

SIFAT MEKANIS KOMPOSIT POLIMER HIBRID DIPERKUAT SERAT SABUT KELAPA-E-GLASS

¹Indra Mawardi, ²Hanif

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe
email : ¹ddx_72@yahoo.com, ²hanifrazak63@gmail.com

Abstract. This study aims to obtain optimal mechanical properties of hybrid composites reinforced with coir and E-glass. The composites are formed from BQTN 157-EX unsaturated polyester resin polymer as a matrix and reinforced coir and synthetic fiber (E-glass). E-glass fiber used is the type of chop strand mat (CSM) and woven roving (WR). The hybrid composite is formed by hand lay-up with six layers of fiber arranged with three variations; 1 [CSM/SSK/WR]₂, 2 [WR₂/SSK₂/WR₂], and 3 [CSM/SSK/WR₂/SSK/CSM]. The specimens were formed according to ASTM D 3039 standard for tensile test and ASTM D 790-81 for bending test. The test results show the fiber type and orientation arrangement is an important parameter in the design of laminate composite materials. The result of tensile test of composite material with variation 2 higher tensile stress (average 309.54 MPa) than variation 1 and 3. Variation 2 also higher bending stress 597,42 MPa, and variation 3 of 353, 59 MPa and variation 1 has the lower stress is 306.48 MPa.

Keywords: Hybrid composite, Coir, E-glass fiber, Tensile stress, Bending stress

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk untuk mendapat sifat mekanis yang optimal dari komposit hibrid yang diperkuat serat sabut kelapa dan E-glass. Komposit dibentuk dari polimer unsaturated polyester resin BQTN 157-EX sebagai matriks dan penguat perpaduan serat sabut kelapa dan serat sintetis (E-glass). Serat E-glass yang digunakan adalah jenis chop strand mat (CSM) dan woven roving (WR). Komposit hibrid dibentuk secara hand lay-up dengan enam lapis serat yang disusun dengan tiga macam variasi, yaitu variasi 1 [CSM/SSK/WR]₂, variasi 2 [WR₂/SSK₂/WR₂], dan variasi 3 [CSM/SSK/WR₂/SSK/CSM]. Spesimen dibentuk mengikuti standard ASTM D 3039 untuk uji tarik dan ASTM D 790-81 untuk uji bending. Hasil pengujian memperlihatkan susunan jenis serat dan orientasinya merupakan parameter yang penting dalam perancangan material komposit laminat. Hasil pengujian tarik material komposit dengan variasi 2 memiliki harga tegangan tarik yang lebih tinggi (rata-rata 309.54 MPa) dibandingkan variasi 1 dan 3. Variasi 2 juga mempunyai tegangan bending rata-rata lebih baik 597,42 MPa, disusul variasi 3 sebesar 353,59 MPa dan variasi 1 memiliki tegangan yang terendah, yaitu 306,48 MPa.

Kata Kunci: Komposit Hibrid, Serat Sabut Kelapa, Serat E-glass, Kekutan Tarik, Kekuatan Bending

1. Pendahuluan

Komposit dengan bahan penguat serat sintesis telah digunakan dalam berbagai aspek kehidupan, dimulai dari kebutuhan rumah tangga, industri kendaraan darat, laut maupun udara, alat-alat olah raga, kesehatan dan rompi anti peluru. Namun, penggunaan serat sintetis sebagai penguat komposit memiliki dampak negatif pada lingkungan karena limbahnya tidak dapat terurai secara alami dan dapat mengganggu hingga beberapa generasi. Perkembangan teknologi komposit saat

ini sudah mulai mengalami pergeseran dari bahan komposit berpenguat serat sintetis menjadi bahan komposit berpenguat serat alam.

Pergeseran trend teknologi ini dilandasi oleh sifat komposit berpenguat serat alam yang lebih ramah lingkungan, karena serat alami mampu terurai secara alami dan sifatnya yang *renewable*. Walaupun tak sepenuhnya menggeser serat sintetis, pemanfaatan serat alam yang ramah lingkungan merupakan langkah bijak untuk menyelamatkan kelestarian lingkungan. Komposit berpenguat serat alam juga memiliki rasio kekuatan dengan *density* yang tinggi sehingga komponen yang dihasilkan lebih ringan. Banyak ragam serat alami yang tersedia misalnya serat sabut kelapa, serat rami, serat nanas-nanasan, serat ijuk, dan serat pisang.

Serat sabut kelapa merupakan salah satu material serat alami (*natural fibre*) yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan komposit. Serat kelapa ini mulai digunakan karena mudah didapat dan banyak tersedia. Serat sabut kelapa sebagai elemen penguat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Serat sabut kelapa yang dikombinasikan dengan polimer sebagai matrik, akan menghasilkan komposit alternatif yang bermanfaat untuk dunia industri. Perlakuan awal serat sabut kelapa diharapkan menghasilkan sifat mekanis komposit yang maksimal untuk mendukung pemanfaatan komposit alternatif.

Penelitian tentang kekuatan tarik statis pelat komposit *GFRP* dengan enam lapis serat E-glass dan dengan variasi *Assimetris*, *CSM* dan *WR* telah dilakukan Kaban (2003). Hasil pengujiannya menunjukkan bahwa variasi *CSM* memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan variasi *Assimetris* dan *WR*. Haishal (2009) menganalisis sifat mekanik serat sabut / komposit resin epoksi yang berorientasi acak. Hasilnya menunjukkan kekuatan tarik 31,08 MPa, kekuatan benturan 11,49 kJ / m² dan disarankan untuk aplikasi dengan beban rendah. Menurut Akash (2015) serat rami / komposit resin epoksi menunjukkan kekuatan tarik lebih banyak daripada serat sabut / komposit resin epoksi dan serat sabut / resin epoksi menunjukkan kekuatan bending lebih banyak daripada serat rami / komposit resin epoksi.

Kekuatan komposit serat alam sangat tergantung pada ikatan mekanis antara serat dan matrik. Hal ini didukung oleh Menurut Alex.S (2015) yang menyatakan kekuatan komposit hibrid bergantung pada sifat serat, rasio aspek serat dalam komposit, orientasi serat, pembauran serat dan antarmuka matriks serat. Asasutjarit (2009) meneliti sifat mekanik komposit hijau berbasis sabut disiapkan dengan menggunakan serat sabut yang diolah dengan berbagai kondisi pra-perawatan. Perubahan proporsi komposisi kimia dan sifat morfologi serat sabut kelapa dengan kondisi pra-perawatan coir yang berbeda telah dibahas. Hal ini diamati bahwa sifat mekanik komposit hijau berbasis sabut; Modulus ruptur dan ikatan internal, meningkat sebagai hasil modifikasi komposisi kimia dan modifikasi permukaan. Pemeriksaan mikroskop elektron scanning (SEM) menunjukkan bahwa modifikasi permukaan memperbaiki adhesi serat / matriks. B.Bakri (2015) meneliti sifat mekanik dari serat sabut tali sabut yang diperkuat komposit hibrida polimer. Hasil ini sifat mekanik energi dampak dan kekuatan benturan tali sabut dan serat kaca sebagai penguat komposit hibrida polimer 15C15G lebih tinggi dari 10C20G dan 20C10G masing-masing 12,8 J dan 177,1 kJ / m².

Serat sabut kelapa berasal dari kulit buah kelapa dapat dijadikan serat penguat pada material komposit, khususnya komposit polimer. Buah kelapa merupakan salah satu hasil dari perkebunan yang banyak terdapat di provinsi Nanggroe Aceh Darussalam (NAD). Penggunaan sabut kelapa selama ini belum optimal terutama dari segi keteknikan. Atas dasar tersebut penelitian ini ingin mengembangkan sabut kelapa tersebut sebagai serat alami pada komposit polimer. Berdasarkan keunggulan dan keterbatasan dari sifat kedua serat tersebut, maka dicari alternatif melalui pengkombinasian dari kedua serat tersebut. *Penelitian ini bertujuan untuk untuk mendapat sifat mekanis yang optimal dari komposit hibrid yang diperkuat serat sabut kelapa dan E-glass*. Disamping itu, penelitian berguna untuk pemanfaatan sumberdaya alam dan potensi daerah yang masih kurang optimal penggunaannya sehingga meningkatkan nilai tambah produk lokal.

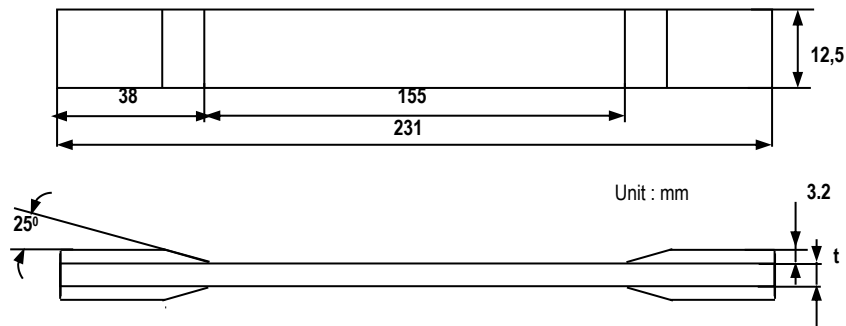
2. Metode Penelitian

Pembentukan Komposit

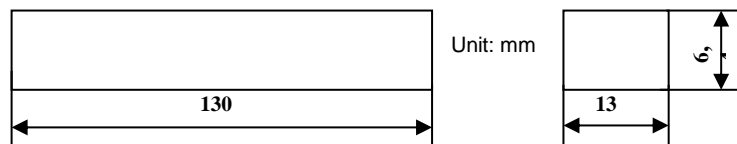
Material penyusun komposit polimer adalah: *matriks* dari bahan *Unsaturated Polyester Resin* BQTN 157-EX dan penguat dari serat sabut kelapa (SSK) dan serat *E-glass*. Komposit polimer dibentuk secara *hand lay-up* dengan memvariasikan jenis serat *E glass* jenis *chop strand mat (CSM)*, *woven roving (WR)* dan serat sabut kelapa (SSK) secara laminat sebanyak 6 (enam) lapis serat yang disusun dengan tiga macam variasi.

1. Variasi 1, adalah [CSM/SK/WR]₂
2. Variasi 2, adalah [WR₂/SK₂/WR₂]
3. Variasi 3, adalah [CSM/SK/ WR₂/SK/CSM]

Prosedur pembuatan spesimen komposit, selanjutnya disebut meliputi tiga proses utama, yakni persiapan, pencetakan dan pembentukan. Spesimen dibentuk mengikuti standard ASTM D3039 untuk spesimen uji tarik (Gambar 1) dan mengadopsi standard ASTM D 790-81 untuk spesimen uji bending (Gambar 2).



Gambar 1. Dimensi spesimen uji tarik (ASTM D 3039, 1987)



Gambar 2. Dimensi spesimen uji bending (ASTM D 790-1981)

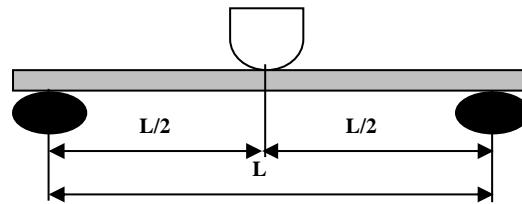
Pengujian

1. Pengujian tarik

Untuk uji tarik, spesimen diikatkan pada dua buah pemegang spesimen (*upper and lower croshead*) dengan posisi vertikal. Pengujian ini menggunakan peralatan uji *Ht-9502 Computer Hidrolic Universal Testing Machine*. Gaya tarik diberikan oleh pemegang spesimen bagian bawah yang diatur memberikan gerakan tarik dengan kecepatan konstan (2 mm/mnt).

2. Pengujian bending

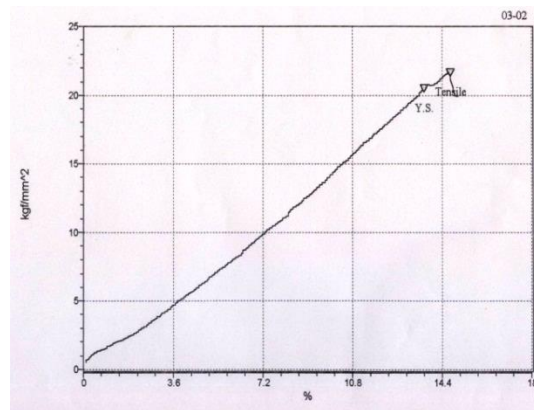
Pengujian bending dilakukan dengan metode *two point* bending (Gambar 3) menggunakan peralatan uji *Ht-9502 Computer Hidrolic Universal Testing Machine*. Spesimen yang diletakkan pada dua tumpuan yang telah dirancang khusus dengan terlebih dahulu mengatur jarak kedua tumpuan (100 mm). Sensor *dial indikator* disentuhkan pada bagian bawah spesimen (tepatnya dibagian tengah). Kecepatan pembebanan dilakukan secara perlahan (2 mm/mnt). Pembebanan dilakukan sampai spesimen mengalami kegagalan atau patah. Besarnya beban dan defleksi saat spesimen mengalami perpatahan dicatat.

Gambar 3. Metode *two point bending*

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Tarik

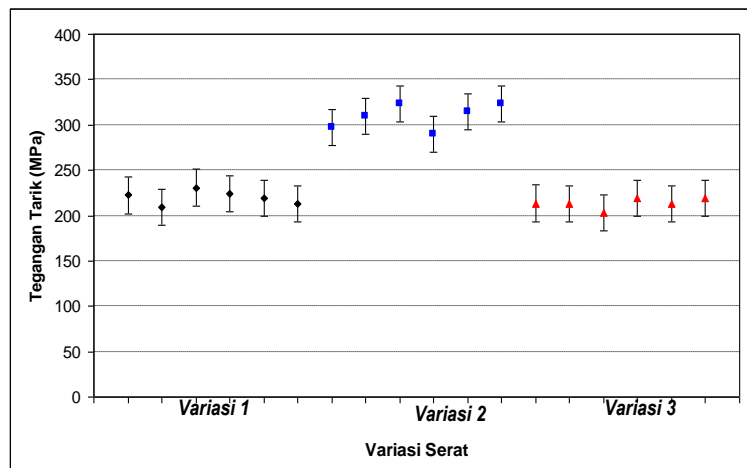
Setelah semua spesimen dilakukan pengujian tarik menggunakan *universal machine* dan dilakukan perhitungan, maka didapat sejumlah parameter hasil pengujian. Tipikal grafik tegangan regangan yang dihasilkan diperlihatkan oleh gambar 4.



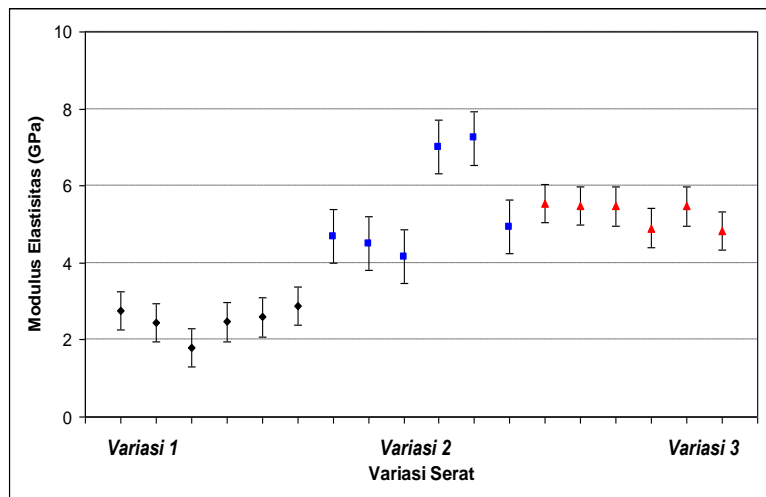
Gambar 4. Tipikal grafik tegangan vs regangan GCFRP

Dari gambar 4 dapat diperoleh informasi bahwa grafik mempunyai kecenderungan garis lurus, dimana *ultimate stress* dan tegangan luluhnya (*yield stress*) tidak mempunyai kisaran harga yang signifikan. Dari kontur grafik ini menunjukkan bahwa material komposit GCFRP memiliki sifat yang rapuh atau getas.

Dari data hasil pengujian didapat besar tegangan dan modulus elastisitas untuk pengujian tarik material komposit dengan variasi serat 2 [$WR_2/SK_2/WR_2$] memiliki harga yang lebih tinggi dibandingkan variasi 1 dan 3. Hasil pengujian yang lebih menarik untuk dianalisa adalah perbandingan antara hasil yang didapat variasi 1 [$CSM/SK/WR$]₂ dan variasi 3 [$CSM/SK/WR_2/SK/CSM$]. Pada kedua variasi ini, besar beban tarik rata-rata tidak mempengaruhi harga tegangan dan modulus elastisitas dari setiap variasi. Pada kasus ini variasi 3 mempunyai tegangan (213,45 MPa) yang relatif lebih kecil dibandingkan variasi 1 (219,84 MPa), akan tetapi mempunyai nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi, yang hampir mencapai dua kali lipat yaitu 5,28 GPa dibandingkan variasi 1 = 2,49 GPa (Gambar 5 dan 6). Dari hasil pengujian tarik ini menunjukkan bahwa susunan serat dan jenis serat dalam suatu *laminat* komposit sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik.



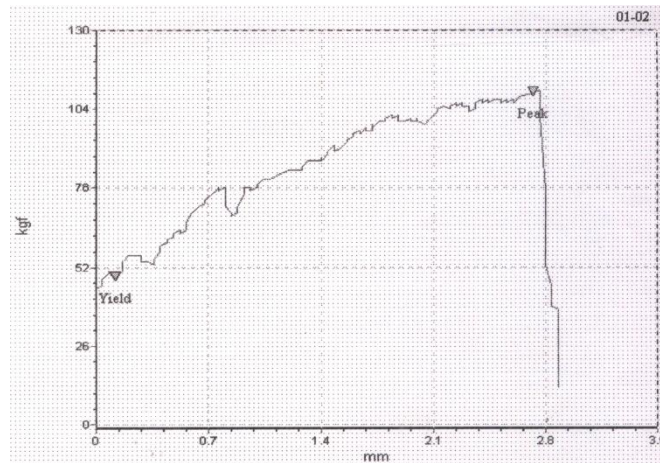
Gambar 5. Tegangan tarik terhadap variasi serat



Gambar 6. Modulus elastisitas tarik terhadap variasi serat

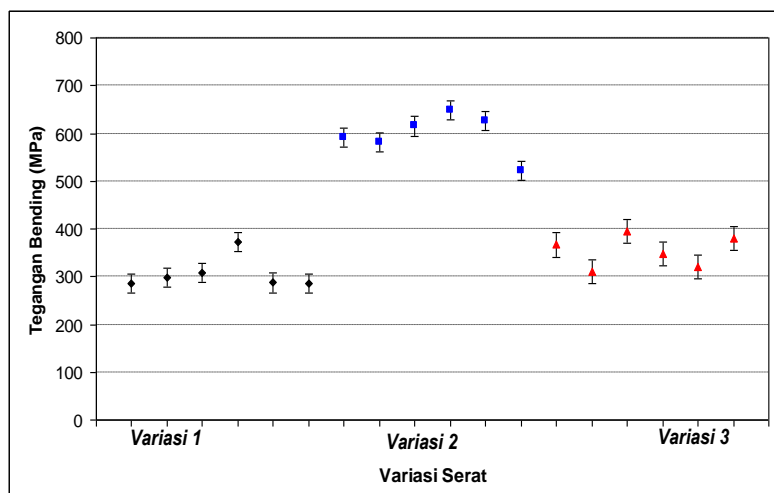
Hasil Pengujian Bending

Dengan menggunakan *universal machine* yang sama untuk pengujian bending, dihasilkan grafik beban dan *displacement* seperti diperlihatkan pada gambar 7. Dari gambar 7 dapat kita lihat besarnya beban mulai dari tegangan luluhnya (*yield stress*) menuju *ultimate stress* sangat signifikan. Disini menunjukkan bahwa material komposit *GCFRP* cenderung mempunyai ketahanan bending yang lebih baik dibandingkan perlakuan tarik.



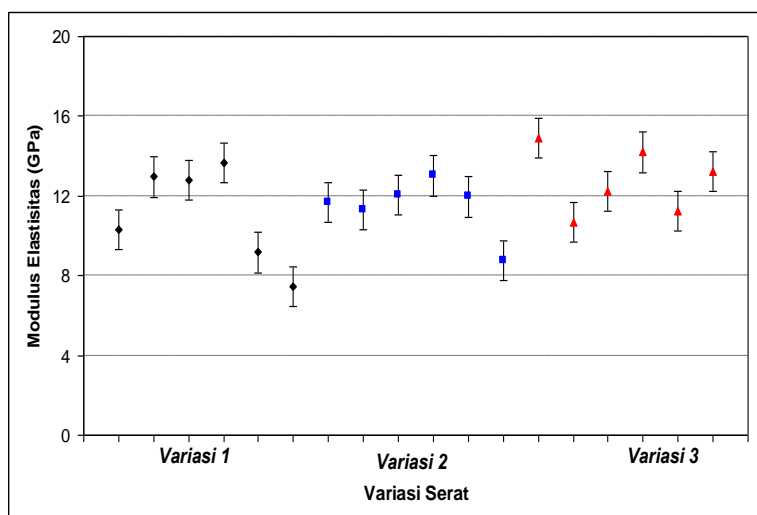
Gambar 7. Tipikal grafik beban vs displacemen bending

Gambar 8 memperlihatkan variasi 2 mempunyai tegangan bending rata-rata 597,42 MPa dan variasi 1 memiliki tegangan yang terendah, yaitu 306,48 MPa. Besarnya nilai beban dan tegangan yang dihasilkan oleh variasi 2 tidak menyebabkan meningkatnya harga modulus elastisitas dari variasi tersebut (Gambar 9).



Gambar 8. Tegangan bending terhadap variasi serat

Hasil pengujian bending menunjukkan karakteristik *GCFRP* mempunyai modulus elastisitas yang hampir sama antara ketiga variasi lapisan serat yang diuji. Secara keseluruhan, variasi 3 [$\text{CSM/SK/WR}_2/\text{SK/CSM}$] mempunyai modulus elastisitas bending lebih baik, dibandingkan dengan variasi 1 dan 2, yaitu dengan modulus elastisitas rata-rata 11,31 GPa. Nilai modulus elastisitas rata-rata terendah 9,72 GPa dimiliki variasi 1 [CSM/SK/WR_2] dan variasi 2 [$\text{WR}_2/\text{SK}_2/\text{WR}_2$] sebesar 10,68 GPa. Disini terlihat juga bahwa modulus elastisitas juga dipengaruhi oleh susunan dan jenis serat. Dengan memiliki modulus elastisitas yang besar maka material tersebut semakin memiliki kekakuan dan ketangguhan yang lebih baik.



Gambar 9. Modulus elastisitas bending terhadap variasi serat

Pembahasan

Hasil pengujian tarik dan bending untuk material komposit polimer dengan susunan variasi serat yang berbeda memberi gambaran kepada kita untuk mengambil keputusan nantinya dalam memproduksi produk dari material komposit tersebut. Dilihat dari tegangan tarik dan bending yang mampu ditahan oleh ketiga variasi (urutan peletakan serat), variasi 2 [$WR_2/SK_2/WR_2$] memiliki ketahanan tegangan yang lebih baik dibandingkan variasi serat 1 dan 3. Akan tetapi jika kita memilih berdasarkan kekakuan atau modulus elastisitas tarik dan bending maka terdapat dua alternatif variasi serat yang tidak jauh berbeda harga modulusnya yaitu, variasi 3 [$CSM/SK/WR_2/SK/CSM$] dan variasi 2 [$WR_2/SK_2/WR_2$].

Secara keseluruhan dari hasil pengujian menunjukkan nilai-nilai sifat mekanik bending yang dimiliki material komposit polimer lebih besar hingga mencapai tiga kali dibandingkan nilai-nilai sifat mekanik akibat perlakuan tarik. Ini memberi gambaran kepada kita bahwa produk komposit polimer yang akan diproduksi dengan variasi serat seperti tersebut mempunyai ketahanan bending yang lebih baik dibandingkan gaya-gaya akibat beban tarik nantinya.

Kurangnya kemampuan komposit tersebut dalam menerima tegangan tarik dibandingkan bending, dikarenakan pada kondisi pembebanan tarik, selain terjadinya gaya normal (tegangan normal) juga terjadi gaya geser (tegangan geser). Timbulnya tegangan geser berasal dari tidak seragamnya kemampuan ikatan muka (*interface*) antar *lamina* atau lapisan. Perbedaan kekakuan dari setiap *lamina* penyusun cenderung menyebabkan tergelincirnya lapisan satu sama lain.

Jika kita meninjau secara teoritis, untuk menganalisa kekuatan tarik dan bending pelat komposit *laminat*, terdapat beberapa anggapan (pengidealan) mengenai distribusi tegangan dan regangan dalam arah ketebalan pelat berlaminat. Anggapan-anggapan tersebut antara lain; (1) setiap *lamina* (lapisan) terikat kuat satu dengan yang lain dan bahan perekat sangat tipis sehingga tidak mempengaruhi kekuatan pelat berlapis secara keseluruhan, serta tidak teregang geser (*non shear deformable*). Dengan anggapan ini berarti pelat komposit berlapis dianggap sebagai pelat tunggal, (2) benda yang dikaji tipis, sehingga garis yang semula rata dan tegak lurus bidang tengah pelat dianggap tetap rata dan tegak lurus, bila pelat tersebut teregang atau tertlentur.

Anggapan-anggapan di atas dibuat untuk memudahkan analisa tegangan regangan tiap-tiap lapisan secara matematis untuk pelat komposit berlapis. Teori tersebut lebih dikenal dengan "Teori Pelat Berlapis Klasik" (TPBK). Teori TPBK kurang tepat jika digunakan untuk

menganalisis hasil eksperimen tiap-tiap lapisan mempunyai kekakuan yang berbeda dan cenderung tergelincir satu sama lain. Karena masing-masing lapisan dihubungkan secara elastis pada permukaannya, maka pada permukaan tersebut muncul tegangan geser. Karena itu urutan penempukan *lamina* dengan serat dan orientasinya merupakan parameter yang penting dalam perancangan material komposit *laminat*.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian menunjukkan nilai-nilai sifat mekanik bending yang dimiliki material komposit polimer lebih besar hingga tiga kali dibandingkan nilai-nilai sifat mekanik akibat perlakuan tarik. Material komposit hibrid dengan variasi 2 [WR₂/SK₂/WR₂] memiliki harga tegangan tarik yang lebih tinggi (rata-rata 309.54 MPa) dibandingkan variasi 1 [CSM/SK/WR]₂ dan 3 [CSM/SK/WR₂/SK/CSM]. Variasi 2 menghasilkan modulus elastisitas tarik 5,42 GPa disusul variasi 3 dengan 5,28 GPa dan variasi 1 sebesar 2,49 GPa. Variasi 2 mempunyai tegangan bending rata-rata 597,42 MPa disusul variasi 3 sebesar 353,59 MPa dan variasi 1 memiliki tegangan yang terendah, yaitu 306,48 MPa. Komposit hibrid mempunyai modulus elastisitas bending yang hampir sama antara ketiga variasi lapisan serat yang diuji akan tetapi variasi 3 [CSM/SK/WR₂/SK/CSM] mempunyai modulus elastisitas bending rata-rata lebih baik, yaitu 11,31 GPa, dibandingkan variasi 2 [WR₂/SK₂/WR₂] sebesar 10,68 GPa dan rata-rata 9,72 GPa dimiliki variasi 1 [CSM/SK/WR]₂.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih Kemenristekdikti yang telah membiayai riset ini melalui Skim Penelitian Produk Terapan tahun 2017.

Daftar pustaka

- Akash, Venkatesh Gupta, K V SreenivasRao, Prasad C B, Prabilsonkhadka, 2015, Comparative Evaluation of Mechanical and Water Absorption Properties of Pure Epoxy Resin, Coir Fiber/Epoxy Resin and Hemp Fiber/Epoxy Resin Composite. *International Journal of Applied Engineering Research*, ISSN 0973-4562 Vol. 10, No. 55.
- Alex.S, Dr. Stanly Johns Retnam, M. Ramachandran, 2015, A review on Biodegradability of Hybrid Bamboo/Glass fiber polymer composites. *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562 Vol. 10, No. 11.
- Asatjarit, Chankan, Charoenvai, Sarocha, Hirunlabh, Jongit, Khendari, Joseph, 2009, Materials and Mechanical Properties of Pre-Treated Coir Based Green Composites, *ELSEVIER Composite. part B,40 Vol.7*, 633-637
- ASM Hand Book, (1985), *Mechanical Testing Vol. 8, Bend Testing*, ASM International, USA.
- ASTM Annual Standard Book Composite Material, (1987), *ASTM D3039*. www.astm.org,
- B.Bakri, S.Chandrabakty, R.Soe, mechanical properties of coir rope-glass fibers reinforced polymer hybrid composites, 2015, *IJSSMM Vol.2 No. 2 2015 hal 132-135*
- Harish, D. Peter Michael, A. Bensely, D. Mohan Lal, A. Rajadurai, 2009, Mechanical property evaluation of natural fiber coir composite, *Materials Characterization* 60 44–49.
- Immanuel Kaban, Haikal, Syam Bustami, 2003, Teknik Pengukuran Kekuatan Tarik Impak Pelat Komposit GFRP, *Proc. CMNA Seminar*, Banda Aceh.