

ANALISIS KEKUATAN FISIK KOMPOSIT KARBON SANDWICH HONEYCOMB CHASIS MOBIL HEMAT ENERGI TIPE PROTOTYPE**Muhammad Dzulfikar, Ryando Lumbanraja*, SM. Bondan Respati,**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim

Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

*Email: dzulfikar@unwahas.ac.id

Abstrak

Material sasis dirancang agar dapat memiliki bobot yang ringan tetapi mempunyai nilai kekuatan dan aku seperti komposit. Sifat bahan demikian dapat diperoleh dengan struktur sandwich. Konstruksi ini diterapkan ketika diharapkan kekakuan bending yang memadai dengan berat yang relatif ringan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui densitas, nilai tegangan tarik, nilai tegangan bending, patahan makro untuk diterapkan pada sasis mobil KMHE tipe prototype dengan beban tekan $0,005 \text{ N/cm}^2$. Metode penelitian dengan menggunakan tiga jenis spesimen dengan perbedaan jumlah lapisan karbon, densitas dan variasi ketebalan, dimana spesimen 1, 2, 3 berturut-turut mempunyai 1 lapisan; densitas $0,26 \text{ g/cm}^2$; tebal $0,9 \text{ cm}$, 2 lapisan; densitas $0,27 \text{ g/cm}^2$; tebal $1,1 \text{ cm}$, 3 lapisan; densitas $0,25 \text{ g/cm}^2$; tebal $1,3 \text{ cm}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen 1 dan 3 memiliki densitas yang sama namun nilai tegangan tarik dan bending berbeda. Hasil pengujian tarik menunjukkan nilai tegangan tarik spesimen 1, 2, 3 berturut-turut adalah 359 kg/cm^2 ; 620 kg/cm^2 ; 634 kg/cm^2 . Hasil pengujian bending spesimen 1, 2, 3 berturut-turut adalah 71 kg/cm^2 ; 120 kg/cm^2 ; 159 kg/cm^2 . Hasil pengambilan foto makro menunjukkan bahwa patahan yang terjadi adalah patahan getas. Dari pengujian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa spesimen yang paling sesuai untuk dijadikan sasis adalah spesimen 3 dikarenakan tingkat densitasnya yang rendah namun dapat menopang beban lebih besar daripada spesimen 1 dan spesimen 2.

Kata kunci: chassis, komposit, sandwich, serat karbon.

PENDAHULUAN

Bahan konstruksi seperti untuk sasis dibutuhkan bahan yang ringan setara dengan aluminium atau lebih ringan daripada aluminium tetapi tetap kuat dan kaku seperti komposit. Sifat bahan demikian diperoleh dengan struktur sandwich. Material karbon komposit sandwich merupakan perpaduan antara 2 atau lebih material secara makroskopis. Prinsip struktur sandwich adalah menggabungkan kulit komposit dengan modulus elastisitas tinggi dengan core komposit yang ringan sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat tetapi ringan. Penguat berupa serat, sedangkan matriks berupa resin yang berfungsi menggabungkan penguat. (Middleton, 1998).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Rifki Nugraha, Wahyu Wijanarko, dan Putu Suwarta dengan judul "Analisa Karakteristik Bending Komposit Sandwich Dengan Variasi Ketebalan Inti (core) Epoxy" di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dengan 3 variasi ketebalan

core dan disimpulkan jika tegangan bending komposit sandwich dengan core epoxy semakin menurun dengan seiring penambahan tebal core epoxy. Disebabkan oleh perbedaan dimensi core yang menyebabkan perbedaan penerimaan tegangan skin atas dan bawah.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Nuryawan (2017) dengan judul "Komposit Sandwich Berpenguat Serat Hybrid Pada Skin Dan Core Ber matrik Poliester" di Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dengan menggunakan variasi tebal core 10 mm , 20 mm , 30 mm , 40 mm , dan 50 mm . Ukuran sampel produk adalah panjang 300 mm dan lebar 150 mm dengan ketebalan sesuai standar pengujian. Pembuatan komposit dengan metode cetak (Press Mold) dan dengan matrik pada skin dan core adalah resin under saturated polyester 157 BQTN EX dan hardener metyl etyl keton peroksida (MEKPO) 1%. Pengujian komposit sandwich dengan foto makro, uji bending dengan standar ASTM C 393-00. Dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan bending komposit hybrid sandwich

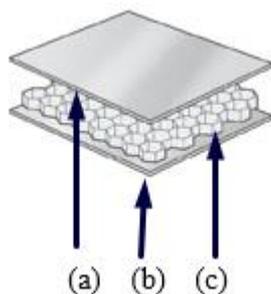
pada variasi ketebalan *core* 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm, dan 50 mm dengan variasi fraksi volume 30%, 40% dan 50% menggunakan standar ASTM C 393-00 dan mengamati pola kegagalan yang terjadi dengan foto makro. Hasil dari penelitian tersebut didapat kekuatan *bending* komposit *hybrid sandwich* meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume serbuk dan penambahan ketebalan *core*.

LANDASAN TEORI

Spesifikasi regulasi merupakan dasar acuan dalam mendesain. Regulasi ini berdasarkan regulasi teknis pada lomba Kontes Mobil Hemat Energi 2018 yang terlampir pada laporan ini. Kategori jenis kendaraan adalah *prototype* dengan bahan bakar listrik. Pada pasal 26 mengenai regulasi dimensi mobil kelas *prototype* yang mengilustrasikan seperti pada Gambar 2.1

Dalam perkembangannya, teknologi *body* dan rangka kendaraan dibuat secara terpisah (*composite body*) namun terdapat juga *body* dan rangka yang dibuat menyatu (*monocoque body* atau *integral body*) terutama pada kendaraan sedan. Dalam hal ini, akan dibuat sasis komposit *sandwich* monocoque. (Gunadi, 2004)

Komposit *sandwich* merupakan material yang tersusun dari tiga material atau lebih yang terdiri dari plat sebagai *skin* dan *core* pada bagian tengahnya. Terdapat beberapa variasi definisi dari komposit *sandwich*, tetapi faktor utama dari material tersebut adalah *core* yang ringan, sehingga memperkecil *densitas* dari material tersebut serta kekakuan dari lapisan *skin* yang memberikan kekuatan pada komposit *sandwich*. (Hadi, 1994).

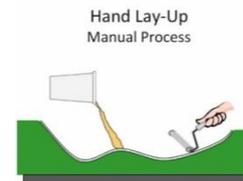


Gambar 1. Struktur komposit *sandwich*,

- a. *Upper skin*
- b. *Lower skin*
- c. *Core*

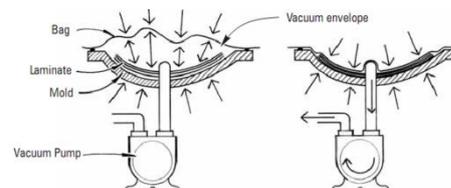
(Venkata, 2005)

Proses cetakan terbuka merupakan metoda sederhana dalam fabrikasi material komposit dengan menggunakan cetakan yang terbuka. Proses fabrikasi lebih mudah untuk dilakukan dibandingkan dengan proses cetakan tertutup dan memiliki biaya yang lebih murah. Terdapat beberapa jenis proses cetakan terbuka yaitu proses *hand lay-up*, proses *vacuum bag* dan *spray-up*.



Gambar 2. Metode *hand lay-up*

Hand lay-up atau *contact molding* adalah proses yang paling tua dan paling mudah untuk membentuk plastik yang diperkuat serat. Serat dan resin ditempatkan pada cetakan dan udara yang terperangkap dihilangkan dengan alat penyapu atau *roller*. Pada proses *vacuum bag* digunakan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada dalam wadah tempat diletakkannya komposit yang akan dilakukan proses pencetakan, ditunjukkan Gambar 2 berikut.



Gambar 3. Proses *vacuum bag*

Pada *pressure bag* memiliki kesamaan dengan metode *vacuum bag*, namun cara ini tidak memakai pompa vakum tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu wadah elastis wadah elastis ini yang akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan proses. *Spray-up* merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks ekonomis dari *hand lay-up*. Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fiber*) yang telah melewati tempat pemotongan (*copper*). Sementara resin yang

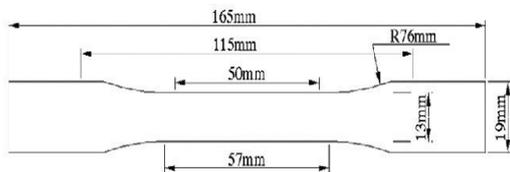
telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan wadah tempat pencetakan *spray-up* telah disiapkan sebelumnya (Akay, 2015).

Proses cetakan tertutup merupakan proses penyempurnaan dari proses cetakan terbuka dan memiliki hasil yang lebih baik namun proses ini membutuhkan biaya yang mahal serta proses ini lebih sulit dibandingkan metoda proses cetakan terbuka. Terdapat beberapa jenis proses cetakan tertutup yaitu proses cetakan tekan, *injection molding* dan *continuous Pultrusion*.

METODE PENELITIAN

Secara umum, prosedur pelaksanaan dari pembuatan sampai pengujian spesimen sebagai berikut menentukan dan menyiapkan bahan dan alat yang akan digunakan, membuat cetakan untuk spesimen, proses manufaktur, proses pemotongan spesimen sesuai dengan standar pengujian, melakukan pengujian spesimen, pengambilan data berdasarkan hasil pengujian.

Pengujian *Densitas* dilakukan pengukuran berat spesimen dan perhitungan volume yang nantinya akan dijadikan acuan untuk menghitung *densitas* material pengujian. Pengukuran berat dilakukan dengan menggunakan timbangan digital, untuk menghitung volume menggunakan data dari panjang x lebar x tebal spesimen uji. Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong. Pengujian tarik dibentuk berdasarkan standar ASTM D638. Ukuran pola standar uji ASTM D638 ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Ukuran Spesimen ASTM D638

Spesimen pengujian *Bending* dalam penelitian ini dibentuk berdasarkan standar ASTM C 393. Dimana spesimen uji *Bending* memiliki dimensi sebagai berikut:

- Panjang = 100 mm
- Lebar = 30 mm
- Tebal = Sesuai komposit yang dibuat

Foto Makro

Pengambilan foto makro ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan bentuk patahan/kegagalan dari spesimen komposit akibat uji tarik dan uji *Bending*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Densitas komposit core honeycomb

Pengujian massa menggunakan timbangan digital dengan dimensi panjang x lebar x tinggi adalah 18 cm x 20 cm x tebal pada masing-masing spesimen yaitu 0.9 cm, 1,1 cm; 1,3 cm.

Tabel 1. Massa dan volume Spesimen

Lapisan	Luas (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat (g)
1 lapisan	360	324	84
2 lapisan	360	396	108
3 lapisan	360	468	120

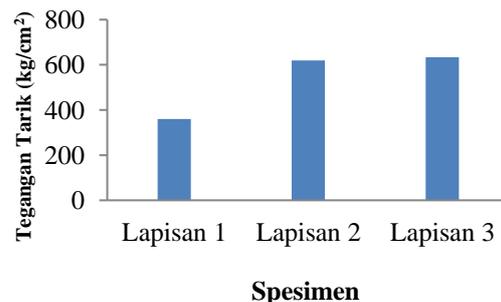
Dari tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa *densitas* spesimen bervariasi dipengaruhi proses pembuatan dan bertambahnya lapisan *sandwich* bagian atas yaitu 0,26 g/cm³ untuk 1 lapisan atas, 0,27 g/cm³ untuk 2 lapisan atas, 0,26 g/cm³ untuk 3 lapisan atas.

Tabel 2. Densitas spesimen

Jumlah Lapisan	Densitas (g/cm ³)
1	0.23
2	0.30
3	0.33

Pengujian Tarik

Hasil Pengujian tarik disajikan pada Gambar 6 dan tabel3.



Gambar 6. Diagram Tegangan Tarik

L_0 = Panjang mula-mula = 165 mm
 W_0 = Lebar mula-mula = 13 mm
 t_0 = tebal mula-mula
 1 lapisan: 9 mm
 2 lapisan: 11 mm
 3 lapisan: 13 mm

Panjang spesimen = 10 cm
 Lebar spesimen = 3 cm
 Tebal spesimen 1 = 0,9 cm
 Tebal spesimen 2 = 1,1 cm
 Tebal spesimen 3 = 1,3 cm
 Panjang Span = 8 cm

Perbandingan beban tekan $P = 1 \frac{kg}{cm^2} = 4,15 \text{ kg}$.

Tabel 3. Tegangan tarik

Lapisan	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan rata-rata (kg/cm ²)	L1 (cm)	ΔL (cm)
1	193.74	358.93	16.5	1.08
	251.86		16.5	2.70
	631.20		16.6	2.41
2	323.25	619.95	16.7	1.78
	771.92		16.5	2.38
	764.68		16.6	3.79
3	333.44	634.26	16.6	1.95
	788.24		16.5	3.07
	781.10		16.6	3.31

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa Tegangan Tarik terendah di dapat pada spesimen dengan 1 lapisan atas sebesar 358.93 kg/cm². Tegangan tarik semakin tinggi seiring bertambahnya jumlah lapisan atas.

Tabel 4 Data Pengujian Bending

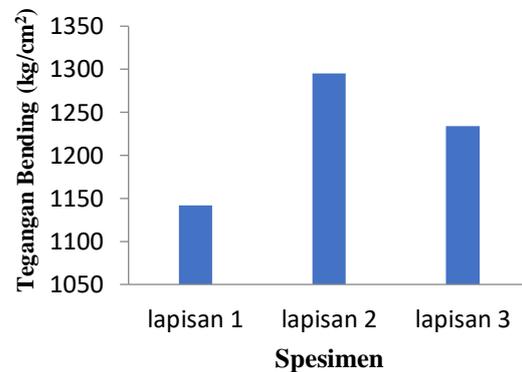
Lapisan	P (kg/cm ²)	P rata-rata (kg/cm ²)	Y (cm)	Y rata-rata (cm)
1 Lapisan	5.5	5.6	1.1	1.2
	5.7		1.3	
	5.6		1.2	
2 Lapisan	8.5	9.5	3.2	3.5
	10		3.5	
	10		3.5	
3 lapisan	12.4	12.6	6.2	6,2
	12.9		6.4	
	12.7		6.2	



Gambar 7. Proses uji bending

Tabel 5 tegangan bending komposit karbon sandwich core honeycomb

No	Lapisan	Tegangan Bending (MPa)	Tegangan Bending (kg/cm ²)
1.	1 lapisan	1,12	1142,08
2.	2 lapisan	1,27	1295,04
3.	3 lapisan	1,21	1233,85



Gambar 8. Diagram Tegangan Bending

Dari gambar 8 menunjukkan bahwa tegangan bending terendah diperoleh pada spesimen dengan 1 lapisan atas yaitu sebesar 1142,08 kg/cm² dan tertinggi pada spesimen dengan 2 lapisan atas yaitu sebesar 1295,04 kg/cm². Maka dapat disimpulkan semakin banyak jumlah lapisan mempengaruhi tinggi nilai tegangan bending tetapi tidak berbanding lurus dengan tingkat kekuatan. Pada sasis mobil, gaya yang dialami adalah sebesar 0.005 N/cm². Perbandingan beban tekan permeter persegi yang dialami pada sasis dengan beban tekan maksimal yang dialami oleh spesimen 1,2,3 parameter persegi berturut-turut lebih kecil daripada beban yang dapat ditopang oleh spesimen.

Berdasarkan proses pembuatan dan pengujian material, dapat disimpulkan bahwa material dengan 1,2,3 lapisan dapat menopang

beban tekan dengan acuan berat beban maksimal pada regulasi teknis kontes mobil hemat energi tetapi lebih baik menggunakan material karbon komposit *sandwich* dengan 3 lapisan dikarenakan tingkat *densitas* yang tidak terlalu jauh berbeda dengan 2 lapisan namun beban yang dapat ditahan lebih besar. Menggunakan material karbon sebagai pengganti sasis aluminium mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri, salah satu kelebihan adalah dengan berat dan dimensi yang sama, material karbon dapat menerima gaya yang lebih besar dibanding aluminium. sehingga berat total kendaraan dapat menjadi lebih ringan dan mobil menjadi lebih efisien. Sedangkan kekurangannya adalah biaya yang lebih besar dan proses pengerjaannya memakan waktu yang cukup lama.

Foto Makro

Untuk mengetahui jenis patahan antara 1 lapisan atas, 2 lapisan atas, dan 3 lapisan atas maka perlu diadakan pengambilan gambar bekas patahan melalui foto makro.



Gambar 9. Patahan Komposit Karbon Sandwich Core Honeycomb 1 Lapisan Atas



Gambar 10. Patahan Komposit Karbon Sandwich Core Honeycomb 2 Lapisan Atas



Gambar 11. Patahan komposit karbon sandwich core honeycomb 3 lapisan atas



Gambar 12. Patahan komposit karbon sandwich honeycomb 1 lapisan



gambar 13. Patahan komposit karbon sandwich honeycomb 2 lapisan



Gambar 14. Patahan komposit karbon sandwich honeycomb 3 lapisan

Pada foto makro yang di lakukan, ada perbedaan patahan antara ketiga spesimen yaitu pada spesimen 1 lapisan patahan yang terjadi pada lapisan atas dan bawah terjadi secara bersamaan . Kemudian pada spesimen dengan pembanding 2 lapisan dan 3 lapisan memiliki karakteristik patahan di mulai dari lapisan bawah yang terdiri dari 1 lapisan kemudian patahan disusul lapisan atas yang

terdiri dari 2 lapisan dan 3 lapisan. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan kekuatan antara lapisan bawah dan lapisan atas karena adanya variabel lapisan atas pada spesimen uji. Dan pada keseluruhan spesimen uji mengalami jenis patahan getas.

PENUTUP

Kesimpulan

Pertambahan jumlah lapisan *densitas* berbanding lurus dengan kenaikan densitas. ketidak rataan campuran pengikat antar serat mengakibatkan tingkat kekuatan spesimen uji berbeda walaupun lapisannya sama dan pengaruh dari peralatan pengujian pada bagian penyekam. Hasil foto makro pada spesimen uji tarik dan *bending* menunjukkan jenis patahan yang terjadi adalah patahan getas.

DAFTAR PUSTAKA

- Akay, M., 2015, An Introduction to Polymer-Matrix Composite. 1st Edition.
- Anonim, 2018, Jenis rangka mobil, <http://mobildunia.blogspot.com/2014/06/jenis-jenis-rangka-mobil-kendaraan-bermotor.html>, diakses pada 15 Januari 2018.
- Anonim, 2018, Regulasi Teknis KMHE 2018. <http://kmhe2018.ac.id> diakses pada 20 Juni 2018.
- Darmanto, Wijaya, D.A., Syafa'at, I., 2014, Analisis Momen Lentur Material Aluminium Dengan Variasi Momen Inersia Dan Beban Tekan. Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Gunadi dan Herminarto, 2004, Perkembangan Bodi Kendaraan, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Hadi, B.K., 1995, Mekanika Struktur Komposit.
- Middleton, D.H., 1990. Composite Material in Aerial Structure.
- Nugraha, R., Wijanarko, W., dan Suwarta, P. 2016, Analisa Karakteristik Bending Komposit Sandwich Dengan Variasi Ketebalan Inti (core) Epoxy, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nuryawan, 2017, Komposit Sandwich Berpenguat Serat Hybrid Pada Skin Dan Core Ber matrik Poliester, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Venkata, D, M, 2005. Composite Sandwich Structure with Grid Stiffened Cor, Osmania University, Hyderabad, India.