

## Bambu Siam Sebagai Material dalam Rancangan Bentuk Organik beserta Uji Kekuatannya

Ardhiana Muhsin, Sofyan Triana  
Jurusan Teknik Arsitektur, Jurusan Teknik Sipil,  
Fakultas Teknologi Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Nasional  
E-mail: armuhsin@itenas.ac.id, sofyantriana@gmail.com

### ABSTRAK

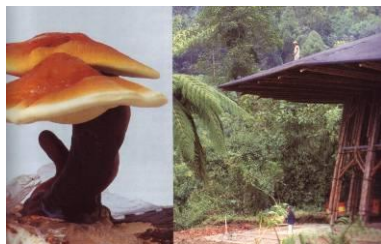
*Seiring berkembangnya arsitektur bambu, rancangan bangunan bambu di Indonesia semakin beragam dikarenakan dorongan untuk mengeksplorasi material bambu semakin tinggi. Salah satunya adalah dengan menampilkan bangunan-bangunan berbentuk organik. Konsep tersebut ditampilkan mengingat fungsi yang dimunculkan adalah tipologi bangunan yang erat hubungannya dengan alam seperti restoran dan hotel resort. Adaptasi bentuk umumnya terjadi berupa penyesuaian dengan material yang akan dipakai sebagai strukturnya. Bambu betung/petung (*Dendrocalamus asper*) serta bambu gombong (*Gigantochloa verticillata* (Willd.) Munro) yang umum dijadikan bambu struktur tidak dapat begitu saja dilengkungkan. Alternatifnya adalah menggunakan bambu yang ukurannya lebih kecil yaitu bambu haur payung atau bambu siam (Thailand Bamboo/ *Thyrsostachys siamensis* Gamble). Bambu tersebut dirangkai menjadi satu untuk kemudian dibentuk sesuai dengan kelengkungan yang diinginkan. Bambu kecil sebenarnya tidak diperuntukan sebagai material struktur, untuk itu dalam penelitian ini selain membahas bentuk yang telah ada dari preseden bangunan, dilakukan pula uji kekuatan terhadap rangkaian bambu yang dimaksud. Penelitian ini dimulai dengan menelaah desain bangunan bambu berbentuk organik yang menggunakan metoda serupa. Setelah itu, dilakukan pembuatan rancangan bangunan bambu baru untuk disimulasikan sebaran gaya/pembebanan yang akan diterima. Apabila diperlukan, dilakukan uji coba pada model bambu yang serupa untuk mengetahui beban maksimal yang dapat diterima rangkaian tersebut. Hal ini penting agar dalam setiap rancangan arsitektur bambu tidak hanya terlihat indah pada gambar namun dapat dibangun dan dipertanggungjawabkan kekuatannya.*

*Kata kunci : bambu, bentuk organik, uji kekuatan*

### 1. Pendahuluan

Bentuk adalah perwujudan dari suatu obyek yang paling awal diapresiasi oleh pengamat. Arsitektur bambu yang terlanjur melekat dengan predikat “tradisional” pada awalnya tidak memiliki banyak variasi akan bentuk yang ditampilkan. Temuan sifat-sifat fisik bambu, kemudahan dalam mendapatkan bahan serta berkembangnya pengetahuan tentang cara mengolah bambu menjadikan material ini sedikit demi sedikit kembali diminati oleh masyarakat. Bukan hanya oleh pengrajin kriya atau desainer, arsitek juga mulai tertarik terhadap bambu untuk diolah dan dikembangkan sebagai bagian dari bangunannya. Pasca masuknya informasi dari luar daerah maupun luar negeri, bentuk yang dipilih semakin berkembang dan variatif. Bentuk organik banyak diangkat menjadi konsep atau tema karena mampu memaksimalkan karakter bambu sebagai bahan dasar bangunannya.

Kata ‘*organic*’ dinyatakan oleh Frank Lloyd Wright pertama kali sekitar tahun 1908 untuk kemudian dideklarasikan lebih dari 30 tahun kemudian pada tahun 1939 (Frampton, 1980). Lebih lanjut menurut Elman dalam sebuah esainya, kata ‘organik’ walaupun cenderung mengandung makna yang berhubungan dengan alam seperti flora dan fauna, konsep arsitektur organik yang diusung oleh Frank Lloyd Wright bukanlah mengenai *style* atau bentuk yang dihasilkan berupa peniruan bentuk-bentuk yang terdapat di alam sekitar kita. Penampang ZERI Pavillion dalam sebuah pameran/expo di Jerman pada tahun 2000 karya Simon Velez misalnya yang diidentikan seperti sebuah cendawan (Gambar 1) sedangkan pada bagian dalamnya, penampang ZERI Pavillion menyerupai sel tulang jika dilihat melalui pembesaran mikroskopik (Gambar 2).



Gambar 9. Penampang ZERI Pavillion  
Sumber: Grow Your Own House



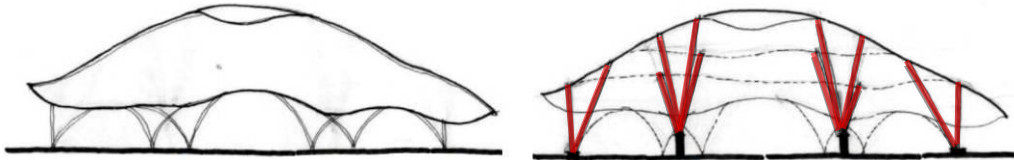
Gambar 10. Bagian dalam ZERI Pavillion  
Sumber: Grow Your Own House

Konsep arsitektur organik Wright lebih merupakan interpretasi ulang dari prinsip-prinsip alam yang kemudian melahirkan suatu gagasan yang bisa jadi lebih alami dari alam tersebut. Arsitektur organik juga memberi penghormatan yang tinggi terhadap karakteristik dari setiap bahan atau material yang digunakan serta integrasi antara site dengan bangunannya. Pernyataan terakhir tampaknya lebih tepat konteksnya jika dihubungkan dengan arsitektur bambu. Arsitek tampak lebih banyak menampilkan bambu secara utuh pada setiap rancangannya. Kombinasi garis lurus serta bentuk-bentuk lengkungnyapun menyerupai karakter batang pohon bambu yang sesungguhnya. Material bambu yang digunakan Simon Velez yang diperlihatkan pada gambar di atas, memperlihatkan kemampuan bambu berbentuk batang dalam menahan beban dan bentang lebar dengan cara dirangkai membentuk kuda-kuda tiga dimensi. Keberhasilan Velez, seakan membuka wawasan baru bahwa arsitektur bambu dengan sambungan modern dapat dibuktikan kekuatannya melalui serangkaian pengujian yang dilakukannya di Manizales, Kolombia, terhadap replika bangunan yang sama sebelum bangunan tersebut dipamerkan di lokasi sesungguhnya (Von Vegesack/Kries, 2000).

Perkembangan arsitektur bambu saat ini sudah lebih dinamis lagi. Rancangan Heinz Alberti dalam Pearl Beach Lounge di Gili Trawangan, Lombok, mengambil metafora dari bentuk ombak di pantai dan menjadikan tepi bangunan yang dirancangnya bergelombang (Gambar 3).



Gambar 11. Pearl Beach Lounge dan metafora ombak  
Sumber: Maurina (2015)



Gambar 12. Penampang Pearl Beach Lounge  
Sumber: Maurina (2015)

Pada kondisi seperti ini, bentuk material bambu yang berupa batang masih tetap digunakan sebagai struktur utama (tanda merah pada Gambar 4) dengan kelengkungan yang didapat dengan cara pemilihan pada saat pengadaan bahan konstruksi namun untuk bagian lain seperti rangka atap yang akan menentukan bentuk bangunannya, bambu berbentuk batang tidak dapat lagi mengakomodir tuntutan kelengkungannya sehingga pada akhirnya digunakan rangkaian bambu ikat yang terdiri dari bilah-bilah bambu. Contoh lain yang merupakan peniruan dari bentuk-bentuk alam dapat dilihat pada tampak atas rumah tinggal Elora Hardy di Bali, Indonesia. Susunan massa bangunan, puncak dan *entrance* bangunan dapat diinterpretasikan seperti tumpukan batang, daun dan bunga (Gambar 5).



Gambar 13. Rumah Elora Hardy, Bali, Indonesia  
Sumber: [www.boredpanda.com](http://www.boredpanda.com) waktu akses 1 November 2017, pk 07.43 WIB

Beberapa pelatihan/tenan pameran bersifat kontemporer yang diadakan mahasiswa/institusi juga mulai menggunakan bambu ikat. Selain untuk alasan yang sama dalam hal pencarian bentuk, pada daerah yang jenis bambunya terbatas pada jenis bambu kecil, tentu akan lebih mudah menggunakan jenis bambu yang ada daripada mendatangkan dari daerah lain atau bahkan dari luar negeri (Gambar 6). Untuk jenis fungsi-fungsi sederhana seperti *shelter*, *amphitheater* kecil, bentuk yang diambil umumnya berupa cangkang kerang, siput atau keluarga hewan *Mollusca* lainnya.



Gambar 6. Bambu Ikat di Fiano Romano, Italia

Sumber: [www.francescagioiagreco.com](http://www.francescagioiagreco.com) waktu akses 3 November 2017, pk 20.27 WIB

## 2. Metodologi

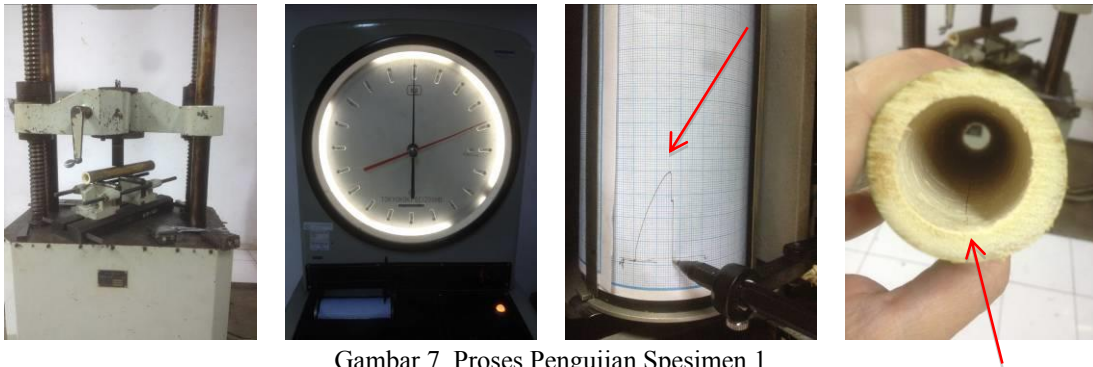
Penelitian ini menggunakan metoda riset eksperimental dengan cara menguji kekuatan lentur sampel bambu. Alat yang dapat digunakan guna mendukung kebutuhan tersebut adalah alat UTM (Universal Testing Machine) dengan jarak bantalan 15 cm sedangkan bambunya menggunakan bambu *haur payung* (*Thailand Bamboo/ Thyrsostachys siamensis Gamble*) serta bambu tali/apus (*Gigantochloa apus*) karena dinilai termasuk jenis bambu yang baik kelenturannya. Pengujian dilakukan masing-masing sebanyak 2 (dua) kali dengan menggunakan 2 jenis sampel yang berbeda sebagai pembandingan. Hasil pengukuran akan dijadikan dasar dalam simulasi perhitungan struktur apabila kemudian batang bambu tersebut dibuat dalam rangkap 3 dengan asumsi menggunakan klem stainless steel sebagai pengikatnya. Tahapan pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut;

- Pengumpulan bahan uji
- Pengujian dan hasil analisis uji
- Simulasi perhitungan struktur
- Pembuatan model 3D komputer
- Kesimpulan

## 4. Hasil Diskusi

Bambu yang digunakan untuk pengujian memiliki diameter yang berbeda-beda baik diameter luar maupun dalamnya. Sebelum percobaan dimulai dilakukan pengukuran terhadap keempat spesimennya seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1. Setelah proses pendataan selesai, pengujian dimulai dengan memberikan tekanan pada bahan uji secara bertahap. Pengujian dihentikan saat bambu tidak dapat lagi menahan beban yang diberikan, dapat dilihat berupa perubahan bentuk hingga kerusakan pada bahan uji. Selain itu ditandai pula dengan menurunnya grafik kekuatan spesimen dalam menahan bebannya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.

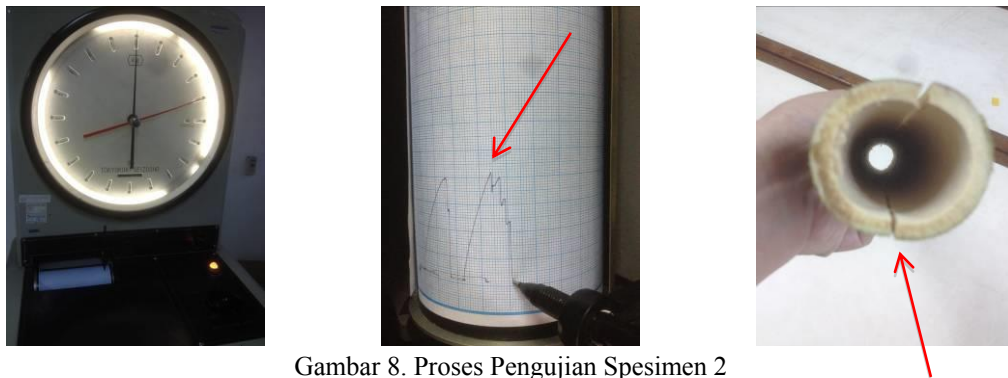




Gambar 7. Proses Pengujian Spesimen 1

Dari kiri ke kanan : Bambu mulai diberi tekanan bertahap, saat mencapai 190 kg telah terjadi perubahan pada spesimen, grafik mulai turun dari puncak, timbul suara retakan dan juga perubahan secara visual

Pengujian sebaiknya dilakukan beberapa kali dengan kondisi bambu yang relatif sama.



Gambar 8. Proses Pengujian Spesimen 2

Dari kiri ke kanan : Pada tekanan 201 kg, kerusakan pada spesimen kedua lebih berat dibandingkan spesimen sebelumnya namun angka kekuatannya lebih baik sedikit

Pengujian yang kedua didapat hasil yang tidak jauh berbeda dengan percobaan pertama sehingga dapat dijadikan kesimpulan sementara bahwa bambu tali dengan diameter luar dan dalam yang hampir sama, ternyata memiliki kekuatan yang sama juga (Gambar 8).



Gambar 8. Proses Pengujian Spesimen 3 dan 4

Dua pengujian terakhir menggunakan jenis bambu siam dengan diameter bambu yang lebih kecil (lihat Tabel 1, pada Bahan Uji Bambu Siam). Antara kedua spesimen terakhir ini ternyata angka

kekuatannya sangat jauh berbeda yaitu pada 90 kg dan 35 kg. Perbedaan yang signifikan seperti ini tidak dapat dijadikan kesimpulan sementara akan kekuatan spesimen tersebut sehingga diperlukan spesimen tambahan untuk memberikan gambaran yang lebih tepat akan kekuatan yang sebenarnya dapat diterima oleh bambu tersebut. Rekaman hasil percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 8 sedangkan data hasil uji secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Bahan Uji  
Sumber: Politeknik Negeri Bandung

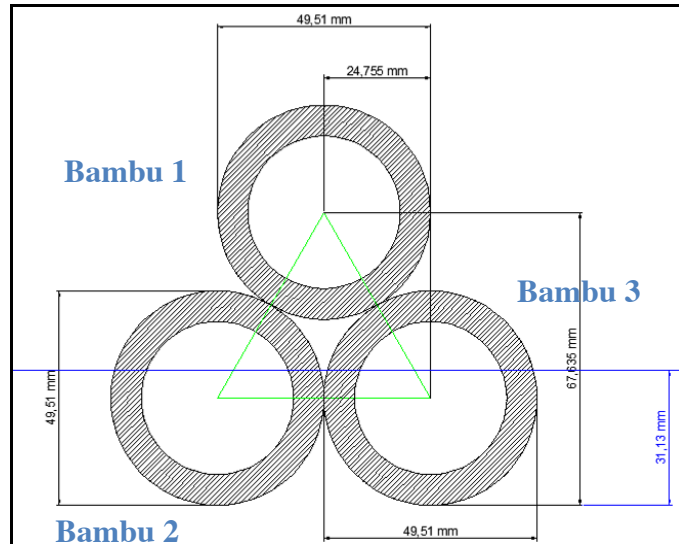
Spesimen	F(N)	Diameter Luar (mm)	Diameter Dalam (mm)	S=jarak ruas (mm)	$\sigma_b$ N/mm <sup>2</sup>
Bambu Tali 1	1900	48,86	32,64	150	9.229
Bambu Tali 2	2010	50,16	38,14	150	9.143
Bambu Siam 1	900	23,83	11,74	150	27.007
Bambu Siam 2	350	19,92	11,86	150	9.353

Berdasarkan Tabel 1 juga dapat dilakukan analisis pada spesimen tunggal dengan rincian sebagai berikut:

- a. Bambu Tali
  - Kuat Tekan = 1955 Newton  $\rightarrow$  195,5 Kg
  - Tegangan Tekan (Tekuk) = 9,186 N/mm<sup>2</sup>  $\rightarrow$  0,9186 Kg/mm<sup>2</sup>
  - Diameter Rata-Rata Luar = 49,51 mm
  - Diameter Rata-Rata Dalam = 35,39 mm
  
- b. Bambu Ater
  - Kuat Tekan = 625 Newton  $\rightarrow$  62,5 Kg
  - Tegangan Tekan (Tekuk) = 9,353 N/mm<sup>2</sup>  $\rightarrow$  0,9353 Kg/mm<sup>2</sup>
  - Diameter Rata-Rata Luar = 21,88 mm
  - Diameter Rata-Rata Dalam = 11,8 mm

### Bambu Tali

- Pemeriksaan Titik Berat Baru



Gambar 14. Penampang Komposit Bamboo Tali

$$Y \cdot A = y_1 \cdot a_1 + y_2 \cdot a_2 + y_3 \cdot a_3$$

Keterangan:

- Y = Jarak titik berat komposit terhadap bagian alas penampang
- A = Luas total komposit
- y<sub>1</sub> = Jarak titik berat Bamboo 1 terhadap bagian alas penampang
- y<sub>2</sub>, y<sub>3</sub> = Jarak titik berat Bamboo (2 & 3) terhadap bagian alas penampang
- a<sub>1</sub> = Luas penampang Bamboo 1 (1924,56 mm<sup>2</sup>)
- a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> = Luas penampang Bamboo 2 dan atau Bamboo 3 (1924,56 mm<sup>2</sup>)

$$Y \cdot 5773,67 \text{ mm}^2 = (67,635 \text{ mm} \cdot 1924,56 \text{ mm}^2) + (24,755 \text{ mm} \cdot 1924,56 \text{ mm}^2) + (24,755 \text{ mm} \cdot 1924,56 \text{ mm}^2)$$

$$Y = 31,134 \text{ mm (Jarak Titik Berat Baru terhadap alas)}$$

- Pemeriksaan Inersia

$$\begin{aligned} I_x &= I_{x_0} + Ay^2 \\ &= 2 \times \{[(0,7854 \times (49,51/2)^4) - (0,7854 \times (35,39/2)^4)] + [(0,25 \times \pi \times 49,51^2 \times 24,755^2) - (0,25 \times \pi \times 35,39^2 \times 24,755^2)]\} + \{[(0,7854 \times (49,51/2)^4) - (0,7854 \times (35,39/2)^4)] + [(0,25 \times \pi \times 49,51^2 \times 67,635^2) - (0,25 \times \pi \times 35,39^2 \times 67,635^2)]\} \\ &= 6.112.025,285 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Pemeriksaan Momen Izin Maksimum Lapangan Bamboo Komposit  
Penjumlahan tegangan lentur 3 batang bambu = 3 x 9,186 N/mm<sup>2</sup> = 27,558 N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{\text{Mizin lapangan . } y}{I_x} \rightarrow 27,558 \text{ N/mm}^2 = \frac{\text{Momenizin lapangan . } 31,134 \text{ mm}}{6112,025,295 \text{ mm}^4}$$

Momen Izin Lapangan Bambu Komposit = 5.410.008,12 Nmm

- Perbandingan Momen izin lapangan bambu tunggal

Perhitungan Inersia Bambu Tunggal

$$\begin{aligned} I_x &= I_{x_0} + Ay^2 \\ &= [(0,7854 \times (49,51/2)^4) - (0,7854 \times (35,39/2)^4)] + [(0,25 \times \pi \times 49,51^2 \times 24,755^2) - (0,25 \\ &\times \pi \times 35,39^2 \times 24,755^2)] \\ &= 794.629,645 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Pemeriksaan Momen Izin Maksimum Lapangan Bambu Tunggal

Penjumlahan tegangan lentur 1 batang bambu = 9,186 N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{\text{Mizin lapangan . } y}{I_x} \rightarrow 9,186 \text{ N/mm}^2 = \frac{\text{Momen izin lapangan . } 24,755 \text{ mm}}{794.629,645 \text{ mm}^4}$$

Momen Izin Lapangan Bambu Tunggal = 294.868,427 Nmm

- Perbandingan kekuatan Bambu Tunggal dengan Bambu Komposit (3 bambu) dalam hal:

- Momen izin lapangan

Momen Izin Lapangan Bambu Tunggal vs Momen Izin Lapangan Bambu Komposit

794.629,645 Nmm vs 5.410.008,12 mm<sup>4</sup>

1 : 18,4

**Momen Bambu Komposit 18,4 kali lipat Momen Bambu Tunggal**

- Kuat Tekan

Khusus untuk kuat tekan antara bambu tunggal dan bambu komposit, secara mendasar bahwa kuat tekan akan tergantung kepada besaran alas tekan, bahwa yang mana **kuat tekan bambu komposit akan 3 kali lipat bambu tunggal** dengan kondisi penampang tekan tertekan merata untuk bambu komposit pada perletakan atau pada joint.

## 5. Kesimpulan

Pengertian bentuk organik tidak sama dengan definisi arsitektur organik. Bentuk organik memiliki rentang yang lebih luas dan beragam, umumnya memang berupa peniruan dari bentuk-bentuk yang terdapat di alam. Kekuatan bambu Siam secara simulasi perhitungan memiliki kemampuan yang berlipat dibandingkan bambu tunggalnya, khusus untuk kuat tekan, kekuatannya berbanding lurus dengan jumlah bambu yang digunakan dalam rangkaian tersebut.



### Daftar Pustaka

- [1] Maurina, Anastasia dan Christina, Danna. 2015. Estetika Struktur Bambu Pearl Beach Lounge, Gili Trawangan, Lombok. *Research Report. Vol.1. 2015.*  
<http://journal.unpar.ac.id/index.php/rekayasa/article/view/1356/1313>
- [2] Frampton, Kenneth (1980). *Modern Architecture, A Critical History*. Thames and Hudson, London.
- [3] Von Vegesack, Alexander/Kries, Mateo. 2000. *Grow Your Own House*. Vitra Design Museum.
- [4] Elman, Kimberly. *Frank Lloyd Wright and the Principles of Organic Architecture*  
<https://www.pbs.org/flw/legacy/essay1.html#top>. Waktu akses 27 Oktober 2017, pk. 18.52 WIB
- [5] *Woman Quits Job to Build Sustainable Bamboo Homes In Bali* [www.boredpanda.com](http://www.boredpanda.com) waktu akses 1 November 2017, pk 07.43 WIB
- [6] *Borgo Rock Festival (Fiano Romano, Italy)* [www.francescagioiagreco.com](http://www.francescagioiagreco.com) waktu akses 3 November 2017, pk 20.27 WIB