

# PENGARUH KONFIGURASI STRUKTUR TERHADAP KEKUATAN BENDING DARI KOMPOSIT SANDWICH 3D PRINTING

<sup>1</sup>Benny Aprianto Saputra, <sup>2</sup>Ikbal Riski Putra, <sup>3</sup>Ferry Setiawan

<sup>1,2,3</sup>Teknik Dirgantara, STTKD Yogyakarta

## Abstrak

Komposit sandwich merupakan gabungan dua material yang memiliki sifat berbeda kemudian dijadikan satu memiliki sifat dan ketahanan yang lebih kuat dari penyusunnya, terdiri dari skin dan bagian inti (core). Pada penelitian ini menggunakan skin berbagai fiberglass, core polylactid acid (PLA) dan disatukan menggunakan resin epoxy. Salah satu teknologi baru saat ini yaitu 3D printing dengan cara kerja menghasilkan produk berbentuk tiga dimensi. Pada penelitian ini menggunakan menghasilkan produk komposit baru dengan variasi core honeycomb dan rectangular dipadukan core berbahan PLA yang dicetak 3D printing. Proses manufaktur menggunakan metode hand lay up didasari pada keunggulannya yang prosesnya lebih sederhana. Pengujian bending dengan metode three point bending dilakukan guna untuk mengetahui ketahanan spesimen terhadap beban bending yang diberikan. Didapatkan hasil setelah pengujian dimana dari ketiga core honeycomb 1,2 dan 3 didapatkan nilai tegangan bending tertinggi pada honeycomb 2 sebesar 10,732Mpa dan beban maksimal 359,573N. Kemudian pada ketiga core rectangular 1,2 dan 3 didapatkan nilai tegangan bending tertinggi pada rectangular 2 sebesar 10,456Mpa dan beban maksimal 252,432N. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa komposit sandwich core honeycomb memiliki kekuatan struktur lebih unggul dibandingkan dengan komposit sandwich core rectangular.

**Kata kunci :** Komposit Sandwich, Fiberglass, PLA, 3D printing, Hand Layup, Uji bending.

## Abstract

Sandwich composites are a combination of two materials that have different properties which are then put together to have stronger properties and resistance than their constituents, consisting of the skin and the core. In this study using fiberglass skin, core polylactid acid (PLA) and put together using epoxy resin. One of the new technologies today is 3D printing by working to produce three-dimensional products. In this study, it was used to produce new composite products with variations of honeycomb and rectangular cores combined with 3D printing printed PLA cores. The manufacturing process using the hand lay up method is based on its superiority that the process is simpler. Bending test with the three point bending method is carried out in order to determine the resistance of the specimen to a given bending load. The results obtained after testing where of the three honeycomb cores 1, 2 and 3 obtained the highest bending stress value in honeycomb 2 of 10.732Mpa and a maximum load of 359.573N. Then on the three rectangular cores 1,2 and 3, the highest bending stress value is obtained in rectangular 2 of 10.456Mpa and the maximum load is 252.432N. From the test results it was found that the honeycomb sandwich core composite has superior structural strength compared to the rectangular sandwich core composite.

**Keyword :** Sandwich Composite, Fiber Glass, PLA, 3D printing, Hand Layup, Bending Test.

## Pendahuluan

Perkembangan teknologi pada era modern khususnya dunia industri penerbangan berkembang sangat pesat. Semakin hari teknologi terus berkembang yang membuat peneliti melakukan pengujian dan berbagai inovasi dari teknologi baru yang berkembang. Kebutuhan akan material pesawat *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) yang mempunyai sifat kuat, ramah lingkungan dan ringan menjadi aspek pertimbangan utama yang dibutuhkan produsen.

Saat ini pesawat UAV mulai dominan menggunakan material komposit sebagai material utama. Komposit merupakan gabungan antara dua atau lebih material pembentuk yang memiliki sifat yang berbeda. Strukturnya meliputi bahan *matriks* dan pengikat sebagai penguat dengan berbagai macam kombinasi. Pengisi dapat berupa serat atau partikel kecil. Penggabungan tersebut menghasilkan

<sup>1</sup>Email Address: [bennyapriantosaputra@gmail.com](mailto:bennyapriantosaputra@gmail.com)

Received 20 Desember 2022, Available Online 30 Juli 2023

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v9i1.771>

material komposit yang memiliki sifat karakteristik dan mekanis yang berbeda dari material sebelumnya (Yani & Lubis, 2018).

Teknologi yang sedang berkembang pada era saat ini yaitu teknologi *3D Printing* dengan mesin pembuat produk dengan metode percetakan tiga dimensi yang memiliki sistem kerja merubah input berupa data dan menghasilkan output berbentuk tiga dimensi. Salah satu material yang paling umum digunakan pada proses *3D Printing* adalah *Poly-Lactic Acid* (PLA) Dalam proses pembuatan produk bisa lebih sempurna karena dengan mesin tersebut dapat menghasilkan detail dan cepat (Putra dan Sari, 2018).

Implementasinya pada pesawat UAV ada berbagai macam yaitu struktur, *fuselage* dan bagian *leading edge*. Dengan adanya permasalahan diatas maka perlu dilakukan inovasi mengenai material penyusun yang memiliki bobot lebih ringan. Dimana pada penelitian ini penulis akan menggunakan variasi *core* yaitu *honeycomb* dan *rectangular* pada komposit *sandwich*. metode manufaktur *hand lay-up* dan nantinya dilakukan pengujian *bending*.

### Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Hipotesis

Penelitian sebelumnya yang berjudul kegagalan struktur *sandwich* yang diperkuat serat 3D. Struktur *sandwich* merupakan jenis komposit laminasi yang memiliki sifat ringan dan kekakuan terhadap beban penyangganya. Struktur *sandwich* paling umum digunakan terdiri dari dua *skin* dan bagian inti (*core*) yang berbentuk *honeycomb* atau busa polimer dengan kepadatan dan modulus rendah (Zeng *et al.*, 2021). Pada penelitian yang menganalisis tentang variasi komponen *sandwich* material inti yaitu *Polyactid Acid* (PLA) dengan variasi inti yang berbeda. Bahan tersebut merupakan suatu filament yang memiliki karakteristik kuat dan kaku. Parameter utama yang mempengaruhi karakteristik dan kekuatan struktur yang dicetak menggunakan *3D printing* yaitu, panjang inti, diameter dan jarak struktur pada bagian *core* (Khosravani *et al.*, 2022). Pada penelitian yang membahas mengenai pengujian *bending* pada komposit *sandwich matrik* resin *epoxy* dengan *skin* serat rami dan bagian inti menggunakan material PLA yang dicetak menggunakan *3D printing*. Pengujian menggunakan metode *three point bending* sesuai standar ASTM C393-06. didapatkan hasil dari pengujian spesimen L1 dengan hasil 142 kN/m, L2 242 kN/m dan L3 162 kN/m (Azzouz *et al.*, 2019)

### Landasan Teori

#### Komposit Sandwich

Komposit *sandwich* merupakan struktur komposit yang terdiri dari tiga lapisan atau lebih, terdiri dari kulit luar (*skin*) dan bagian inti (*core*) yang terletak pada bagian tengah komposit. Komposit *sandwich* memiliki kelebihan dibandingkan material lain yaitu, mempunyai berat yang ringan tetapi tidak mengurangi kekuatan dan kekakuan dari strukturnya. Adapun faktor yang mempengaruhi karakteristik komposit *sandwich* yaitu, jenis *matrik*, penguat (serat), *skin* dan orientasi *core* yang berbeda (Prayoga *et al.*, 2018).

#### Hand Lay-up

*Hand lay-up* merupakan proses manufaktur material komposit dengan cara melapisi serat ke bagian inti secara manual, proses pembuatannya cukup sederhana yaitu resin dituangkan menggunakan tangan ke dalam serat sebagai media pengikat antara serat dengan lapisan lain, kemudian meratakan resin menggunakan kuas agar melapisi semua bagian serat sekaligus memberikan tekanan agar mendapatkan hasil struktur yang sempurna. Pelapisan serat tersebut dilakukan sampai ketebalan yang diinginkan (Banowati *et al.*, 2022).

### 3D Printing

3D printing atau *Manufacturing additive* merupakan teknologi modern pembuatan suatu produk yang mulai dikembangkan, mesin cetak ini membuat suatu produk dengan hasil data berupa bentuk tiga dimensi berbasis FFF (*fused filament fabrication*). Keunggulannya sebagai mesin cetak yaitu dapat menghasilkan produk yang dirancang secara kompleks dan lebih detail. Proses kerjanya dengan cara menambahkan material yang telah difabrikasi secara berlapis. Aspek penting yang harus diperhatikan pada saat proses mencetak yaitu, orientasi pembuatan, diameter *nozzle*, kecepatan pencetakan, ketebalan lapisan dan suhu meja (Bonthu *et al.*, 2020).

### Pengujian Bending

Pengujian *bending* merupakan proses uji material dengan cara meletakkan benda uji ke mesin *bending*, prinsip kerjanya yaitu dengan memberikan penampang ke bagian ujung benda uji kemudian ditekan pada bagian yang sudah ditentukan. Hasil dari pengujian *bending* berupa data mengenai kekuatan lengkung material yang di uji. Cara ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan material komposit dan mengetahui keelastisan suatu produk yang diuji. Pengujian *bending* memiliki dua metode yaitu, *three point bending* dan *four point bending* (Utomo *et al.*, 2019).

Kekuatan Bending (*Flexural Stress*)

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

**Keterangan :**

$\sigma$  = Kekuatan bending (Mpa)  
P = Beban yang diberikan (N)

L = Panjang span (mm)  
b = Lebar spesimen (mm)  
d = Tebal spesimen (mm)

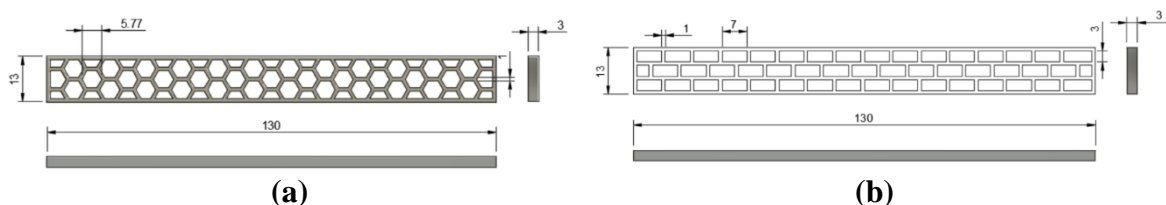
### Metode Penelitian

#### Rancangan Penelitian

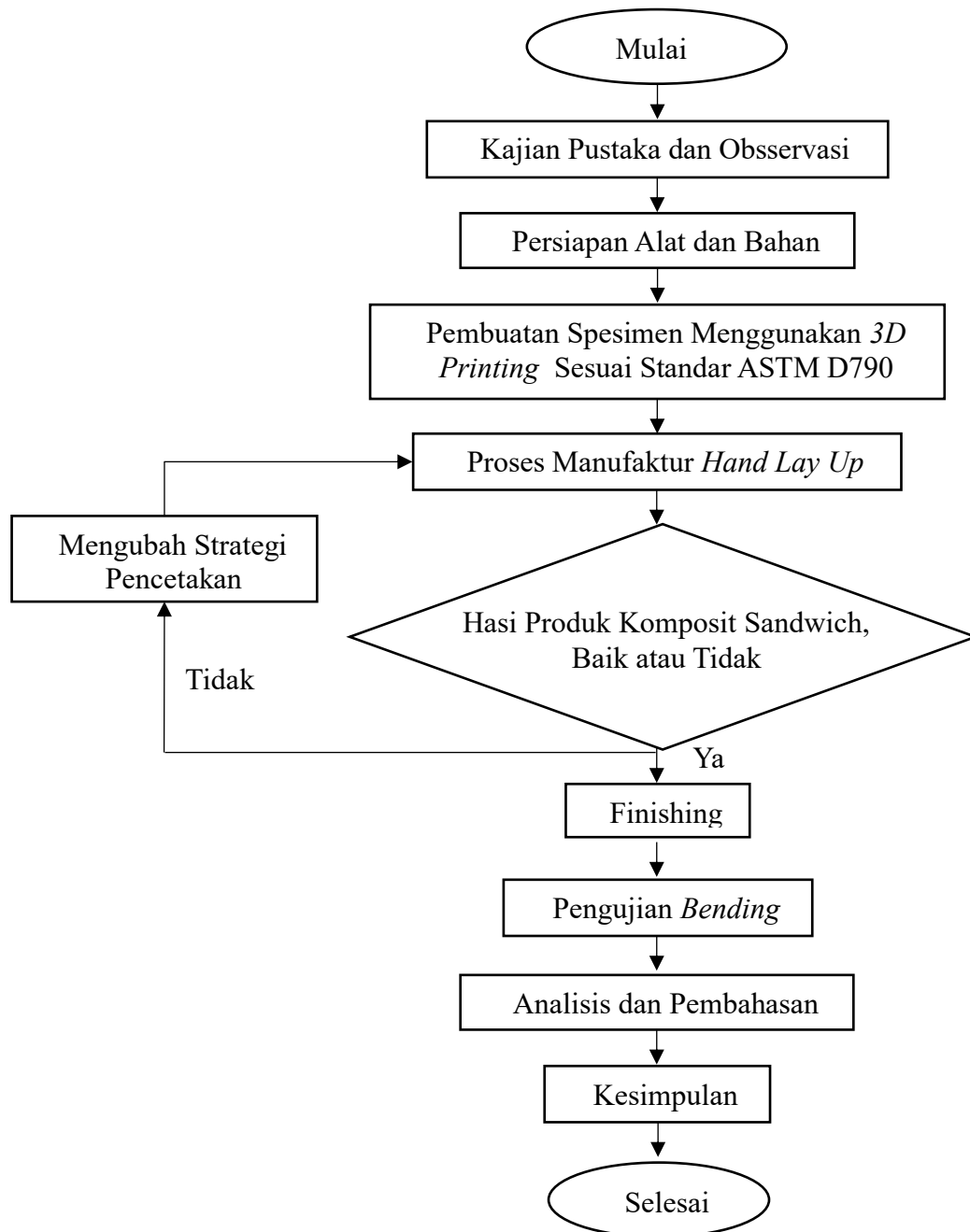
Langkah awal peneliti yaitu menentukan *requirement* yang dibutuhkan, kemudian setelahnya dilakukan pengujian bending guna mendapatkan data untuk dilakukan analisis terhadap kekuatan masing-masing material. Tahapan pembuatan produk spesimen dapat dilihat berurutan dan sistematis pada, Gambar 1. Diagram Alur Penelitian.

#### Desain Spesimen

Pada penelitian ini menggunakan aplikasi perangkat lunak Fusion360 untuk pembuatan desain secara manual. Pembuatan desain mengacu pada standar *American Society For Testing and Material* (ASTM) D790. Kemudian dilakukan proses *3D printing* untuk menghasilkan produk yang berupa bentuk tiga dimensi. Ada 2 variasi jenis desain *core* yang digunakan pada penelitian ini yaitu, *honeycomb* dan *rectangular* pada gambar 2 dibawah ini.



**Gambar 1. Desain Spesimen (a) honeycomb, (b) rectangular**



**Gambar 2. Diagram Alur Penelitian**

### **Tahapan Penelitian**

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Studi literatur mengenai pembahasan penelitian yang dilakukan yaitu konfigurasi struktur komposit *sandwich* dengan *3D printing*.
2. Memahami dan belajar praktek perangkat lunak secara langsung melalui aplikasi Fusion360.
3. Menentukan *requirement* yang memuat informasi mengenai komposit sandwich yang hendak dibuat.
4. Menentukan standar pengujian bending yang mengacu pada ASTM D790.
5. Pembuatan desain menggunakan aplikasi perangkat lunak Fusion360, terkait variasi desain yang digunakan meliputi bentuk *infill* pada bagian inti yaitu *honeycomb* dan *rectangular*.

6. Proses input data untuk dilakukan pembuatan spesimen dengan mesin 3D *printing*. Dalam hal ini ada beberapa aspek yang harus disesuaikan tergantung dari bahan yang digunakan seperti, suhu meja, kerapatan dan suhu *nozzle*.
7. Proses manufaktur, pada rangkaian ini semua komponen penyusun komposit *sandwich* digabungkan menjadi satu bagian utuh.
8. Melakukan pengujian bending guna mendapatkan data yang valid dari spesimen yang telah diujikan.

## Hasil dan Pembahasan

Spesimen berjumlah 8 buah, masing-masing 3 buah untuk variasi komposit *sandwich core honeycomb*, 3 buah komposit *sandwich* dengan variasi *rectangular* dan 2 buah *core* tanpa *skin* dengan 2 variasi seperti diatas. Pengujian spesimen sesuai standar ASTM D790 dengan pengujian *bending* menggunakan metode *three point bending* yang dilakukan di laboratorium pengujian bahan ITDA Yogyakarta. Berikut merupakan tabel perbandingan setelah dilakukan proses *hand lay-up*.

**Tabel 1. Perbandingan Spesimen Sebelum dan Setelah Hand Lay-up**

No.	Kode Spesimen	Berat Awal	Berat Akhir	Lebar Awal	Lebar Akhir	Tebal Awal	Tebal Akhir
1.	H1	3 gram	8,30 gram	13 mm	12,95 mm	3 mm	4,94 mm
2.	H2	3 gram	8,30 gram	13 mm	12,95 mm	3 mm	4,94 mm
3.	R1	3 gram	7 gram	13 mm	12,8 mm	3 mm	4,12 mm
4.	R2	3 gram	7 gram	13 mm	12,8 mm	3 mm	4,12 mm
5.	H	3 gram	3 gram	13 mm	13 mm	3 mm	3 mm
6.	R	3 gram	3 gram	13 mm	13 mm	3 mm	3 mm

## Analisis Kegagalan

Dari ketiga spesimen *core honeycomb* tersebut memiliki kegagalan struktur yang hampir sama. Produk spesimen mengalami kegagalan *core failure* yaitu kegagalan yang terjadi pada *core* komposit akibat beban *bending*, ketiga *core* spesimen terputus tetapi tidak sampai terpisah karena masih terdapat *skin* bagian atas yang masih menempel pada spesimen. Produk spesimen juga mengalami kegagalan *face yield* yang merupakan kerusakan pada bagian *skin* akibat beban *bending* yang diterima, pada ketiga spesimen bagian atas yang menerima beban *bending* pertama *skin* mengalami getas tetapi tidak putus, sedangkan pada bagian bawah *skin* terputus. Lebih jelasnya pada Gambar 3 dibawah ini.



**Gambar 1. Spesimen Komposit Core Honeycomb Setelah Diuji**

Ketiga spesimen uji *core rectangular* mengalami kegagalan struktur yang sama. Produk spesimen mengalami kegagalan *core failure* yaitu kegagalan yang terjadi pada *core* komposit akibat beban *bending*, ketiga *core* spesimen terputus tetapi tidak sampai terpisah karena masih terdapat *skin* bagian atas yang masih menempel pada spesimen. Produk spesimen juga mengalami kegagalan *face yield* yang merupakan kerusakan pada bagian *skin* akibat beban *bending* yang diterima, pada ketiga spesimen bagian atas yang menerima beban *bending* pertama *skin* mengalami getas tetapi tidak putus, sedangkan pada bagian bawah *skin* terputus. Lebih jelasnya pada gambar 4 dibawah ini.



**Gambar 2. Spesimen Komposit Core Rectangular Setelah Diuji**

Kedua variasi core spesimen uji mengalami kegagalan struktur yang sama. Produk core mengalami kegagalan *core failure* yaitu kegagalan yang terjadi pada core komposit akibat beban bending, kedua core mengalami kerusakan parah tetapi tidak sampai terpisah. Lebih jelasnya pada gambar 5 dibawah ini.



**Gambar 3. Core Honeycomb dan Rectangular Tanpa Skin Setelah Diuji**

#### Nilai Rata-rata Spesimen Terhadap Tegangan Bending

dapat dilihat pada tabel dibawah bahwa spesimen *core honeycomb* yang dapat menahan tegangan bending terbesar yaitu spesimen kode H2. Kemudian spesimen yang paling kecil menahan tegangan bending yaitu spesimen kode H1 dengan tegangan rata-rata 6,267Mpa.

**Tabel 2. Hasil Akhir Tegangan Bending Core Honeycomb**

Kategori	Jenis Spesimen	Tegangan Bending (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
Honeycomb	H1	6,267	8,499
	H2	10,732	

Kemudian pada tabel dibawah bahwa spesimen *core rectangular* yang dapat menahan tegangan bending terbesar yaitu spesimen kode R2. Kemudian spesimen yang paling kecil menahan tegangan bending yaitu spesimen kode R1 dengan tegangan rata-rata sebesar 9,06Mpa.

**Tabel 3. Hasil Akhir Tegangan Bending Core Rectangular**

Kategori	Jenis Spesimen	Tegangan Bending (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
Rectangular	R1	9,06	9,731
	R2	10,456	

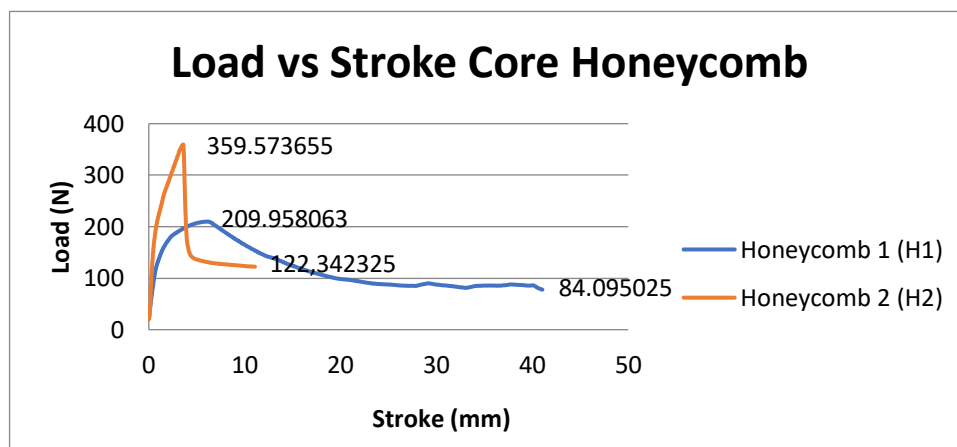
Tabel dibawah ini menunjukkan bahwa spesimen *core honeycomb* dapat menahan tegangan bending sebesar 3,875 Mpa dan spesimen *core rectangular* dapat menahan tegangan bending sebesar 5,301 Mpa dimana *core rectangular* lebih unggul.

**Tabel 4. Hasil Akhir Tegangan Bending Core Tanpa Skin**

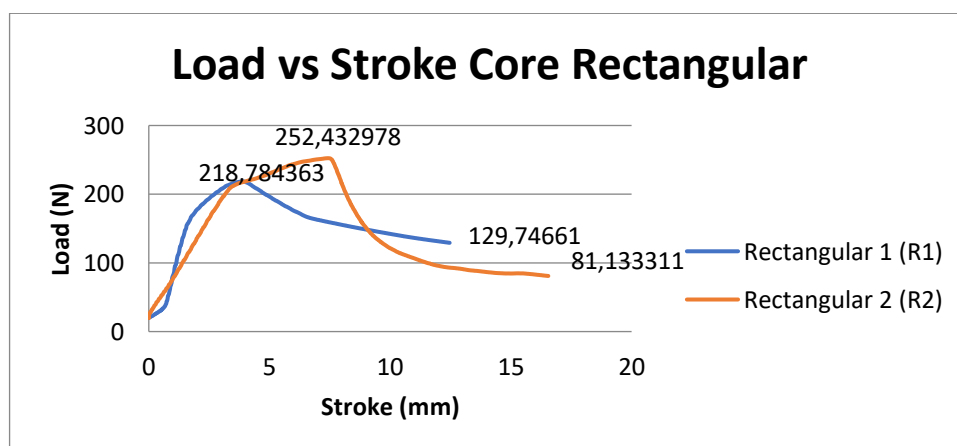
Kategori	Jenis Spesimen	Tegangan Bending (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
<i>Honeycomb</i>	H	3,875	3,875
<i>Rectangular</i>	R	5,301	5,301

**Nilai Rata-rata Spesimen Uji Terhadap Beban *Bending***

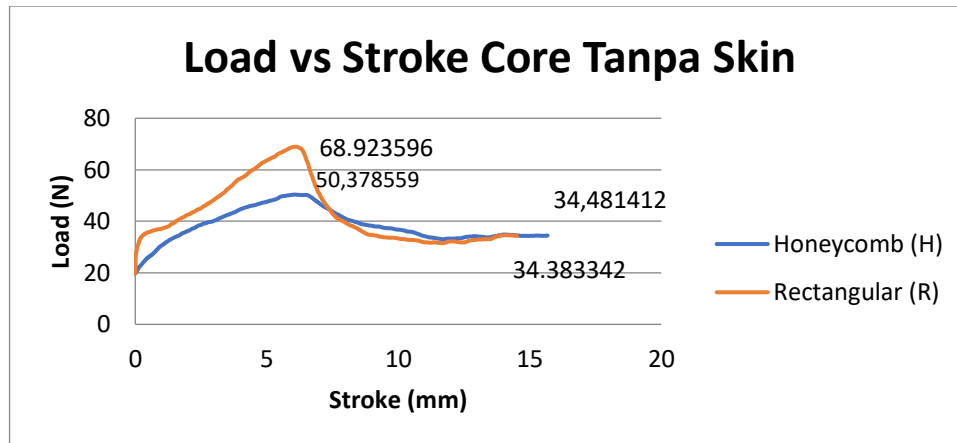
Pada gambar 6 *load vs stroke core honeycomb*, kekuatan maksimal terhadap beban *bending* tertinggi pada spesimen *honeycomb* 2 yaitu sebesar 359,573N dan beban *bending* terendah pada spesimen *Honeycomb* 1 yaitu 209,994N. Dari kedua spesimen yang telah diujikan, didapat nilai rata-rata beban *bending* sebesar 284,783N. Kemudian terdapat regangan masing-masing spesimen yaitu, H1 sebesar 84,095 mm, H2 sebesar 122,324 mm.

**Gambar 4. Grafik Gabungan Load vs Stroke Spesimen Core Honeycomb**

pada Gambar 4.7 *load vs stroke core rectangular*, kekuatan maksimal terhadap beban *bending* tertinggi pada spesimen *rectangular* 2 yaitu sebesar 252,432N dan beban *bending* terendah pada spesimen *rectangular* 1 yaitu 218,784N. Dari kedua spesimen yang telah diujikan, didapat nilai rata-rata beban *bending* sebesar 235,608N. Kemudian terdapat regangan masing-masing spesimen yaitu, R1 sebesar 129,746 mm, R2 sebesar 81,133 mm.

**Gambar 5. Grafik Gabungan Load vs Stroke Spesimen Core Rectangular**

Pada gambar 8 dibawah ini merupakan grafik *load vs stroke core* tanpa skin. Pada masing-masing variasi *core* memiliki nilai kekuatan *bending* yang berbeda. *Core* dengan variasi *honeycomb* mendapatkan beban *bending* sebesar 50,378N dan *core rectangular* mendapatkan beban *bending* sebesar 68,923N. kemudian terdapat regangan pada kedua variasi *core* yaitu, *core honeycomb* sebesar 34,481mm dan *rectangular* sebesar 34,383mm.



Gambar 6. Grafik Gabungan *Load vs Stroke* Spesimen Tanpa *Skin*

## Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan, diketahui kekuatan *bending* pada variasi *core honeycomb* memiliki nilai tertinggi pada spesimen kode H2 yaitu 10,732 Mpa dengan rata-rata kekuatan *bending* ketiga spesimen sebesar 8,499 Mpa. Sedangkan pada variasi *core rectangular* memiliki nilai tertinggi pada spesimen kode R2 yaitu 10,456 Mpa dengan rata-rata kekuatan *bending* ketiga spesimen sebesar 9,731 Mpa. Nilai tegangan *bending core honeycomb* 3,875 Mpa dan beban maksimal sebesar 50,378N sedangkan pada variasi *rectangular* didapatkan nilai tegangan *bending* 5,301 Mpa dan beban maksimal sebesar 68,923N. Bentuk variasi *core* diatas sangat berpengaruh terhadap beban *bending* maksimal yang dapat ditahan. Dengan ditambahkan *fiberglass* dan *matrik resin epoxy* sebagai bahan *skin* maka kekuatan spesimen terhadap beban *bending* akan meningkat dilihat dari data pengujian yang telah dilakukan.

## Daftar Pustaka

- Azzouz, L., Chen, Y., Zarrelli, M., Pearce, J. M., Mitchell, L., Ren, G., & Grasso, M. (2019). Mechanical properties of 3-D printed truss-like lattice biopolymer non-stochastic structures for sandwich panels with natural fibre composite skins. *Composite Structures*, 213(November 2018), 220–230. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.01.103>
- Banowati, L., Firdaus, M., & Hartopo, H. (2022). Analisis pengaruh jumlah layer skin pada komposit sandwich carbon fiber core kayu balsa terhadap karakteristik kekuatan bending dan kekuatan impact. *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 7. <https://doi.org/10.28989/senatik.v7i0.464>
- Bonthu, D., Bharath, H. S., Gururaja, S., Prabhakar, P., & Doddamani, M. (2020). 3D printing of syntactic foam cored sandwich composite. *Composites Part C: Open Access*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2020.100068>
- Khosravani, M. R., Frohn-Sörensen, P., Reuter, J., Engel, B., & Reinicke, T. (2022). Fracture studies of 3D-printed continuous glass fiber reinforced composites. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 119(November 2021), 103317. <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2022.103317>
- Prayoga, A., Eryawanto, B., & Hadi, Q. (2018). *PENGARUH KETEBALAN SKIN TERHADAP KEKUATAN BENDING DAN TARIK KOMPOSIT SANDWICH DENGAN HONEYCOMB POLYPROPYLENE SEBAGAI CORE* (Vol. 18, Issue 1).
- Putra, K. S., & Sari, U. R. (2018). Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup. *Seminar Nasional Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi 2018*, 1–6.
- Utomo, F. D., Widodo, R. D., & Yudiono, H. (2019). Pengaruh Variasi Anyaman Material Komposit Epoxy Berpenguat



- Bilahan Bambu Terhadap Kekuatan Bending. *Jurnal Inovasi Mesin*, 1(2), 23–26.  
<https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jim/article/view/40243>
- Yani, M., & Lubis, F. (2018). Pembuatan dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Komposit Diperkuat Serat Limbah Plastik Akibat Beban Lentutan. *Jurnal Ilmiah Mekanik Teknik Mesin ITM*, 4(2), 77–84.
- Zeng, C., Liu, L., & Bian, W. (2021). *komposit yang diperkuat serat 3D yang dicetak terus menerus dengan kemampuan memori bentuk*. 262.