

PENGARUH PERBANDINGAN VOLUME SERAT TERHADAP KEKUATAN MEKANIS KOMPOSIT HYBRID SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)-EGLASS/EPOKSI

Faizal Bagus Adi Nugraha^a, Harini Sosiati^b, Sudarisman^c

^{a,b,c} Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta
 e-mail: faizalbagus09@gmail.com

Abstract

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan volume serat terhadap kekuatan mekanis (kuat tarik & impak) pada komposit hybrid serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS-Eglass) berpenguat resin epoksi dengan variasi TKKS/Eglass sebesar 1:1, 1:2 dan 2:1. Serat TKKS yang digunakan dibersihkan dengan cara pencucian dan perebusan selama 1 jam kemudian dipotong dengan ukuran panjang 15 mm, dan serat e-glass panjang 25 mm dengan perlakuan muffle furnace 400°C selama 30 menit.. Perbandingan serat/matriks yang digunakan adalah 40%:60%. Pembuatan spesimen komposit menggunakan mesin cetak rekayasa cold press dengan menggunakan metode hand lay-up. Pengujian spesimen masing-masing mengacu pada ASTM D638 dan ASTM D6110. Karakterisasi persebaran serat dan morfologi patahan komposit diamati menggunakan microscope optic. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi 1:2 memiliki kekuatan tarik & impak tertinggi. Nilai kekuatan tarik sebesar 98,66 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 6,06 GPa dan kekuatan impak sebesar 61,12 kJ/m². Semakin besar penambahan volume serat e-glass meningkatkan kekuatan tarik & impak komposit TKKS-Eglass/Epoksi.

Keywords: Kekuatan mekanis, komposit hybrid, TKKS, e-glass, epoksi,

1. PENDAHULUAN

Teknologi komposit terus berkembang seiring waktu, salah satu perkembangannya adalah komposit hibrid. Komposit hibrid merupakan komposit gabungan antara dua jenis serat yang berbeda dalam satu matriks. Hibridisasi dua jenis serat yang memiliki panjang dan diameter yang berbeda menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan penggunaan salah satu serat saja dalam matriks tunggal (Girisha, 2012). Serat TKKS sendiri dapat diperoleh dari hasil panen tandan buah segar (TBS) kelapa sawit. Pemilihan TKKS sebagai bahan penguat komposit hibrid dikarenakan jumlahnya yang cukup melimpah yaitu sekitar 126.317,54 ton/tahun (Mandiri, 2012), sementara pemanfaatan TKKS sendiri masih sangat terbatas. Sejauh ini limbah TKKS hanya dijadikan pupuk untuk kawasan perkebunan kelapa sawit. Maka dari itu diperlukan inovasi pemanfaatan limbah TKKS agar limbah dapat dimanfaatkan dengan lebih baik dan mengurangi dampak negatif bagi lingkungan, serta menambah nilai ekonomi dari limbah TKKS itu sendiri

.Penelitian terkait serat TKKS sebagai bahan penguat komposit dilakukan oleh Myrtha (2008) yang meneliti komposit TKKS-Eglass/Polyester dengan metode *hand lay up* variasi perbandingan fraksi volume serat kontinyu TKKS-Eglass 40%:60% dan 70%:30%. Dari hasil penelitian didapatkan kekuatan bending berturut turut adalah sebesar sebesar 143,0 MPa dan 165,9 Mpa. Hariharan (2005) meneliti kekuatan tarik dan impak komposit hibrid TKKS-Eglass/Epoksi menggunakan metode *vacuum bagging* bilayer komposit dengan variasi perbandingan fraksi volume serat anyam. Dari penelitian tersebut diperoleh variasi terbaik pada penambahan 80% serat e-glass, kekuatan tarik maksimum adalah 87 Mpa dan impak pada 70 KJ/m². Kim (2016), meneliti kekuatan tarik pada komposit TKKS/Epoksi tanpa dihibrid dengan serat sintesis, menggunakan metode

vacuum bagging dengan variasi fraksi berat TKKS 0-30%. Dari penelitian didapatkan kekuatan tarik maksimum sebesar 40 Mpa. Melihat beberapa penelitian diatas nilai kekuatan mekanis dari penelitian komposit non-hibrid yang dilakukan oleh Kim (2016) diketahui lebih rendah dibandingkan dengan komposit hibrid TKKS-Eglass hasil penelitian yang dilakukan oleh Myrtha (2008) dan Hariharan (2005). Hal tersebut dikarenakan penambahan serat *e-glass* memiliki dampak yang signifikan dalam meningkatkan kekuatan mekanis komposit serat TKKS, karena serat *e-glass* memiliki kuat tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan serat TKKS.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai komposit hibrid serat TKKS-Eglass dengan menggunakan metode *cold press* dan serat acak, untuk membandingkan hasil dari metode yang digunakan dalam fabrikasi penelitian Myrtha (2008) yang menggunakan metode *hand lay up* serat kontinyu, dan terhadap penelitian Hariharan (2005) yang menggunakan metode *vacuum bagging* serat anyam bilayer, juga memperoleh perbandingan kekuatan mekanis terhadap komposit non-hibrid penelitian Kim (2016). Pemilihan serat TKKS menjadi sebagai salah satu bahan penguat komposit hibrid menjadi permasalahan utama pada penelitian ini dikarenakan serat TKKS merupakan limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal dan jumlahnya melimpah di alam. Selain itu alasan yang menjadikan serat *e-glass* sebagai penguat komposit hibrid pada penelitian ini dikarenakan sifat mekanisnya yang baik, dan juga pertimbangan harga yang lebih ekonomis dibandingkan dengan serat sintesis lainnya semisal *carbon*. Dengan menggunakan resin epoksi, produk komposit hibrid diharapkan dapat diaplikasikan pada dunia otomotif khususnya produk helm keselamatan sebagai pertimbangan inovasi baru, meningkatkan sifat kekuatan mekanis helm, sekaligus menjadi kandidat pengganti bahan plastik sebagai penyusun tempurung helm.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Preparasi Serat

Serat alam yang digunakan pada penelitian ini adalah serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Serat mentah diambil dari Kalimantan Tengah kemudian dicuci dan direndam menggunakan air selanjutnya direbus selama 1 jam untuk menghilangkan kotoran dan minyak pada permukaan serat. Serat sintesis yang digunakan adalah serat *e-glass* diberikan perlakuan panas dengan mesin electric muffle furnace.

2.2 Fabrikasi Komposit

Pembuatan spesimen komposit menggunakan mesin rekayasa *cold press* dengan metode *hand lay-up* dengan perbandingan serat/matriks yang digunakan adalah 40%:60% dan variasi perbandingan volume serat TKKS/Eglass 1:1, 1:2, dan 2:1 berpenguat resin epoksi.

2.3 Uji Mekanis dan Karakterisasi

Spesimen komposit kemudian dilakukan pengujian tarik dan impak yang mengacu pada standar ASTM D638 dan ASTM D6110. Pengujian dilakukan di Akademi Teknik Mesin Industri (ATMI) Surakarta. Morfologi permukaan patahan spesimen yang sudah diuji kemudian dikarakterisasi menggunakan *microscope optic*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Tarik Serat Tunggal

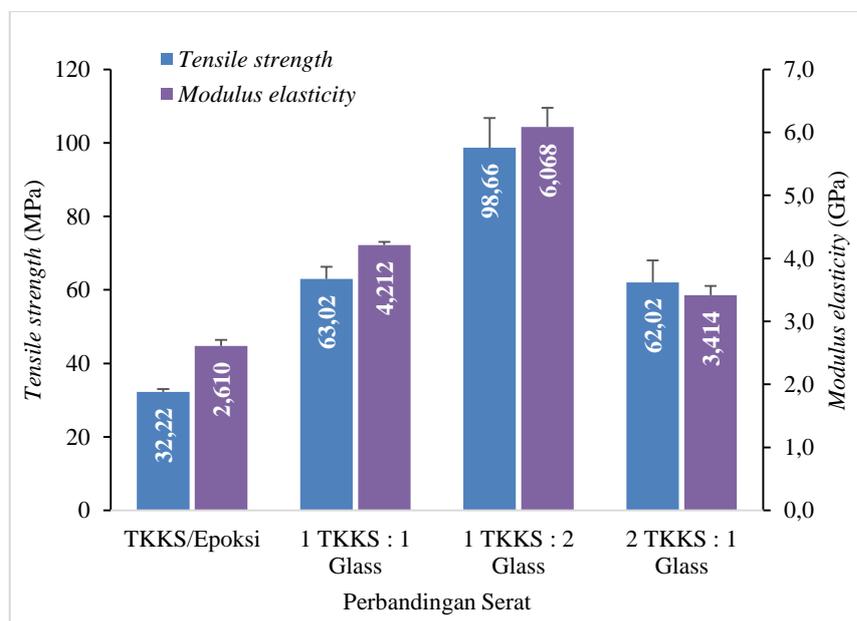
Tabel 1. Hasil pengujian tarik serat TKKS

(ASTM D 3379 L = 50 mm)

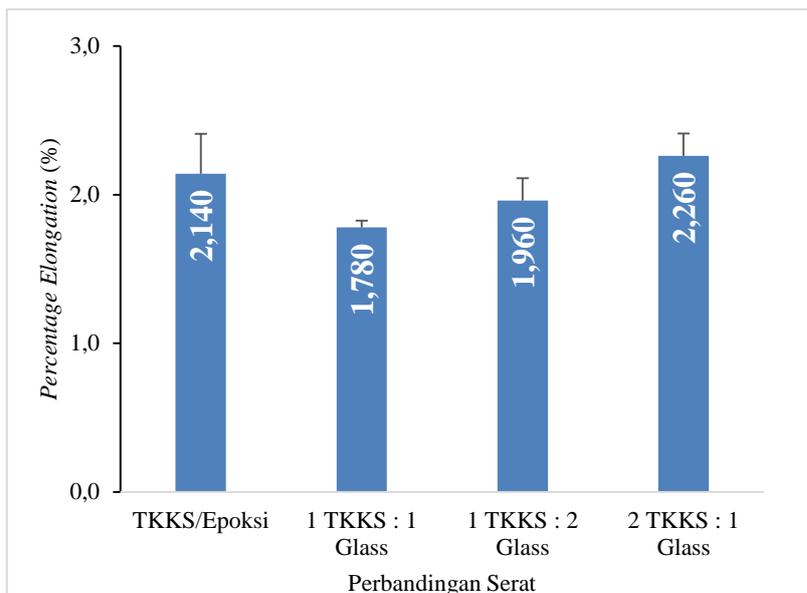
No	Diameter rata-rata (mm)	Luas Area (mm ²)	Nilai Beban pembebanan (kgf)	F (N)	σ Tarik (Mpa)	ΔL (mm)	ϵ Tarik (%)	E (Mpa)
1	0.3564	0.100	1.004	9.846	98.697	6.12	12.24	2681.016
2	0.5025	0.198	1.963	19.251	97.089	3.86	7.72	1348.902
3	0.4822	0.183	1.880	18.437	100.977	3.78	7.56	1464.848
4	0.3340	0.088	0.976	9.572	109.245	4.48	8.96	3052.685
5	0.2650	0.055	0.791	7.757	140.647	7.61	15.22	4849.345
6	0.4256	0.142	1.247	12.229	85.971	4.1	8.2	1880.236
7	0.4336	0.148	2.058	20.183	136.698	4.18	8.36	1811.534
Minimum	0.265				85.971		7.560	1348.902
Maximum	0.502				140.647		15.220	4849.345
Rata-rata	0.388				109.904		9.751	2679.359
Standar Deviasi	0.101				20.840		2.887	1422.442

Hasil pengujian tarik serat tunggal TKKS (tabel 3.1) sesuai dengan ASTM 3379 didapatkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 109,904 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 2679.359 MPa dan pertambahan panjang serat rata-rata sebesar 9,751 %. Dibandingkan dengan penelitian Yusoff, dkk (2010) pengujian kekuatan tarik serat tunggal TKKS mendapatkan hasil sebesar 71 MPa. Dalam penelitian ini pengujian serat tunggal TKKS memiliki nilai yang lebih besar, hal tersebut dapat disebabkan oleh usia pohon sawit, keadaan iklim, letak geografis maupun struktur dan sifat tanah dimana serat TKKS tersebut diperoleh.

3.2 Hasil Pengujian Tarik Komposit



Gambar 1. Hasil pengujian tarik komposit serat TKKS-Eglass/Epoksi

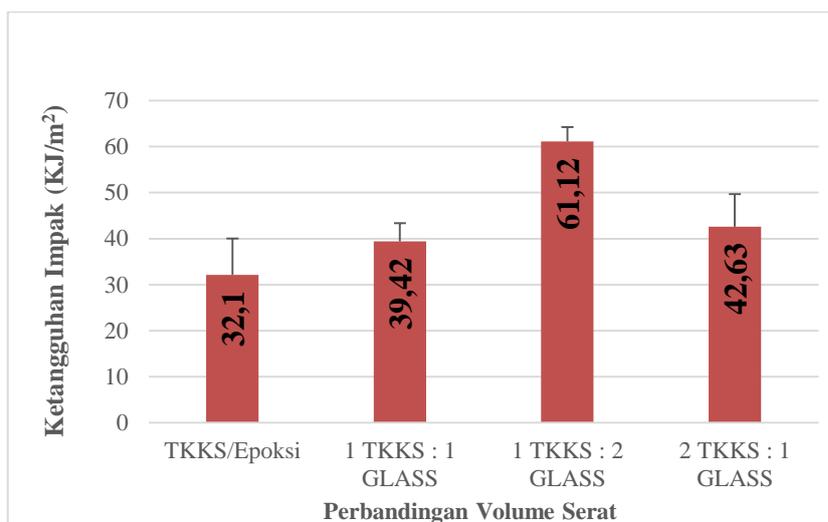


Gambar 2. Hasil regangan tarik komposit serat TKKS-Eglass/Epoksi

Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada variasi perbandingan volume serat 1:2 dengan kekuatan nilai sebesar 98,66 MPa, modulus elastisitas (*modulus elasticity*) sebesar 6,086 GPa, dan regangan (*elongation*) sebesar 2,26%. Nilai tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.

Hasil pengujian tarik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar penambahan volume serat *e-glass* maka kekuatan tarik (*tensile strength*), modulus elastisitas (*modulus elasticity*), dan regangan (*elongation*) nilainya akan semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan baiknya sifat mekanis dari serat *e-glass* setelah mendapat perlakuan panas, sehingga membentuk ikatan yang baik dengan matriks. Semakin banyak volume serat *e-glass* yang ditambahkan pada komposit TKKS/Epoksi, maka kekuatan tarik komposit semakin tinggi.

3.3 Hasil Pengujian Impak Komposit



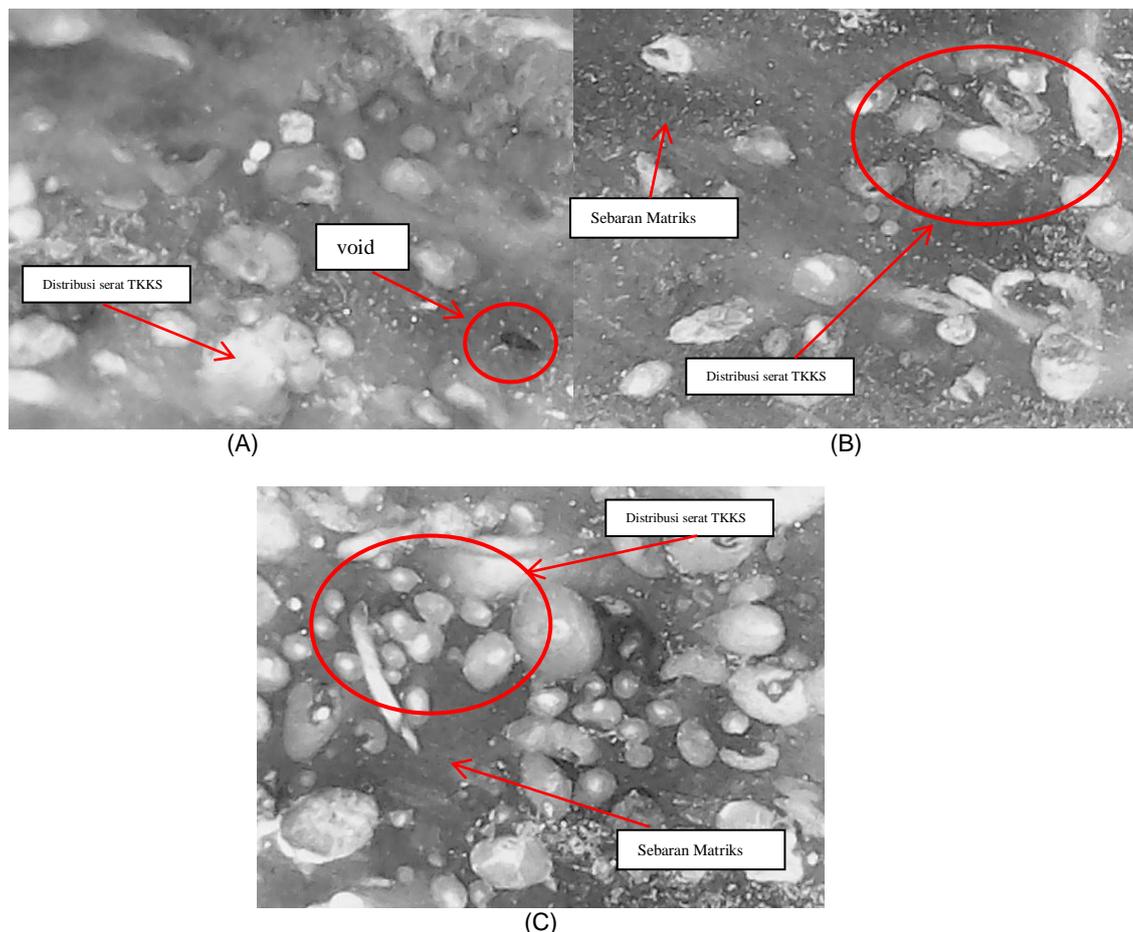
Gambar 4. Hasil pengujian impak komposit serat TKKS-Eglass/Epoksi

Kekuatan impak tertinggi diperoleh pada variasi perbandingan volume serat 1:2 dengan kekuatan nilai sebesar 61,12 kJ/m². Nilai tersebut dapat diamati pada gambar 3.3. Sama seperti pengujian tarik, pada pengujian impak juga menunjukkan bahwa

semakin besar penambahan volume serat *e-glass*, maka nilai kekuatan impak akan semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan baiknya sifat mekanis dari serat *e-glass* setelah mendapat perlakuan panas, sehingga membentuk ikatan yang baik dengan matriks. Semakin banyak volume serat *e-glass* yang ditambahkan pada komposit TKKS/Epoksi, maka kekuatan tarik komposit semakin tinggi.

3.4 Analisis Pengujian *microscope optic* (Foto Mikro)

Pengujian optik digunakan untuk mengamati distribusi atau persebaran serat dan matriks pada komposit TKKS-Eglass/epoksi.



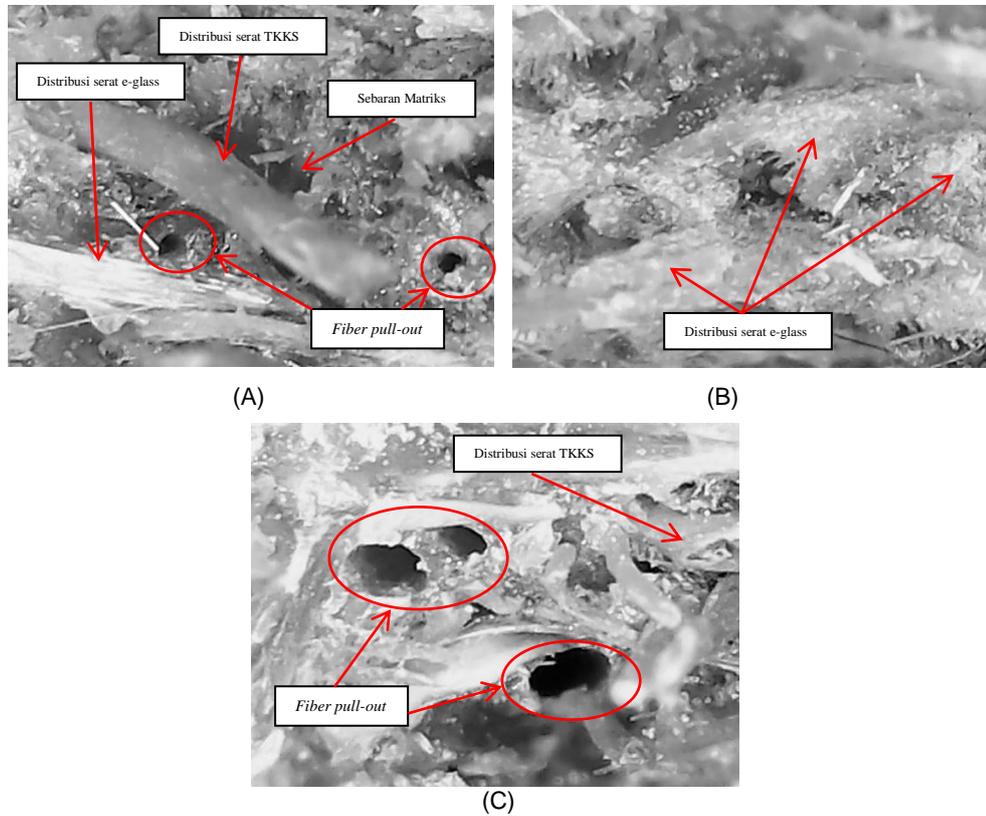
Gambar 5. Struktur potongan hasil uji optik panjang serat (A) 1:1, (B) 1:2, (C) 2:1

Gambar 3.4 menunjukkan bahwa sebaran serat TKKS terlihat dominan pada citra optik. Pada variasi 1:1 terlihat sebaran serat merata, pada variasi 1:2 serat TKKS tidak terlalu banyak mengisi komposit, sedangkan pada variasi 2:1 serat TKKS mendominasi dengan sebaran serat yang merata. Hal tersebut terjadi karena pembuatan komposit dengan metode *hand lay-up* memungkinkan tidak meratanya sebaran serat. Bahkan terdapat void pada variasi 1:1 dikarenakan udara yang terjebak di dalam spesimen.

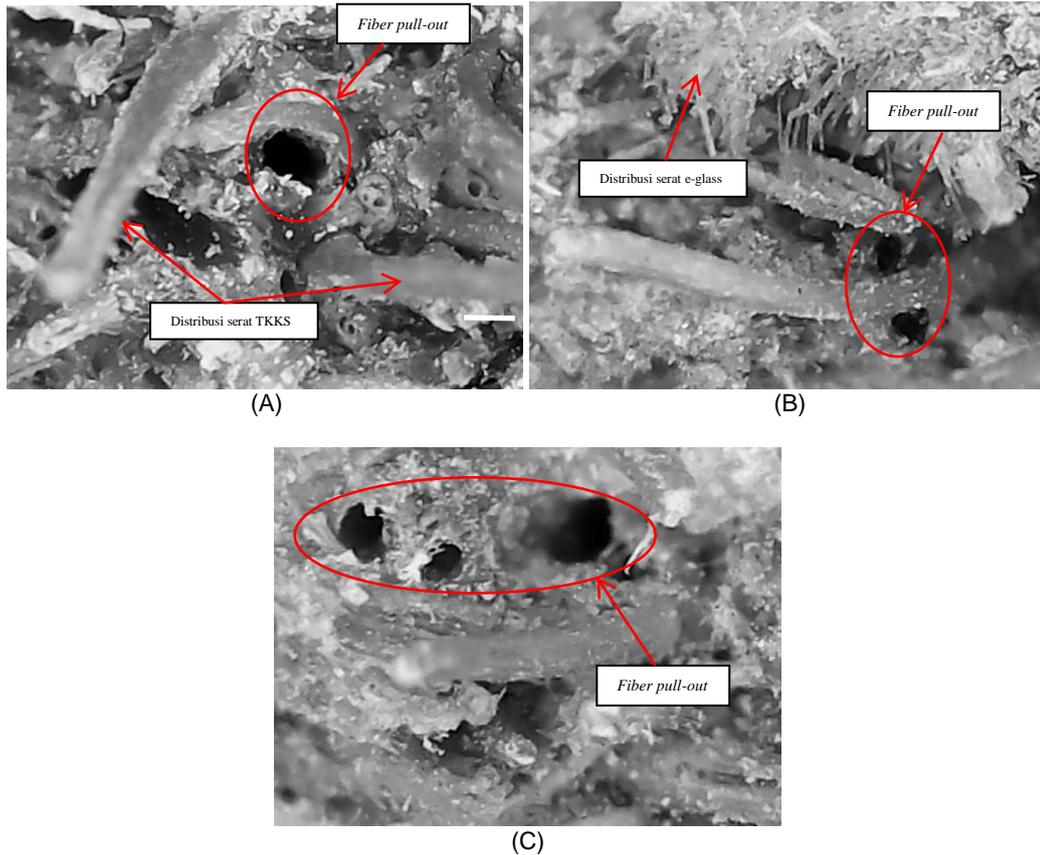
Adanya *void* pada spesimen mempengaruhi kekuatan tarik dan impak komposit. *Void*s adalah ruang kosong/gelembung udara yang terjebak didalam komposit dan terbentuk ketika proses fabrikasi tidak sempurna. Beban yang diterima oleh spesimen tidak dapat tersalurkan dengan baik dengan adanya *void*. Sehingga pada area *void* tersebut akan menjadi titik lemah dari specimen

3.5 Karakterisasi Patahan Komposit

Karakterisasi patahan komposit dilakukan dengan mengamati morfologi permukaan patahan komposit dengan mikroskop optik. Hal ini dilakukan untuk mengetahui struktur ikatan antara serat dan matriks, serta mengetahui pengaruh panjang serat terhadap kekuatan mekanis (tarik dan impak) pada komposit TKKS-Eglass/Epoksi.



Gambar 6. Struktur patahan uji tarik dengan foto mikro panjang serat (A) 1:1, (B) 1:2, (C) 2:1



Gambar 7. Struktur patahan uji impact dengan foto mikro panjang serat (A) 1:1, (B) 1:2, (C) 2:1

Dari citra mikroskop optik patahan serat spesimen tarik dan impact Gambar 3.5 dan Gambar 3.6, dapat dilakukan pengamatan terhadap distribusi serat TKKS, distribusi serat E-glass, sebaran matriks, fiber pullout, dan ikatan serat dengan matriks yang terlihat melalui optik. Dari ketiga sampel variasi tersebut, variasi 2:1 mengalami fiber pull-out terbesar bila dibandingkan variasi lainnya, hal ini bisa dilihat dari jumlah lubang yang tercipta akibat serat yang tertarik keluar saat proses uji tarik. Serat yang keluar karena minimnya ikatan serat TKKS dengan matriks atau *debonding* sehingga membuat kekuatan tarik dan impact spesimen menurun. Pada variasi 1:2, dapat dilihat distribusi serat E-glass sangat merata ke seluruh permukaan patahan. Hal ini yang meminimalisir terjadinya fiber pull-out pada komposit. Sebaran E-glass yang merata juga mempengaruhi nilai kekuatan tarik menjadi lebih baik. Sedangkan pada variasi 1:1, distribusi serat cenderung merata keduanya, begitu juga dengan sebaran matriks yang dapat dilihat pada beberapa titik di permukaan patahan Fabrikasi yang dilakukan secara manual, menjadikan spesimen memiliki karakteristik yang berbeda-beda, namun dari beberapa variasi yang diambil sampelnya menunjukkan distribusi serat dan matriks yang cukup merata.

4. KESIMPULAN

Penambahan serat e-glass meningkatkan kekuatan mekanis komposit TKKS/Epoksi. Kekuatan mekanis terbaik dimiliki oleh variasi perbandingan serat 1 TKKS : 2 E-Glass sebesar 98,66 Mpa begitu juga dengan kekuatan impact sebesar 61,12 KJ/m².

Fabrikasi secara manual dengan metode *hand lay up* menggunakan mesin press dingin Laboratorium CNC Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan serat acak dapat menghasilkan komposit dengan kekuatan mekanis yang lebih baik dibandingkan penelitian serupa sebelumnya.

Komposit hibrid TKKS-Eglass dengan matriks epoksi dirasa layak digunakan sebagai bahan penyusun tempurung helm karena memiliki sifat mekanis yang lebih baik jika dibandingkan dengan nilai dari hasil beberapa penelitian sebelumnya dan hasil pengujian helm standar SNI sendiri.

5. DAFTAR PUSTAKA

Journal:

- [1] Alaya F. H. M., Bambang S. (2014). Studi kekuatan tarik komposit serat rami acak-polyester sebagai bahan helm standar SNI.
- [2] Girisha, C., (2012). *Mechanical Performance of Natural Fiber-Reinforced Epoxy-Hybrid Composites*, Department of Mechanical Engineering, SSIT, India.
- [3] Hariharan, A., (2005). *Lignocellulose-based Hybrid Bilayer Laminate Composite: Part I – Studies on Tensile and Impact Behavior of Oil Palm Fiber–Glass Fiber-reinforced Epoxy Resin*. Universiti Sains Malaysia Penang, Malaysia
- [4] Kim Y. T., Eng H. Y., Tang L. W. 2016. *The effects of weight fraction on mechanical behaviour of thermoset palm EFB composite. Internatonal Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 4.4: P. 232-236.
- [5] Mandiri, Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan, Jakarta, 2012, 61.
- [6] Myrtha, K., (2008). *Effect Oil Palm of Empty Fruit Bunch Fiber on The Physical And Mechanical Properties Of Fiber Glass Reinforced Polyester Resin*, Indonesia Institue Of Scinece, Indonesia
- [7] Muthia, E., (2017). *Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara*, Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
- [8] Yusoff, M., Riza, W., (2010). *Mechanical properties of short random oil palm fibre reinforced epoxy composites. Sains Malaysiana*, Malaysia.