

# PENGARUH KETEBALAN DAN JENIS MATERIAL 3D PRINTED CORE TERHADAP KEKAKUAN BENDING KOMPOSIT SANDWICH SKIN SERAT KARBON

**Muhammad Ridlwan, Abdi Haritz Pratama**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta, 55584, Indonesia  
Email: ridlwanm@uii.ac.id

## Abstrak

Komposit adalah material yang tersusun dari dua jenis atau lebih material rekayasa yang secara fisik masih dapat dibedakan antar material penyusunnya. Komposit sandwich tersusun dari material bagian tengah sebagai core, serta material komposit pada bagian atas dan bawah sebagai skin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketebalan core dan jenis material core terhadap kekakuan bending komposit sandwich yang digabungkan dengan material ABS dan nylon dengan metode vacuum infusion. Material yang digunakan sebagai core dibuat menggunakan Fused Filament Fabrication (FFF) 3D Printing dengan bahan ABS dan nylon dengan infill pattern honeycomb densitas 20%. Hasil pengujian bending menunjukkan bahwa menunjukkan bahwa kekuatan bending pada spesimen yang ditambahkan lapisan komposit sandwich memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada spesimen tanpa lapisan komposit. Selain itu, semakin tebal core komposit sandwich nilai kekakuan bendingnya semakin tinggi

**Kata kunci:** 3D printed core; carbon fiber; kekuatan bending; komposit sandwich

## Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini memerlukan banyak penelitian untuk memenuhi kebutuhan material yang memiliki sifat kuat, kaku, dan ringan, yang diperlukan berbagai bidang seperti industri, teknologi, otomotif, konstruksi, dan sebagainya. Salah satu material yang dapat memenuhi kriteria tersebut adalah material komposit. Komposit adalah material yang tersusun dari dua jenis (atau lebih) material rekayasa yang secara fisik masih dapat dibedakan antar material penyusunnya. Material komposit memiliki keunggulan kekuatan tarik spesifik yang tinggi (*strength-to-weight ratio*), yaitu rasio antara kekuatan tarik dengan beratnya (Prayoga, 2018). Komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu struktur lapisan dan struktur *sandwich*. Komposit *sandwich* merupakan komposit yang tersusun dari *core* pada bagian tengah, sedangkan bagian atas dan bawahnya disebut *skin* (Setiyawan et al., 2020), seperti pada Gambar 1. Komposit *sandwich* memiliki keunggulan kekakuan spesifik (*specific rigidity*) yang tinggi, yaitu perbandingan antara kekakuan (*rigidity*) terhadap berat yang tinggi. *Rigidity* adalah sifat kekakuan gabungan antara kekakuan (*stiffness*) material yang ditunjukkan oleh nilai modulus elastisitasnya dengan kekakuan bentuk yang ditunjukkan oleh nilai momen inersia *bending* penampang. Hal ini membuat material ini digunakan pada banyak sektor seperti teknologi ruang angkasa, penerbangan dan automotif (Marsono et al., 2021).

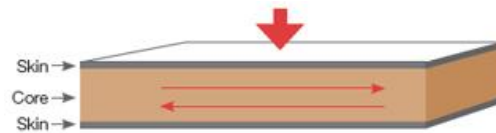
Proses fabrikasi material komposit yang digunakan pada industri adalah *vacuum bagging*, *hand lay-up*, dan *vacuum infusion*. Pada proses *vacuum infusion*, resin terhisap tekanan vakum, mengalir mengisi cetakan komposit yang tertutup oleh plastik *bag*. Tekanan atmosfer dapat memberikan tekanan merata pada cetakan komposit sehingga dapat menghasilkan *part* dengan sifat mekanik yang lebih baik dan juga *resin waste* yang lebih sedikit (Utomo & Drastiawati, N. S, 2021). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketebalan dan jenis material *core* terhadap sifat kekakuan *bending* komposit *sandwich* yang dibuat menggunakan metode *vacuum infusion*. *Core* dibuat menggunakan proses *Fused Filament Fabrication* (FFF), atau lebih dikenal dengan istilah proses 3D Printing FDM (*Fused Deposition Modeling*), sedangkan *skin* yang digunakan adalah serat karbon.

## Tinjauan Pustaka

PMC (*Polymer Matrix Composite*), seperti GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*) dan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*), merupakan material polimer yang diperkuat serat-serat penguat yang memiliki sifat mekanik lebih tinggi, seperti serat kaca dan serat karbon. *Epoxy* adalah salah satu jenis matriks yang biasa digunakan dalam pembuatan komposit. Resin *epoxy* biasa dipadukan dengan serat gelas, serat karbon, dan boron grafit. *Epoxy* merupakan suatu kopolimer yang terdiri dari resin dan *hardener*. Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai

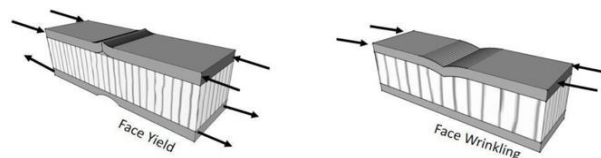
pendek pada kedua ujung dengan kelompok epoksida. *Epoxy* resin dihasilkan dari reaksi antara *epiklorohidrin* dan *bisphenol-A*. *Hardener* terdiri dari monomer *polyamine*, contohnya *triethylenetetramine* (Teta). Ketika senyawa ini dicampur bersama, kelompok amina bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen, sehingga polimer yang dihasilkan menjadi kaku dan kuat.

*Core* adalah bagian dari komposit *sandwich* yang berfungsi untuk meningkatkan nilai momen inersia bending penampangannya. Bahan *core* dengan tingkat kekakuan atau nilai modulus elastisitas yang rendah dapat mengurangi kekakuan komposit *sandwich*. Selain itu, *core* seharusnya mempunyai densitas rendah sehingga menghasilkan komposit *sandwich* yang ringan (Hidayat et al., 2016). *Honeycomb sandwich structure* memiliki kekakuan lentur dan puntir (*bending and torsional stiffness*) tinggi dengan bobot yang ringan, sehingga memiliki rasio kekakuan struktur terhadap berat (*stiffness-to-weight ratio*) yang lebih tinggi.

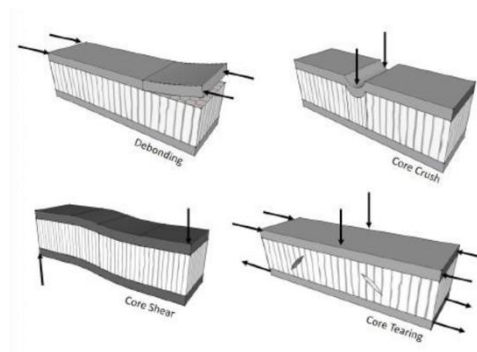


Gambar 1. Susunan komposit *sandwich*.

Pengujian *bending* merupakan proses pembebanan terhadap material pada titik ditengah-tengah material yang ditahan dua tumpuan kanan dan kiri. Pada saat mengalami beban *bending*, bagian atas spesimen mengalami beban tekan, sedangkan bagian bawah akan mengalami beban tarik. Material komposit memiliki kekuatan tekan lebih tinggi daripada kekuatannya tarik (Adriansyah, 2021). Dalam aplikasi rekayasa, komposit *sandwich* mengalami berbagai macam beban mekanik, seperti misalnya beban tekan, tarik, lentur, geser dan puntir. Terkadang, beban yang dialami melebihi beban pada awal perancangan, sehingga menyebabkan terjadinya kegagalan pada material ini. Menurut (Petras, 2008) berikut kegagalan yang terjadi pada komposit *sandwich*:



Gambar 2. Beberapa modus kegagalan *skin* pada komposit *sandwich*



Gambar 3. Beberapa modus kegagalan *core* pada komposit *sandwich*

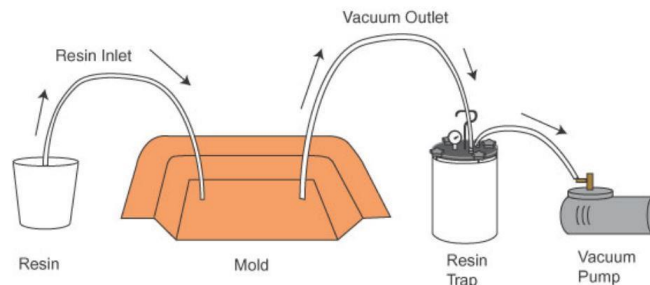
Pada kegagalan *skin* komposit *sandwich* yang pertama, Gambar 2, yaitu *face yield* terjadi ketika tegangan normal melebihi tegangan luluh material *skin*. Jika material *skin* bersifat getas, maka kegagalan *face yield* kemungkinan besar terjadi pada *skin* bagian atas karena lebih kritis terhadap tegangan tekan. Jenis kegagalan berikutnya adalah *face wrinkling* yaitu fenomena *buckling* yang terjadi pada *skin* atas akibat tegangan tekan dan kurangnya support dari *core* karena dimensi struktur *core* yang terlalu longgar (densitas rendah).

Pada kegagalan *core*, Gambar 3, terdapat empat jenis kegagalan pertama adalah kegagalan *debonding* yaitu kegagalan yang terjadi karena lapisan *skin* terlepas dari *core*. Berikutnya, kegagalan *core crush* yaitu kegagalan yang terjadi akibat deformasi pada bagian tengah *core*. Untuk kegagalan *core shear* bentuk kegagalan yang terjadi

adalah *core* terdeformasi dalam arah vertikal akibat beban geser. Sedangkan untuk kegagalan *core tearing* jenis kegagalan yang terjadi adalah *core* patah akibat kombinasi tegangan normal dengan tegangan geser (Fadhyl, 2022).

### Metode Penelitian

Pada penelitian ini spesimen komposit *sandwich* dibuat menggunakan metode *vacuum infusion*, yaitu metode manufaktur untuk membuat material komposit memanfaatkan tekanan vakum agar resin akan mengalir mengisi cetakan komposit. Selain itu, tekanan atmosfer di luar cetakan memberikan tekanan merata pada cetakan komposit, sehingga dapat menghasilkan produk komposit yang memiliki kehalusan permukaan pada kedua sisinya. Skema proses *vacuum infusion* bisa dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Proses *vacuum infusion*.

Sebelum melakukan proses *vacuum infusion*, dilakukan pembuatan *core* menggunakan mesin 3D printing dengan bentuk sesuai dengan standar pengujian *bending* ASTM C393. Spesimen uji *bending* dibuat dengan menggunakan material ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), dengan *infill honeycomb* 20%, *layer thickness* 0,2 mm, temperatur *bed* 95 °C, temperatur *nozzle* 265 °C, kecepatan printing 43%. Sedangkan untuk bahan Nylon digunakan *infill honeycomb* 20%, *layer thickness* 0,2 mm, suhu *bed* 70 °C, suhu *nozzle* 235 °C, *speed* 60%.

### Hasil dan Pembahasan

Pembuatan spesimen komposit *sandwich* dengan resin epoksi dan *hardener* yang telah selesai kemudian dilakukan pengujian *three point bending* ASTM C393.

Tabel 1. Hasil pengujian *bending* spesimen menggunakan *skin*.

No.	Variasi Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	Defleksi (mm)	Tegangan Bending (MPa)
1	A5_0	4,99	50,04	0,08	23,67	16,37
2	A5_1	5,60	52,10	0,55	22,27	85,84
3	A5_2	5,50	52,50	0,65	10,20	104,37
4	A5_3	5,60	50,60	0,59	14,11	94,81
5	A10_0	9,91	49,82	0,25	12,83	13,03
6	A10_1	10,80	51,10	0,88	10,67	37,65
7	A10_2	11,08	50,40	1,40	7,31	57,70
8	A10_3	10,40	52,88	1,47	8,88	65,54
9	N5_0	5,47	50,54	0,19	47,72	32,04
10	N5_1	6,70	53,30	0,86	16,86	91,66
11	N5_2	5,70	55,10	0,46	21,36	65,52
12	N5_3	5,80	53,20	0,44	22,21	62,69
13	N10_0	10,57	50,68	0,57	14,56	25,67
14	N10_1	11,10	57,16	1,12	11,41	40,55
15	N10_2	11,10	56,20	1,19	15,97	43,82
16	N10_3	10,50	56,10	1,24	12,58	51,12

#### Keterangan:

A5\_0 = ABS *core* 5 mm tanpa Komposit

A5\_1 = ABS *core* 5 mm pertama

A5\_2 = ABS *core* 5 mm kedua

A5\_3 = ABS *core* 5 mm ketiga

A10\_0 = ABS *core* 10 mm tanpa komposit

A10\_1 = ABS *core* 10 mm pertama

A10\_2 = ABS *core* 10 mm kedua

A10\_3 = ABS *core* 10 mm ketiga

N5\_0 = Nylon *core* 5 mm tanpa komposit

N5\_1 = Nylon *core* 5 mm pertama

N5\_2 = Nylon *core* 5 mm kedua

N5\_3 = Nylon *core* 5 mm ketiga

N10\_0 = Nylon *core* 10 mm tanpa komposit

N10\_1 = Nylon *core* 10 mm pertama

N10\_2 = Nylon *core* 10 mm kedua

N10\_3 = Nylon *core* 10 mm ketiga

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa beban maksimal tertinggi yang diterima oleh spesimen pada kode A10\_3 yaitu 1,47 kN, untuk defleksi maksimal tertinggi pada spesimen dengan kode N5\_0 yaitu 47,72 mm, dan tegangan *bending* tertinggi pada spesimen dengan kode A5\_2 sebesar 104,37 MPa.

Tabel 3. Hasil perhitungan bending spesimen menggunakan skin.

No	Kode Spesimen	Berat Awal	Berat Akhir	Lebar Awal	Lebar Akhir	Tebal Awal	Tebal Akhir
		(g)	(g)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	A5_1	19,45	49,1	50	52,1	4,8	5,6
2	A5_2	19,46	42,52	50,02	52,5	4,7	5,5
3	A5_3	19,46	39,91	50,02	50,6	4,99	5,6
4	A10_1	30,45	48,88	50	51,1	9,95	10,8
5	A10_2	30,45	87,99	49,9	50,4	9,92	11,08
6	A10_3	30,46	82,03	49,6	52,88	9,92	10,4
7	N5_1	29,75	59,6	50,5	53,3	5,47	6,7
8	N5_2	29,74	45,8	50	55,1	5,45	5,7
9	N5_3	29,74	44,36	50,4	53,2	5,45	5,8
10	N10_1	47,57	59,91	50,6	57,16	10,57	11,1
11	N10_2	47,57	63,29	50,6	56,2	10,55	11,1
12	N10_3	47,58	59,59	50,65	56,1	10,55	10,5

Pada Tabel 2, dapat dilihat perubahan dimensi dan juga berat dari spesimen sebelum dan sesudah dilapisi oleh komposit *sandwich* dengan metode *vacuum infusion*. Terlihat kode spesimen A5\_1 berat awal sebelum *vacuum infusion* sebesar 19,45 gr dan setelah dilakukan proses *vacuum infusion* menjadi 49,1 gr. Terlihat juga pada Tabel 2 beberapa spesimen mengalami kenaikan berat yang sangat signifikan seperti pada spesimen A10\_2 dimana berat awal sebesar 30,45 gr dan berat akhir setelah dilakukan *vacuum infusion* sebesar 87,99 gr. Hal ini disebabkan oleh masuknya epoksi kedalam rongga *infil core* pada saat proses *vacuum infusion* yang menyebabkan kenaikan berat yang sangat signifikan dari berat awal dan juga membuat spesimen menjadi getas.

Untuk menghitung nilai kekakuan dan kekakuan spesifik spesimen menggunakan persamaan dibawah ini.

$$D = E.I = \frac{P.L^3}{48.\delta} \quad (1)$$

$$D_{\text{spesifik}} = D / w \quad (2)$$

Dari data yang didapat melalui pengujian *bending*, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung kekakuan *bending*, dan kekakuan *bending* spesifik dari tiap kode spesimen dengan menggunakan persamaan (1), (2).

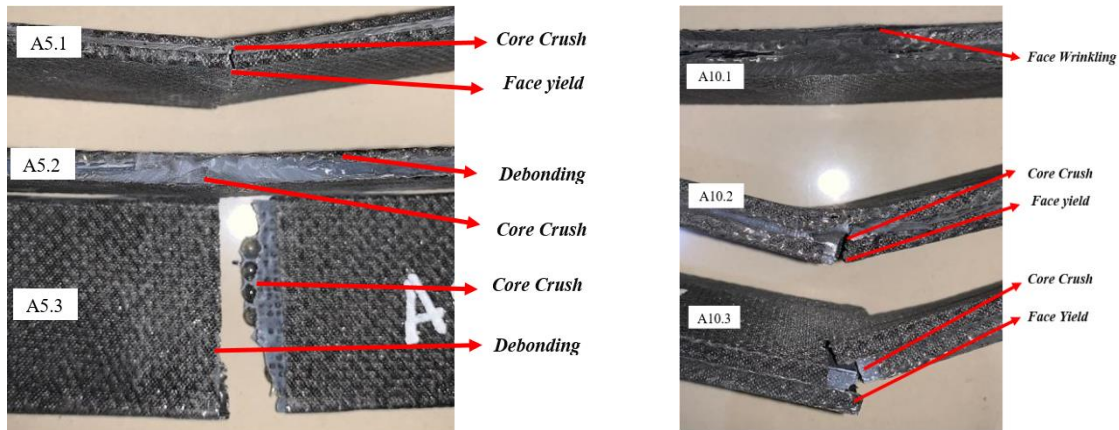
Tabel 3. Perhitungan hasil perhitungan kekakuan bending.

Kode	Beban Bending (N)	Tegangan Bending (MPa)	Modulus Elastisitas Bending (MPa)	Kekakuan Bending (N.mm <sup>2</sup> )	Kekakuan Bending Spesifik (N.mm <sup>2</sup> /g)
A5	620,00	99,57	9.391,66	5.220.862	119.079
A10	880,00	37,65	3.182,08	8.441.580	172.700
N5	450,00	64,09	3.717,72	2.114.270	46.900
N10	1180,00	45,55	4.252,23	10.069.021	168.519
A5_0	80,00	16,37	1.125,59	345.937	17.776
A10_0	250,00	13,03	1.401,46	1.994.430	65.455
N5_0	190,00	32,04	914,53	407.529	13.703
N10_0	570,00	25,67	2.007,19	4.006.996	84.198

Pada Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan beban *bending*, tegangan *bending*, modulus elastisitas, kekakuan *bending*, dan kekakuan *bending* spesifik dari spesimen yang telah dilakukan pengujian *three point bending*. Dapat dilihat bahwa spesimen komposit *sandwich* dengan kekakuan *bending* tertinggi yaitu spesimen N10 yaitu 10.069.021 N.mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk spesimen tanpa komposit *sandwich* dengan kekakuan *bending* tertinggi yaitu spesimen N10\_0 yaitu 4.006.996 N.mm<sup>2</sup>.

### Analisis Modus Kegagalan Pengujian Bending

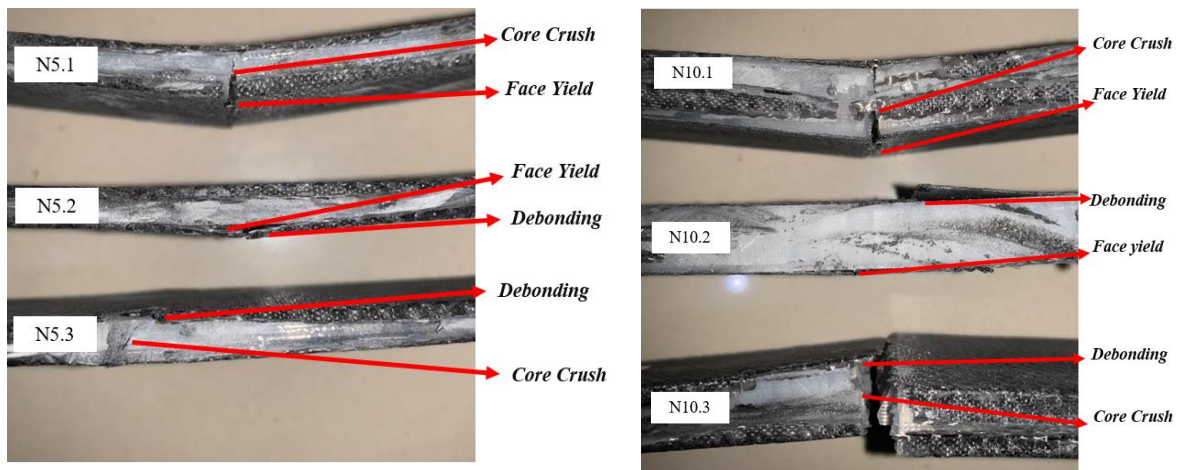
Kegagalan komposit *sandwich* adalah kerusakan yang terjadi pada komposit *sandwich* pada saat dikenai beban yang melampaui kekuatannya. Berdasarkan hasil pengujian dari 16 spesimen komposit *sandwich* yang diuji, umumnya spesimen mengalami kegagalan *face yield* dimana kegagalan ini terjadi pada *skin* komposit *sandwich* yang relatif tipis terhadap tebal *core*. Kegagalan ini dapat menyebabkan penurunan kekuatan *bending* secara drastis.



Gambar 5. Bentuk kegagalan komposit sandwich ABS.

Pada Gambar 5, dapat dilihat modus kegagalan dari spesimen komposit sandwich dengan core ABS 5 mm mengalami kegagalan akibat beban *bending*. Pada spesimen A5.1 mengalami kegagalan *core crush* yang diikuti dengan kegagalan *face yield*. Pada kegagalan spesimen A5.1 mengalami kegagalan *face yield* dimana kegagalan ini terjadi pada *skin* komposit sandwich yang relatif tipis terhadap tebal *core*. Kegagalan ini dapat menyebabkan penurunan kekuatan *bending* secara drastis. Pada spesimen A5.2 mengalami kegagalan *debonding* yang diikuti dengan kegagalan *core crush* dimana pada *core* terjadi retakan tetapi tidak sampai patah. Sedangkan spesimen A5.3 mengalami kegagalan *core crush* yang diikuti dengan kegagalan *debonding*.

Pada spesimen A5.3 *core* terbelah menjadi dua bagian hal ini dikarenakan epoksi yang masuk pada saat proses *vacuum infusion* menyebabkan spesimen menjadi getas dan patah. Pada spesimen A10.1 mengalami kegagalan *face wrinkling* yaitu fenomena *buckling* yang terjadi pada *skin* atas akibat tegangan tekan dan kurangnya *support* dari *core*, karena lemahnya struktur *core*. Pada spesimen A10.2 mengalami kegagalan *core crush* yang diikuti dengan kegagalan *face yield* dimana *core* sudah patah tetapi tidak sampai terbelah dan *skin* bagian bawah yang sudah putus menyebabkan penurunan kekuatan *bending*. Sedangkan spesimen A10.3 mengalami kegagalan *core crush* yang diikuti dengan kegagalan *face yield*. Pada spesimen A10.2 dan 10.3 terdapat epoksi yang masuk hal ini dapat menyebabkan *core* menjadi getas.

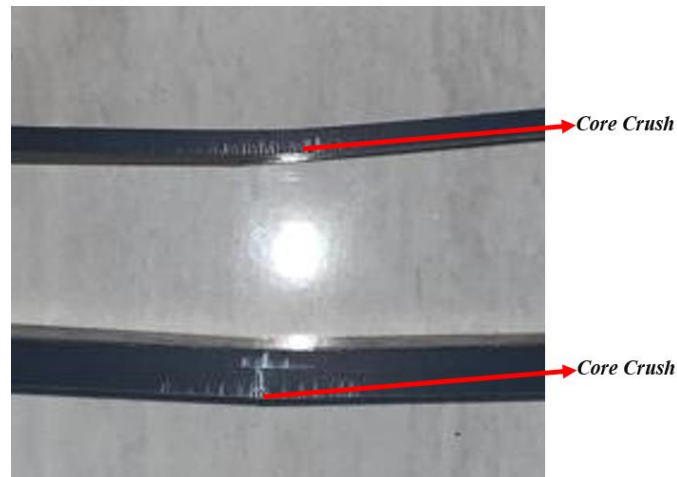


Gambar 6. Spesimen komposit sandwich core nylon.

Pada Gambar 6, dapat dilihat modus kegagalan dari spesimen komposit sandwich dengan core nylon 5 mm mengalami kegagalan akibat beban *bending*. Pada spesimen N5.1 mengalami kegagalan *core crush* yang diikuti kegagalan *face yield*. Pada spesimen N5.1 *core* mengalami patah tetapi tidak sampai terbelah menjadi dua bagian dan *skin* bagian bawah mengalami kegagalan *face yield* dimana *skin* bagian bawah mengalami gagal akibat tegangan tarik sehingga menjadi putus. Pada spesimen N5.2 mengalami kegagalan *face yield* dimana *skin* bagian bawah putus akibat tidak mampu menahan beban tarik kemudian diikuti dengan kegagalan *debonding* dimana ikatan antar *skin* dan *core* yang tidak terlalu kuat. Sedangkan spesimen N5.3 mengalami kegagalan *core crush* yang diikuti dengan kegagalan *debonding*. Modus kegagalan dari spesimen komposit sandwich dengan core nylon 10 mm mengalami kegagalan akibat beban *bending*.



Pada spesimen N10.1 mengalami kegagalan *core crush* dimana *core* patah dan hampir terbelah menjadi dua bagian kemudian diikuti kegagalan *face yield* pada *skin* bawah yang putus. Pada spesimen N10.2 mengalami kegagalan *debonding* pada *skin* atas yang sedikit terlepas dari *core* karena ikatan antara *core* dan *skin* tidak kuat kemudian diikuti dengan kegagalan *face yield* pada *skin* bawah yang putus. Sedangkan spesimen N10.3 mengalami kegagalan *debonding* yang diikuti dengan kegagalan *core crush* dimana *core* terbelah menjadi dua bagian. Hal ini disebabkan karena *core* bersifat getas akibat epoksi yang masuk ke dalam *infill core*.



Gambar 7. Kegagalan *core crush* pada komposit *sandwich nylon*.

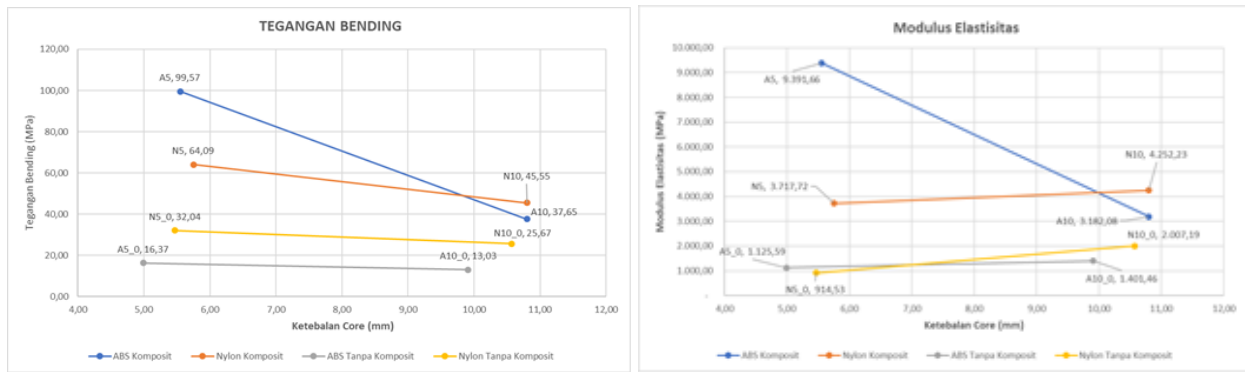


Gambar 8. Spesimen *core ABS* tanpa komposit.

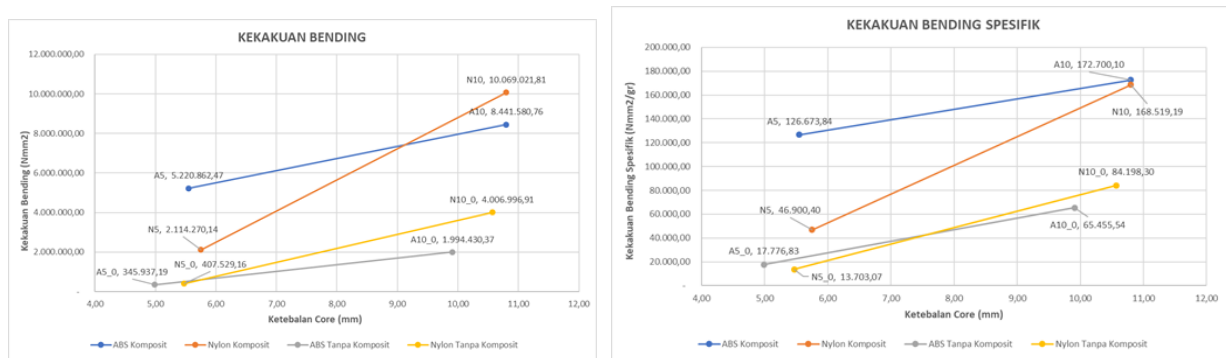
Pada Gambar 8, dapat dilihat modus kegagalan dari spesimen *core ABS* tanpa komposit mengalami kegagalan akibat beban *bending*. Pada spesimen *core* 5 mm mengalami kegagalan *core crush*. Pada spesimen *core* 10 mm mengalami kegagalan *core crush*. Kegagalan *core crush* diakibatkan oleh *core* yang tidak mampu menahan beban yang diberikan sehingga *core* menjadi patah. Modus kegagalan dari spesimen *core* Nylon tanpa komposit mengalami kegagalan akibat beban *bending*. Pada spesimen *core* 5 mm mengalami kegagalan *core shear*. Pada kegagalan ini *core* tidak mengalami patah tetapi mengalami perubahan bentuk. Modus kegagalan dari spesimen *core* nylon tanpa komposit mengalami kegagalan akibat beban *bending*. Pada spesimen *core* 10 mm mengalami kegagalan *core crush*. Pada kegagalan ini *core* patah dan terbelah menjadi dua bagian diakibatkan *core* tidak mampu menahan beban yang diberikan sehingga spesimen sampai patah.

### Pembahasan

Dapat dilihat pada Gambar 9, menunjukkan bahwa tegangan *bending* pada spesimen yang dilapisi komposit memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada spesimen tanpa lapisan komposit. Semakin tebal *core* tidak membuat nilai tegangan *bending*nya menjadi semakin tinggi. Nilai tegangan *bending* tertinggi berada pada spesimen A5 yaitu 99,57 MPa. Sedangkan untuk spesimen tanpa lapisan komposit nilai tertinggi berada pada N5 dengan nilai 32,04 MPa.



Gambar 9. Tegangan bending dan modulus elastisitas.



Gambar 10. Grafik perbandingan kekakuan *bending* dan kekakuan *bending* spesifik.

Pada Gambar 10, menunjukkan semakin tebal *core* maka nilai kekakuan bendingnya menjadi tinggi. Dapat dilihat kekakuan *bending* tertinggi berada pada spesimen N10 yaitu 10.069.021 N.mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk spesimen tanpa lapisan komposit tertinggi berada pada spesimen N10 yaitu 4.006.996 N.mm<sup>2</sup>. Kekakuan *bending* spesifik dengan nilai tertinggi berada pada spesimen A10 dengan nilai 172.700 N.mm<sup>2</sup>/g. Sedangkan nilai kekakuan *bending* spesifik tertinggi spesimen tanpa lapisan komposit tertinggi berada pada N10\_0 dengan nilai 84.198 N.mm<sup>2</sup>/g. Hal ini disebabkan oleh massa nylon yang lebih berat daripada ABS sehingga nilai kekakuan spesifik ABS lebih tinggi dibandingkan dengan nylon.

**Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan nilai kekakuan bending tertinggi pada material *core* ABS + komposit didapatkan pada ketebalan *core* 10 mm. Pada material *core* nylon + komposit nilai kekakuan *bending* tertinggi didapatkan pada ketebalan *core* 10 mm. Nylon tanpa komposit nilai kekakuan bending lebih besar dari pada ABS tanpa komposit. Nilai kekakuan bending spesifik spesimen dengan komposit tertinggi berada pada spesimen A10. Sedangkan untuk spesimen tanpa komposit nilai kekakuan bending spesifik tertinggi berada pada spesimen N10\_0. Hal ini dipengaruhi karena pada material *core* nylon lebih berat dibandingkan dengan ABS.

Hasil penggabungan spesimen ABS + komposit *sandwich* dan nylon + komposit *sandwich* dengan metode *vacuum infusion* memiliki perbedaan dimensi setelah dilakukan komposit *sandwich*, yaitu berat spesimen uji rata-rata pada material ABS bertambah berat 20 gram, lebar spesimen rata – rata bertambah 1 mm dan tebal specimen rata-rata bertambah 0,7 mm. Sedangkan untuk material nylon + komposit *sandwich* berat bertambah sebesar 13 gram, lebar spesimen rata – rata bertambah 3 – 4 mm dan tebal rata – rata spesimen bertambah 0,2 mm.

**Daftar Pustaka**

Adriansyah, Y. I. (2021). "Analisis Uji Bending Komposit Sandwich yang Digabungkan 3D Printing". <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/30579>

Fadhyl Olivianes, (2022). "Analisis Pengaruh Jumlah Lapisan Skin Pada Komposit Sandwich Terhadap Uji Bending Menggunakan Metode Vacuum Infusion". Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

- Hidayat, A., Yudo, H., Manik, P., & Perkapalan, T. (2016). "Analisa Teknis Komposit Sandwich Berpenguat Serat Daun Nanas dengan Core Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut Ditinjau dari Kekuatan Tekuk dan Impak". 1, 9.
- Marsono, M., Ali, A., & Luwis, N. (2019). "Karakteristik Mekanik Panel Honeycomb Sandwich Berbahan Komposit Fibreglass dengan Dimensi Cell-Pitch 40 mm dan Cell-Height 30 mm". *Rekayasa Hijau : Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.26760/jrh.v3i2.3144>
- Marsono, M., Anggraeni, N. D., & Faisal, F. A. (2021). "Kaji Eksperimental Sifat Mekanik Honeycomb Sandwich Komposit Serat Karbon dengan Uji Bending". *METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*, 5(2), 114–125. <https://doi.org/10.25077/metal.5.2.114-125.2021>
- Mutasiana, H. R. (2014). "Pengaruh Variasi Ketebalan Core terhadap Karakteristik Bending Komposit Sandwich Serat Cantula dengan Core Honeycomb Kardus Tipe A-Flute". *Jurnal Nodel*, 2(3), Article 3. <https://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/ptm/article/view/8134>
- M.Yani, Suroso, B., & Rajali, R. (2019). "Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik". *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 74–83. <https://doi.org/10.30596/rmme.v2i1.3071>
- Petras, A., (1998), *Design of Sandwich Structures*, A Dissertation, Cambridge University Engineering Department, UK
- Prayoga, A. (2018). "Pengaruh Ketebalan Skin Terhadap Kekuatan Bending dan Tarik Komposit Sandwich dengan Honeycomb Polypropylene Sebagai Core". 18(1), 6.
- Setiyawan, D., Respati, S. M. B., & Dzulfikar, M. (2020). "Analisa Kekuatan Komposit Sandwich Karbon Fiber Dengan Core Styrofoam Sebagai Material Pada Model Pesawat Tanpa Awak (Uji Tarik & Uji Bending)". *Majalah Ilmiah MOMENTUM*, 16(1), Article 1. <https://doi.org/10.36499/jim.v16i1.3345>
- Utomo, W. B. & Drastiawati, N. S. (2021). "Pengaruh Variasi Jenis Core, Temperatur Curing dan Post-Curing Terhadap Karakteristik Bending Komposit Sandwich Serat Karbon dengan Metode Vacuum Infusion". 09, 10.