. Tahap analisis

Salah satu karakteristik dari *shelter* adalah portabel dan dapat dibongkar pasang. Oleh karena itu, eksplorasi material *glulam* menggunakan teori relativitas material, yaitu memecah material *glulam* menjadi elemen-elemen kecil dan menyusunnya kembali berdasarkan karakteristiknya hingga menghasilkan bentuk baru. Sehingga parameter rancangan pada tahap ini adalah elemen tersebut harus efisien dengan meminimalkan sisa material.

2. Tahap sintesis


Eksplorasi dilakukan dengan memecah lembaran *glulam* berukuran 120x240cm menjadi elemen-elemen kecil dengan bentuk geometri dasar persegi berukuran 60x60cm (Gambar 3).



Gambar 3. Pemecahan lembaran *glulam* menjadi elemen kecil
(Sumber: Penulis)

3. Tahap evaluasi

Elemen persegi tersebut kemudian dievaluasi sesuai parameter proses desain 1, yaitu meminimalkan sisa material (Tabel 1).

Tabel 1. Evaluasi proses desain 1		
Parameter	Elemen	Evaluasi
Meminimalkan sisa material	 Persegi 60x60cm	✓

(Sumber: Penulis)

Hasil evaluasi elemen pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pemecahan menjadi bentuk persegi efisien karena tidak menghasilkan sisa material.

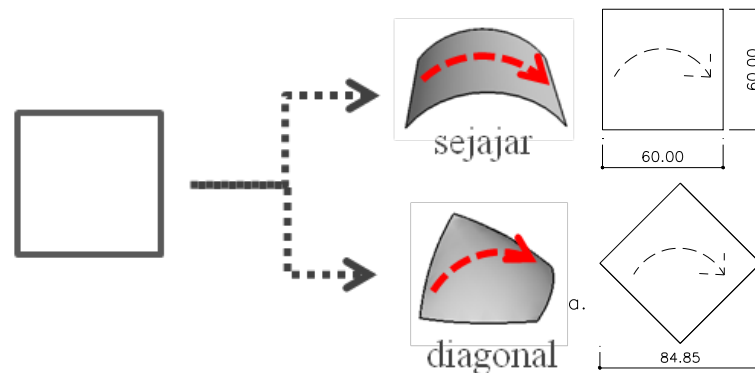
Proses Desain 2

1. Tahap analisis

Salah satu karakteristik dari *glulam* adalah dapat dilengkungkan hingga radius tertentu dihitung dengan rumus *Camber Formulas*. Sehingga proses desain selanjutnya yaitu pelengkungan elemen persegi dan segitiga untuk kemudian disusun menjadi bidang struktural sekaligus selubung bangunan *shelter*. Parameter rancangan pada tahap ini adalah kestabilan bidang elemen tersebut dengan menggunakan sistem takik.

2. Tahap sintesis

Pelengkungan elemen persegi meliputi arah sejajar dan diagonal (Gambar 4), sedangkan pelengkungan elemen segitiga meliputi arah sejajar pada sisi diagonalnya.



Gambar 4. Transformasi Pelengkungan Elemen Persegi
(Sumber: Penulis)

a. Pelengkungan elemen persegi 60x60cm (Gambar 5) dengan arah sejajar dihitung dengan rumus *Camber Formula*:

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= 60 \text{ cm} = 1,97 \text{ feet} \\ \text{Camber} &= \frac{(1,97)^2 \times 1,5}{35} \\ &= 1,67 \text{ inch} \\ &= 4,22 \text{ cm} \end{aligned}$$



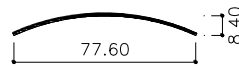
Gambar 5. Elemen persegi dengan lengkung arah sejajar maksimal ketinggian 4,22cm.
(Sumber: Penulis)

b. Pelengkungan elemen persegi 60x60cm (Gambar 6) dengan arah diagonal dihitung dengan rumus *Camber Formula*:

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= 84,85 \text{ cm} = 2,78 \text{ feet} \\ \text{Camber} &= \frac{(2,78)^2 \times 1,5}{35} \end{aligned}$$

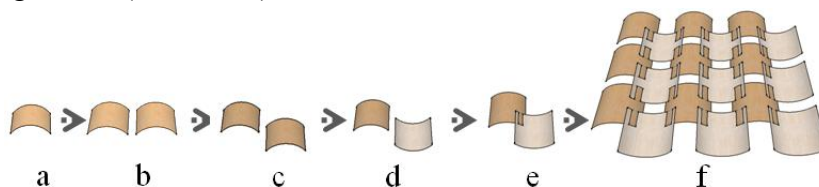
$$= 3,312 \text{ inch}$$

$$= 8,4 \text{ cm}$$



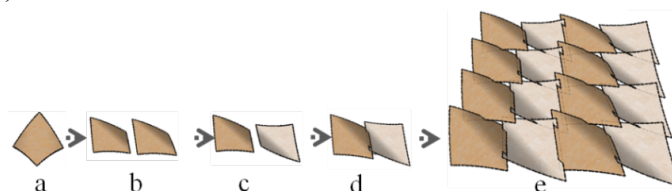
Gambar 6. Elemen persegi dengan lengkung arah sejajar maksimal ketinggian 8,4cm.
(Sumber: Penulis)

Penyusunan elemen persegi dengan arah lengkung sejajar menggunakan transformasi pengulangan, penggeseran, pembalikan vertikal, dan penumpukan sehingga membentuk bidang konfigurasi 1 (Gambar 7).



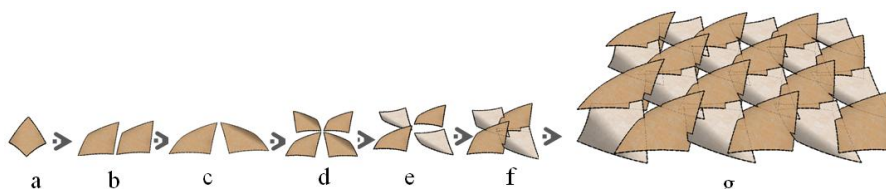
Gambar 7. a. Elemen Persegi Lengkung Sejajar; b. Transformasi Pengulangan; c. Transformasi Penggeseran; d. Transformasi Pembalikan Vertikal; e. Transformasi Penumpukan; f. Konfigurasi 1
(Sumber: Penulis)

Penyusunan elemen persegi dengan arah lengkung diagonal menggunakan transformasi pengulangan, pembalikan vertikal, dan penumpukan sehingga membentuk bidang konfigurasi 2 (Gambar 8).



Gambar 8. a. Elemen Persegi Lengkung Diagonal; b. Transformasi Pengulangan; c. Transformasi Pembalikan Vertikal; d. Transformasi Penumpukan; e. Konfigurasi 2
(Sumber: Penulis)

Penyusunan elemen persegi dengan arah lengkung diagonal menggunakan transformasi pengulangan, pembalikan horizontal, pembalikan vertikal, dan penumpukan sehingga membentuk bidang konfigurasi 3 (Gambar 9).

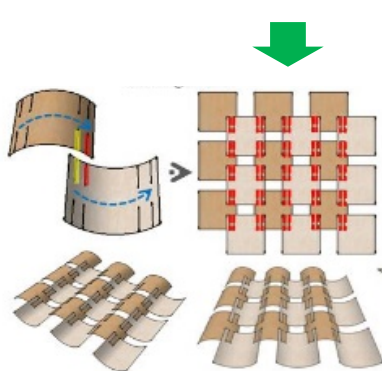
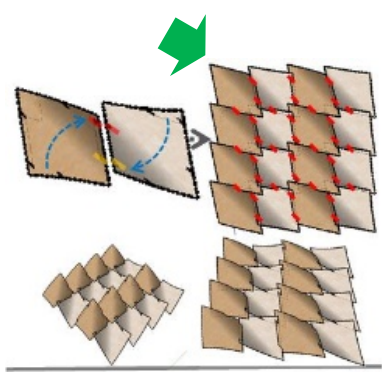
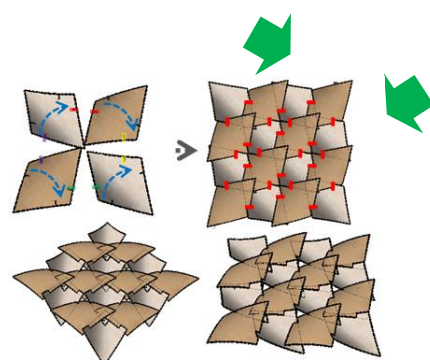


Gambar 9. a. Elemen Persegi Lengkung Diagonal; b. Transformasi Pengulangan; c. Transformasi Pembalikan Horizontal; d. Transformasi Pembalikan Pengulangan; e. Transformasi Pembalikan vertikal; f. Transformasi Penumpukan; g. Konfigurasi 3
(Sumber: Penulis)

3. Tahap evaluasi

Ketiga konfigurasi tersebut kemudian dievaluasi sesuai dengan parameter rancangan, yaitu konfigurasi stabil dan sambungan kokoh (Tabel 2).

Tabel 2. Evaluasi konfigurasi elemen

Parameter	Konfigurasi	Evaluasi
<ul style="list-style-type: none"> • Konfigurasi stabil • Sambungan kokoh 	<p>Konfigurasi 1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak stabil, karena arah kelengkungan tiap elemen sejajar, hanya mampu menahan gaya tekan tegak lurus. • Takikan rapuh. <p style="text-align: right;">✘</p>
	<p>Konfigurasi 2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak stabil, hanya mampu menahan gaya tekan tegak lurus terhadap arah kelengkungan elemen. • Takikan rapuh <p style="text-align: right;">✘</p>
	<p>Konfigurasi 3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Stabil, mampu menahan gaya tekan dari semua arah. • Takikan kokoh <p style="text-align: right;">✔</p>

Keterangan :  Kelengkungan
 Takikan
 Gaya tekan

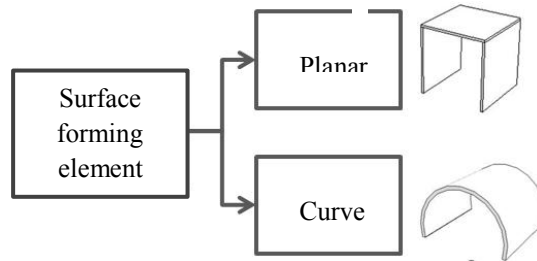
(Sumber: Penulis)

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa konfigurasi elemen yang sesuai dengan kriteria adalah nomor 3, karena tiap elemen disusun dengan arah tegak lurus dan terkait pada semua sisinya sehingga mampu menahan gaya tekan dari semua arah.

Proses Desain 3

1. Tahap Analisis

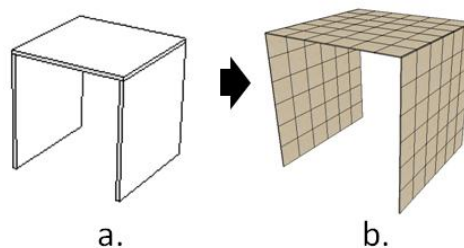
Konfigurasi elemen nomor 3 tersebut diaplikasikan sebagai struktur sekaligus selubung bangunan (*surface forming element*) yang diklasifikasikan kembali menjadi struktur permukaan datar (*planar*) dan struktur permukaan lengkung (*curve*) (Schodek, 1980) seperti yang terlihat pada gambar 10. Parameter yang digunakan pada proses desain 3 ini adalah *surface forming element* yang terbentuk dari konfigurasi 3 harus stabil dan minim deformasi.



Gambar 10. Konfigurasi elemen 3 disusun membentuk *Surface Forming Elements Planar* dan *Curve* (Sumber: Penulis)

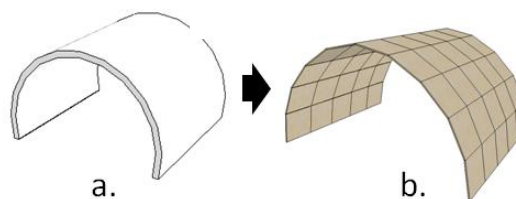
2. Tahap Sintesis

Konfigurasi elemen 3 disusun membentuk *surface forming element - planar* dengan sudut 90° (Gambar 11).



Gambar 11. a. *Surface Forming Elements-Planar* (Sumber: Schodek, 1980);
b. Konfigurasi Elemen 3 membentuk *Surface Forming Elements-Planar* (Sumber: Penulis)

Konfigurasi elemen 3 disusun membentuk *surface forming element - curve* (Gambar 12).

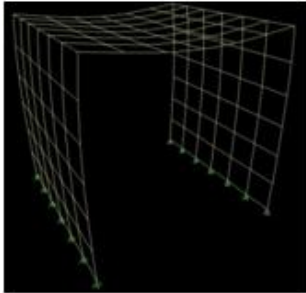

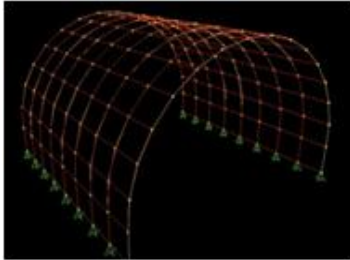



Gambar 12. a. *Surface Forming Elements-Curve* (Sumber: Schodek, 1980);
b. Konfigurasi Elemen 3 membentuk *Surface Forming Elements-Curve* (Sumber: Penulis)

3. Tahap Evaluasi

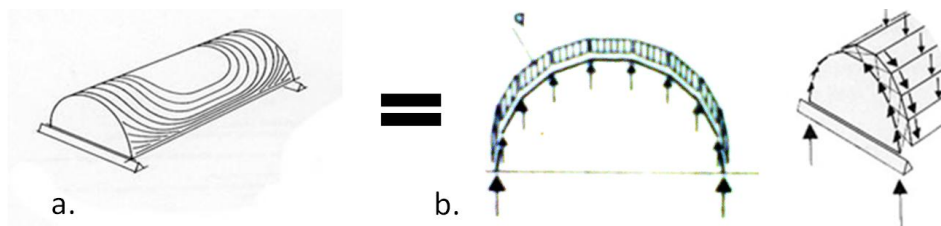
Surface forming element - planar dan *curve* yang tersusun dari konfigurasi elemen 3 tersebut kemudian dievaluasi berdasarkan parameter stabil dan minimal deformasi. Pengujian dilakukan menggunakan program SAP (Tabel 3).

Tabel 3. Evaluasi penyusunan konfigurasi elemen 3 pada *surface forming elemen planar* dan *curve*

Parameter	Struktur Permukaan	Evaluasi
<ul style="list-style-type: none"> • Stabil • Minimal Deformasi 	<p><i>Surface Forming Elements-Planar</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak stabil • Terjadi deformasi 
	<p><i>Surface Forming Elements-Curve</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Stabil • Tidak terjadi deformasi 

(Sumber: Penulis)

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penyusunan konfigurasi elemen 3 lebih stabil dan tidak terjadi deformasi apabila diaplikasikan membentuk *surface forming element - curve*. Hal ini diperkuat dengan dengan pernyataan bahwa bidang lengkung *barrel shell* yang tersusun dari satu bidang utuh mempunyai reaksi serupa dengan bidang lengkung *barrel shell* yang tersusun dari konfigurasi elemen-elemen kecil karena beban akan dipusatkan pada tiap lipatan/sambungan elemen (Siegel, 1961). Selama elemen-elemen tersebut saling menyambung dan kontinu, elemen tersebut mampu menahan gaya geser dan menahan kecenderungan untuk menahan deformasi seperti yang terlihat pada gambar 13 (Siegel, 1961).



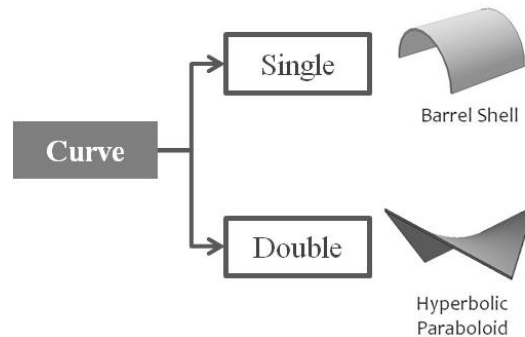
Gambar 13. Bidang Lengkung pada Bentuk *Barrel Shell* (a) Menunjukkan Reaksi Serupa dengan Konfigurasi elemen yang Disusun Lengkung (b)

(Sumber: Siegel, 1961)

Proses Desain 4

1. Tahap analisis

Surface forming element – curve diklasifikasikan lagi menjadi *single curve* dan *double curve* seperti yang terlihat pada gambar 14 (Schodek, 1980). Eksplorasi selanjutnya adalah membentuk konfigurasi elemen 3 menjadi bentuk *single curve* dan *double curve*. Parameter rancangan pada eksplorasi tersebut mengacu pada kriteria *shelter*, yaitu *shelter* harus mampu melindungi dari cuaca dan strukturnya stabil/tahan gempa.



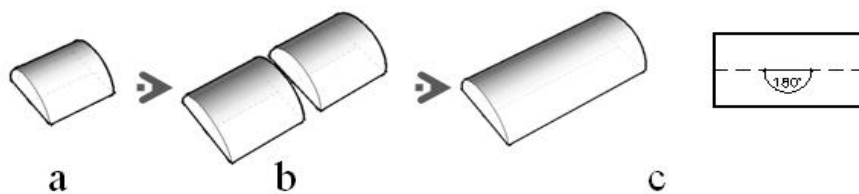
Gambar 14. Single curve dan double curve
(Sumber: Schodeck, 1980).

2. Tahap sintesis

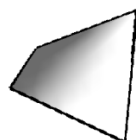
Tahap selanjutnya adalah mengkombinasikan bentuk *single curve* (Gambar 15 dan Gambar 16) dan *double curve* (Gambar 17 dan Gambar 18) dengan transformasi perulangan.



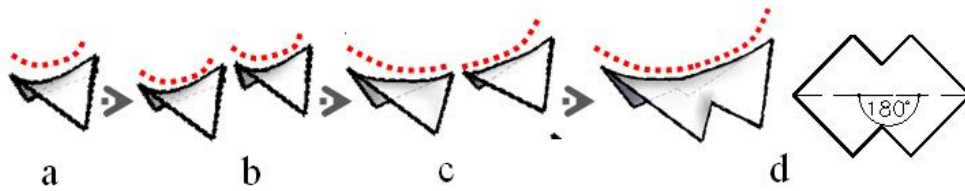
Gambar 15. Satu *Single Curve*
(Sumber: Penulis)



Gambar 16. a. *Single Curve*; b. Transformasi Pengulangan 2x; c. Konfigurasi *Single Curve* 180°
(Sumber: Penulis)



Gambar 17. Satu *Double Curve*
(Sumber: Penulis)

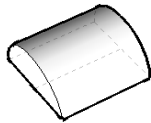
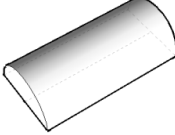
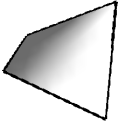
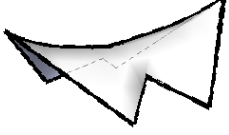


Gambar 18. a. *Double Curve*; b. Transformasi Pengulangan 2x; c. Transformasi Rotasi; d. Konfigurasi *Double Curve* 180°
(Sumber: Penulis)

3. Tahap evaluasi

Tahap selanjutnya adalah mengevaluasi keempat bentuk tersebut sesuai dengan parameter yaitu bangunan *shelter* harus mampu menaungi pengguna dan melindungi dari cuaca serta strukturnya stabil/tahan gempa (Tabel 4).

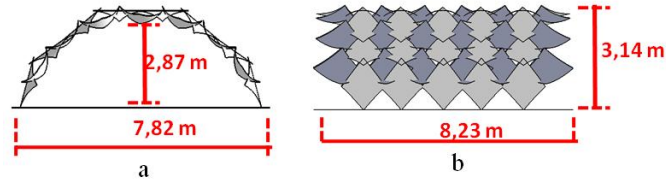
Tabel 4. Evaluasi penyusunan konfigurasi elemen 3 pada *single curve* dan *double curve*

Parameter	Bentuk	Evaluasi
<ul style="list-style-type: none"> • Mampu melindungi dari cuaca • Bentuk stabil 	 <i>1 Single Curve</i>	✓
	 <i>2 Single Curve-180°</i>	✓
	 <i>1 Double Curve</i>	✗
	 <i>2 Double Curve-180°</i>	✓

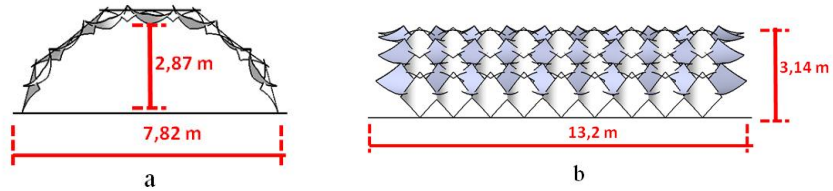
(Sumber: Penulis)

Hasil evaluasi di atas menunjukkan bahwa 1 atau lebih *single curve* dapat menaungi pengguna dengan baik dan memiliki kestabilan bentuk. Sedangkan pada bentuk *double curve* harus tersusun dari 2 atau lebih untuk menghasilkan shelter yang stabil.

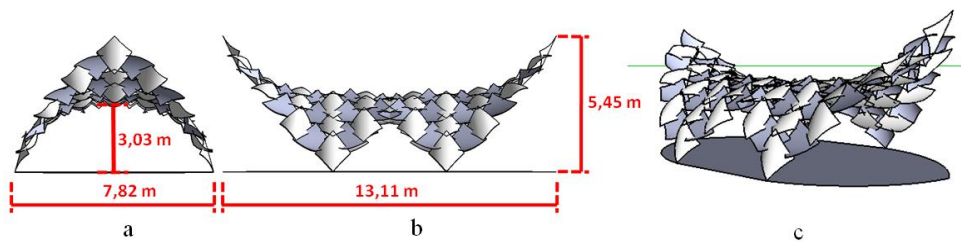
Berikut ini adalah hasil akhir dari penyusunan konfigurasi elemen 3 pada bentuk satu *single curve* (Gambar 19), dua *single curve* (Gambar 20), dan dua *double curve* (Gambar 21).



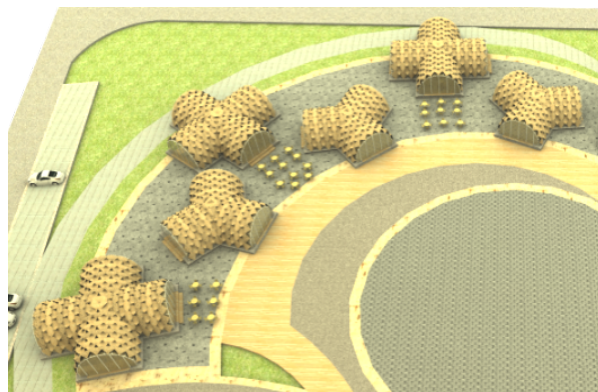
Gambar 19. Satu *Single Curve*
(Sumber: Penulis)



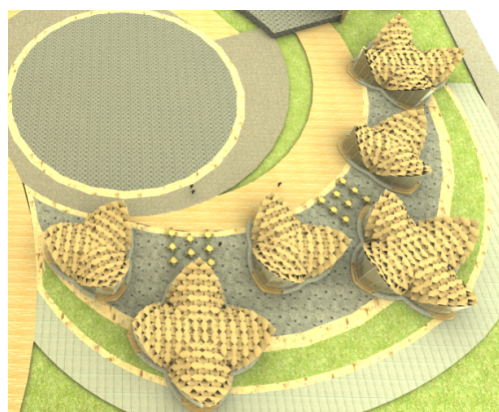
Gambar 20. Dua *Single Curve*
(Sumber: Penulis)



Gambar 21. Dua *Double Curve*
(Sumber: Penulis)



Gambar 22. Perspektif mata burung *shelter Single Curve*
(Sumber: Penulis)



Gambar 23. Perspektif mata burung *shelter Double Curve*
(Sumber: Penulis)

KESIMPULAN

Dengan menggunakan saluran kreativitas *Focus on Material*, karakteristik dari material *glulam* dapat dapat dieksplorasi pada tahap awal merancang bangunan *shelter*. Metode *Cyclical Design Process* memudahkan proses merancang melalui tahap analisis, sintesis, dan evaluasi secara berulang-ulang hingga menghasilkan rancangan yang paling sesuai berdasarkan parameternya. Hasil akhir rancangan pada penelitian ini adalah bangunan *shelter* dengan bentuk *single curve* dan *double curve* yang tersusun dari konfigurasi elemen-elemen material *glulam* berukuran 60x60cm dengan sambungan takik. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah rancangan penyusunan konfigurasi elemen menjadi bangunan yang tanggap terhadap iklim hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoniades, A. C., 1990. *Poetic Of Architecture: Theory Of Design*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- APA. 2008. *Glulam Product Guide*. The Engineered Wood Association.
- APA. 2011. *Engineered Wood Construction Guide Form No. E30v*. The Engineered Wood Association.
- Bejo, L. 2017. *Operational vs. Embodied Energy: a Case for Wood Construction*. DRVNA INDUSTRIJA 68 (2).
- Duerk, D.P., 1993. *Architectural programming: Information management for design*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Lattke, F. dan Lehmann, S. 2007. *Multi-Storey Timber Constructions: Recent Trends*. Journal of Green Building
- Sari, Yennova. 2011. *Karakteristik Glulam dari Dua Jenis Kayu Rakyat : Pinus (Pinus Merkusii Jungh. Et De Vriese) dan Jabon (Anthocephalus Cadamba Lamk)*. Bogor Agricultural University
- Schodek, Daniel ,1980. *Structures*. Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Siegel, Curt, 1961. *Structure and Form in Modern Architecture*. Crosby Lockwood & Son Ltd, London.