

Pengaruh Variasi Sandwich Panel Struktur Honeycomb dan Banana Tree Trunks Menggunakan Board Paper Diperkuat Polimeric Foam Terhadap Kekuatan Mekanik

Muhammad Eza Firmansyah^{1*}, Rizal Hanifi², Iman Dirja³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia

*Koresponden email: fmuhammadeza@gmail.com

Diterima: 14 Juni 2024

Disetujui: 27 Juni 2024

Abstract

This research uses board paper as the main material for the sandwich panel structure, which is filled with polymeric foam in the sandwich panel, which will then be subjected to mechanical testing, namely bending and compression, to determine the strength of the sandwich panel structure. The test results according to the ASTM C393 M-16 standard show that the bending strength for the honeycomb shape is 11.93 kN, while for the banana tree trunk core shape the bending strength value is 12.34 (kN). Based on the results of the compression test according to the ASTM C365 M-16 standard. The compressive stress strength value obtained was 6,009 N/mm² for the honeycomb core shape and for the banana tree trunks core shape, the compressive stress strength value was 7,356 N/mm². It is necessary to use strengthening methods that are stronger and resistant to delamination and shifting on the strength and durability of the material.

Keywords: *sandwich panel, board paper, polymeric foam, bending test, compressive test*

Abstrak

Penelitian ini menggunakan board paper sebagai bahan utama dari struktur sandwich panel yang didalam bagian sandwich panel ini diberi polymeric foam yang nantinya dilakukan pengujian mekanik yaitu bending dan tekan untuk mengetahui kekuatan dari struktur sandwich panel. Hasil pengujian sesuai standar ASTM C393 M-16 dapat diketahui kekuatan bending untuk bentuk honeycombs sebesar 11,93 kN sedangkan untuk bentuk core banana tree trunks nilai kekuatan bengkok sebesar 12,34 (kN), Berdasarkan hasil pengujian tekan sesuai standar ASTM C365 M-16 diperoleh nilai kekuatan tegangan tekan sebesar 6.009 N/mm² untuk bentuk core honeycombs dan untuk bentuk core banana tree trunks diperoleh nilai kekuatan tegangan tekan sebesar 7,356 N/mm². Perlu menggunakan metode penguat yang lebih kuat dan tahan terhadap delaminasi dan pergeseran terhadap kekuatan dan ketahanan material.

Kata Kunci: *panel sandwich, kertas papan, busa polimer, uji lentur, uji tekan*

1. Pendahuluan

Proses perancangan yang terinspirasi dari alam, sering disebut dengan istilah *biomimikri* atau *bioinspirasi*, memang telah menjadi metode yang sangat populer dan efektif dalam pengembangan teknologi dan material modern. Metode ini mengacu pada pengamatan dan peniruan model, sistem, dan elemen alam yang memiliki efisiensi tinggi dan desain yang optimal, baik dari segi estetika maupun fungsionalitas [1].

Struktur *sandwich* memang merupakan salah satu inovasi dalam teknik material yang telah banyak digunakan di berbagai industri. Struktur ini terdiri dari dua lapisan permukaan (*skin*) yang tipis, kaku, dan kuat, yang diikat dengan inti (*core*) yang tebal namun ringan menggunakan bahan perekat. Kombinasi ini memberikan kekuatan dan kekakuan yang tinggi dengan berat yang minimal, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan efisiensi berat dan performa tinggi [2].

Struktur *sandwich* memang menawarkan berbagai keunggulan yang membuatnya banyak digunakan dalam berbagai industri. Struktur *sandwich* mampu mempertahankan bentuk dan kekuatannya di bawah berbagai kondisi beban. Kombinasi material yang kuat dan teknik konstruksi yang solid memberikan daya tahan yang tinggi terhadap keausan dan kerusakan [3].

Menghasilkan komposit *sandwich* dengan sifat mekanik yang optimal memang memerlukan perhatian khusus terhadap pemilihan material kulit (*skin*), inti (*core*), dan perekat (*adhesive*). Kombinasi material yang tepat dan proses perakitan yang cermat akan memastikan bahwa komposit sandwich memiliki kekuatan dan ketahanan yang tinggi [4].

Penerapan panel *sandwich* dalam konstruksi bangunan telah melalui sejarah yang cukup panjang dan menarik, dimulai dari inovasi awal oleh arsitek Amerika, *Frank Lloyd Wright*, hingga produksi massal oleh perusahaan-perusahaan besar di Amerika Serikat [4]. Dengan memahami sejarah dan perkembangan teknologi panel *sandwich*, dapat melihat bagaimana inovasi awal telah membuka jalan bagi penggunaan yang lebih luas dan efisien dalam berbagai bidang industri modern.

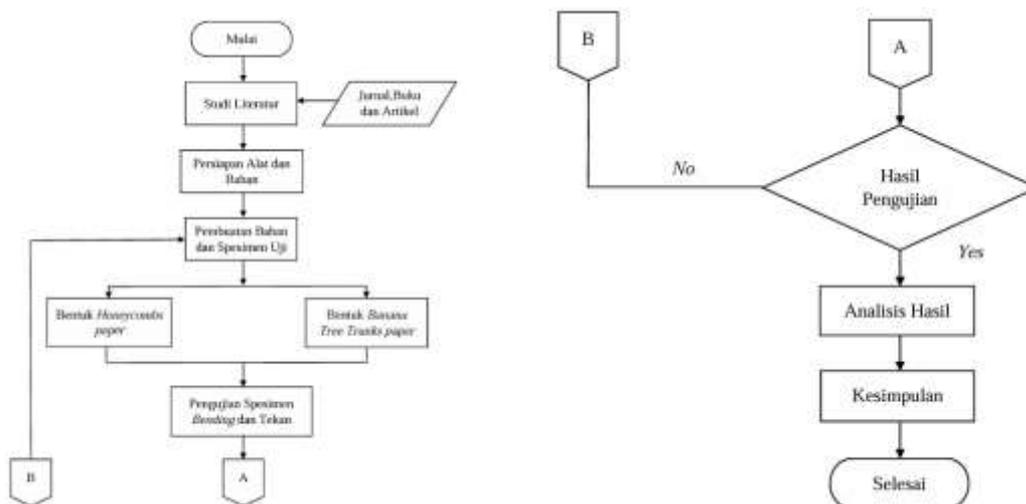
Pada beberapa penelitian sebelumnya yang mengutip dari judul penelitian “Kajian *Honeycombs Paper* Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Pintu” Penelitian menjelaskan. Penggunaan *honeycomb paper* sebagai bahan dasar dalam pembuatan pintu memang merupakan inovasi menarik yang bertujuan untuk menggantikan material konvensional seperti partikel *board*, *plywood*, dan *MDF (Medium Density Fibreboard)*. Inovasi ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pembuatan pintu, tetapi juga memiliki dampak positif terhadap lingkungan [5].

Honeycomb paper menawarkan berbagai keunggulan yang membuatnya menjadi pilihan yang sangat baik untuk pembuatan pintu, menggantikan material konvensional seperti partikel *board*, *MDF*, dan *plywood*. Keunggulan dalam hal kekuatan, bobot, efisiensi energi, dampak lingkungan, dan biaya produksi menjadikan *honeycomb paper* sebagai material yang sangat menjanjikan untuk aplikasi dalam industri konstruksi dan manufaktur pintu. Dengan terus berkembangnya teknologi dan metode produksi, penggunaan *honeycomb paper* di masa depan diharapkan akan semakin luas dan bermanfaat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi *sandwich panel* yang menggunakan struktur *honeycomb* dan serat batang pohon pisang (*Banana Tree Trunks*) dengan *board paper* yang diperkuat dengan *polymeric foam* terhadap kekuatan mekanik. Dua jenis pengujian mekanik yang dilakukan adalah uji bending (lentur) dan uji tekan (kompresi).

2. Metode Penelitian

Berikut adalah *flowchart* yang menggambarkan langkah-langkah utama dalam penelitian mengenai pengaruh variasi *sandwich panel* struktur *honeycomb* dan serat batang pohon pisang menggunakan *board paper* diperkuat *polymeric foam* terhadap kekuatan mekanik seperti **Gambar 1**.



Gambar 1. Alur penelitian

Sumber: Analisa data

3. Alat dan Bahan

Untuk melakukan penelitian tentang pengaruh variasi *sandwich panel* struktur *honeycomb* dan serat batang pohon pisang menggunakan *board paper* diperkuat dengan *polymeric foam* terhadap kekuatan mekanik, berikut adalah daftar alat dan bahan yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Uji Bending

Pada **Gambar 2** uji *bending* atau pengujian lentur merupakan salah satu metode penting dalam mengukur perilaku material yang dikenai pembebanan pada balok sederhana. Pengujian ini umumnya dilakukan pada bahan yang memiliki karakteristik relatif fleksibel seperti polimer, kayu, dan komposit. Uji bending digunakan untuk menentukan kekuatan maksimum yang dapat ditahan oleh material sebelum mengalami kegagalan (patah) serta untuk mengetahui seberapa kaku (*rigid*) atau fleksibel material [6].



Gambar 2. Mesin uji *bending*
Sumber: Analisa data pada lapangan

2. Uji Tekan

Alat uji mekanik yang berguna untuk mengukur dan mengetahui kekuatan benda terhadap gaya tekan biasanya disebut *Compression Testing Machine* atau mesin uji tekan [7]. Mesin ini memiliki kinerja yang baik dan berkualitas untuk melakukan uji tekan pada berbagai jenis material seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Mesin uji tekan
Sumber: Analisa data pada lapangan

3. Board Paper

Pada **Gambar 4**, *Board paper* dengan ukuran 210 x 297 mm dan tebal 3 mm akan digunakan baik sebagai lapisan skin maupun sebagai bagian dari inti (*core*) dari struktur *sandwich panel* [8].



Gambar 4. *Board paper*
Sumber: Analisa data pada lapangan

4. Polyurethane

Polyurethane adalah material polimer yang terbentuk dari reaksi antara dua komponen utama, yaitu isocyanate dan polyol. Proses ini menghasilkan material yang memiliki berbagai sifat yang sangat berguna, termasuk elastisitas, daya tahan, dan isolasi termal seperti yang dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Polyurethane

Sumber: Analisa data pada lapangan

5. Foaming agent

Foaming agent atau *polymeric foam* adalah bahan yang memainkan peran penting dalam pembuatan struktur *sandwich* panel, khususnya sebagai bagian dari inti (*core*) yang mengisi ruang di antara lapisan-lapisan skin (permukaan) seperti dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Foaming agent

Sumber: Analisa data pada lapangan

6. Lem perekat

Lem yang digunakan untuk merekatkan seluruh bagian dari *sandwich* panel sangat penting untuk memastikan integritas struktural dan performa keseluruhan panel seperti pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Lem perekat serbaguna

Sumber: Analisa data pada lapangan

7. Clamp C

Pada **Gambar 8** *clamp C* yang digunakan untuk menjepit antara skin dan *core* pada *sandwich* panel berfungsi sebagai alat bantu untuk memastikan kedua bagian tersebut merekat dengan kuat selama proses pengeringan atau pengikatan lem [9].



Gambar 8. Alat clamp C

Sumber: Analisa data pada lapangan

8. Gunting dan Cutter

Pada **Gambar 9.** salah satu alat bantu untuk memotong *board paper* yang telah diukur dengan ukuran 210 x 297 mm (A4) dan tebal 3 mm.



Gambar 9. Alat bantu untuk memotong paper

Sumber: Analisa data pada lapangan

9. Penggaris

Penggaris memiliki beberapa fungsi yang sangat penting dalam pembuatan *core* atau inti pada pembuatan *sandwich* panel seperti dapat dilihat pada **Gambar 10.**



Gambar 10. Alat bantu membuat *core*

Sumber: Analisa data pada lapangan

4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan serangkaian tahapan atau langkah-langkah yang dirancang dan dilaksanakan secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian dan mengumpulkan data yang valid seperti berikut:

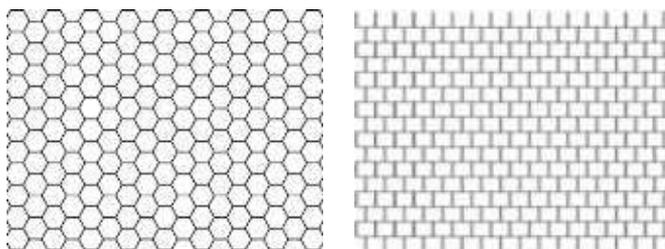
1. Pembuatan Bahan Uji

Untuk membuat material komposit *polymeric foam* dengan perbandingan 70% *polyurethane* dan 30% *foaming agent* (atau 2:1) [10].

2. Pembuatan Spesimen Uji

Proses pembuatan spesimen komposit *sandwich* panel melibatkan beberapa tahap yang sistematis untuk memastikan bahwa panel yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi dan siap untuk diuji [11]. Berikut adalah tahapan umum yang dilakukan dalam pembuatan spesimen komposit *sandwich* panel:

a. Memberi pola struktur *honeycombs* (sarang lebah) dan batang pohon pisang (*banana tree trunks*) pada board paper seperti pada **Gambar 11.**



Gambar 11. Pola *Honeycombs paper* dan *Banana Tree Trunks*

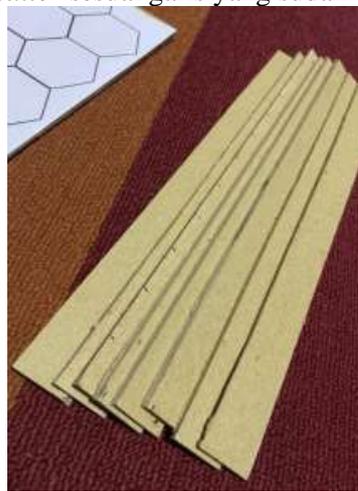
Sumber: Analisa pada lapangan

- b. Menggambar garis-garis pada board paper dengan spasi jarak 2,5 cm antar garis dan untuk setiap baris seperti pada **Gambar 12**.



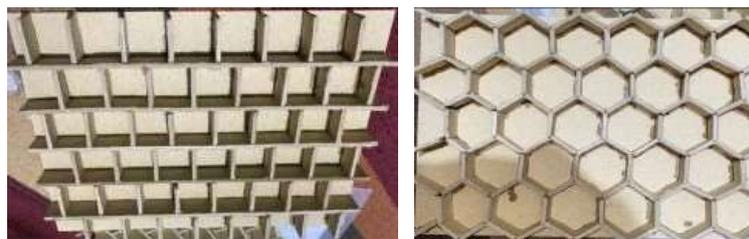
Gambar 12. Garis pada *board paper*
Sumber: Analisa data pada lapangan

- c. Potong *board paper* menggunakan *cutter* sesuai garis yang sudah dibuat seperti pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Hasil potong untuk bagian *core*
Sumber: Analisa data pada lapangan

3. Untuk membentuk *board paper* yang sudah dipotong menjadi bentuk *honeycombs* dan *banana tree trunks* serta merekatkannya menggunakan lem seperti pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Hasil dari bentuk *honeycombs paper* dan *banana tree trunks paper*
Sumber: Analisa data pada lapangan

4. Untuk melumuri *polymeric foam* di bagian dalam dari struktur *sandwich* panel seperti **Gambar 15**.



Gambar 15. Melumuri *polymeric foam* di bagian dalam dari struktur *sandwich* panel
Sumber: Analisa data pada lapangan

5. Pada **Gambar 16** hasil akhir menyatukan kembali skin dari bagian atas dengan menggunakan lem perekat dan jepitan menggunakan *clamp C* pada struktur *sandwich* panel.



Gambar 16. Menyatukan skin bagian atas
Sumber: Analisa data pada lapangan

3. Pengujian *bending* dan tekan

Pengujian *bending* dan tekan adalah dua metode pengujian yang umum digunakan dalam ilmu material dan teknik untuk mengevaluasi kekuatan dan karakteristik mekanik dari bahan atau struktur tertentu [12].

5. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Pembuatan Spesimen *Sandwich* Panel Struktur

Setelah melakukan proses pembuatan cetakan dan spesimen dengan struktur *honeycombs* dan *banana tree trunks*, hasilnya akan mencerminkan kualitas serta karakteristik dari struktur tersebut dapat dilihat seperti pada **Gambar 17**.



Gambar 17. Hasil Pembuatan Spesimen *Sandwich* Panel Struktur
Sumber: Analisa data pada lapangan

2. Hasil Pengujian *Bending Load* Komposit *Sandwich* Panel

Berdasarkan data dari hasil uji bending di PT. XYZ, berikut adalah **Tabel 1** yang menunjukkan hasil uji untuk spesimen dengan *core* berbentuk *honeycombs* dan *banana tree trunks* [13].

Tabel 1. Datasheet hasil Pengujian *Bending (Bending Load Test)*

No.	Bentuk Core	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Area Ao (mm ²)	Support Span (mm)	Maksimum Force(kN)
1.	<i>Honeycombs</i>	295	165	30	4867,5	160	11,93
2.	<i>Banana Tree Trunks</i>	295	165	30	4867,5	160	12,34

Sumber: Analisa data pada lapangan

Berdasarkan hasil pengujian sesuai standar *ASTM C393*. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa dengan panjang 295 mm, lebar 165 mm dan tinggi 30 mm diperoleh nilai kekuatan bengkok sebesar 11,93 (kN) atau 119,3 N untuk bentuk *core honeycombs*. Sedangkan untuk bentuk *core banana tree trunks* dengan ukuran yang sama diperoleh nilai kekuatan bengkok sebesar 12,34 (kN) atau 123,4 N.

3. Hasil Pengujian *Compression Strength* Komposit *Sandwich Panel*

Berdasarkan data dari hasil uji tekan (*Compression Strength*) di PT. XYZ, berikut adalah **Tabel 2** yang menunjukkan hasil uji untuk spesimen dengan *core* berbentuk *honeycombs* dan *banana tree trunks*.

Tabel 2. Datasheet hasil Pengujian Tekan (*Compression Strength Test*)

No.	Bentuk Core	Maximum Load (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang (mm)	Compression stress at maximum Load (N/mm ²)
1.	<i>Honeycombs</i>	18.29	165	30	295	6.009
2.	<i>Banana Tree Trunks</i>	17.06	165	30	295	7.356

Sumber: Analisa data pada lapangan

Berdasarkan hasil pengujian sesuai standar *ASTM C365*. Dari **tabel 2.** diatas dapat diketahui bahwa dengan panjang 295 mm, lebar 165 mm dan tinggi 30 mm diperoleh nilai kekuatan tegangan tekan sebesar 6.009 N/mm² untuk bentuk *core honeycombs*. Sedangkan untuk bentuk *core banana tree trunks* panjang 295 mm lebar 165 mm dan tinggi 30 mm diperoleh nilai kekuatan tegangan tekan sebesar 7,356 N/mm². Berdasarkan hasil pengujian sesuai standar *ASTM C365*. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa dengan panjang 295 mm, lebar 165 mm dan tinggi 30 mm diperoleh nilai kekuatan tegangan tekan sebesar 6.009 N/mm² untuk bentuk *core honeycombs*. Sedangkan untuk bentuk *core banana tree trunks* panjang 295 mm lebar 165 mm dan tinggi 30 mm diperoleh nilai kekuatan tegangan tekan sebesar 7,356 N/mm².

6. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa diketahui nilai uji bending test pada variasi bentuk *core* yang berbeda untuk nilai kuat bengkok tertinggi dimiliki oleh bentuk *core banana tree trunks* yaitu sebesar 12,34 kN atau 1257,8 kgf, dan kuat bengkok terendah dimiliki oleh bentuk *core honeycombs* sebesar 11,93 kN atau 1215,8 kgf, yang dimana kuat bengkok dari kedua struktur *sandwich panel honeycombs* dan *banana tree trunks* tidak terlalu jauh yaitu sebesar 0,41 kN atau 41,91 kgf.

Kuat tekan tertinggi tercatat pada bentuk *core* dari batang pohon pisang (*banana tree trunks*), dengan nilai sebesar 7,356 N/mm². Kuat tekan terendah tercatat pada bentuk *core honeycomb*, dengan nilai sebesar 6,009 N/mm². Perbedaan antara kuat tekan dari kedua struktur *sandwich panel (honeycombs dan banana tree trunks)* adalah 1,347 N/mm².

7. Referensi

- [1] N. V. a. C. S. F. S. Farid, "Pengaruh Dimensi Volume Bentuk Core Terhadap Sifat," *Jurnal Teknika*, vol. vo.15, pp. 247-255, 2021.
- [2] W. W. R. a. D. Ariawan, "Pengaruh Variasi Adhesive Terhadap Kekuatan Bending Komposit Cantula 3D-UPRs Dengan Core Honeycomb Kardus Tipe C Flute," *Mekanika*, pp. 278-281, 2011.
- [3] O. M. C. & U. M. canyurt, "The effect of design on adhesive joints of thick composite sandwich structures," *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, pp. 301-305, 2008.

- [4] Septioni, Herrico. *Pengaruh ketebalan expanded polystyrene (EPS) terhadap kuat geser geo-sandwich panel dengan beban lateral monotonik*. Diss. Universitas Negeri Malang, 2017.
- [5] J. F. B. S. Yoshua Nico Prasetyo, "Kajian Honeycomb Paper Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Pintu," *Jurnal Seni rupa dan Desain*, vol. vol.23 no.1, januari-maret 2020.
- [6] S. D. d. L. Z. Xiao-Su Yi, *Composite Material Engineering, Fundamentals of Composite Material ed.*, vol. V, Shaanxi China, 2018
- [7] S. Dr. Prantasi Harmi Tjahjanti, *Buku Ajar Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer*, Sidoarjo, Jawa timur : Academia,edu, 2018.
- [8] L. C. d. G. Kardomateas, *Structural And Failure Mechanics Of Sandwich Composites, Solid Mechanics and Its Application ed.*, London, New york: Springer Dordrecht, 2011.
- [9] M. d. S. I. Meiwandari, "Analisis Struktur Heksagonal terhadap Bentuk Sarang Lebah," *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, vol. vol.6, pp. 82-89, 2019.
- [10] Bappeda Banda Aceh, *Statistik Banda Aceh 2017*. Banda Aceh, 2018.
- [11] A. N. Wijoyo, "Pengaruh Jumlah Lamina Terhadap Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat Arenpolyester Dengan Core Pelepah Pohon Pisang," vol. vol.1, pp. 49-54, 2014.
- [12] N. H. a. dik, "Study Kekuatan Bending Dan Struktur Mikro Komposit Polyethylene,," *Dinamika Teknik Mesin*, , vol. vol.2, pp. 92-99, 2012.
- [13] B. U. M. S. A.J. Zulfikar, "Penyelidikan Perilaku Mekanik Material Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Beban Statik Dan Impak,," *Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy*, vol. vol.3, pp. 10-19, juni 2019.