



## Karakterisasi polyester komposit berpenguat serat pohon pisang saba dengan filler carboxyl terminated butadiene acrylonitrile sebagai material bumper otomotif

*Characterization of polyester composite reinforced Musa acuminata stem fiber with carboxyl terminated butadiene acrylonitrile filler as automotive bumper material*

S. Sujita\*, E.D. Sulistyowati, A. Zainuri, S. Sinarep, P. Pandiatmi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia. HP. 083834711149

\*E-mail: sujita@unram.ac.id

---

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

---

#### Article History:

Received 18 May 2022

Accepted 18 August 2022

Available online 01 October 2022

---

#### Keywords:

Polyester composite

Tensile strength

Impact toughness

Musa acuminata stem fiber

Carboxyl terminated butadiene

Acrylonitrile

The bumper is one part of the vehicle that has a very important role. In addition to functioning as aerodynamics and aesthetics to attract consumers, the bumper also functions as a damper and a buffer against impact (shock/impact force) in the event of an accident. Therefore, the material used as the bumper, especially the rear bumper, is often damaged, so a material that has good tensile strength and impact toughness is needed. In this research, the object of the research is the polyester matrix composite. The research aspect is more emphasized the effect of using Musa acuminata stem fibre (MASF) as a reinforcement and filler of Carboxyl Terminated Butadiene Acrylonitrile (CTBN) on changes in tensile strength and impact toughness. The results of the study show. the addition of MASF volume fraction and CTBN filler increased the tensile strain, impact toughness, and impact energy, but decreased the tensile strength of the polyester matrix composite material. The change in mechanical properties is due to the bonding of MASF with CTBN and polyester with CTBN, so that the impact toughness and ductility of the specimen increase, because CTBN is elastic.



### 1. PENDAHULUAN

Diperkirakan bahwa tingkat produksi mobil dunia tahunan akan mencapai 76 juta kendaraan per tahun pada tahun 2025. Peraturan baru seperti EU End of Life Vehicles (ELV) peraturan memaksa produsen mobil untuk mempertimbangkan dampak lingkungan dari produksi mereka dan mungkin beralih dari penggunaan bahan sintesis ke penggunaan bahan berbasis serat alam (Davoodi dkk., 2010). Kelebihan serat alam dibanding serat sintesis adalah: ketersediaannya di alam berlimpah, biaya rendah, massa jenis rendah, sifat spesifik yang baik,

ketersediaan dan penanganan yang mudah, tidak beracun, menyerap karbon dioksida melalui lingkungan, biodegradabilitas, terbarukan, dan merangsang lapangan kerja terutama di pedesaan. Keterbatasan sifat mekanik dan keterbatasan manufaktur tertentu saat ini membatasi penggunaan bahan berbasis serat alam untuk komponen otomotif non-struktural dan semi-struktural (aksesoris).

Penelitian yang bertujuan untuk mengaplikasikan material polyester komposit untuk bumper belakang mobil, telah dilakukan (Braga dkk., 2014). Spesimen penelitian berbentuk komposit laminasi, yang terdiri dari matrik polyester (resin ortofaltic) serat penguat fiberglass dan serat jute (goni). Berdasarkan uji tarik, kekuatan tariknya 117,8 MPa, tetapi tidak cukup untuk menahan benturan frontal 4 km / jam (spesimen sudah patah/pecah). Kondisi ini menunjukkan bahwa ketangguhan impact dan keuletannya belum layak untuk bahan bumper. Hibridisasi serat alam dengan fiberglass merupakan salah metode untuk meningkatkan sifat mekanik polyester komposit sebagai bahan bumper mobil penumpang (D.Kim dkk., 2015). Penelitian ini difokuskan pada serat hibrid kenaf-fiberglass untuk meningkatkan sifat mekanik untuk bumper mobil sebagai komponen struktural otomotif dengan senyawa sheet molding compound (SMC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa sifat mekanik seperti kekuatan tarik, modulus Young, kekuatan lentur dan modulus lentur mendekati bumper asli dengan bahan glass mat thermoplastic (GMT), tetapi kekuatan impak masih rendah.

Selain dengan menggunakan penguat serat alam, juga mulai digunakan partikel pengisi untuk memperbaiki sifat mekanik polyester komposit. Pada penelitian (Bajuri dkk., 2017), nanopartikel silika digunakan sebagai filler diintroduksi ke dalam resin epoksi sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan sifat mekanik epoksi komposit berpenguat serat kenaf dengan cara didispersikan ke dalam epoksi menggunakan homogeniser pada 3000 rpm selama 10 menit. Komposit dibuat dengan cara menuangkan epoksi berisi silika secara merata ke atas anyaman serat kenaf sebelum pengepresan panas (*hot preesing*). Hasil penelitian menunjukkan untuk sifat lentur tertinggi pada 68,9 MPa, komposit dengan fraksi volume ((60% kenaf dan 1% silika) tetapi sifat kua tekan tidak menentu. Filler carbon nanotubes digabung dengan carboxyl terminated butadiene acrylonitrile (CTBN), dapat meningkatkan kekuatan tarik, perpanjangan saat putus (*elongation at break*), kekuatan lentur dan modulus lentur nanokomposit (Wang dkk., 2021). CTBN adalah salah satu jenis material elastome cair/karet cair, dikenal sebagai karet akrilonitril butadiene atau Buna-N tetapi bagi kalangan industry dikenal dengan sebutan karet nitril.

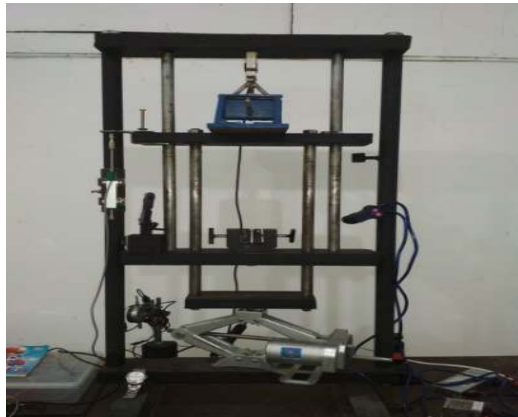
Berdasarkan hasil study yang telah diuraikan diatas, ketangguhan impact, keuletan/keuleturan polyester komposit berpenguat serat malam masih belum maksimal. Sehingga masih ada peluang penelitian untuk meningkat sifat mekanik dari material tersebut sehingga bisa diaplikasikan sebagai bumper. Study pendahuluan perbaikan kekuatan lentur material komposit telah dilakukan (Widiartha dkk., 2012). Spesimen yang digunakan polyetylen komposit berpenguat serat hybrid serat sisal dan goni (jute). Hasil pengujian diperoleh dari kekuatan lentur rata-rata tertinggi 74,43 Mpa untuk perbandingan fraksi volume 30% : 0%. Semakin tinggi fraksi volume serat sisal dengan orientasi serat searah, semakin tinggi kekuatan lentur dan tariknya, sebaliknya semakin besar volume serat goni dengan orientasi serat acak kekuatan lentur dan kekuatannya semakin rendah. Selain menggunakan serat hybrid perbaikan kekuatan lentur material komposit, digunakan matrik polyurethane dan limbah plastik bekas (Sujita dkk., 2015).

Melimpahnya limbah pohon pisang, merupakan peluang untuk mengaplikasikan serat pohon pisang, terutama pisang saba sebagai serat penguat. Penggunaan serat pohon pisang saba (*Musa acuminata*) yang dihybrid dengan serat sisal sebagai penguat mempengaruhi penyerapan air pada material polyester komposit. Pada konfigurasi serat anyam semakin besar fraksi volume serat pohon pisang saba penyerapan air meningkat (Krishna dkk., 2013). Selain sifat penyerapan airnya baik, polyester komposit berpenguat serat pohon pisang saba juga meningkatkan penyerapan energi impact/tumbukan pada komponen crash box otomotif yang terbuat aluminium (Sujita dkk., 2018). Crash box adalah sistem pengaman pasif terletak di antara bumper dan chassis, berfungsi melindungi penumpang dan komponen kendaraan yang mahal dengan cara menyerap energi kinetik awal pada peristiwa tabrakan. Kemampuan penyerapan energi yang baik mengindikasikan bahwa ketangguhan impact dari polyester komposit berpenguat serat pohon pisang saba juga baik, di dukung oleh studi (Sujita dkk., 2020). Polyester yang digunakan BQTN Type 15, G3253T dan ditambahkan katalis MEKPO. Penambahan fraksi volume 20% serat pohon pisang saba, dapat meningkatkan ketangguhan impact 14.69%. Berdasarkan pengamatan dengan uji SEM (*scanning electron microscope*) ikatan antar serat dan matrik sangat baik, tidak ada rongga (void). Selain itu penambahan serat pohon pisang saba dapat meningkatkan kekuatan tarik, modulus Elastisitas dan juga ketahanan aus (*wear resistance*) material polyester komposit juga meningkat (Sujita dkk., 2021).

Aplikasi SPPS sebagai penguat dan CTBN sebagai filler material polyester matrik komposit masih jarang dipublikasikan, sehingga sangat diperlukan penelitian untuk mengetahui karakteristik material tersebut. Dibandingkan dengan polyester matrik komposit berpenguat serat sintesis, material komposit hasil penelitian ini, regangan tarik, ketangguhan impak dan energi kimpaknya lebih tinggi. Oleh karenanya layak direkomendasikan sebagai bahan bumper automotif.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode penelitian eksperimental dengan, tujuan untuk mengetahui karakteristik polyester komposit berpenguat serat pohon pisang saba dengan filler carboxyl terminated butadiene acrylonitrile sebagai pengganti polyester komposit berpenguat sintetis untuk material bumper otomotif. Peralatan dan bahan seperti terlihat pada gambar 1 dan gambar 2. Pada penelitian ini fraksi volume polyester 80%, variasi fraksi volume serat pohon pisang saba (SPPS) : 20% , 15% , 10%, variasi fraksi volume carboxyl terminated butadiene acrylonitrile (CTBN) : 0% , 5% , 10%. Proses pembuatan komposit dengan metode vacum infussion (MVI). Pompa vakum menghisap udara yang ada dalam wadah atau mold tempat diletakkan komposit yang akan dicetak, kemudian resin masuk kearah dalam cetakan akibat adanya perbedaan tekanan udara yang ada diluar penutup plastis akan menekan kearah dalam cetakan. Tujuannya penggunaan MVI untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap dalam resin. Spesimen uji tarik komposit sesuai standart ASTM D 3039 dan uji impak komposit sesuai ASTM D 256, seperti tampak pada gambar 3.



(a)

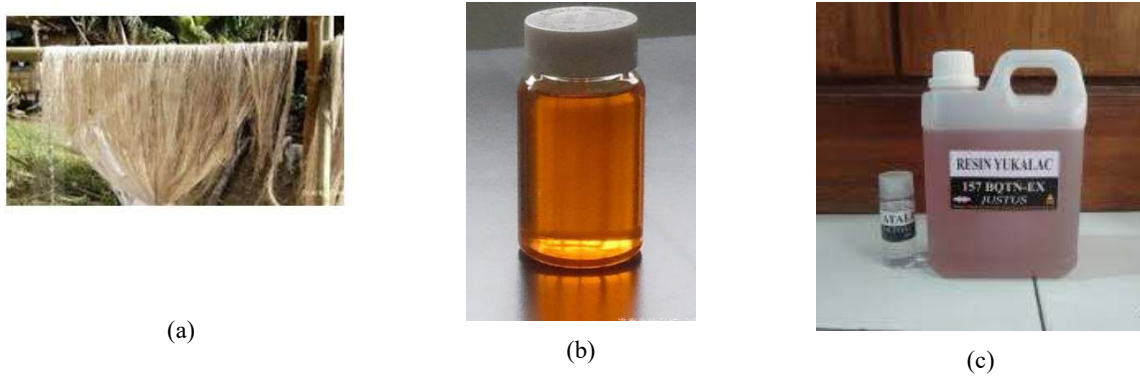


(b)

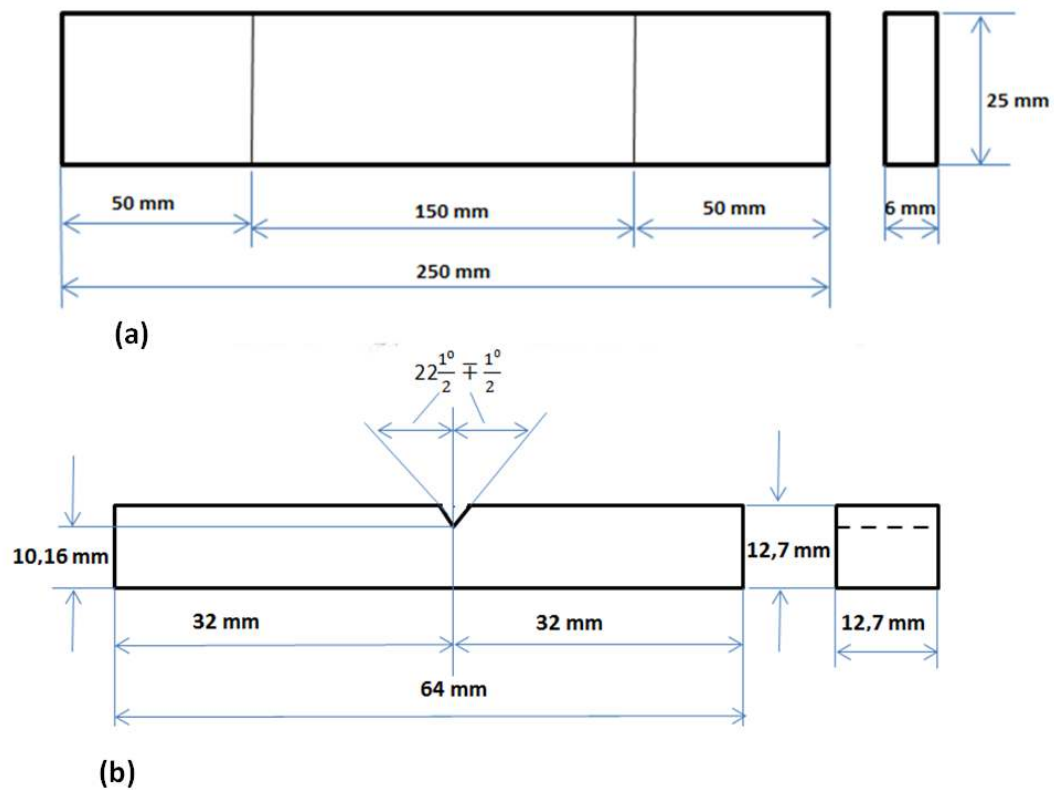


(c)

Gambar 1. Alat yang digunakan (a) *Universal Testing Machine (UTM).FB1310M-USA*, (b) alat uji impak *XJL-50-Dongua*, (c) *SEM (Scanning Electron Microscop) FFI-550-Cina*



Gambar 2. Bahan yang digunakan (a) serat pohon pisang saba (SPPS), (b) CTBN, (c) polyester matrix type 157 BQTN .



Gambar 3. Dimensi spesimen komposit (a) spesimen uji tarik komposit sesuai standart ASTM D 3039, (b) spesimen uji impact komposit sesuai standart ASTM D 256

Tabel 1. Alat dan bahan.

Nama	Spesifikasi
Alat uji tarik	<i>Universal Testing Machine (UTM)</i> .FB1310M-USA
Alat uji impact	XJL-50-Dongua.
Alat uji struktur makro (Pengamatan terjadinya patahan)	SEM ( <i>Scanning Electron Microscop</i> ) FFI-550-Cina
Matrik	polyester matrix type 157 BQTN
Hardener	G3253T dan ditambahkan katalis MEKPO
Serat Penguat	serat pohon pisang saba (SPPS), dengan panjang 10 cm.

	direndam dalam larutan alkali (NaOH) konsentrasi 8% selama 2 jam
Filler	carboxyl terminated butadiene acrylonitrile (CTBN).

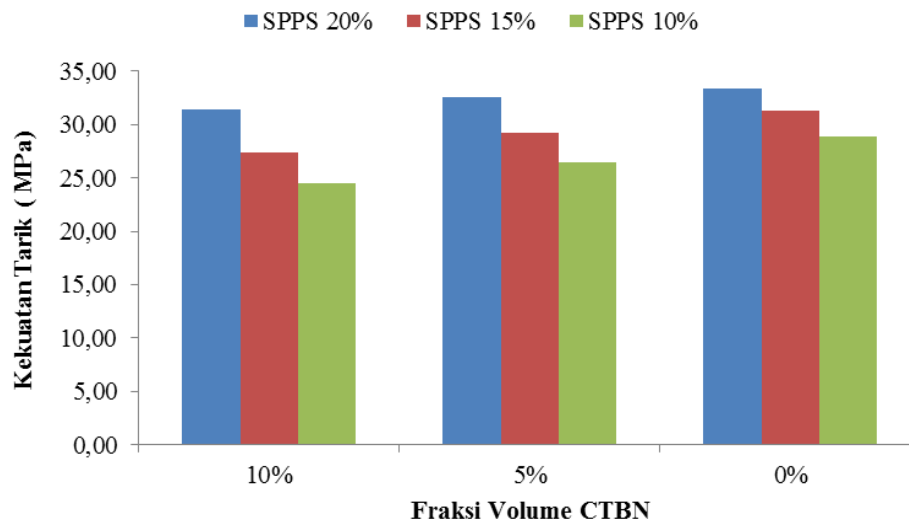
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Kekuatan Tarik Polyester Komposit Dengan Penguat SPPS dan Filler CTBN

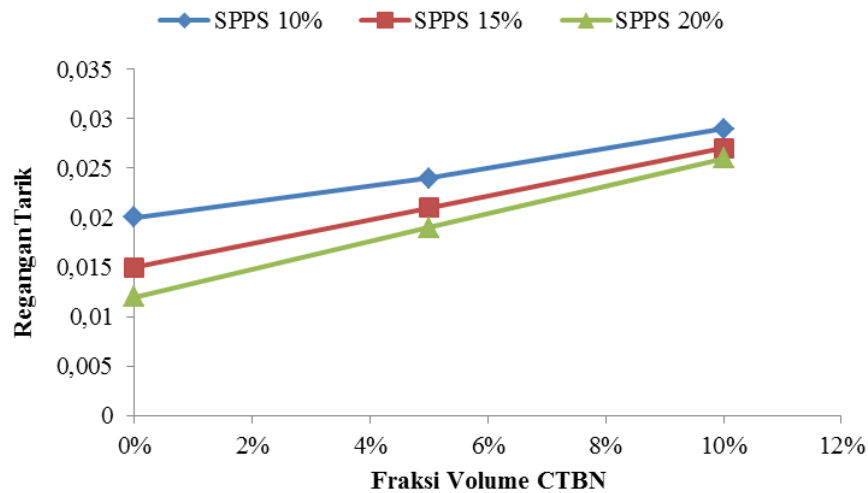
Uji tarik dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan filler carboxyl terminated butadiene acrylonitrile CTBN pada material polyester komposit yang diperkuat serat pohon pisang saba (SPPS). Dari hasil pengujian tarik diperoleh sifat mekanis rata-rata kekuatan tarik gambar 3. dan regangan tarik gambar 4.

Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi adalah 33,33 MPa pada spesimen polyester komposit dengan serat penguat SPPS 20%, filler CTBN 0% (tanpa filler), dan kekuatan tarik yang paling rendah adalah 24,52 MPa pada spesimen dengan serat penguat SPPS 10%, filler CTBN 10%. Spesimen yang diberikan filler CTBN cenderung mengalami penurunan kekuatan tarik. Pada spesimen polyester komposit dengan serat penguat SPPS 20%, kekuatan tariknya adalah 33,33 MPa, 32,53 MPa, 31,38 MPa, dengan serat penguat SPPS 15%, kekuatan tariknya adalah 31, 24 MPa, 29,18 MPa, 27,42 MPa, dengan serat penguat SPPS 10%, kekuatan tariknya adalah 28, 83 MPa, 26,41 MPa, 24,52 MPa, masing masing untuk penambahan filler CTBN 0%, 5% dan 10%. Penurunan kekuatan tarik pada spesimen disebabkan terjadinya ikatan antara SPPS dengan CTBN. Kekuatan tarik ikatan SPPS dan CTBN lebih rendah dibandingkan dengan ikatan antara polyester dengan SPPS, karena CTBN adalah karet cair yang bersifat elastis, jadi kelenturan lebih tinggi, kekuatan tariknya lebih rendah dibandingkan dengan matrik polyester.

Berdasarkan penelitian juga menunjukkan penambahan prosentase CTBN mempunyai kontribusi terhadap penurunan kekuatan tarik specimen secara signifikan. Dimana spesimen tanpa penambahan filler CTBN (CTBN 0%) mempunyai kekuatan tarik lebih tinggi, untuk ketiga spesimen polyester komposit dengan penguat SPPS 10%, 15% dan 20%. Ini sesuai dengan hasil penelitian dari Wiraraja (2021) yang mengemukakan bahwa penambahan filler CTBN 15% menyebabkan penurunan nilai rata-rata kekuatan tarik dari 62,90 MPa ke 25,15 MPa pada spesimen komposit dengan matrik epoxy 65 % dan filler arang tempurung kelapa 20%. Berdasarkan pengamatan fisik stabilitas thermal, degradasi dan penyusutan akibat perubahan suhu spesimen polyester komposit berpenguat SPPS dengan filler CTBN lebih baik dibanding dengan tanpa filler CTBN, sesuai dengan hasil penelitian dari Tripathi dkk. 2021.



Gambar 3. Pengaruh CTBN terhadap kekuatan tarik polyester komposit.

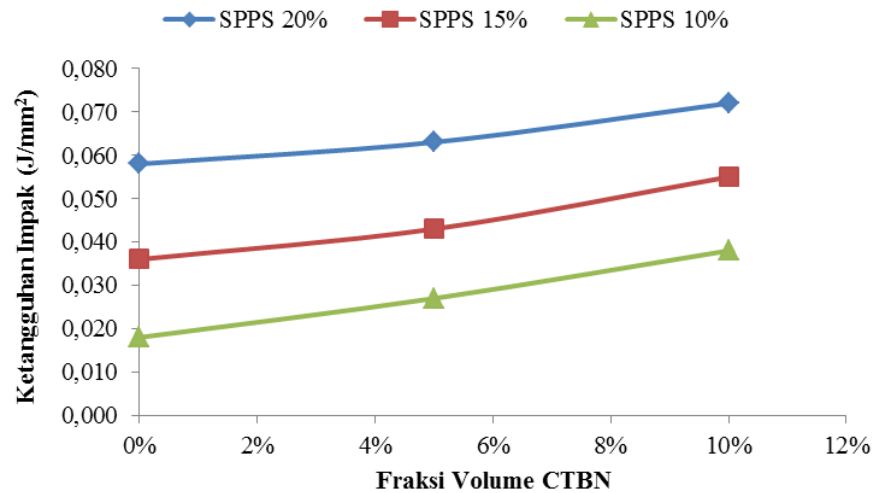


Gambar 4. Pengaruh CTBN terhadap regangan tarik polyester komposit.

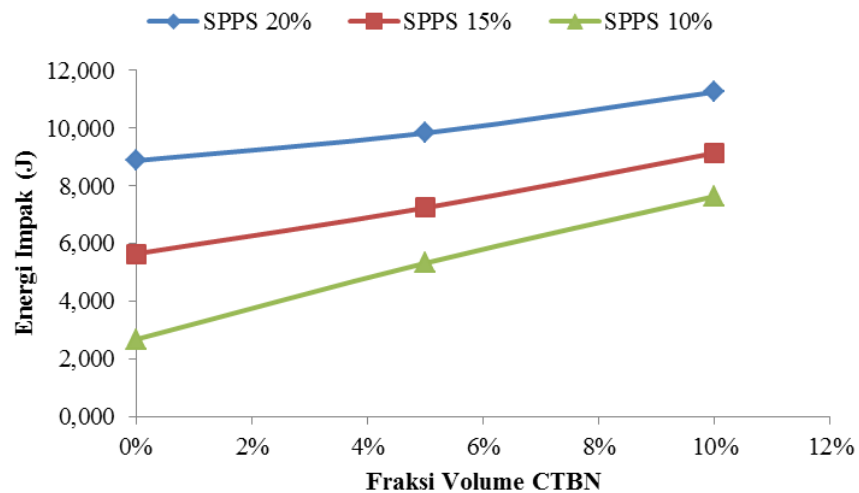
Perubahan regangan tarik spesimen polyester komposit berpenguat SPPS akibat penambahan filler CTBN ditunjukkan pada gambar 4. Pada gambar 4. ditunjukkan nilai regangan tarik spesimen tertinggi sebesar 0,029, pada pada spesimen polyester komposit dengan fraksi volume SPPS 10%, filler CTBN 10%, regangan tarik terendah sebesar 0,012, pada spesimen dengan fraksi volume SPPS 20% , filler CTBN 0% (tanpa penambahan filler CTBN). Peningkatan fraksi volume penguat SPPS cenderung menurunkan regangan tarik spesimen, sebaliknya penambahan fraksi volume filler CTBN cenderung meningkatkan regangan tarik spesimen. Kenaikan regangan tarik pada spesimen dengan fraksi volume SPPS 10% adalah, 0,02; 0,024; 0,029, regangan tarik pada fraksi volume SPPS 15% adalah 0,015; 0,021; 0,27; regangan tarik pada fraksi volume SPPS 20% adalah 0,012; 0,019; 0,026, masing masing untuk penambahan filler CTBN 0%, 5% dan 10%. Peningkatan regangan tarik disebabkan karena terjadi ikatan antara filler CTBN dengan SPPS, yang lebih ulet dibandingkan ikatan polyester dengan SPPS. Selain itu filler CTBN yang berikatan dengan polyester berdampak menurunnya kegetasan, kekuatan tarik dari polyester, kondisi ini didukung oleh hasil penelitian Gabr dkk. (2010) yang mengemukakan bahwa penambahan CTBN pada epoxy komposit berpenguat fiber karbon, meingkatkan regangan, sehingga bisa memperbaiki ketangguhan retak interlamina mode I sekitar 72% sampai dengan 84%.

### 3.2 Analisis ketangguhan impact spesimen

Hasil pengujian ketangguhan impact menunjukkan bahwa penambahan filler CTBN pada spesimen polyester komposit berpenguat SPPS, seperti terlihat pada gambar 5. dan gambar 6. Nilai ketangguhan impact yang paling tinggi pada spesimen adalah sebesar 2,072 Joule/mm<sup>2</sup> terjadi pada spesimen dengan berpenguat SPPS 20%, dan filler CTBN 10%, selanjutnya ketangguhan impact terendah adalah 0,018 Joule/mm<sup>2</sup> pada spesimen berpenguat SPPS 10% , filler CTBN 0%. Spesimen dengan penambahan fraksi volume SPPS dan filler CTBN cenderung meningkatkan ketangguhan impact. Pada spesimen dengan berpenguat SPPS 10%, kenaikan ketangguhan impact adalah 0,018; 0,027; 0,038 Joule/mm<sup>2</sup>, kenaikan ketangguhan impact spesimen dengan berpenguat SPPS 15% adalah 0,036; 0,043; 0,055 Joule/mm<sup>2</sup>, kenaikan ketangguhan impact spesimen dengan berpenguat SPPS 20% kenaikan ketangguhan impact adalah 0,058; 0,063; 0,072 Joule/mm<sup>2</sup> masing untuk fraksi volume CTBN 05, 5% dan 10%.



Gambar 5. Pengaruh fraksi volume CTBN terhadap ketangguhan impact



Gambar 6. Pengaruh fraksi volume CTBN terhadap energi impact

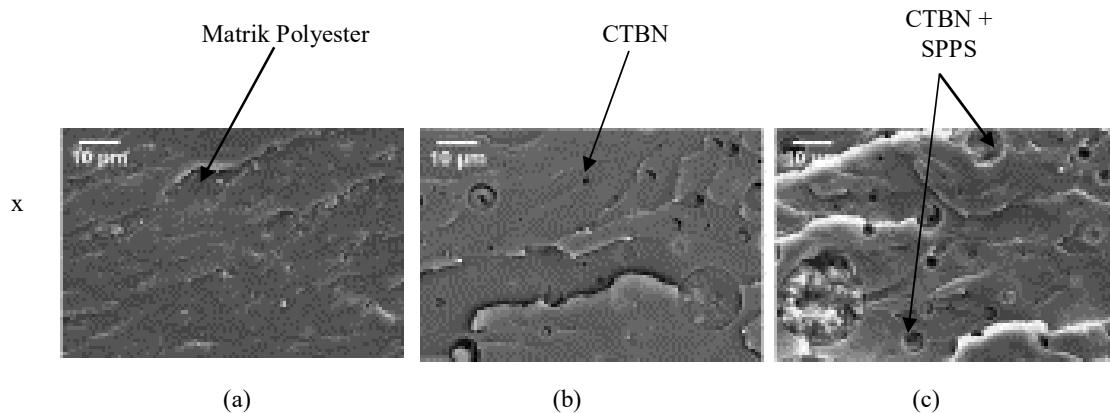
Selanjutnya terjadinya kenaikan ketangguhan impact sebanding dengan kenaikan energi impact, ditunjukkan pada gambar 6. Energi impact adalah energi yang diserap spesimen pada saat dikenai beban kejut/impact. Semakin besar energi yang diserap, semakin tinggi ketangguhan impact dan keuletannya. Penambahan fraksi volume CTBN meningkatkan energi impact polyester berpenguat SPPS. Pada fraksi volume SPPS 10% kenaikan energi impactnya adalah 2,680; 5,321; 7,634 J, fraksi volume SPPS 15% kenaikan energi impactnya adalah 5,645; 7,235; 9,135 J fraksi volume SPPS 20% kenaikan energi impactnya adalah 8,872; 9,825; 11,250 J, masing masing untuk penambahan fraksi volume CTBN 0%, 5% dan 10%. Semakin besar fraksi SPPS dan CTBN energi impactnya semakin tinggi dan sebaliknya. Energi impact tertinggi 11,250 J, pada penambahan fraksi volume SPPS 20% dan CTBN 10%, sebaliknya energi impact terendah 2,680 J, pada penambahan fraksi volume SPPS 10% dan CTBN 0% (tanpa penambahan CTBN).

Terjadinya kenaikan ketangguhan impact disebabkan oleh peningkatan keuletan akibat terjadinya ikatan antara matrik polyester dengan CTBN, diikuti ikatan antara SPPS dengan CTBN. Sifat fisik polyester getas, dengan adanya CTBN yang bersifat elastis maka kegetasan dari polyester menurun atau keuletan meningkat berdampak pada kenaikan ketangguhan impact. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Wunpen dkk. (2013) yang

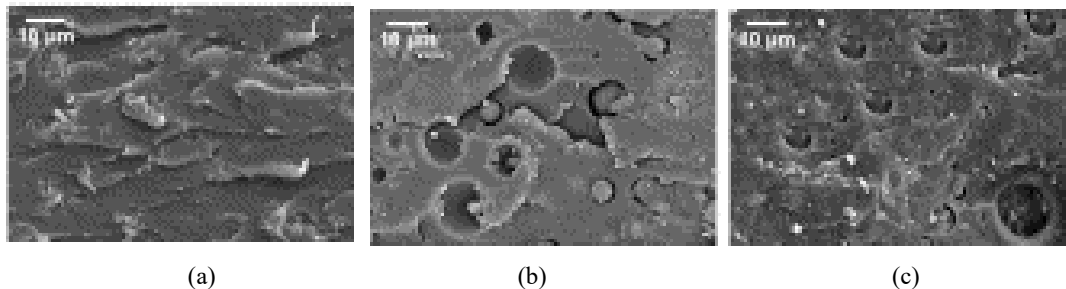
menyimpulkan bahwa penambahan CTBN meningkatkan kekuatan dampak dan *wear resistance* pada epoxy komposit dengan filler *organoclay*. Variasi CTBN yang digunakan 2,5 dan 15 phr (*part per hundred*).

### 3.3 Pengamatan struktur mikro

Hasil pengamatan struktur mikro ditunjukkan pada gambar 7. untuk spesimen berpenguat SPPS 10% dan gambar 8. untuk spesimen berpenguat SPPS 20% Pengamatan dilakukan dengan SEM dengan tujuan untuk mengetahui morfologi permukaan spesimen dan juga kondisi *interface* antara matrik polyester, SPPS dan filler CTBN. Semakin besar penambahan fraksi volume CTBN, menyebabkan bertambahnya ikatan antara CTBN dengan polyester, ditunjukkan pada gambar 7(b), 8(b) dan SPPS dengan CTBN, seperti pada gambar 7(c), 8(c). Gambar 7(a) dan 8(a) menunjukkan tidak adanya CTBN, hanya berupa polyester dengan keuletan yang rendah.



Gambar 7. Strukturmikro polyester komposit berpenguat SPPS 10% (a) CTBN 0% (b) CTBN 5% (c) CTBN 10%



Gambar 8. Strukturmikro polyester komposit berpenguat SPPS 20% (a) CTBN 0% (b) CTBN 5% (c) CTBN 10%

Semakin meningkatnya fraksi volume penguat SPPS, terjadinya ikatan SPPS dengan CTBN juga semakin meningkat, seperti ditunjukkan pada 8(c). berupa bulatan bulatan besar. Meningkatnya ikatan antara matrik polyester dengan CTBN ditunjukkan dengan bulatan kecil gambar 7(b) dan (c), dan terjadinya ikatan antara SPPS dengan CTBN, meningkatkan ketangguhan dampak sehingga keuletannya meningkat. Sehingga material polyester komposit berpenguat SPPS dan filler CTBN sangat layak direkomendasikan untuk mejadi bahan bumper automotif.

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan fraksi volume SPPS dan filler CTBN, meningkatkan regangan tarik, ketangguhan dampak, energi dampak, tetapi menurunkan kekuatan tarik material polyester matrik komposit. Nilai regangan tarik tertinggi adalah 0,029 pada kondisi fraksi volume SPPS 10% , CTBN 10%, ketangguhan dampak tertinggi adalah 0,072 J/mm<sup>2</sup> , energi dampak tertinggi adalah 11,25 J, pada kondisi fraksi volume SPPS 20% dan CTBN 10%. Penambahan CTBN juga menyebabkan adanya penambahan



ikatan SPPS dengan CTBN maupun matrik polyester dengan CTBN. Dengan meningkatnya ikatan antara polyester, SPPS dan CTBN, membuat ketangguhan impact dan keuletan spesimen meningkat, karena CTBN bersifat elastis.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak ibu dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram, Kepala dan Tenisi Laboratorium Material Teknik, Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Universitas Mataram, dan terima kasih juga kepada rekan-rekan mahasiswa mesin khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram angkatan tahun 2017 atas dukungannya, serta semua pihak yang telah membantu baik berupa materi maupun pikiran.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bajuri, F., Mazlan, N., Ishak, M.R., Effect of silica nanoparticles in kenaf reinforced epoxy: Flexural and compressive properties. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 25(3), 1029-1038, 2017.
- Braga, R.A., Magalhaes, Jr., Rear bumper laminated in jute fiber with polyester resin, *Int. Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 4(9), 174-184, 2014.
- Davoodi, M.M., Sapuan, S.M., Ahmad, D., Ali, A., Khalina, A., Jonoobi, M., Mechanical properties of hybrid kenaf/glass reinforced epoxy composite for passenger car bumper beam, *Materials and Design*, 31(10), 4927-4932, 2010.
- Gabr, Mohamed, H., Elrahman, M.A., Okubo, K., Fujii, T., A study on mechanical properties of bacterial cellulose/epoxy reinforced by plain woven carbon fiber modified with liquid rubber, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41(9), 1263-1271, 2010
- Kim, D.H., Kim, H.G., Kim, H.S., Design optimization and manufacture of hybrid glass/carbon fiber reinforced composite bumper beam for automobile vehicle, *Composite Structures*, 131(1), 742-752, 2015
- Krishna, I.P., Sastra, A., Sari, N.H., Sujita, S., Analisis uji penyerapan air dan struktur mikro komposit laminate hybrid serat sisal dan batang pisang dengan matrik epoxy, *Dinamika Teknik Mesin*, 3(1), 41-49, 2013.
- Sujita, S., Sutanto, R., Wear resistance performance of treated MASF polyester composite, *Research Inventy: International Journal of Engineering And Science*, 11(4), 12-20, 2021
- Sujita, S., Sutanto, R., Study impact toughness on polyester matrix composite fiberglass reinforced Musa acuminata stem fibers as raw material of rear bumper vehicle, *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 05(02), 047-056, 2020.
- Sujita, S., Hadi, S.G., Pengaruh penambahan limbah plastik bekas terhadap karakteristik kekuatan tarik dan kekuatan bending material polimer komersil, *Dinamika Teknik Mesin*, 5(1), 25-31, 2015.
- Wang, Y.T., Wang, C.S., Yin, H.Y., Wang, L.L., Xie, H.F., Cheng, R.S., Carboxyl-terminated butadiene-acrylonitrile-toughened epoxy/carboxyl-modified carbon nanotube nanocomposites: Thermal and mechanical properties. *Express Polymer Letters*, 6(9), 719-728, 2021.
- Widiartha, I.G., Sari, N.H., Sujita, S., Study kekuatan bending dan struktur mikro komposit polyethylene yang diperkuat oleh hybrid serat sisal dan karung goni, *Dinamika Teknik Mesin*, 2(2), 92-99, 2012.
- Wunpen, C., Narongrit, S., Brostow, W., Wear of epoxy modified by a combination of liquid carboxyl terminated poly(butadiene-co-acrylonitrile) rubber and organoclay, *European Polymer Journal*, 49(6), 1461-1470.
- Wiraraja, L.A., Pengaruh carboxyl terminated butadiene acrylonitrile (CTBN) - partikel arang terhadap sifat tarik komposit partikel bermatrik epoxy, *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mataram.*, 2021.