

Pembuatan dan Pengujian Triangle Honeycomb Beam Berbahan Komposit Serat Karbon

PUTRA RAJA SONANG¹, MARSONO¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Bandung

E-mail: putraraja052@gmail.com

ABSTRAK

Beam atau balok adalah salah satu komponen utama dalam struktur kendaraan yang berfungsi untuk mendukung kestabilan, kekuatan dari konstruksi mobil dan menopang beban penumpang. Penggunaan material beam pada umumnya menggunakan material baja struktur, dimana material baja memiliki kekurangan, yaitu memiliki bobot yang relatif berat. Bobot yang berat ini membutuhkan energi yang besar untuk menggerakkannya, sedangkan pada mobil hemat energi dibutuhkan beam yang lebih ringan untuk meningkatkan efisiensi energi. Dalam penelitian ini dibuat batang dengan penguat struktur honeycomb berbentuk segitiga di bagian dalamnya dengan menggunakan material komposit serat karbon. Penggunaan komposit serat karbon ini diharapkan dapat menghasilkan struktur mobil hemat energi yang ringan dan kuat. Batang berpenguat struktur honeycomb ini dibuat dengan variasi ketebalan dinding yang diperoleh dari 1 lapis dan 2 lapis serat karbon. Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui kekuatan lentur dan kekakuan dari batang tersebut. Hasil pengujian bending menunjukkan bahwa pada penggunaan 1 lapis serat karbon didapatkan kekuatan lentur sebesar 5,94 kg/mm² dan kekakuan sebesar 5 kg/mm, sedangkan pada variasi 2 lapis didapatkan kekuatan lentur sebesar 20.73 kg/mm² dan kekakuan sebesar 10 kg/mm.

Katakunci: Beam, Komposit, Fiber Carbon, Honeycomb, Bending

ABSTRACT

Beam or beam is one of the main components in the vehicle structure that serves to support the stability, strength of the car construction and support passenger loads. The use of beam material generally uses structural steel material, where steel material has a drawback, namely having a relatively heavy weight. This heavy weight requires a lot of energy to move it, while in energy efficient cars a lighter beam is needed to increase energy efficiency. In this study, a rod with a honeycomb structure was made in the form of a triangle on the inside using carbon fiber composite material. The use of carbon fiber composites is expected to produce a lightweight and strong energy-efficient car structure. This honeycomb structure reinforced rod is made with variations in wall thickness obtained from 1 layer and 2 layers of carbon fiber. Bending testing is carried out to determine the flexural strength and stiffness of the rod. The results of the bending test showed that the use of 1 layer of carbon fiber obtained a flexural strength of 5.94 kg/mm² and a stiffness of 5 kg/mm, while the 2-layer variation obtained a flexural strength of 20.73 kg/mm² and a stiffness of 10 kg/mm.

Keywords: Beam, Composite, CarbonFiber, Honeycomb, Bending.

1. PENDAHULUAN

Struktur Honeycomb sudah dikembangkan menjadi struktur material yang umum digunakan di dunia industri. Honeycomb adalah suatu struktur yang berbentuk segienam yang telah banyak digunakan dalam berbagai sektor, seperti pada panel-panel kendaraan darat, kendaraan laut maupun kendaraan udara karena memiliki karakteristik mekanik yang lebih menguntungkan dibandingkan dengan menggunakan material jenis logam [Gibson, R. F., 1994]. Kelebihan utama dari struktur honeycomb adalah bobotnya yang ringan serta penggunaan jumlah material yang minimal. Pengurangan bobot yang sangat signifikan ini menjadi pertimbangan utama dalam pengembangan struktur honeycomb. Struktur honeycomb juga memiliki efisiensi struktural yang sangat baik, sehingga struktur ini memiliki kekuatan yang cukup besar dengan bobot yang ringan, (Marsono et al, 2019).

Struktur honeycomb memiliki bentuk inti yang beragam. Salah satu bentuk inti struktur honeycomb adalah bentuk triangle (segitiga). Inti honeycomb berbentuk segitiga ini sesuai untuk diaplikasikan sebagai penguat pada batang dengan penampang bujursangkar (square), karena inti dengan bentuk segitiga dapat mengisi penampang bujursangkar dengan lebih sempurna dibandingkan inti dengan bentuk segiempat. Selain itu, inti dengan bentuk segitiga memiliki kuncian simpul yang lebih kuat dibandingkan dengan bentuk segienam (Cui Xu, et al, 2015) . Dalam penelitian ini, dibuat batang berpenampang bujursangkar dengan tambahan inti struktur honeycomb berbentuk segitiga yang diterapkan pada bagian dalam dari batang dengan tujuan untuk mendapatkan kekuatan dan kekakuan yang tinggi dengan bobot yang ringan. Batang bujursangkar dengan inti berbentuk segitiga ini dibuat dari bahan komposit serat karbon dengan harapan dapat menjadi alternatif pengganti baja hollow yang sering digunakan sebagai struktur penyangga dan dapat diterapkan sebagai batang-batang pada chassis space-frame mobil hemat energi untuk mendapatkan power-to-weight ratio yang lebih tinggi. Batang honeycomb berbahan komposit serat karbon dibuat dengan variasi ketebalan dinding honeycomb yang didapatkan dari penggunaan 1 lapis dan 2 lapis serat karbon. Batang honeycomb dengan inti berbentuk segitiga ini diuji dengan metoda uji bending untuk mengetahui kekuatan lentur (flexural strength) serta kekakuan (stiffness).

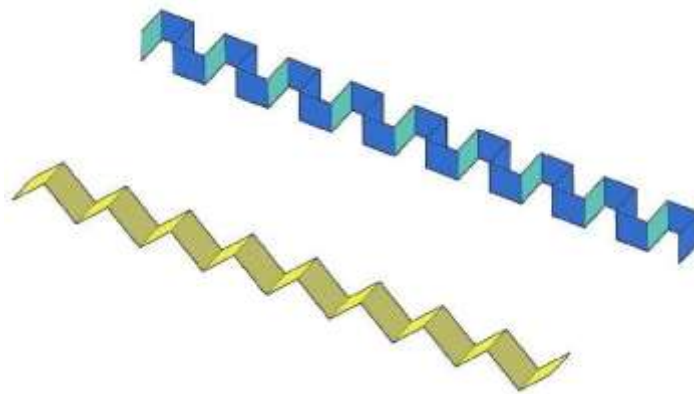
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Rancangan batang dengan inti penguat honeycomb segitiga

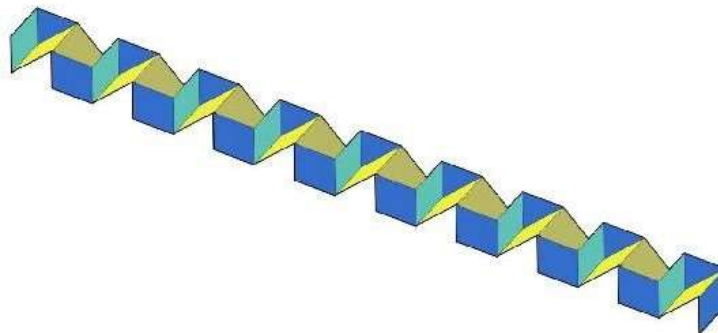
Dalam penelitian ini dibuat dan di uji batang berpenampang bujursangkar yang diberi inti penguat di bagian dalamnya. Inti penguat di dalam batang ini adalah struktur honeycomb yang berbentuk segitiga. Inti honeycomb dengan bentuk segitiga ini sangat sesuai diterapkan pada penampang bujursangkar karena bentuk segitiga dapat mengisi ruang bujursangkar atau pun segiempat dengan maksimal, simetris dan seragam sehingga tidak ada ruang yang tersisa dengan ukuran yang berbeda.

Pembuatan dan Pengujian Triangle Honeycomb Beam berbahan Komposit Serat Karbon

Material yang digunakan untuk membuat batang honeycomb adalah polymer matrix composite, dengan serat karbon 240-3k yang digunakan sebagai reinforce agent dan resin epoxy yang digunakan sebagai material matrix atau bonding agent. Ketebalan dinding sel struktur honeycomb dibuat dengan dua variasi, yaitu dengan menggunakan 1 lapis dan 2 lapisan serat karbon. Spesimen batang struktur honeycomb memiliki ukuran panjang 500mm, lebar 30mm dan tinggi 30mm. Ukuran sel honeycomb adalah 30mm. Inti (core) dari batang honeycomb terdiri dari dua bagian, yaitu bagian yang berbentuk zigzag persegi dan bagian yang berbentuk zigzag segitiga, seperti yang terlihat pada gambar 1. Bagian-bagian struktur honeycomb core yang berbentuk zigzag persegi dan zigzag segitiga selanjutnya disatukan hingga akan membentuk sel segitiga seperti yang terlihat pada gambar 2.



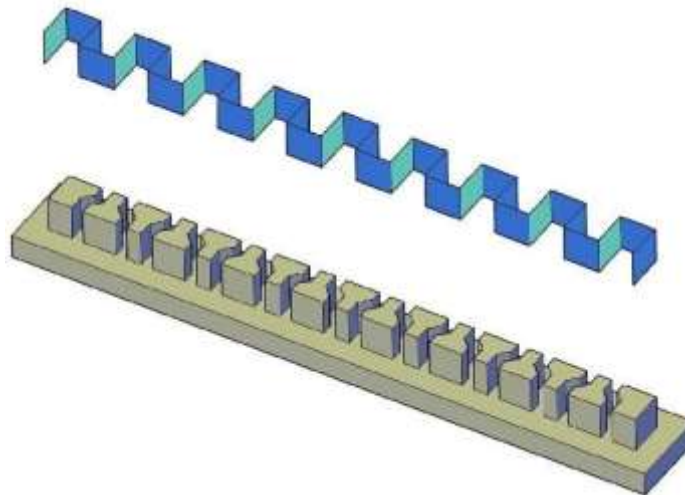
Gambar 1. Bagian-bagian dari inti honeycomb beam



Gambar 2. Inti honeycomb beam yang sudah digabungkan

2.2. Pembuatan Batang Honeycomb

Bagian dari inti struktur honeycomb yang berbentuk zigzag persegi dibuat dengan menggunakan cetakan. Cetakan ini dibuat dari bahan hard nylon yang permukaannya dibuat halus dan licin agar inti berbentuk zigzag segiempat yang telah jadi tidak menempel pada cetakan dan mudah mengeluarkannya dari cetakan. Pada gambar 3 bagian bawah terlihat bentuk cetakan inti honeycomb zigzag persegi dan di atas gambar cetakan tersebut terlihat bentuk zigzag persegi yang dihasilkan.



Gambar 3. Cetakan square core untuk honeycomb beam

Bagian inti honeycomb yang berbentuk zigzag persegi dibuat dengan beberapa langkah. Langkah pertama adalah langkah persiapan yaitu persiapan lembaran serat karbon, persiapan campuran resin dengan hardener dan persiapan cetakan. Serat karbon yang akan digunakan dipotong sesuai dengan kebutuhan, terutama panjang lembaran serat karbon yang panjangnya mengikuti belokan-belokan pada cetakan. Persiapan resin adalah pencampuran resin epoxy dengan hardener (katalis). Persiapan yang dilakukan pada cetakan adalah pelapisan cetakan dengan wax agar resin tidak menempel pada cetakan.

Penerapan komposit serat karbon diawali dengan melapisi cetakan dengan resin yang sebelumnya telah dicampur dengan katalis, kemudian meletakkan atau menyisipkan lembaran serat karbon yang telah dipotong di antara celah-celah inti berbentuk zigzag persegi. Setelah itu, lembaran serat karbon yang telah menempati celah cetakan dilapisi kembali dengan campuran resin dan katalis. Ketika resin telah mengeras, maka inti honeycomb yang berbentuk zigzag persegi bisa dikeluarkan dari cetakan.

Pembuatan inti honeycomb berbentuk segitiga dilakukan secara langsung pada bentuk zigzag segiempat yang telah mengeras. Pembuatan inti honeycomb berbentuk segitiga dengan cara menyisipkan lembaran serat karbon yang telah dipotong memanjang di antara bentuk zigzag segiempat, mengencangkannya hingga terbentuk bentangan yang lurus dan memberikan campuran resin dan katalis kepada serat karbon yang membentuk zigzag segitiga. Setelah resin mengeras, maka akan terbentuk inti sel honeycomb yang merupakan kombinasi dari zigzag persegi dan zigzag setitiga.

Pembuatan dan Pengujian Triangle Honeycomb Beam berbahan Komposit Serat Karbon

Kulit (skin) dari batang honeycomb dibuat dengan cara melilitkan lembaran serat karbon pada inti sel honeycomb yang telah mengeras dan melapisinya kembali dengan resin yang telah dicampur dengan katalis. Setelah resin yang melapisi kulit telah mengeras maka akan didapatkan hasil akhir berupa honeycomb beam yang siap untuk di uji, seperti yang terlihat pada gambar 4.

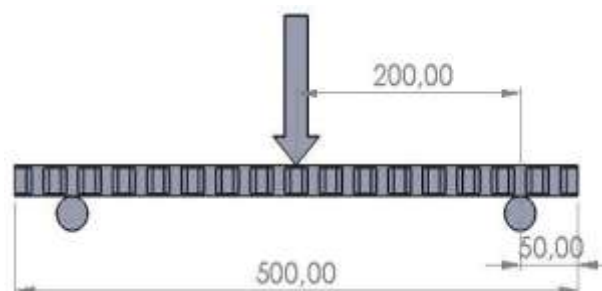


Gambar 4. Honeycomb beam berbahan komposit serat karbon yang sudah jadi

Pembuatan struktur honeycomb beam dengan struktur inti penguat berbentuk segitiga bisa terbilang cukup sulit dilakukan dan membutuhkan waktu yang lama karena penyusunannya inti sel honeycomb juga cukup rumit, dimana lembaran serat karbon harus mengikuti bentuk dari cetakan dan core zigzag persegi. Proses pengerasan resin juga membutuhkan waktu yang cukup lama. Proses pelepasan honeycomb core zigzag persegi dari cetakan juga cukup sulit. Apabila tidak dilakukan dengan hati-hati, maka dapat menyebabkan struktur core mengalami kerusakan sehingga perlu dilakukan perbaikan. Kendala saat penggabungan honeycomb core dengan skin terjadi karena honeycomb core tidak rata, sehingga membutuhkan alat bantu penjepitan dengan menggunakan clamp c.

2.3. Pengujian Batang Honeycomb

Struktur honeycomb beam di uji dengan metoda uji bending dengan satu beban terpusat, yaitu tepat ditengah tumpuan. Metoda pengujian ini mengacu kepada standar ASTM C393-00, 2000 (ASTM, 2000) dengan skema pengujian seperti yang terlihat pada gambar 5. Jarak tumpuan (L) pada uji bending ini adalah 400mm sedangkan beban berada di tengah tumpuan (1/2L), yaitu berjarak 200mm dari tumpuan kiri dan kanan, seperti pada gambar 5. Uji bending ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan lentur dan kekakuan.



Gambar 5. Skema pengujian, tumpuan dan pembebanan (ASTM, 2000)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Inersia Penampang

Mencari besarnya tegangan pada luas daerah tertentu, dengan menggunakan persamaan yang ada. Lalu spesimen di potong menjadi dua bagian, dan setiap bidangnya dihitung besar tegangan yang terjadi.

3.2. Pengujian

Pengujian bending menghasilkan data berupa angka beban maksimum yang dapat ditahan oleh batang honeycomb sampai patah serta angka defleksi maksimum yang terjadi pada sesaat sebelum batang honeycomb patah. Data yang diperoleh dari pengujian bending terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian

Variasi Lapisan Serat Karbon	Beban Maksimal (kg)	Defleksi (mm)
1	67.1	28
2	117.8	15

Data dari hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan serat yang lebih banyak memberikan kemampuan menahan beban lebih besar. Hal ini sangat logis karena suatu batang yang memiliki penampang lintang yang lebih besar tentu akan memiliki kemampuan menahan beban yang lebih besar.

Data beban maksimum yang diperoleh dari uji bending digunakan untuk mencari angka kekuatan lentur maksimum (maximum flexural strength), yaitu dengan persamaan tegangan yang terjadi pada simple beam, yaitu $S = (MxC/I_{zz})$ [Mott, Robert L., 2002]. Data dari pengujian bending juga digunakan untuk mencari harga kekakuan (stiffness), yaitu dengan persamaan defleksi untuk simple beam, yaitu $K = F/d$ [Mott, Robert L., 2002]. Angka kekakuan dihitung pada daerah elastis dari kurva grafik uji bending. Angka kekuatan lentur dan angka kekakuan batang honeycomb dapat dilihat pada tabel 2, gambar 7 dan gambar 8.

Tabel 2. Hasil perhitungan inersia, kekuatan lentur dan kekakuan

Variasi Lapisan Serat Karbon	I_{zz} (mm^4)	Kekuatan lentur (kg/mm^2)	Kekakuan (kg/mm)
1	24588.99	5.94	5
2	12530.86	20.73	10

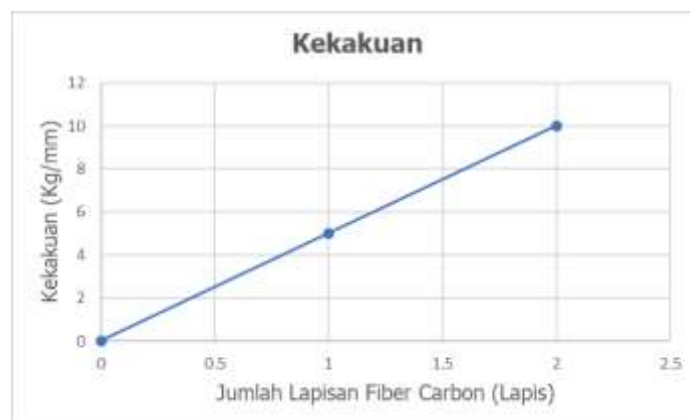
Pembuatan dan Pengujian Triangle Honeycomb Beam berbahan Komposit Serat Karbon

Dari hasil perhitungan kekuatan lentur pada tabel 2 menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lapisan serat karbon yang dipakai maka nilai kekuatan lentur menjadi lebih tinggi. Hal ini terlihat juga pada gambar 7. Angka kekuatan lentur yang lebih tinggi dapat dimiliki oleh batang honeycomb dengan jumlah lapisan serat karbon yang lebih banyak karena semakin banyak lapisan serat karbon yang dipakai maka dinding struktur honeycomb akan semakin tebal ditambah juga dengan penggunaan resin akan lebih banyak. Dinding sel honeycomb yang lebih tebal tentu akan meningkatkan momen inersia penampang dari struktur honeycomb beam. Peningkatan angka momen inersi penampang tentu juga akan berakibat kepada meningkatnya kemampuan menahan beban yang diterima dan kekuatan lentur dari batang honeycomb.



Gambar 7. Kekuatan lentur maksimum honeycomb beam variasi 1 dan 2 lapisan serat karbon

Penambahan lapisan serat karbon juga berdampak kepada peningkatan kekakuan batang honeycomb. Hal ini terlihat pada tabel 2 dan gambar 8. Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan jumlah lapisan sebanyak 2 kali akan meningkatkan angka kekakuan sebesar 2 kali lebih besar.



Gambar 8. Kekakuan honeycomb beam variasi 1 dan 2 lapisan serat karbon

4. KESIMPULAN

Penggunaan lapisan serat karbon yang lebih banyak akan meningkatkan kekuatan lentur dan kekakuan pada batang honeycomb dengan inti penguat berbentuk segitiga yang dibuat dari bahan komposit serat karbon dan matrix resin epoxy.

Angka kekuatan lentur maksimum dari batang honeycomb dengan inti penguat berbentuk segitiga yang dibuat dengan 1 lapis serat karbon adalah sebesar 5,94 kg/mm² dan kekakuan sebesar 5 kg/mm. Sedangkan batang honeycomb dengan inti penguat berbentuk segitiga yang dibuat dengan 2 lapis serat karbon memiliki kekuatan lentur sebesar 20.73 kg/mm² dan kekakuan sebesar 10 kg/mm.

DAFTAR RUJUKAN

- Gibson, R. F. (1994). Principles of Composite Material Mechanics. New York United State of America: McGraw-Hill Inc.
- Marsono, Ali, Nico Luwis (2019) "Karakteristik Mekanik Panel Honeycomb sandwich Berbahan Komposit Fiberglass dengan Dimensi Cell-Pitch 40mm dan Cell-Height 30mm", Jurnal Rekayasa Hijau ISSN 2550-1070; No.2 Vol.3, pp.107-116.
- Cui Xu, Huang Yanjiao, Wang Shou, Lu Chun, and Fang Luping (2015) "Stress Distribution on Sandwich Structure with Triangular Grid Cores Suffered from Bending Load" . Hindawi Publishing Corporation, International Journal of Aerospace Engineering, Volume 2015, Article ID 723487, 8 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/723487>
- Anonymous (2000), "Standard Test Method for Flexural Properties of Sandwich Constructions", ASTM C393-00, American Society of Testing Material.
- Robert I. Mott and Joseph A. Untener (2017), Applied Strength of Materials, 6th Edition, Boca Raton, Taylor & Francis, CRC Press.