

PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT TERHADAP KEKUATAN MEKANIS KOMPOSIT SERAT TKKS (TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT)/EPOXY

Ridho Tri Ananto^a, Harini Sosiati^b, Sudarisman^c

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
e-mail: micard99@gmail.com

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat TKKS terhadap sifat mekanis komposit TKKS dengan matriks epoxy yang berpotensi menjadi komponen panel otomotif. Pada penelitian ini serat TKKS yang digunakan merupakan serat mentah dengan perlakuan perebusan pada air mendidih selama 1 jam. Panjang serat yang digunakan ± 6 mm. Perbandingan variasi fraksi volume serat/matriks yang digunakan adalah (30:70), (40:60), dan (50:50). Fabrikasi komposit dengan metode serat acak satu lapisan menggunakan mesin cold press manual dengan tekanan terukur 120 kg/cm^2 pada temperatur ruangan selama 7-8 jam. Pengujian mekanis yang dilakukan adalah uji impact dan bending. Uji kekuatan impact mengacu standar ASTM D6110 dan uji kekuatan bending mengacu standar ASTM D790-02. Analisa persebaran serat TKKS dan karakterisasi patahan diamati menggunakan mikroskop optik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan impact paling optimal adalah komposit berpenguat serat 40% dengan nilai sebesar $0,02083 \text{ J/mm}^2$ %. Nilai kekuatan bending paling tinggi didapat pada komposit berpenguat 30% dengan nilai kekuatan bending $38,38 \text{ MPa}$. Hasil ini dapat dijelaskan dari hasil analisa morfologi struktur patahan uji impact menggunakan mikroskop optik yang menunjukkan ikatan serat TKKS dengan matriks kurang baik.

Keywords: TKKS, Fraksi volume, Epoxy, uji impact, uji bending, mikroskop optik

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri otomotif, penggunaan bahan-bahan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan seperti plastik, serat sintetis, (*fiber glass*, *carbon* dan *aramid*) yang banyak digunakan harus dikurangi. Oleh karena itu komposit yang diperkuat dengan serat alam akan memegang peranan sangat penting pada industri otomotif (Marsh dkk, 2003). Contohnya komposit kenaf-*polypropylene* telah diproduksi oleh industri global. Salah satunya diproduksi oleh perusahaan Toyota Motor Corporation yang diantaranya menghasilkan *composite board* atau panel otomotif (Zamri dkk, 2015).

Salah satu jenis serat alam yang potensial adalah serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Serat TKKS yang merupakan 21%-24% bagian dari total keseluruhan tandan buah segar (TBS) masih belum termanfaatkan secara optimal. Pada tahun 2019 diprediksi terdapat 12.05 juta buah TKKS yang membutuhkan 3.80 juta m^3 tempat penampungan (Farkhan, 2016).

Pabrik kelapa sawit (PKS) umumnya mengembalikan TKKS tersebut ke lahan perkebunan untuk dijadikan pupuk, karena volumenya yang besar, dan biaya transportasinya mahal, serta tidak sebanding dengan pemenuhan kebutuhan pupuk itu sendiri, sehingga buah TKKS ini menumpuk begitu saja di lahan terbuka. Penumpukan TKKS ini berpotensi menghasilkan gas metana yang terlepas ke udara menyebabkan kerusakan lapisan ozon, sehingga perlu inovasi untuk memanfaatkan limbah ini agar tidak berdampak negatif terhadap lingkungan, sekaligus mendapatkan nilai tambah ekonominya (Farkhan., 2016). Serat TKKS sebenarnya mengandung selulosa dan holoselulosa yang cukup tinggi sehingga layak dikembangkan dalam teknologi bahan, terutama komposit (Gurning dkk, 2013).

Beberapa penelitian mengenai komposit serat TKKS telah dilakukan sebelumnya, diantaranya berkaitan dengan pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan bending dan dampak, serta karakteristik mekanik tarik komposit. Jamasri (2005) meneliti dengan penguat serat sawit acak bermatrik polyester. Dan variasi fraksi volume yang digunakan 14%, 27%, 30%, 36%, dan 42%. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik paling optimal pada fraksi volume 42% yaitu 18,51 MPa.

Penelitian yang dilakukan Yusoff dkk (2010) tentang pengaruh fraksi volume serat TKKS bermatriks Epoxy terhadap kekuatan tarik dan bending, dengan variasi volume serat 5%, 10%, 15% dan 20%. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik paling optimal dengan volume serat 5% adalah 29,9 MPa dan kekuatan bending didapatkan hasil paling optimal dengan volume serat 10% yaitu 51 MPa.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas, belum adanya dilakukan penelitian tentang pengaruh fraksi volume serat TKKS di atas 40% terhadap ketangguhan dampak dan kekuatan bending komposit. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui nilai optimal pada pengaruh fraksi volume serat TKKS terhadap sifat mekanis komposit. Pada penelitian ini digunakan matriks epoxy karena memiliki sifat mekanis tinggi dan banyak digunakan pada industri otomotif dan perkapalan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Prepasasi Serat

Serat alam yang digunakan pada penelitian ini adalah serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Serat mentah diambil dari Kalimantan Tengah yang kemudian dicuci dan direndam menggunakan air selanjutnya direbus selama 1 jam pada air mendidih untuk menghilangkan kotoran. Serat kemudian dikeringkan 1-2 hari kemudian di potong 6 mm.

2.2 Fabrikasi Komposit

Komposit dibuat dari serat TKKS dan Epoxy yang sudah dihitung dan ditimbang. Pembuatan komposit dengan metode *hand lay up* dan menggunakan alat *cold press* dengan tekanan 120 kg/cm² selama 7-8 jam dalam temperatur ruangan. Ada tiga variasi komposit yang dibuat, yaitu variasi perbandingan fraksi volume serat dan matriks 30:70, 40:60 dan 50:50. Spesimen dibuat dua jenis, untuk pengujian dampak mengacu pada standar ASTM D6110-04 dan pengujian bending mengacu pada standar ASTM D790-02.

2.3 Uji Mekanis dan karakterisasi

Spesimen komposit kemudian dilakukan dampak dan bending yang mengacu pada ASTM D6110 dan ASTM D790. Pengujian dilakukan di Polteknik 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 Densitas

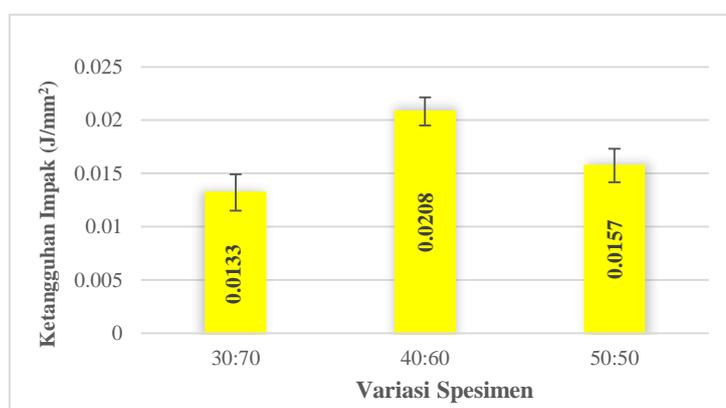
Tabel 2. Tabel hasil pengujian massa jenis komposit

Fraksi volume	Massa jenis (g/cm ³)
30%	1.02125
40%	0.93255
50%	0.81865

Dalam pembuatan komposit, sifat unggul yang diharapkan adalah material yang kuat tetapi ringan. Ringan atau tidaknya suatu bahan ditentukan dari massa jenis bahan tersebut. Sehingga dalam pembuatan komposit yang dicari adalah komposit dengan kekuatan yang tinggi tetapi densitasnya ringan.

Dari hasil pengujian densitas komposit pada tabel 2. didapatkan hasil komposit terendah yaitu pada fraksi volume 50% sebesar 0.81865 g/cm³. Hasil densitas tertinggi pada fraksi volume 30% sebesar 1.02125 g/cm³ dan fraksi volume 40% sebesar 0.93255 g/cm³. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya fraksi volume maka massa jenis komposit semakin menurun, akan tetapi perlu diperhatikan bahwa rentang kenaikan massa jenis komposit ini dalam skala yang cukup kecil.

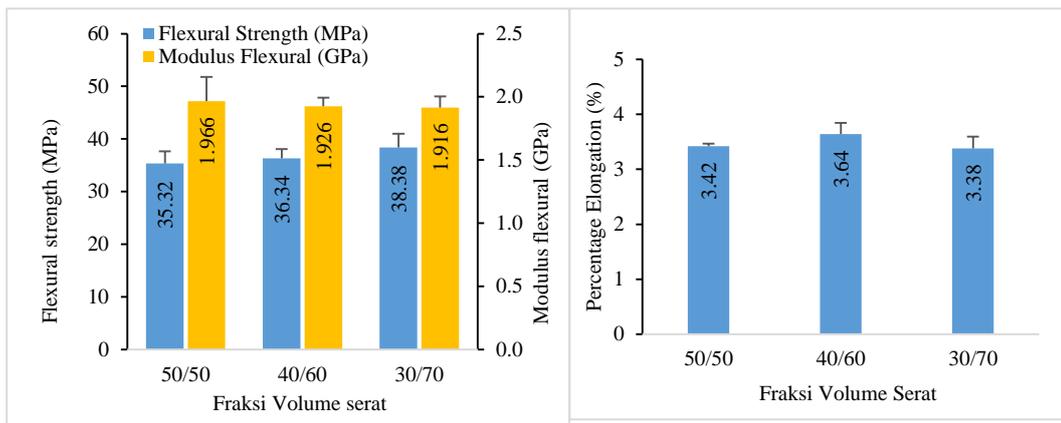
3.3. Hasil Pengujian Impak



Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Impak

Dari hasil pengujian impak pada **gambar 1** didapatkan hasil paling tinggi yaitu pada menunjukkan hasil komposit berpenguat serat TKKS 40% memiliki ketangguhan impak rata-rata sebesar 0.0208 J/mm². Nilai tersebut memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit berpenguat serat 30 % yang memiliki ketangguhan impak rata-rata paling rendah yaitu 0.0133 J/mm², dan komposit berpenguat 50% memiliki ketangguhan impak rata-rata 0.0157 J/mm². Berdasarkan hasil pengujian impak bahwa serat sebagai penguat memiliki peranan sangat penting untuk meningkatkan ketangguhan impak.

3.4. Hasil Pengujian Bending

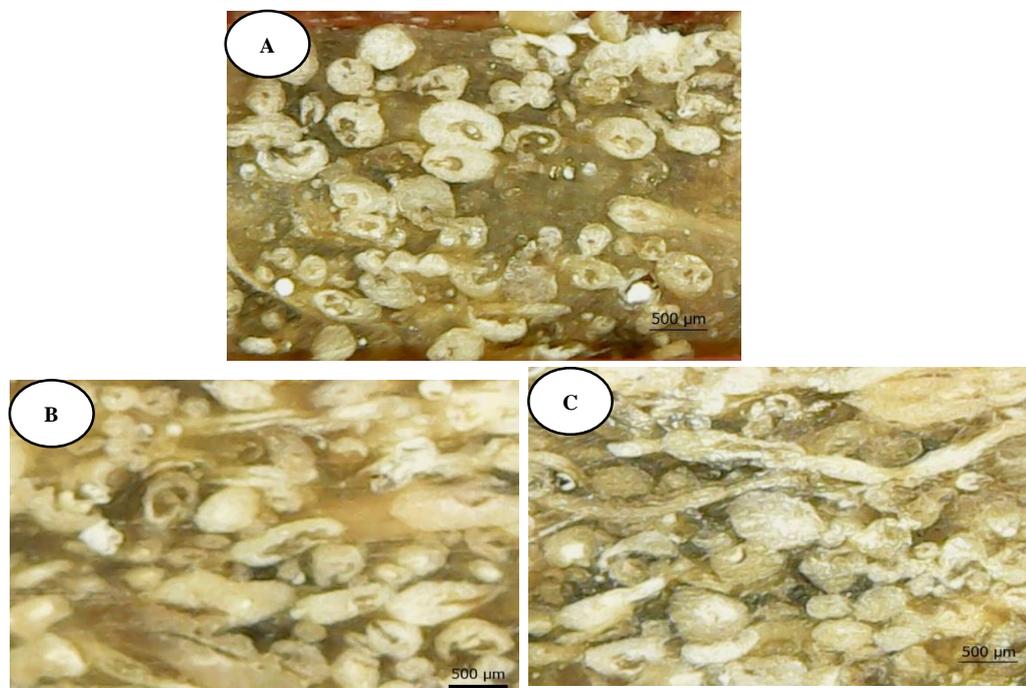


Gambar 2. Grafik kekuatan, modulus elastisitas dan regangan bending

Dari **Gambar 2**, hasil pengujian bending terjadi penurunan kekuatan bending yang tidak terlalu signifikan. Terlihat bahwa hasil pengujian impak dan bending memiliki perbedaan nilai. Hasil paling tinggi rata-rata kekuatan bending yaitu pada fraksi volume 30% sebesar 38.38 MPa dan modulus bending 1.916 GPa. Pada fraksi volume 40% dan 50% sebesar 36.34 MPa dan 35.32 MPa pada nilai modulus sebesar 1.926 GPa dan 1.966 GPa.

Penurunan ini tidak sesuai dengan *rule of mixture* dari komposit, dengan kekuatan tarik serat tunggal lebih tinggi dari kekuatan matrik seharusnya kekuatan komposit meningkat dengan bertambahnya fraksi volume serat. Gaya yang diterima matrik akan didistribusikan secara merata pada serat penguatnya, namun kenyataannya kekuatan tarik komposit mengalami penurunan. Penurunan kekuatan bending disebabkan kekuatan mekanis matrik lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan mekanis serat TKKS.

3.5. Analisa Potongan Bending

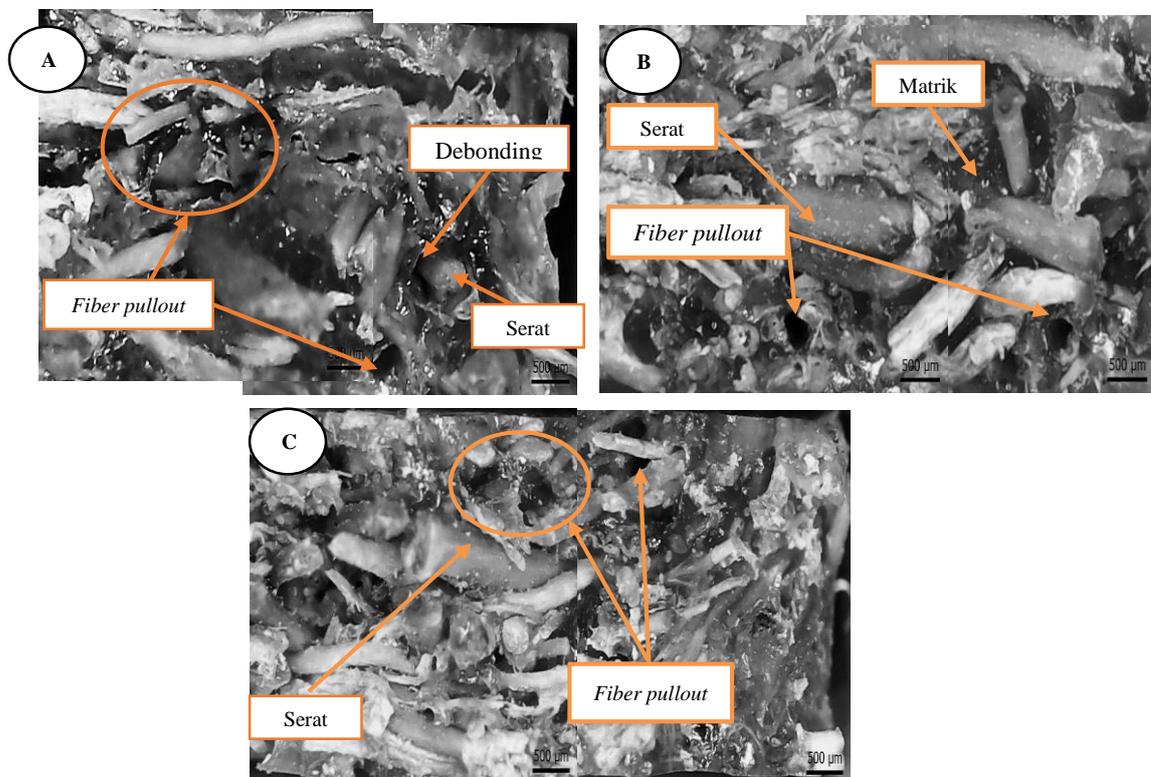


Gambar 3. Struktur potongan (A) Vf 30 %, (B) Vf 40%, (C) Vf 50%

Gambar 3. menunjukkan bahwa hasil pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik pada komposit TKKS/Epoxy dengan variasi fraksi volume serat 30%, 40%, dan 50%. Pada pengamatan ini menunjukkan bahwa letak serat TKKS sangat acak.

Pesebaran serat pada komposit berpenguat serat 30%, 40% dan 50% terlihat serat tersebar dengan rata. Persebaran serat yang merata menghasilkan kekuatan mekanis yang tinggi. Komposit berpenguat serat 30% terlihat banyak ruang kosong antara matriks dan filler, komposit berpenguat serat 40% terlihat berkurangnya ruang kosong antara matriks dan serat TKKS, sedangkan pada komposit bepenguat serat 50% matriks terisi penuh oleh serat TKKS dan terlihat penumpukan filler pada matriks. Ruang kosong yang terjadi akan berpengaruh terhadap menurunnya kekuatan impact pada komposit (Oza 2010). Pada waktu komposit TKKS-Epoxy dikenai beban impact, maka bagian yang berongga menjadi tempat konsentrasi tegangan titik inisiasi/awal retak, sehingga kekuatan mekanis menjadi kecil

3.6. Analisa Patahan Impact



Gambar 4. Struktur patahan (A) Vf 30 %, (B) Vf 40%, (C) Vf 50%

Dari hasil citra optik pada gambar 4 didapatkan komposit TKKS/epoxy dengan persebaran serat TKKS pada area perpatahan yang cukup merata dan serat tidak hanya terkonsentrasi pada bagian tengah spesimen. Pada struktur patahan spesimen pengujian impact komposit serat TKSS-epoxy resin dengan fraksi volume serat 30%, 40%, dan 50%. Terdapat *fiber pullout* dan *debonding* antara matriks epoxy dengan serat TKKS mengakibatkan sifat mekanis dari komposit rendah.

Pada hasil pengujian impact didapatkan hasil paling tinggi yaitu fraksi volume 40%, karena hasil patahan yang dilihat pada gambar 4.b. dapat diamati bahwa fraksi volume 40% terlihat kurangnya *fiber pullout* dan memiliki ikatan yang baik dibandingkan dengan fraksi volume 30% dan 50%. Terjadinya *fiber pull out* dimana serat TKKS tercabut dari matriksnya. Hal tersebut terjadi akibat kurang baiknya ikatan antar serat dan matriks atau sering disebut dengan *debonding*.

Kurangnya ikatan antara serat TKKS dengan resin epoxy di pengaruhi karena pada serat TKKS masih memiliki kandungan minyak. Pada hasil penelitian (Abubakar dkk 2006)

serat TKKS mengandung residu minyak sekitar 4.5% yang akan berpengaruh signifikan terhadap ikatan kompatibilitas serat dan matriks.

4. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian impact menunjukkan bahwa pada Vf 40% memiliki nilai ketangguhan impact lebih tinggi sebesar 0.0208 J/mm² dibandingkan dengan Vf 50% dan 30% sebesar 0.0157 J/mm² dan 0.0133 J/mm².
2. Hasil kekuatan bending komposit dengan Vf 30% mengalami peningkatan seiring dengan berkurangnya Vf yang digunakan dengan kekuatan bending sebesar 38.38 MPa dan terendah vf 50% sebesar 35.32 MP. Modulus elastisitas mengalami kenaikan dengan harga terendah pada Vf 30% sebesar 1.916 GPa dan tertinggi pada Vf 50% sebesar 1.966 GPa.
3. Patahan uji impact pada fraksi volume serat 40% memiliki ikatan yang baik dimana berkurangnya fiber pullout dibandingkan pada fraksi volume 30% dan 50% yang terlihat banyak sekali fiber pullout dan debonding pada hasil patahan, permukaan serat TKKS masih terdapat minyak yang mengurangi ikatan antara serat dan matrik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] AbuBakar A. Hassan A. Yusof AFM. 2006. The effect of oil extraction of the oil palm empty fruit bunch on the processability, impact, and flexural properties of PVC-U composites. *Intern J Polym Mater.* 55. p. 627–641.
- [2] Farkhan. Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Komposit dan Aplikasinya Pada Struktur Bergerak Mesin Cnc Perkayuan. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. 2016.
- [3] Gurning, N., Tetuko, A. P., Sebayang,. 2013. Pembuatan Beton Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit. *TELAHAH Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Akreditasi LIPI Nomor, P, 37*
- [4] Jamasri, Diharjo K. & Gunesti W.H. (2005). Kajian sifat tarik komposit serat buah sawit acak bermatrik polyester, *Jurnal Terakreditasi Media Teknik FT UGM.*
- [5] Marsh, G. 2003. Next step for automotive materials. *Materialstoday*, April 2003, Elsevier Science Ltd. P. 36-43
- [6] Oza, S., 2010, Thermal and Mechanical Properties of Recycled High Density Polyethylene/hemp Fiber Composites, University City Blvd Charlotte, NC, 28223, USA. p. 31-36
- [7] Yusoff M. Z. M., Sapuan S., Napsiah I., Riza W. 2010. Mechanical properties of short random oil palm fibre reinforced epoxy composites. *Sains Malaysiana*, 39.1: p. 87-92.
- [8] Zamri, M. H, Md Akil, H, Mohd I, Z. A, Abu Bakar, A. 2015. Effect of different fiber loadings and sizes on pultruded kenaf fiber reinforced unsaturated polyester composites. *Polymer Composites*, 36(7). P, 1224-1229.