

## Karakterisasi Mekanis Sandwich Panel Komposit Polyester Serat Sisal Lokal Sumbawa dibandingkan dengan Panel Kayu Meranti (*Mechanical Characterization of Sumbawa Local Sisal Fiber Polyester Composite Sandwich Panel compared to Meranti Wood Panels*)

Adryan Fitrayudha<sup>1\*</sup>, Nurul Hidayati<sup>2</sup>, Ahmad Zarkasi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram - Jl. KH. Ahmad Dahlan No.1, Pagesangan, Kec. Mataram, Kota Mataram, Nusa Tenggara Bar. 83115

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received : 10 November 2022

Revised : 6 January 2023

Accepted : 22 February 2023

#### DOI :

<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.4493>

**Keywords :** *composit; flexural strength; polyester resin; sandwich panel; sisal fiber*

#### e-mail corresponding author :

[fitrayudhaadryan@gmail.com](mailto:fitrayudhaadryan@gmail.com)

### PENERBIT

#### UNITRI PRESS

Jl. Telagawarna, Tlogomas-Malang, 65144, Telp/Fax: 0341-565500



This is an open access article under the **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License**. Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. CC-BY-SA

### ABSTRAK

Perkembangan rekayasa material komposit merupakan solusi yang efektif bagi pengembangan material berbasis *green building* yang sedang dikampanyekan di berbagai belahan negara saat ini. Permasalahan mendasar dalam rekayasa komposit yang tengah berkembang adalah minimnya penggunaan material ramah lingkungan sebagai bahan dasar penyusun komposit. Penggunaan material komposit berbasis serat alam sebagai perkuatan (*reinforcement*) merupakan salah satu solusi yang tepat guna menjawab isu *green building* dalam menghasilkan material yang lebih ramah lingkungan dengan ketahanan mekanis yang jauh lebih baik pula. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik lentur pada balok sandwich panel kayu sengon (SPS) dengan pembedaan balok kayu meranti (kayu kelas II). Material yang digunakan sebagai skin pada balok SPS adalah komposit polyester serat sisal yang dibudidayakan di Pulau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Standar pengujian berdasarkan ASTM C393 (panjang 550 mm, lebar 50 mm, tebal 25 mm), dengan jumlah masing-masing 5 benda uji. Hasil pengujian menunjukkan balok SPS memiliki tegangan lentur rata-rata sebesar 167,660 MPa, sedangkan pada balok kayu meranti menghasilkan tegangan lentur rata-rata sebesar 94,292 MPa. Besarnya tegangan lentur yang dihasilkan balok SPS lebih tinggi 43,380% dibandingkan balok kayu meranti (kayu kelas II). Nilai lendutan rata-rata pada balok SPS sebesar 20,340 mm, lebih besar dibandingkan nilai lendutan rata-rata kayu sengon sebesar 15,420 mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan skin komposit polyester sisal Sumbawa pada sandwich panel kayu sengon mampu menghasilkan karakteristik mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan kayu Meranti.

### ABSTRACT

*The development of composite material engineering is an effective solution for the development of green building-based materials that are being campaigned in various parts of the country today. The fundamental problem in composite engineering that is developing is the lack of use of environmentally friendly materials as the basic material for composite constituents. The use of natural fiber-based composite materials as reinforcement is one of the right solutions to answer the issue of green building in producing more environmentally friendly materials with much better mechanical resistance. The study aims to determine the flexural characteristics of sandwich panel beams of sengon (SPS) in comparison to Meranti beams. The material used as skin for SPS beams is a composite of sisal fiber polyester from Sumbawa Island. Test standard based on ASTM C393 (length 550 mm, width 50 mm, thickness 25 mm), with a total of 5 specimens each. The test results showed that the SPS beams had an average bending stress of 167.66 MPa, while the Meranti wood beams produced an average bending stress of 94.29 MPa. The amount of bending stress produced by SPS beams is 43.38% higher than meranti wood beams. The average deflection value of SPS beams is 20.34 mm, greater than the average deflection value of sengon wood of 15.42 mm. This shows that the use of sisal polyester composite skin on SPS beams can produce better mechanical characteristics compared to Meranti wood.*

**Cara Mengutip :** Fitrayudha, A., Hidayati, N., Zarkasi, A. (2023). Karakterisasi Mekanis Sandwich Panel Komposit Polyester Serat Sisal Lokal Sumbawa dibandingkan dengan Panel Kayu Meranti. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 8(1), 16-29. doi:<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.4493>

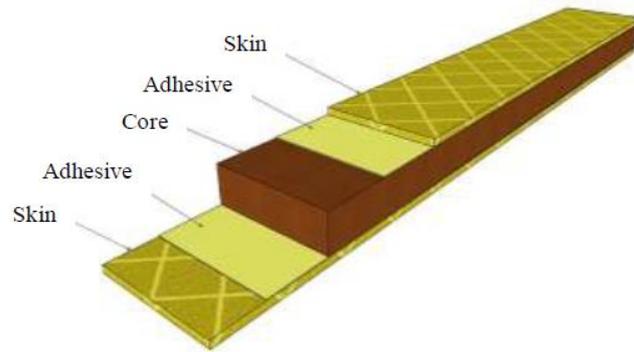
## 1. PENDAHULUAN

Teknologi *sandwich* panel merupakan salah satu teknologi yang marak digunakan dalam berbagai jenis industri dan rekayasa material. Penggunaan material *sandwich* panel bertujuan untuk menghasilkan material baru dengan kekuatan mekanik yang lebih unggul dan sifat fisik yang lebih baik dibandingkan dengan material penyusunnya. Dalam konstruksi komersial, teknologi *sandwich* panel banyak diaplikasikan dalam berbagai elemen konstruksi, seperti panel dinding, panel balok dan berbagai bangunan prefabrikasi lainnya. Dinding *sandwich* panel juga telah dikembangkan sebagai komponen yang dapat menerima beban struktur [1].

Berdasarkan konstruksi penyusunnya, material *sandwich* panel terdiri dari beberapa lapisan, yaitu lapis inti (*core*) dan lapis luar (*skin*) [2]. Salah satu keunggulan komposit *sandwich* panel yaitu dapat menerima beban maksimum yang lebih besar dari pada komposit serat biasa. Pemanfaatan struktur *sandwich* dalam dunia industri telah berkembang pesat. Beberapa industri yang membutuhkan konstruksi ringan, kaku dan kuat telah memanfaatkan struktur ini, seperti industri pesawat terbang dan aerospace, otomotif, bangunan dan perkapalan. Keunggulan lain yang dimiliki oleh komposit *sandwich* diperoleh dari *core* ringan yang terletak diantara dua *skin*. Pemanfaatan kayu sengon sebagai *core* pada umumnya dapat menggunakan dua cara yaitu dapat berupa papan serbuk kayu yang dibentuk dari serbuk gergajian dan kayu utuh. *Core* papan serbuk memiliki kekuatan yang lebih rendah bila dibandingkan kayu utuh. Berdasarkan penelitian [3], papan serbuk kayu sengon hanya mempunyai kekuatan lentur rata-rata sebesar 2,81 MPa. Menurut SNI 7973:2013 [4] kayu sengon mempunyai standar kekuatan lentur 6,02 MPa, hal ini berarti kayu sengon utuh memiliki kekuatan lentur yang lebih besar dari pada papan serbuk gergajinya. Pada setiap pengujian, diperoleh kelas kayu sengon adalah kayu kelas III [5].

Penggunaan kayu sengon sebagai *core* masih memiliki kelemahan yaitu kemampuan deformasi plastisnya yang rendah. Guna meningkatkan kekuatan mekanis maka material *skin* pada komponen *sandwich* panel sangat berpengaruh. Jenis material penyusun dan arah serat pada *skin* menentukan besar kecilnya kekuatan mekanis komposit *sandwich* panel. Secara umum material penyusun bahan *skin* terbuat dari material sintetis yang tidak ramah lingkungan. Melalui penelitian ini, akan digunakan material yang lebih ramah lingkungan dengan bahan utama *skin* komposit terbuat dari serat alam.

Teori *sandwich* menjelaskan perilaku balok dan pelat yang terdiri dari tiga lapisan yang terdiri dari 2 lapisan *face* dengan satu inti (*core*). Teori *sandwich* yang banyak digunakan adalah linear dan teori balok. Teori *sandwich* linier penting untuk desain dan analisis struktur *sandwich* yang digunakan sebagai konstruksi bangunan, pesawat, kapal, dan bangunan laut [6]. Lebih jelas terkait konstruksi penyusun *sandwich* panel ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konstruksi penyusun sandwich panel (Sumber: Fitriyudha, 2020)

Pengujian yang dilakukan oleh Tandean (2020) terkait kuat lentur balok *sandwich* panel kayu sengon dengan bahan *skin* komposit polyester serat abaka. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan lentur *sandwich* berbanding lurus dengan kekuatan mekanis komposit serat abaka-polyester dimana kekuatan lentur tertinggi ditunjukkan oleh *sandwich* dengan konfigurasi serat memanjang sebesar 81,96 MPa, lalu diikuti oleh serat acak sebesar 62,64 MPa dan serat anyam sebesar 47,87 MPa. Kekuatan lentur tertinggi *sandwich* lebih tinggi dari kayu kelas II yaitu kayu Meranti dengan persentase perbedaan sebesar 68,64 % [7].

Kekuatan pada sandwich panel juga harus memperhatikan beberapa hal, yaitu variasi fraksi volume dan orientasi arah serat. Hal tersebut sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekanis komposit polyester [8]. Semakin besar fraksi volume serat sisal pada komposit maka nilai tegangannya akan semakin besar [9]. Selain itu, kekuatan tarik dan modulus elastisitas tarik komposit juga meningkat [10]. Penelitian yang dilakukan oleh Fajrin (2016) mengenai karakteristik komposit epoxy dengan perkuatan serat sisal asli Inonesia, khususnya yang tumbuh dan berkembang di Pulau Lombok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit epoxy yang diperkuat dengan serat sisal berkonfigurasi sejajar serat mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan komposit yang diperkuat dengan serat sisal berkonfigurasi acak [11].

Schwartz (1984) menjelaskan bahwa serat sebagai penguat dalam struktur komposit harus memenuhi persyaratan yaitu modulus elastisitas yang tinggi, kekuatan patah yang tinggi, kekuatan yang seragam di antara serat, stabil selama penanganan proses produksi dan diameter serat yang seragam [12]. Salah satu keunggulan tanaman sisal adalah memiliki kekuatan tarik yang tinggi dibandingkan serat alam lainnya, serta memiliki massa jenis yang relatif rendah sehingga sangat baik bila diaplikasikan sebagai skin pada *sandwich* panel.

Dalam pelaksanaan penelitian ini, material inti penyusun (*core*) sandwich panel yang digunakan adalah kayu sengon, sedangkan sebagai bahan perkuatan lapis luar (*skin*) digunakan komposit polyester serat alam dengan perekat epoxy. Material perkuatan yang digunakan adalah komposit polyester serat tanaman sisal yang dibudidayakan di Pulau Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Sebelum dilakukan pembuatan sampel *sandwich* panel, pengujian mekanik terhadap komposit polyester serat sisal dilakukan terlebih

dahulu. Tujuan dari pengujian tersebut adalah guna memperoleh komposisi campuran dan konfigurasi arah serat skin komposit polyester sisal dengan kekuatan mekanik yang optimal. Berdasarkan hasil pengujian pendahuluan diperoleh skin komposit polyester sisal fraksi volume 40% dengan konfigurasi serat sejajar memiliki kekuatan mekanik optimal untuk selanjutnya diaplikasikan pada struktur *sandwich* panel.

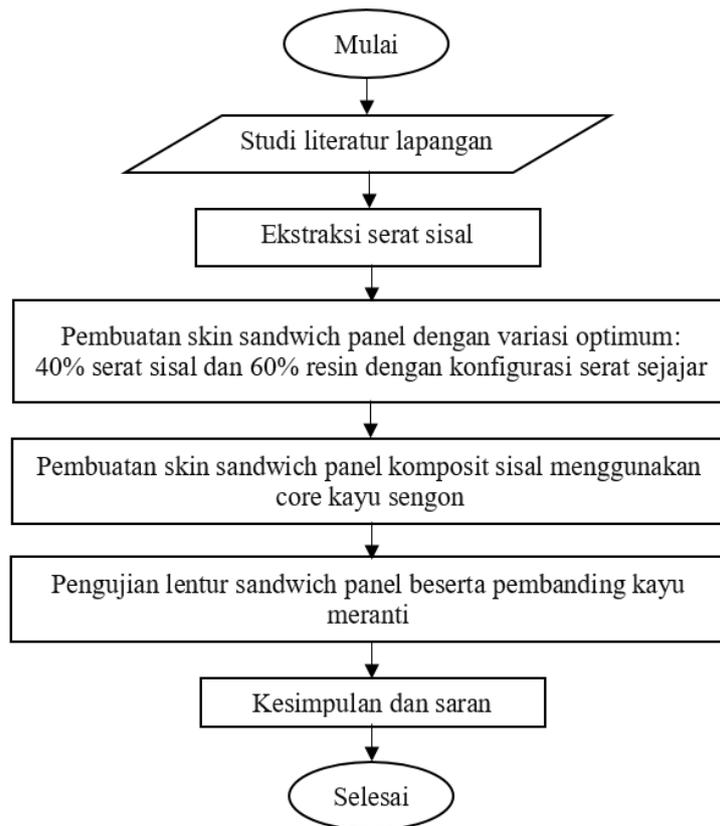
Sebagai material pembanding dalam pengujian kuat lentur pada *sandwich* panel kayu sengon digunakan balok kayu meranti (kayu kelas II) tanpa penambahan *skin*. Perlakuan tersebut bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan perkuatan *skin* komposit polyester sisal terhadap karakteristik kuat lentur *sandwich* panel kayu sengon yang merupakan kayu dengan kualitas mutu dibawah kayu meranti. Dalam menjawab tujuan dari penelitian tersebut, maka dilakukan pengujian lentur pada balok *sandwich* panel kayu sengon dan balok kayu meranti sebagai variabel pembanding dengan menggunakan standar ASTM C393 terkait pengujian lentur penampang elemen balok kayu [13].

Penelitian menggunakan serat alam ini nantinya diharapkan mampu menciptakan suatu material struktur berbasis komposit yang lebih ramah lingkungan, menghasilkan kekuatan lentur yang jauh lebih baik, serta penggunaan biaya produksi yang lebih ekonomis dibandingkan material komposit berbahan dasar konvensional. Penggunaan material komposit serat alam ini juga dapat meningkatkan nilai guna dan ekonomi tanaman sisal yang dibudidayakan di Pulau Sumbawa, karena bukan hanya untuk kebutuhan tekstil maupun industri kertas, akan tetapi serat sisal ini nantinya dapat digunakan sebagai salah alternatif material konstruksi yang menjanjikan.

## 2. METODE PENELITIAN

Kekuatan lentur adalah kapasitas suatu balok atau panel untuk menahan gaya yang bekerja tegak lurus sumbu batangnya, atau sering disebut beban lentur. Melenturnya suatu balok atau panel diakibatkan oleh tegangan normal yang bekerja pada penampangnya, selain itu juga disebabkan oleh momen ultimate pada tengah bentang yang timbul akibat pembebanan.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen, yaitu metode untuk mencari pengaruh dari perlakuan tertentu [14]. Demikian halnya dengan penelitian [15], dimana parameter pengujian mekanis sudah cukup bervariasi dengan dilakukannya uji kuat lentur dan tekan, namun hasil penelitian hanya dianalisis menggunakan metode deskriptif saja. Hal tersebut menjadi salah satu referensi pembanding agar pada penelitian selanjutnya menggunakan metode analisis yang lebih bervariasi dengan gabungan antara metode deskriptif dan komparatif yang dianalisis menggunakan uji statistik inferensial. Bagan alir penelitian ini ditampilkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Bagan alir penelitian**

Pembuatan benda uji panel SPS dimulai dengan pencetakan *skin* komposit serat sisal *polyester*. Pembuatan *skin* dilakukan dengan metode *pressmoulding* dalam cetakan kaca seperti yang terlihat pada Gambar 3 dan 4 berikut.



**Gambar 3. Pembuatan *Skin* komposit *polyester* dengan system *pressmoulding*.**

Setelah resin dan serat sisal dituang dalam cetakan kaca kemudian dipress selama 24 jam *skin* komposit *polyester* sudah dapat digunakan sebagai dalam pembuatan sampel uji panel *sandwich panel*. Adapun hasil *skin* yang selesai pada tahapan *pressmoulding* ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4. Bahan *skin* polyester serat sisal**

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan sampel uji SPS dengan menggabungkan antara *core* kayu sengon dengan *skin* sisal *polyester* dengan bahan perekat epoxy dan dikempa selama 24 jam seperti yang terlihat pada Gambar 5 berikut.



**Gambar 5. Proses pembuatan panel SPS**

Selanjutnya adalah masuk pada tahapan pengujian benda uji SPS dan kayu meranti. Pada penelitian ini digunakan metode pembebanan *four point bending* untuk memperoleh nilai tegangan lentur pada sampel uji. Metode ini dipilih untuk mendapatkan kondisi lenturan murni pada saat pengujian, artinya adalah melenturnya balok murni akibat momen ultimate yang bekerja pada tengah bentang, bukan akibat gaya geser dari pembebanan. Persamaan (1) menunjukkan rumus dasar untuk menentukan nilai tegangan lentur dari suatu penampang.

$$fb = \frac{M.z}{I} \quad (1)$$

dimana:

- $f_b$  = Tegangan lentur (MPa)  
 $M$  = Momen tengah batang (Nmm)  
 $z$  = Jarak permukaan ke titik berat (mm)  
 $I$  = Momen inersia (mm<sup>4</sup>)

Pada *sandwich* panel nilai tegangan lentur diperoleh dari penurunan persamaan (1), dimana perbedaan dengan balok biasa terletak pada nilai momen inersianya. Bentuk *sandwich* yang tersusun dari beberapa lapisan menyebabkan timbulnya nilai momen inersia paralel dari lapisan *skin*nya, hal ini menyebabkan bertambahnya nilai inersia pada penampang.

Rumus nilai tegangan lentur pada Persamaan (2) dan (3) diperoleh dari ASTM C393. Berdasarkan rumus tersebut nilai dari tegangan lentur *sandwich* dapat diidentifikasi. Tegangan lentur *sandwich* adalah penjumlahan antara tegangan lentur di *skin* dan *core*. Adapun rumus tegangan pada *skin* dan *core* berdasarkan Persamaan (2) dan (3) berikut.

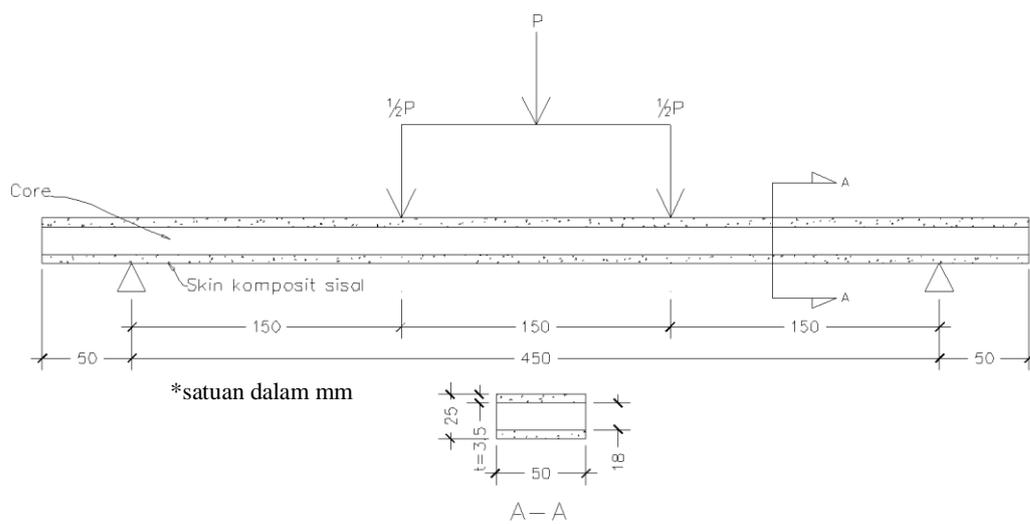
$$f_f = \frac{M.z}{(EI)_{eq}} E_f \quad (2)$$

$$f_c = \frac{M.z}{(EI)_{eq}} E_c \quad (3)$$

dengan:

- $f_f$  = Tegangan lentur *skin* (MPa)  
 $E_f$  = Modulus elastisitas *skin* (MPa)  
 $(EI)$  = Kekuatan lentur (Nmm<sup>2</sup>)  
 $M$  = Momen tengah bentang (Nmm)  
 $f_c$  = Tegangan lentur *core* (MPa)  
 $E_c$  = Modulus elastisitas *core* (MPa)

Skema pengujian lentur balok *sandwich* panel berdasarkan ASTM C393 ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



**Gambar 6. Skema pengujian lentur balok SPS sesuai standar ASTM C393 (Sumber: Fitrayudha, 2020)**

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Uji Lentur *Sandwich* Panel SPS

Pengujian mekanis dilakukan terhadap *sandwich* panel berupa uji lentur menggunakan metode *for point bending* guna mengamati pola lentur murni yang terjadi, seperti yang disajikan pada Gambar 7 dan 8. Masing-masing benda uji dibuat sebanyak lima buah sampel uji. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sejauhmana kekuatan lentur *sandwich* dan pola retakan yang terjadi pada panel SPS dengan pembandingan kayu meranti. Selanjutnya hasil pengujian kuat lentur balok SPS ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.



Gambar 7. Pengujian kuat lentur *Sandwich* Panel SPS



Gambar 8. Pengujian Kuat Lentur Kayu Meranti

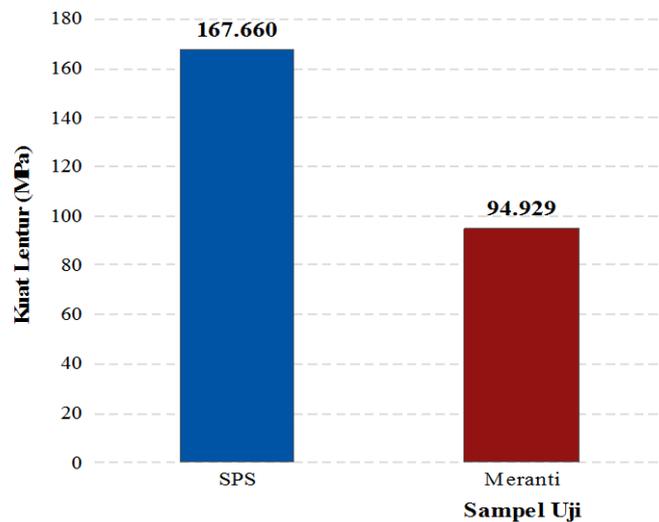
Tabel 1 Pengujian Kuat Lentur Balok *Sandwich* Panel SPS dan Kayu Meranti

Sampel Uji	Kode	Kuat Lentur (MPa)	Rerata (MPa)
<i>Sandwich Panel</i> SPS	SPS 1	151,958	167,660
	SPS 2	166,288	
	SPS 3	*146,246	
	SPS 4	169,032	
	SPS 5	*139,767	

Kayu Meranti	KM 1	96,153	94,929
	KM 2	94,503	
	KM 3	*82,682	
	KM 4	94,935	
	KM 5	94,124	

\* = tidak dirata-ratakan

Hasil pengujian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kuat lentur balok SPS sebesar 167,660 MPa, lebih tinggi 43,380% dibandingkan kayu meranti. Besarnya nilai kuat lentur rata-rata yang dihasilkan kayu Meranti berkisar di angka 94,929 MPa. Balok SPS yang menggunakan bahan inti kayu sengon yang merupakan kayu dengan kualitas kelas III mampu menghasilkan kuat lentur yang cukup baik bahkan melampaui kuat lentur kayu meranti yang mana merupakan kayu kelas II. Penggunaan *skin polyester* sisal mampu secara signifikan memberikan peningkatan kekuatan mekanis lentur yang ada pada kayu sengon. Hal tersebut dikarenakan gabungan kekuatan antara ketahanan lentur *skin polyester* sisal dengan bagahan *core* kayu sengon bekerja dengan baik dalam menahan beban lentur yang diberikan. Beda halnya dengan kayu meranti yang hanya murni mengandalkan kekuatan mekanis lentur dari kayu saja. Penelitian ini sejalan dengan hasil pengujian yang telah dilakukan oleh Tandean pada tahun 2020, dimana pengujian *sandwich* panel kayu sengon dengan bahan *skin polyester* serat abaka sejajar serat menghasilkan kuat lentur lebih tinggi sebesar 68,64% dibandingkan kayu meranti. Perbandingan antara kuat lentur rata-rata balok SPS dengan kayu meranti juga dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan Kuat Lentur *Sandwich Panel* SPS dengan Kayu Meranti

### 3.2 Hubungan Beban dan Lendutan

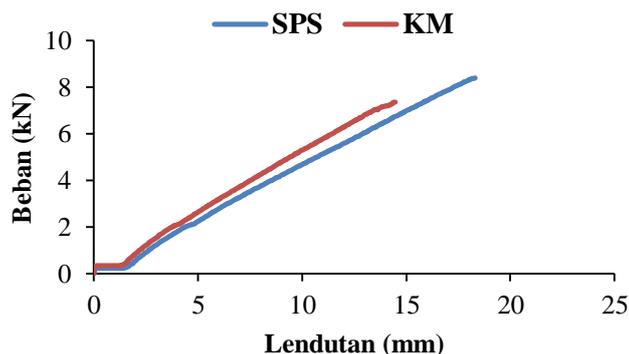
Akibat pembebanan lentur yang diberikan maka akan terjadi perubahan bentuk pada sampel uji, yaitu terjadinya lendutan. Hubungan antara beban dan lendutan yang terjadi pada masing-masing sampel uji ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Perbandingan beban maksimum dan lendutan pada sampel uji SPS dan Kayu Meranti**

Sampel Uji	Kode	Beban Maksimum (kN)	Beban Rata-rata (kN)	Lendutan Maksimum (mm)	Lendutan Rata-rata (mm)
Balok SPS	SPS 1	7,529	7,663	18,50	20,34
	SPS 2	8,239		23,36	
	SPS 3	7,246		20,14	
	SPS 4	8,375		18,31	
	SPS 5	6,925		21,41	
Kayu Meranti	KM 1	7,354	7,066	14,46	15,42
	KM 2	7,219		15,60	
	KM 3	6,316		15,65	
	KM 4	7,252		14,88	
	KM 5	7,190		16,49	

Berdasarkan tabel perbandingan beban maksimum dan lendutan yang tertera di atas, dapat diketahui karakteristik yang terjadi pada sampel uji SPS dan balok kayu utuh. Secara umum nilai beban maksimum rata-rata antar masing-masing sampel memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan antar satu dengan yang lainnya. Sampel uji SPS mampu menahan beban maksimum sebesar 7,663 kN, lebih besar sekitar 7,786% dibanding kayu meranti yang hanya mencapai 7,066 kN. Pada sampel uji kayu jati mampu menghasilkan beban maksimum rata-rata tertinggi, yaitu 9,376 kN, unggul sebesar 18,276% terhadap sampel uji SPS. Hasil tersebut menunjukkan sampel uji SPS yang terdiri dari *core* kayu sengon dan *skin* komposit *polyester* serat sisal mampu mengungguli daya dukung dari kayu meranti, serta hampir mendekati daya dukung kayu jati.

Perbandingan lendutan yang terjadi antara sampel uji SPS dengan sampel kayu meranti dan jati disajikan pada grafik yang tertera pada Gambar 10.



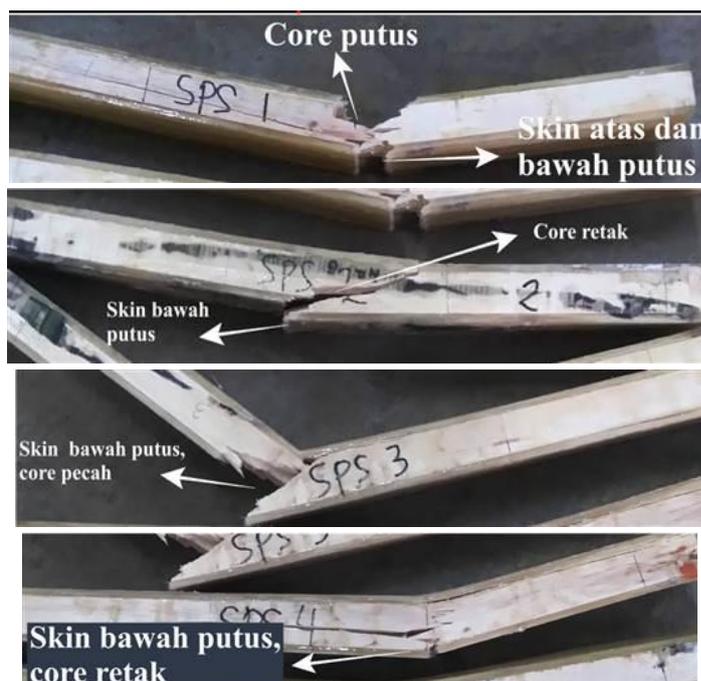
**Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Beban Maksimum Terhadap Lendutan Pada Spesimen Uji Lentur**

Gambar 10 menunjukkan hubungan perbandingan antara beban maksimum dengan lendutan yang dihasilkan oleh sampel uji SPS, kayu meranti dan kayu jati. Secara umum, grafik hubungan antara beban-lendutan pada masing-masing variabel hampir menunjukkan pola yang hampir sama, dimana besarnya lendutan berbanding lurus dengan kemampuan

sampel uji menerima beban. Pola grafik menunjukkan garis linier dengan kemiringan tertentu dan putus pada saat mencapai beban maksimum. Besarnya kemiringan garis linier pada keseluruhan kurva tersebut menggambarkan sifat getas ada masing-masing sampel uji. Semakin besar sudut kemiringan pada kurva beban-lendutan menandakan sifat getas yang semakin besar pada sampel uji. Hal lain yang mengindikasikan sampel uji bersifat getas dikarenakan tidak lama setelah terjadi retakan, benda uji kemudian patah dan tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan. Berdasarkan pemaparan tersebut dapat diketahui bahwa kayu meranti memiliki sifat getas lebih tinggi dibandingkan sampel uji SPS yang memiliki sifat yang lebih elastis. Lendutan dengan nilai tertinggi dihasilkan sampel uji SPS yaitu sebesar 20,34 mm, sedangkan untuk kayu meranti sebesar 15,42 mm. Hasil tersebut menunjukkan perbedaan nilai lendutan yang tidak terlalu signifikan, serta menandakan bahwa sampel uji SPS bersifat lebih lentur dalam menahan beban dibandingkan kayu meranti.

### 3.3 Pola Retak dan Keruntuhan Balok Sandwich Panel SPS

Hasil pengujian lentur pada *sandwich* panel beserta balok kayu pembanding memiliki pola yang hampir serupa, yakni kegagalan akibat beban lentur lentur bersifat getas. Pola kegagalan yang terjadi pada sampel uji SPS diawali dengan retakan pada komposit *skin* bagian tepi bawah akibat tegangan tarik. Retakan tersebut secara perlahan merambat pada bagian tengah dengan kemiringan tertentu. Bersamaan dengan bertambahnya retakan, lendutan yang terjadi pada sampel uji SPS juga ikut membesar. Setelah lendutan yang terjadi cukup besar, daya dukung turun secara drastis diikuti retakan yang terjadi pada bagian *core* kayu sagon serta retakan pada *skin* bagian atas akibat beban tekan yang diterima. Proses keruntuhan tersebut disertai dengan suara semacam ledakan kecil dan sesaat setelah runtuh, daya dukung sampel uji langsung hilang. Pola kegagalan yang terjadi pada balok SPS ditunjukkan pada Gambar 11.





**Gambar 11. Pola Kegagalan Pada Balok Sandwich Panel SPS 5**

Berdasarkan hasil uji lentur pada sampel SPS 1 hingga sampel SPS 5, diperoleh bahwa pola kegagalan pada sampel SPS 2 sampai SPS 4 seragam, yaitu *skin* putus dan *core* retak. Adapun pola keretakan pada sampel SPS 1 adalah *skin* dan *core* putus. Pola kerusakan pada sampel uji hampir seragam pada semua sampel. Sampel SPS 1 mengalami *skin* bawah dan atas putus serta *core* pecah. Sedangkan pola kerusakan pada sampel SPS 2 sampai SPS 4 adalah *skin* bawah putus, *core* retak, dan *skin* atas retak. Pola kegagalan yang terjadi pada balok SPS ditunjukkan pada Gambar 12.



**Gambar 12. Pola Kegagalan Pada Kayu Meranti**

Berdasarkan hasil uji lentur pada sampel Kayu Meranti 1 sampai 5, diperoleh bahwa pola kegagalan yang seragam, yaitu *core* pada kayu meranti retak. Tipe kerusakan yang terjadi pada kelima sampel juga seragam, yaitu pecah pada daerah lentur. Hasil pengujian lentur yang dilakukan mengindikasikan bahwa pola kegagalan yang terjadi pada sampel uji memiliki pola yang serupa, yakni terdapat retakan yang cukup besar pada daerah lentur dengan kemiringan sudut tertentu. Rekapitulasi keseluruhan pola kegagalan yang terjadi pada sampel uji dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi pola kegagalan sampel

Sampel Uji	Kode	Pola Kegagalan	Kerusakan Sampel uji
<b>Balok Sandwich Panel</b>	SPS 1	Skin dan core putus	Skin bawah putus, core pecah dan skin atas retak
	SPS 2	Skin putus dan core retak	Skin bawah putus, core pecah dan skin atas retak
	SPS 3	Skin putus dan core retak	Skin bawah putus, core pecah dan skin atas patah
	SPS 4	Skin putus dan core retak	Skin bawah putus, core retak dan skin atas retak
	SPS 5	Skin putus dan core retak	Skin bawah putus, core pecah dan skin atas retak
<b>Kayu Meranti</b>	KM 1	core retak	Pecah pada daerah lentur
	KM 2	core retak	Pecah pada daerah lentur
	KM 3	core retak	Pecah pada daerah lentur
	KM 4	core retak	Pecah pada daerah lentur
	KM 5	core retak	Pecah pada daerah lentur

Pada sampel uji Balok SPS terjadi pola keruntuhan akibat beban lentur berupa kegagalan pada bagian *skin* dan *core*. Kerusakan pada *skin* akibat lentur ditandai dengan putusnya *skin* bagian bawah *sandwich* panel, sedangkan kerusakan *core* terjadi berupa retakan yang cukup besar dengan sudut kemiringan tertentu.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini adalah hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan lentur balok *sandwich* panel SPS lebih baik dari pada kayu Meranti. Nilai kuat lentur balok SPS lebih tinggi 43,38% dibandingkan kayu meranti. Hasil pengujian menunjukkan bahwa lendutan pada balok *sandwich* panel SPS lebih besar dari pada kayu Meranti. Lendutan yang dihasilkan sampel uji SPS adalah 20,34 mm, sedangkan untuk kayu meranti sebesar 15,42 mm. Pola keretakan yang terjadi pada sampel balok *sandwich* panel SPS secara umum terjadi pola kegagalan lentur yang diawali dengan retak pada *skin* bagian bawah hingga mengalami putus dan diikuti dengan retak pada *core* kayu sengon. Penggunaan skin komposit polyester sisal Sumbawa pada *sandwich* panel kayu sengon mampu menghasilkan karakteristik mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan kayu Meranti. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan material komposit resin polyester dengan bahan dasar serat alam berupa serat Sisal Pulau Sumbawa dapat menjadi solusi terhadap isu *green building* guna menciptakan material yang ramah lingkungan dengan kekuatan mekanis yang baik. Sehingga nantinya, penggunaan material komposit serat alam dapat diaplikasikan secara massal pada elemen struktur bangunan konvensional.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada LPPM Universitas Muhammadiyah Mataram karena telah memberikan bantuan berupa dana penelitian yang kami lakukan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Qun, W. Shuai, dan L. Chun, “*Axial Compression Behavior of a New Type of Prefabricated Concrete Sandwich Wall Panel*,” *Materials Science and Engineering*, 2018.
- [2] A. Fitrayudha, “Karakterisasi Komposit Polyester dengan Perkuatan Serat Sisal Lokal Sumbawa dan Aplikasi Sebagai Skin pada Struktur Sandwich Panel,” *Tesis Universitas Mataram*, 2020.
- [3] A. Prayoga, dan Devit, “Pengaruh Jumlah Laminasi Core Komposit Sandwich Serat Kenaf Dengan Core Kayu Sengon Terhadap Kekuatan Bending,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 1, 2021.
- [4] SNI 7973-2013, “Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu”. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional, 2013.
- [5] Y. Morena, Ermiyati, A. Novan, dan Y. Novianti, “Penguujian Kuat Lentur Dan Kuat Tekan Kayu Sengon Dengan Menggunakan Lapisan/Coating Resin,” *Sainstek (e-Journal)*, vol. 9, no. 2, 2021.
- [6] A. Zubaydi, dan A. Budipriyanto, “Material Sandwich: Teori, Desain, dan Aplikasi,” Surabaya : Airlangga University Press, 2020.
- [7] Y. R. Tandean, “Perilaku Lentur Panel Sandwich yang dibuat dari Komposit Serat Abaka sebagai Skin dan Kayu Sengon sebagai Core,” *Tugas Akhir Universitas Mataram*, 2020.
- [8] A. Fitrayudha, J. Fajrin, dan B. Anshari, “Analisis Sifat Mekanis Komposit Polyestersisal Menggunakan Metode Anova,” *Media Bina Ilmiah*, vol. 14, no. 7, 2020.
- [9] N. A. L. Putri, “Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Sisal-Epoxy dan Struktur Serat Terhadap Karakteristik Komposit,” *Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2016.
- [10] I. W. Surata, I. P. Lokantara, dan A. P. Arimbawa, “Studi Sifat Mekanis Komposit Epoxy Berpenguat Serat Sisal Orientasi Acak Yang Dicetak Dengan Teknik Hand-Lay Up,” *Jurnal Energi dan Manufaktur*, vol 9, no. 2, pp. 143-146, 2016.
- [11] J. Fajrin, “*Mechanical Properties of Natural Fiber Composite Made of Indonesian Grown Sisal*,” *Jurnal Info Teknik*, vol. 17, no.1, pp. 69-84, 2016.
- [12] M. M. Schwartz, “*Composite Materials Handbook*,” New York : Mc Graw Hill Inc, 1984.
- [13] ASTM C393, *Standard Test Method for Core Shear Properties of Sandwich Constructions by Beam Flexure*, 2020.
- [14] Sugiyono, “Metode penelitian, kualitatif, kuantitatif dan R&D,” cetakan ke-28, Bandung : Alfabeta, 2018.
- [15] Harsi, N. H. Sari, dan Sinarep, “Karakteristik Kekuatan Bending Dan Kekuatan Tekan Komposit Serat Hybrid Kapas/Gelas Sebagai Pengganti Produk Kayu,” *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, vol. 5, no. 2, 2015.