



## KEKUATAN BENDING PADA MATERIAL KOMPOSIT INTERIOR KERETA API DENGAN METODE *HAND LAY-UP*

Akbar Zulkarnain<sup>1</sup>, Willy Artha Wirawan<sup>1</sup>, Liesta Apricillya Putri Permatasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mekanika Perkeretaapian, Akademi perkeretaapian Indonesia Madiun, Jalan Tirta Raya I,  
Nambangan Lor, Mangu Harjo, Madiun, Jawa Timur 63129

\*Email: [akbar@ppi.ac.id](mailto:akbar@ppi.ac.id), [willy@pengajar.ppi.ac.id](mailto:willy@pengajar.ppi.ac.id), [illaliesta480@gmail.com](mailto:illaliesta480@gmail.com)

### Abstrak

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan material dengan sifat lebih baik adalah mengkombinasikan dua bahan atau lebih sehingga diperoleh sifat mekanik yang tinggi dan berat yang lebih ringan. Penggunaan material ini (komposit) sering diaplikasikan pada struktur yang bersifat skunder (*secondary structure*), salah satunya digunakan sebagai material pada dinding interior kereta api eksekutif PT.INKA. Tujuan dari penelitian ini membahas kekuatan bending pada material interior kereta api dengan metode *hand lay-up* yang dibuat dengan beberapa matrik epoxy, polyester, bisphenol, dan reposito dengan spesimen uji mengacu pada standard ASTM D790. Hasil uji bending menunjukkan matrik bisphenol memiliki kekuatan bending tertinggi sebesar 995,6 N, sedangkan hasil uji bending terendah ditunjukkan pada matrik polyester sebesar 474,5 N.

**Kata kunci:** kekuatan bending, dinding kereta api, *hand lay-up*

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan pembuatan kereta dengan material komposit mulai banyak dikembangkan. Penggunaan bahan komposit pada kereta biasanya digunakan untuk pembuatan *body* kereta, pintu kereta, dan masih banyak lagi. Demi menciptakan keamanan dan kenyamanan daripada penumpang kereta. Penggunaan bahan komposit dengan bahan utama *E-Glass*, masih perlu adanya penelitian lebih lanjut guna mengetahui kekuatan maupun ketahanan dari komposit ini, dengan menggunakan beberapa metode seperti *bagging*, *hand lay up*, dan *vacum infusion*. Metode pembuatan juga akan mempengaruhi kualitas yang dihasilkan dari komposit tersebut

Matriks merupakan material yang digunakan untuk mengikat atau menyatukan bahan pengisi tanpa ikut bereaksi secara kimia dengan bahan pengisinya, dengan menggunakan glass fiber sebagai bahan penguat (*reinforcement*) yang memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi, tahan terhadap bahan kimia, bersifat isolator yang baik, dan tahan terhadap suhu yang tinggi. Komposit yang dihasilkanpun memiliki perbandingan kekuatan dengan densitas yang tinggi sehingga menghasilkan komposit yang lebih ringan. Wirawan et.al (2017)

Berdasarkan sifatnya glass fiber memiliki 4 macam yaitu tipe A (*alkaly*), E (*electrical*), C (*chemical*), dan S (*stregth*). Penelitian ini glass fiber yang digunakan yaitu tipe E-Glass. *E-Glass* terbuat dari *lime-alumina-borosilicate* yang dapat dengan mudah diperoleh dari kelimpahan bahan baku seperti pasir. Kekuatan dan modulus pada *glass fiber* dapat menurun dengan adanya perubahan suhu yang semakin meningkat. *Glass fiber* sendiri dianggap sebagai material isotropik dan memiliki koefisien ekspansi termal yang lebih rendah dibandingkan dengan baja.

Komposit secara umum terdiri dari dua bahan penyusun yaitu serat dan matrik masing-masing memiliki sifat yang berbeda. Pada perbedaan ini maka akan menyebabkan beberapa pengaruh terhadap komposit yang telah dibuat. Matrik merupakan penyusun dengan fraksi volume terbesar. Matrik polymer memiliki beberapa jenis. Jenis matrik yang digunakan pada penelitian ini yaitu *epoxy*, *polyester*, *bisphenol* dan *ripoxy*. Wirawan et.al (2017) Begum (2013)

Berdasarkan data uji tarik memiliki sifat mekanik yang tinggi hal ini dibuktikan setelah dikukan tiga kali pengujian tarik diketahui besarnya kekuatan tarik maksimal sebesar 272,5 MPa dan 2 kali pengujian bending diketahui kekuatan bending maksimal sebesar 603,99 N. Sedangkan

hasil uji tarik pada komposit yang digunakan pada dinding kereta INKA dengan bahan matrik Yukalac sebesar 65,5 MPa dan uji bending sebesar 346,8 N. Hasil pengujian yang telah dilakukan ditemukan salah satu matrik yang memiliki nilai tarik dan bending yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan matrik yang digunakan di INKA pada saat ini.



**Gambar 2.** Manufaktur Komposit Pada Komponen Dinding Interior Kereta Api PT.INKA

Selain itu penelitian tentang pembuatan komposit dengan metode *hand lay-up* dengan variasi arah serat komposit berpenguat *hibrida fiberhybrid* yang dilakukan oleh Yasa Firman Utama dan Zakkiya Hanna (2016). Cetakan yang digunakan untuk membuat spesimen terbuat dari kaca sebagai alas dan akrilik sebagai pembentuk rongga. Desain yang digunakan disesuaikan dengan standar pengujian material komposit ASTM D638. Arah serat  $0^{\circ}$  (searah lebar spesimen),  $45^{\circ}$  (bersilng membentuk sudut tersebut), dan  $90^{\circ}$  (tegak lurus lebar spesimen). Dan kekuatan tarik terendah pada spesimen dengan arah serat  $45^{\circ}$  dengan nilai 27,79 MPa pada carbon rami, sedangkan pada WR-Rami nilai tarik terendah pada arah serat  $90^{\circ}$  dengan nilai 41,55 MPa.

Khaeru roziqin et.al (2017) juga melakukan penelitian terkait kekuatan tekuk pada material komposit metode *hand lay-up* yang digunakan pada komponen kapal menggunakan resin polyester. Dari pengujian spesimen dilakukan analisa kekuatan bending kemudian dibandingkan dengan nilai kekuatan mekanis yang disyaratkan/dijijinkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) sebagai tolak ukur standar ujinya. Hasil menunjukkan bahwa kuat tekuk dan modulus elastisitas dari komposit yang dibuat belum dapat memenuhi ketentuan peraturan kuat tekuk dan modulus elastisitas dari BKI yang mempunyai nilai standar kuat tekuk  $150 \text{ N/mm}^2$ .

Dari beberapa penelitian tersebut dapat memberikan referensi sebagai bahan pertimbangan dalam pembuatan komposit khususnya pada body interior kereta api yang akan dilakukan. Tujuan penelitian ini diharapkan adanya inovasi baru dalam pengembangan teknologi material komposit yang memiliki sifat bending yang lebih kuat dari komposit yang sudah ada, komposit berpenguat serat E-Glass di Indonesia khususnya di industri perkeretaapian. Selama ini industri kereta salah satunya INKA masih menggunakan jenis matrik *polyester* dan serat gelas (fiberglass) sebagai bahan baku yang berfungsi sebagai serat penguat material komposit. Penggantian jenis matrik sebagai bahan pembuat komposit nantinya dapat menjadi material yang memiliki kekuatan yang lebih kuat dari jenis matrik yang digunakan industri INKA pada saat ini.

Untuk mengetahui kekuatan bending pada material yang telah dibuat dilakukan analisa dengan melakukan asumsi bahwa material komposit homogen. Proses pengujian dilakukan menggunakan batang sederhana dengan dua titik dudukan dan pembebanan pada tengah batang uji (*three point bending*), tegangan maksimum dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{3.P.L}{2.b.d^2}$$

$\sigma$  = Kekuatan *bending* (MPa)

P = Beban (N)

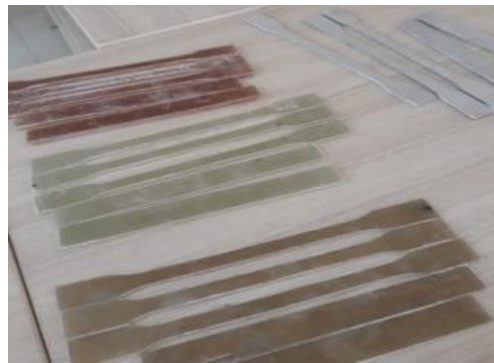
L = Panjang span (mm)

b = lebar batang uji (mm)  
d = tebal batang uji (mm)

## 2. METODE PENELITIAN

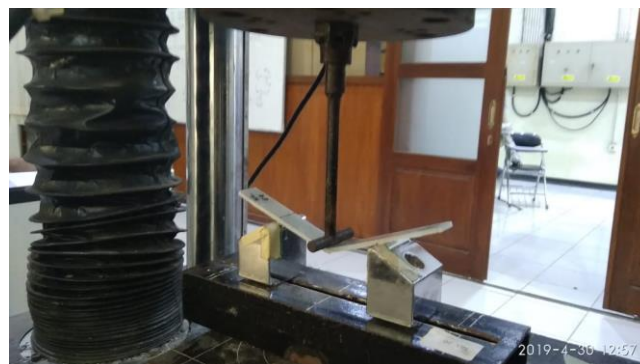
Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat *eksperimental* yaitu melakukan pembuatan komposit dan dilakukan pengujian tekuk/bending. Penelitian yang dilakukan adalah membuat komposit dengan menggunakan serat E-glas sebagai penguat dengan beberapa resin *polyester, epoxy, ripoxy, bisphenol*. Komposisi pembuatan material komposit disesuaikan dan sama dengan material yang dibuat pada dinding pada kereta api oleh PT.INKA dengan metode *hand lay-up*. Kemudian dilakukan pengujian kekuatan tekuk yang kemudian hasil pengujian akan dibandingkan dengan kekuatan dari komposit serat gelas (*Fiberglass Reinforced Plastic*) berdasarkan hasil pengujian specimen komposit yang digunakan body interior dari PT.INKA.

Konsep *hand lay-up* pada pembuatan komposit dilakukan dengan metode lapisan demi lapisan sampai diperoleh ketebalan yang diinginkan. Dimana setiap lapisan berisi matrik dan *filler*. Perbandingan antara matrik dan filler yaitu 60:40. Setelah memperoleh ketebalan yang diinginkan, digunakan *roller* untuk meratakan dan menghilangkan udara yang terjebak didalamnya. Spesimen yang telah dibuat disesuaikan dengan standar ASTM D790 dimensi specimen memiliki panjang 127 mm, lebar 12.7 mm dan tebal 3.2 mm. Bentuk potongan specimen uji bending komposit body interior kereta api dapat dilihat pada gambar berikut ini



**Gambar 2.** Spesimen Uji Bending

Proses pengujian specimen komposit dengan beberapa variasi matrik dilakukan dengan metode *three point bending* yaitu metode pengujian menggunakan batang sederhana dengan dua titik dukungan dan pembebanan pada tengah batang uji menggunakan UTM (*universal testing machine*) merek JTM-UTS : 510, Accuracy : 0.5%, Test speed range : 0 ~ 1000 mm/min, Load cell capacity : 50 kgf, 500 kgf, 2000 kgf. Proses pengujian bending dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini

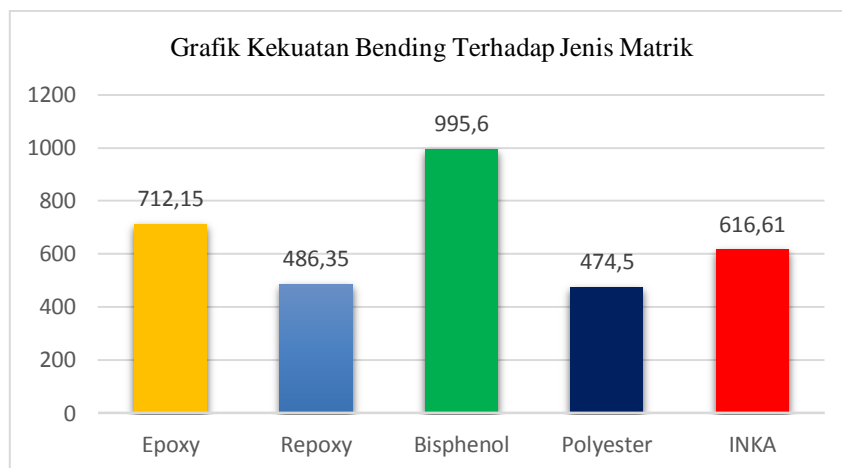


**Gambar 3.** Pengujian Bending (*three point bending*)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Pengujian Kekuatan Bending

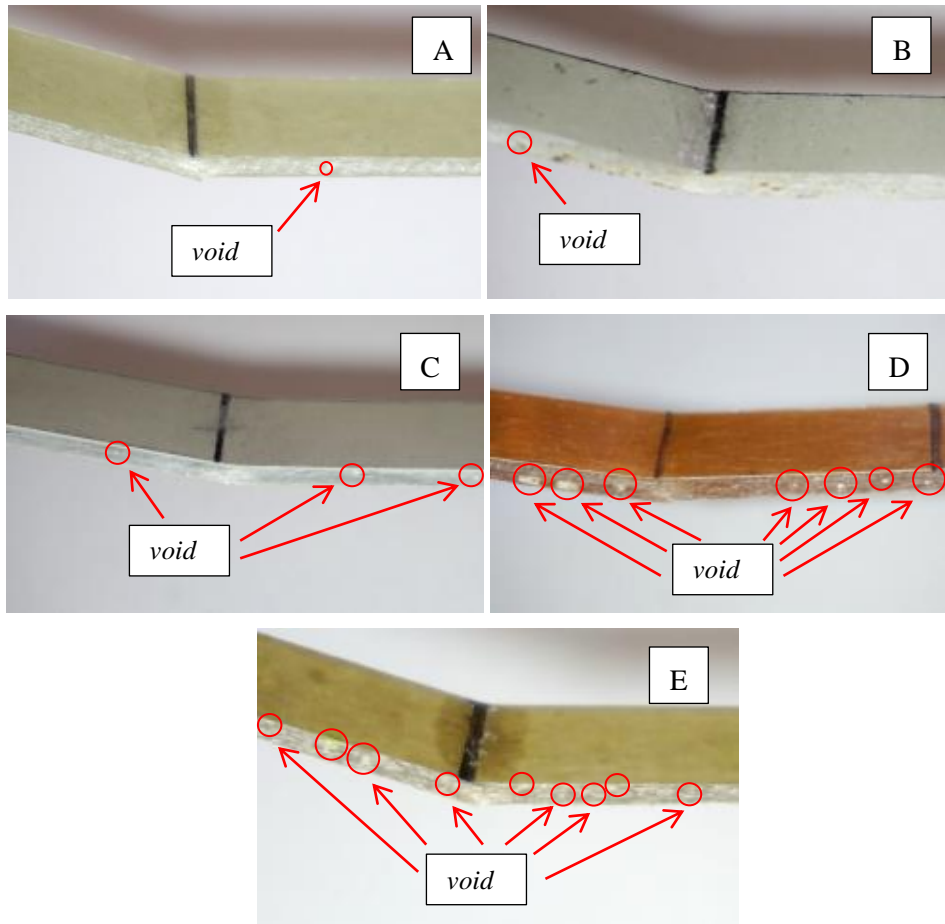
Dari hasil pengujian bending yang telah dilakukan dengan beberapa jenis matrik Epoxy, Repoxy, Bhispenol dan Polyester dapat dilihat pada gambar berikut ini



**Gambar 4.** Grafik Kekuatan Bending

Gambar 4 diatas menunjukkan grafik kekuatan bending berbagai macam matrik yang digunakan dalam pembuatan koposit. Kekuatan bending yang dimiliki INKA yaitu sebesar 616,61 N. Apabila disusun dari kekuatan bending tertinggi sampai dengan terendah maka komposit menggunakan matrik *bisphenol* memiliki kekuatan bending tertinggi yaitu sebesar 995,6 N, komposit dengan matrik *epoxy* mempunyai kekuatan sebesar 712,15 N, komposit dengan matrik *repoxy* mempunyai kekuatan sebesar 486,35 N. Sedangkan komposit yang menggunakan matrik *polyester* memiliki kekuatan bending yang paling rendah sebesar 474,5 N. Matrik yang digunakan INKA dan pada spesimen komposit dengan matrik *polyester* ini memiliki kesamaan matrik yang digunakan, akan tetapi komposit yang digunakan INKA memiliki kekuatan bending yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pengujian, hal ini dimungkinkan adanya perbedaan proses *finishing* dari pengerjaan body pada PT INKA dengan tambahan pelapis *gel coat* yang menyebabkan kekuatan yang berbeda. Secara keseluruhan penggunaan beberapa matrik dengan *reinforcement* yang sama mempunyai kekuatan yang sangat berbeda beda. Selain itu perbedaan sifat bending pada komposit juga diakibatkan oleh kemampuan mengikat dari matrik yang berbeda terhadap serat. Bila dilihat berdasarkan kekuatan dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) pada section 1.3.4.1 “*Rules And Regulation For The Classification And Construction For Ship Of Fiberglass Reinforced Plastic*” dapat diketahui bahwa komposit dengan berbagai macam matrik menggunakan proses *hand lay-up* yang telah dibuat pada penelitian ini memenuhi standar kekuatan tekan lebih tinggi sebesar 150 N/mm<sup>2</sup> dan modulus elastisitas minimal sebesar 6860 N/mm<sup>2</sup>. (Biro Klasifikasi Indonesia, 1996)

#### 3.1 Hasil Patahan Pengujian Bending



**Gambar 5.** Spesimen Patahan Uji Bending (a) komposit bisphenol (b) komposit epoxy (c) komposit INKA (d) komposit reoxy (d) komposit polyester

Gambar 5 (a) merupakan gambar hasil pengujian bending dari matrik *bisphenol* yang mempunyai kekuatan bending tertinggi dibandingkan dengan matrik yang lain. Selanjutnya diikuti kekuatan bending komposit dengan matrik *epoxy*, matrik *reoxy*, dan matrik *polyester*. Sedangkan gambar 5 (b) merupakan hasil pengujian bending dari komposit yang digunakan oleh INKA. Dari hasil patahan dapat dilihat bahwa proses manufaktur pada komposit dengan metode *hand lay up* masih banyak terdapat void pada komposit. Komposit dengan matrik *bisphenol* mempunyai void yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan matrik yang lainnya. Semakin tinggi void pada proses manufaktur komposit dinding interior kereta api menyebabkan kekuatan bending yang menurun yaitu dapat dibuktikan pada matrik polyester dengan kekuatan bending yang paling rendah. Wirawan et.al (2019).

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa kekuatan bending komposit melebihi dari standar Biro Klarifikasi Indonesia (BKI) dengan kekuatan bending tertinggi terdapat pada matrik *bhisphenol* sebesar 995,6 N. Jika dilihat dari hasil patahan spesimen komposit dapat diketahui bahwa semakin banyak void yang terdapat pada spesimen menyebabkan berkurangnya nilai kekuatan bending, hal tersebut telah dibuktikan bahwa matrik *bisphenol* mempunyai sedikit void sedangkan matrik *polyester* mempunyai banyak void sehingga kekuatan bending komposit pada matrik *polyester* yang dibuat sangat rendah.

#### DAFTAR PUSTAKA

Begum & A.M. Islam (2013). *Natural As A Substitute To Synthetic Fiber In Polymer Composites*, Review, Research Journal Of Engineering Science Vol.2 (3), 46-53



- Biro Klasifikasi Indonesia (1996). "Rules and Regulation for The Classification and Construction of Ships"
- Book Standard ASTM D638-03 (2003). *Standard Test Method For Tensile Properties Of Plastics*. ASTM International
- Firman Yansa Utama & Hanna Zakiiyya. (2016). "Pengaruh Variasi Arah Serat Komposit Berpenguat Hibrida Fiberhybrid Terhadap Kekuatan Tarik dan Densitas Material Dalam Aplikasi Body Part Mobil". *Jurnal Mekanika. Teknik Mesin UNS*. ISSN: 1412-7962 Vol. 15 No. 2.
- Gibson. R.F. (1994). *Principle Of Composite Of Mechanical Engineering*. Wayne State University Detroit, Michigan, Mc Graw-Hill, Inc
- Khaeru Roziqin. et. al. (2017). "Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Asiwung Raja (*Typha Angustipholia*) Sebagai Alternatif Bahan Komposit Untuk Komponen Kapal Ditinjau dari Kekuatan Tekuk dan Impak". *Jurnal Teknik Perkapalan. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro*. ISSN: 2338-0322. Vol. 5, No. 2.
- Wirawan W.A. et.al. (2017). "Pengaruh Jenis Matrik terhadap Sifat Tarik pada Natural Fiber Komposit". *Prosiding SNTT. Politeknik Negeri Malang*. ISSN: 2476-9983. Vol.3.
- Wirawan W.A. et.al. (2019). "Inovasi Teknologi Material Ramah Lingkungan Dalam Mendukung Perkembangan Infrastruktur Transportasi Kereta Api". *Jurnal Cantilever. Universitas Sriwijaya*. ISSN: 2477-4863. Vol 8, No 1.