

PENGARUH KETEBALAN SKIN KOMPOSIT SANDWICH KARBON FIBER DENGAN BAHAN NILON SEBAGAI CORE TERHADAP UJI BENDING MENGGUNAKAN METODE VACUUM INFUSION

Zulkifli Karim¹, Mochammad Basjir², Cepi Yazirin³

¹Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail : zulkiflikarim55@gmail.com

²Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail : m.basjir@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail : cepiyazirin10@unisma.ac.id

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang Jl.
Mayjend Haryono 193 Malang, Jawa Timur 65144, Indonesia

ABSTRAKSI

Komposit merupakan bahan yang terdiri dari dua atau lebih bahan penyusun yang masing-masing memiliki sifat berbeda yang dipadukan untuk menciptakan suatu material baru. Dalam penelitian ini menggunakan komposit *sandwich* yang terdiri dari *skin* yang berbahan karbon fiber dan *core* berbahan nilon dengan menggunakan metode pembentukannya yaitu *vacuum infusion*. Dalam penelitian ini, penulis memvariasikan ketebalan pada *skin* yaitu 2, 3, 4 lapis karbon fiber dengan dimensi *core* berdasarkan ASTM C393 dan bentuk dalam *core* berbentuk *honeycomb*. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan perbandingan ketebalan pada *skin* (karbon fiber) dan tanpa *skin* terhadap komposit dengan melalui pengujian *bending*. Hasil Pengujian didapatkan pengaruh ketebalan *skin* pada komposit *sandwich* dapat mempengaruhi nilai pada nilai kekakuan *bending*. Variasi dengan kode spesimen 4 lapis *skin* memiliki nilai kekakuan *bending* yang paling tinggi sebesar 317917,4 N/mm². Sedangkan perbandingan antara tanpa lapisan *skin* memiliki selisih kekakuan dengan selisih sebesar 197011,3 N/mm². Hasil pengujian *bending* pada spesimen komposit *sandwich* mengalami perubahan bentuk pada bagian tengah dan juga bagian *core* yang terpisah akibat dari pemberian beban yang melebihi batas maksimal.

Kata kunci: komposit *sandwich*, pengaruh ketebalan *skin*, karbon fiber, nilon, *vacuum infusion*, uji *bending*.

ABSTRACTION

Composites are materials consisting of two or more constituent materials, each of which has different properties, which are combined to create a new material. In this study, a sandwich composite consisting of skin made from carbon fiber and a core made from nylon was formed using the formation method, namely vacuum infusion. In this study, the authors varied the thickness of the skin, namely 2, 3, and 4 layers of carbon fiber with core dimensions based on ASTM C393 and the inner shape of the honeycomb core. The purpose of this study was to compare the thickness of the skin (carbon fiber) and the composite without skin through bending testing. Test results show that the effect of skin thickness on sandwich composites can affect the value of bending stiffness. The variation with the 4-layer skin specimen code has the highest bending stiffness value of 317917.4 N/mm². While the comparison between skin layers has a difference in stiffness of 197011.3 N/mm². The results of the bending test on the sandwich composite specimen showed a change in shape in the middle and also in the core, which was separated due to the application of a load that exceeded the maximum limit.

Keywords: *sandwich composite, effect of skin thickness, carbon fiber, nylon, vacuum infusion, bending test.*

I. Pendahuluan

Semakin berkembangnya teknologi,

jumlah permintaan meningkat sebagai akibat dari perkembangan teknologi saat ini. Dari

segi penggunaan material yang digunakan setiap hari maupun dalam ekonomi global, diperlukan bahan material baru akibat permintaan bahan saat ini. Beberapa bahan baru telah dibuat saat ini untuk digunakan, salah satunya yang memenuhi kebutuhan ini yaitu komposit.

Komposit merupakan bahan yang terdiri dari dua atau lebih bahan penyusun yang masing-masing memiliki sifat berbeda yang dipadukan untuk menciptakan suatu material baru. Keuntungan dan kerugian dari bahan sintetik dan alami telah digabungkan untuk menciptakan berbagai bahan komposit.

Komposit memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan bahan lainnya, yaitu lebih kuat, tahan korosi, hemat biaya, dan sebagainya. Faktor yang dapat mempengaruhi sifat mekanik pada komposit adalah bahan *core* serta dimensi dan bentuk *core*, skala serat, dimensi serat, penyesuaian serat, pemfokusan serat, dan distribusi serat¹.

aspek utama yang harus diperhitungkan saat membuat komposit *sandwich* yaitu proporsi matriks, pengisi, penguat, *skin*, dan *core*. Ketebalan *skin* dapat digunakan untuk mengilustrasikan perbandingan ini. Selain memiliki *skin* dan *core*, komposit *sandwich* juga harus memiliki perekat (*Adhesive*) yang sesuai yang dapat merekatkan antara *skin* dan *core* secara efektif dan mentransfer beban dari *skin* ke *core* untuk menghasilkan komposit *sandwich* dengan sifat mekanik yang baik.

Komposit dapat dibuat dengan menggunakan berbagai teknik, termasuk *vacuum infusion*, *vacuum bag*, dan *hand lay-up*. *Vacuum Infusion* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode pembuatan lainnya, termasuk pemanfaatan resin yang lebih baik. karena untuk mengurangi atau peluang lebih kecil kemungkinan terperangkapnya udara di dalam lapisan komposit². Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan teknik *vacuum infusion* untuk mendapatkan hasil spesimen yang lebih baik, untuk mengurangi jenis kegagalan pada

material komposit *sandwich* selama pengujian.

Untuk mengetahui pengaruh ketebalan *skin* pada komposit *sandwich* dengan *core* berbahan nilon dan *skin* berbahan karbon *fiber*, perlunya beberapa pengujian yang dilakukan agar dapat digunakan harus diuji terlebih dahulu. Untuk pengujian yang dilakukan adalah pengujian *bending*, tujuan *bending* untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji *bending* digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan dari spesimen komposit *sandwich* yang berbahan nilon sebagai *core* dan *skin* berbahan karbon *fiber*.

II. Tinjauan Pustaka

1. Komposit

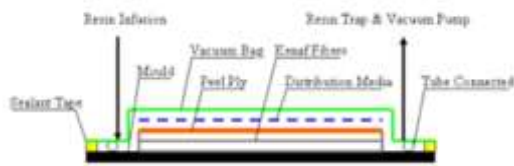
Menurut Nayiroh (2013), komposit adalah kategori baru dari bahan rekayasa yang terbuat dari dua atau lebih bahan yang berbeda satu sama lain dalam hal sifat kimia dan fisiknya dan terus ada sebagai entitas terpisah dalam bentuk akhir bahan komposit

2. Komposit *sandwich*

Komposit *sandwich* merupakan komposit yang terdiri dari *skin* dan *core* sebagai penyusun utamanya. untuk memper-erat ikatan *skin* dan *core* perlunya bahan tambahan yaitu *adhesive* (perekat). Lapisan inti (*core*) dapat berbentuk *foam*, *web* atau *truss*, dan *honeycomb*. Komposit dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi³.

3. Metode *Vacuum Infusion*

Dinur (2019), berpendapat *vacuum infusion* adalah bagian dari metode pembuatan material komposit. Proses *vacuum infusion* beroperasi dengan menggunakan tekanan yang masuk ke atmosfer sebagai alat penekanan dalam area pemvakuman.



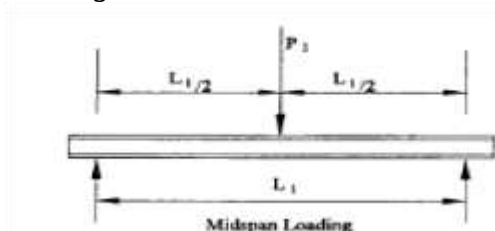
Gambar 1 Bagian Proses Vacuum Infusion

Proses *vacuum infusion* menggunakan satu jalur *input* dan *output* dan menggunakan tekanan tertentu. Tekanan sangat penting dalam proses ini, tetapi elemen lain juga penting, seperti *spiral tube* dan aliran media, untuk memastikan resin mengalir merata ke seluruh permukaan cetakan. Hasil pemvakuman permukaan spesimen yang dibuat akan lebih halus dan ketebalan yang sama⁵

4. Uji Bending

Uji *bending* akan melibatkan pembebanan yang berada pada titik tengah benda yang ditahan oleh dua penyangga kiri dan kanan. Deformasi terjadi pada material yang diuji ketika terkena beban melebihi batas maksimal. Jenis dan pembebanan dapat menentukan kekuatan *bending* yang diberikan²

- Pengujian Spesimen dengan *Three Point Bending*.



Gambar 2 bending Three Point

Pada panel komposit *sandwich*, uji *bending* dengan tekukan tiga titik yang dilakukan. Rumus berikut digunakan untuk menentukan hasil spesimen setelah dilakukan pengujian *bending* yaitu:

A. Luas Penampang Komposit

$$A_{sandwich} = A_{skin} + A_{core}$$

B. Momen Inersia Komposit

$$I_{sandwich} = 2 \cdot I_{skin \text{ atas}} + 2 \cdot I_{skin \text{ samping}} + I_{Core}$$

C. Modulus Elastisitas Komposit

$$Eb = \frac{P \times L^3}{48 \times \delta \times I_{sandwich}}$$

D. Kekakuan Spesifik

$$D_{spesifik} = Eb \cdot I$$

Keterangan:

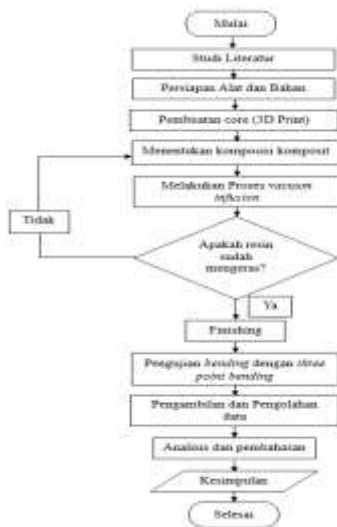
- A_{skin} = Luas Penampang *shell* (mm)
- A_{core} = Luas Penampang *Core* (mm)
- $A_{sandwich}$ = Luas Penampang *Infill* (mm²)
- I_{core} = Momen Inersia *Core* (mm)
- $I_{skin \text{ atas}}$ = Momen Inersia *Skin* atas (mm)
- $I_{skin \text{ samping}}$ = Momen Inersia *Skin* Samping (mm)
- $I_{sandwich}$ = Momen inersia *sandwich* (mm⁴)
- Eb = Modulus Elastisitas *Bending* (MPa)
- P = Beban yang diberikan (N)
- L = Jarak dua penyangga (mm)
- D = Kekakuan (N/mm²)
- δ = Defleksi (mm)

III. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan metode *vacuum infusion* (VI) untuk membuat material komposit *sandwich* dengan menggunakan tekanan rendah untuk mengatur jalannya resin menjadi lamina. Tujuan dari metode ini adalah untuk menguji gelembung udara yang terperangkap dalam kelebihan resin dalam material komposit.

1. Variabel bebas pada penelitian ini adalah pengaruh ketebalan *skin* komposit *sandwich* 2, 3, 4, dan tanpa lapisan *skin* komposit terhadap material komposit *sandwich*.
2. Variabel terikat pada penelitian ini adalah hasil dari pengujian *bending* komposit *sandwich* dengan *skin* berbahan karbon *fiber* dan *core* berbahan nilon.
3. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah :
 - 1) Dimensi *core* tebal 10 mm, lebar 38 mm, panjang 110 mm.
 - 2) Campuran Matriks dengan perbandingan 100:1 gr.

3) Proses *vacuum infusion*.

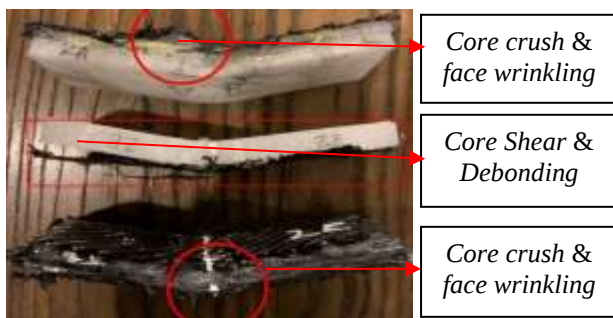


Gambar 3 flowchart

IV. Analisa dan Pembahasan

4.1 Analisa Bentuk Kegagalan yang Terjadi Pada Spesimen Sandwich

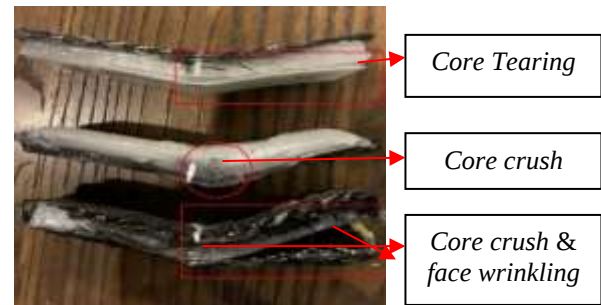
Berikut analisa dan pembahasan spesimen yang mengalami bentuk kegagalan akibat uji *bending*.



Gambar 4 Bentuk Kegagalan Pada spesimen 2 lapis Skin

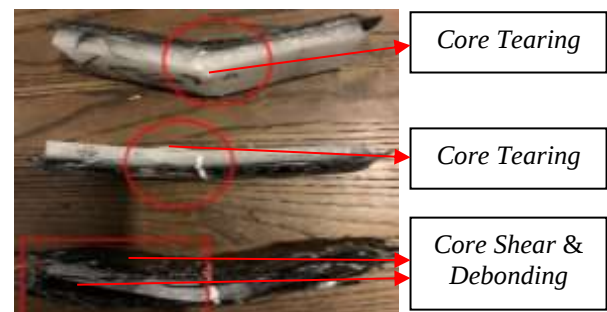
Gambar 4 menunjukkan jenis kegagalan yang terjadi pada komposit sandwich dengan 2 lapis *skin* akibat menerima beban *bending*. Pada kode 2.A dan 2.C mengalami *core crush* akibat menerima beban maksimal yang melebihi batas maksimal yang membuat perubahan bentuk pada bagian tengah spesimen komposit sandwich, dan juga diikuti dengan *face wrinkling* yang terjadi pada bagian *skin* yang disebabkan oleh beban serta kurang support dari *core* karena dimensi *core* yang berlebihan. Sedangkan untuk spesimen uji

dengan kode 2.B mengalami *core shear* akibat pemberian beban yang membuat perubahan bentuk pada komposit sandwich dan juga diikuti oleh *debonding* yang mengakibatkan *skin* terlepas dari ikatan *core*.



Gambar 5 bentuk kegagalan pada spesimen 3 lapis skin

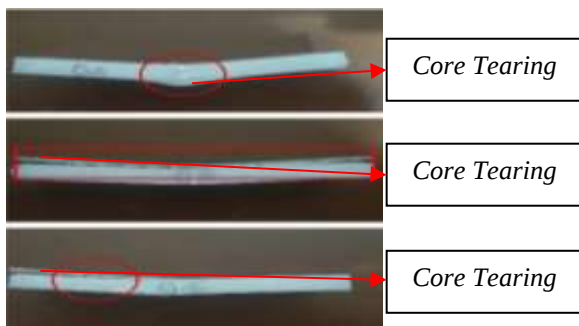
Gambar 5 menunjukkan jenis kegagalan komposit sandwich dengan 3 lapis *skin* akibat menerima beban *bending*. Pada kode 3.A mengalami *core tearing* yang mengakibatkan bagian *core* terlepas akibat gaya gesek. Pada kode 3.B dan 3.C mengalami *core crush* akibat menerima beban *bending* yang melebihi batas maksimal yang mengakibatkan perubahan bentuk pada bagian tengah spesimen, dan juga pada spesimen 3.C mengalami kegagalan *debonding* yang mengakibatkan perubahan bentuk pada bagian tengah akibat menerima beban melebihi batas maksimal yang menyebabkan *skin* terlepas dari ikatan *core*.



Gambar 6 Bentuk Kegagalan pada Spesimen 4 Lapis Skin

Gambar 6 menunjukkan jenis kegagalan komposit sandwich dengan 3 lapis *skin* akibat menerima beban *bending*. Pada kode 4.A mengalami *core tearing* yang mengakibatkan bagian *core* mengalami pecah pada bagian tengah akibat gaya gesek. Pada kode 4.B

mengalami mengalami *core tearing* juga yang mengakibatkan bagian *core* yang terlepas akibat gaya gesek 4.C mengalami *core crush* akibat menerima beban *bending* yang melebihi batas maksimal yang mengakibatkan perubahan bentuk pada bagian tengah spesimen, dan juga diikuti oleh *debonding* yang mengakibatkan perubahan bentuk pada bagian tengah akibat menerima beban melebihi batas maksimal yang menyebabkan *skin* terlepas dari ikatan *core*.



Gambar 7 Bentuk Kegagalan pada spesimen Tanpa Lapisan Skin

Gambar 7 menunjukkan jenis kegagalan komposit *sandwich* dengan 3 lapis *skin* akibat menerima beban *bending*. Pada kode 4.A mengalami *core tearing* yang mengakibatkan bagian *core* mengalami pecah pada bagian tengah akibat gaya gesek. Pada kode 4.B mengalami mengalami *core tearing* juga yang mengakibatkan bagian *core* yang terlepas akibat gaya gesek 4.C mengalami *core crush* akibat menerima beban *bending* yang melebihi batas maksimal yang mengakibatkan perubahan bentuk pada bagian tengah spesimen, dan juga diikuti oleh *debonding* yang mengakibatkan perubahan bentuk pada bagian tengah akibat menerima beban melebihi batas maksimal yang menyebabkan *skin* terlepas dari ikatan *core*.

4.2 Pembahasan



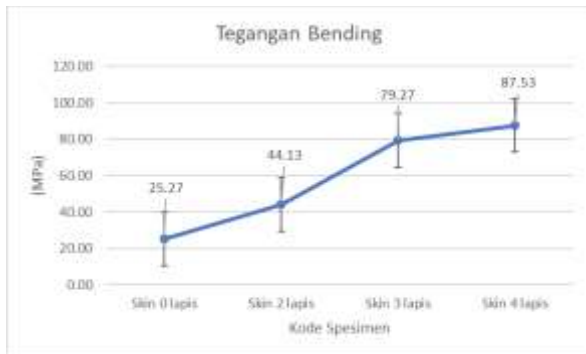
Gambar 8 Grafik Tanpa Skin dan Dengan Skin Beban Bending Maksimum

Pada gambar 8 menunjukkan grafik beban *bending* maksimum tertinggi berada pada spesimen yang ditambahkan *skin* komposit *sandwich* di bandingkan dengan tanpa lapisan *skin* komposit. Pada grafik diatas spesimen dengan nilai beban *bending* maksimum tertinggi berada pada kode spesimen *skin 3* lapis dengan nilai sebesar 1193,14 N. Dapat disimpulkan dengan penambahan lapisan *skin* pada komposit *sandwich* sangat mempengaruhi terhadap nilai *bending*, semakin banyak ketebalan yang diberikan maka semakin tinggi nilai beban *bending* yang dihasilkan. Namun *skin 3* lapis ke *skin 4* lapis mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena pada saat proses pemvakuman berlangsung, kadar dari campuran matriks mungkin tidak sesuai karena, semakin banyak ketebalan yang diberikan maka seharusnya semakin banyak juga kadar matriksnya yang harus ditambahkan.



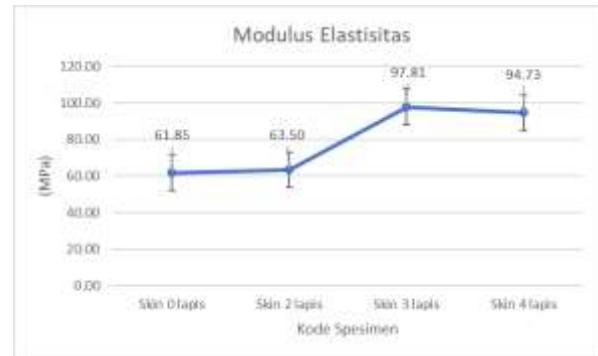
Gambar 9 Grafik Tanpa Skin dan Dengan Skin Terhadap Luas Penampang.

Pada gambar 9 menunjukkan grafik luas penampang pada saat mengalami deformasi akibat pemberian beban dalam bentuk lengkungan. Pada grafik diatas nilai luas penampang tertinggi berada pada kode spesimen 4 lapis *skin* dengan nilai sebesar 207,84 mm². Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak ketebalan yang diberikan pada komposit *sandwich* maka nilai pada luas penampang akan semakin tinggi.



Gambar 10 Grafik Tanpa *Skin* dan Dengan *Skin* Terhadap Tegangan *Bending*.

Pada gambar 10 menunjukan grafik tegangan *bending* sebelum terjadinya deformasi pada saat sebelum spesimen mengalami terjadinya gaya tarik dan tekan akibat beban *bending*. Pada grafik di atas nilai tertinggi tegangan *bending* berada pada kode spesimen *skin* 4 lapis dengan nilai sebesar 87,53 MPa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi ketebalan, semakin tinggi nilai tegangan *bending* akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karna nilai pada tanpa lapisan *skin* yang tergolong kecil dibandingkan dengan menambahkan ketebalan pada *skin* komposit yang seiring ditambahkan nilai tegangan *bending* yang semakin naik dan juga pengaruh dari kombinasi antara bahan karbon sebagai *skin* dan nilon sebagai *core* yang memiliki kombinasi yang sempurna karna karbon *fiber* memiliki sifat kekuatan yang tinggi, sedangkan nilon yang memiliki sifat elastisitas sehingga dapat mempengaruhi nilai tegangan *bending*.



Gambar 11 Grafik Tanpa *Skin* Dan Dengan *Skin* Modulus Elastisitas Pada Saat Mengalami *Deformasi*.

Pada gambar 11 menunjukan grafik modulus elastisitas sesudah melewati tegangan *bending* dan terjadinya deformasi sebelum mencapai beban maksimum pada saat proses uji *bending* berlangsung. Pada grafik diatas menunjukan nilai tertinggi modulus elastisitas berada pada kode spesimen 3 lapis *skin* dengan nilai sebesar 97,81 MPa. Dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan lapisan *skin* pada komposit *sandwich* sangat mempengaruhi terhadap nilai *modulus elastisitas* karena, semakin banyak ketebalan yang diberikan maka semakin tinggi nilai modulus elastisitas yang dihasilkan. Namun *skin* 3 lapis ke *skin* 4 lapis mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena pada saat proses pemvakuman berlangsung, kadar dari campuran matriks mungkin tidak sesuai karena, semakin banyak ketebalan yang diberikan maka seharusnya semakin banyak juga kadar matriksnya yang harus ditambahkan.



Gambar 12 Grafik Tanpa *Skin* Dan Dengan *Skin* Kekakuan *Bending* Spesifik.

Pada gambar 12 menunjukan semakin banyak ketebalan yang diberikan maka nilai

dari kekakuan *bending* akan semakin tinggi. Dapat dilihat pada grafik nilai kekakuan *bending* tertinggi berada pada kode spesimen 4 lapis skin dengan nilai sebesar 317917,4 N/mm². Sedangkan spesimen tanpa lapisan *skin* memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 120906,2 N/mm². Hal ini disebabkan karena nilai pada tanpa lapisan *skin* yang tergolong kecil dibandingkan dengan ditambahkan ketebalan pada *skin* komposit *sandwich* yang seiring ditambahkan maka nilai kekakuan *bending* yang semakin naik dan juga pengaruh dari kombinasi antara bahan karbon *fiber* sebagai *skin* dan nilon sebagai *core* yang memiliki kombinasi yang sempurna karna karbon *fiber* memiliki sifat kekuatan yang tinggi, sedangkan nilon yang memiliki sifat elastisitas yang baik sehingga dapat mempengaruhi nilai kekakuan *bending*.

v. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan penelitian pada tugas akhir ini, dan berdasarkan rumusan masalah yang, ada, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan ketebalan *skin* berbahan karbon *fiber* dan *core* berbahan nilon sangat memberikan dampak pada komposit *sandwich*, karena nilon yang memiliki sifat elastisitas dan karbon *fiber* yang memiliki sifat kekuatan yang tinggi sehingga bisa mampu mendapatkan nilai *bending* yang semakin tinggi. Namun untuk kegagalan yang sering terjadi adalah kegagalan pada *core* yang mengalami perubahan bentuk pada bagian tengah dan juga bagian *core* yang terpisah akibat dari pemberian beban yang melebihi batas maksimal.
2. Pengaruh ketebalan *skin* pada komposit *sandwich* dapat mempengaruhi nilai pada nilai kekakuan *bending*. Variasi dengan kode spesimen 4 lapis *skin* memiliki nilai kekakuan *bending* yang paling tinggi sebesar 317917,4 N/mm². Sedangkan perbandingan antara tanpa lapisan *skin* memiliki selisih kekakuan dengan selisih sebesar 197011,3 N/mm².

Setelah hasil dan pembahasan sudah disimpulkan, maka Adapun saran dalam penelitian ini adalah:

1. Pada saat cetakan *core* menggunakan mesin 3D *print* dengan bahan nilon sebaiknya melakukan proses *driyer* terlebih dahulu agar tidak terjadi *delaminasi* terhadap spesimen *core*.
2. Sebelum dimulai proses pemvakuman, maka harus mencoba lebih dahulu untuk mengetahui apakah ada kebocoran selama proses *vacuum infusion*.
3. Setiap universitas harus memiliki laboratorium khusus yang berfokus pada material komposit agar mahasiswa dapat lebih fokus pada tugas akhir mereka dan mengembangkan material komposit.

Daftar Pustaka

1. Nayiroh N. *Teknologi Material Komposit*. Vol 4. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim; 2013:88-100.
2. Prayoga A, Eryawanto B, Hadi Q. Pengaruh Ketebalan Skin Terhadap Kekuatan Bending dan Tarik Komposit Sandwich dengan Honeycomb Polypropylene sebagai Core. *J Tek Mesin*. 2018;18(1):23-28.
3. Ardiyanto P. Analisa Pengaruh Ketebalan Inti (Core) Polyurethane Terhadap karakteristik Thickness Effect Of Polyurethane Foam Core On The Flexural Behavior Of Composite Sandwich Material. *F Teknol industri*. Published online 2014:1-58. <https://repository.its.ac.id/63178/1/2109100130>
4. Dinur R. Proses Pembuatan Produk Komposit Sandwich Vacuum Infusion. *Univ Islam Indones*. Published online 2019. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/14242>
5. Hidayat S. Aplikasi perangkat vacuum infusion untuk pembuatan komponen berbahan komposit. *Inst Teknol Nas - Bandung*. Published online 2020:12-20. <http://eprints.itenas.ac.id/id/eprint/838>