

Analisis Sifat Mekanik dan Sifat Termal Komposit Poliuretan Berpenguat Serat Nanas Dan Cangkang Kemiri

^{(1)*} Silvia, ⁽²⁾ Rochmi Widjajanti, ⁽³⁾ Ida Nur Apriani

^(1,2,3) Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, Jl. Letjen Suprpto No.26, Jakarta
*Email: silvia@stmi.ac.id

Diterima: 17.04.2022 Disetujui: 31.08.2022 Diterbitkan: 06.09.2022

ABSTRACT

The development of materials that have good durability continues to grow rapidly. One way to increase the durability of a material is the manufacture of composite materials. Composite is a material consisting of a matrix and a reinforcing material. The purpose of this study is first to determine the best composition for fillers and matrix in the manufacture of polyurethane composites reinforced with pineapple fiber and candlenut shells, second to determine the mechanical properties of the composite material, and third to determine the thermal stability of the composite material. To find out the best composition results, tensile strength tests were carried out using the Universal Testing Machine (UTM) and thermal properties were tested using Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Thermogravimetric Analysis (TGA). In this study, variations in the composition of composite materials from polyurethane, pineapple fiber, candlenut shell powder and aluminum powder will be carried out with the percentages of filler and matrix of 50:50, 60:40 and 70:30 (%). Based on the results of the study, the composite with a variation of 50:50(%) has the best mechanical properties with a tensile strength 10,592 MPa, strain value (elongation at break) 0.7072% and modulus of elasticity (E) 5526,054 MPa. Stability termal of composite was found that the composition with the ratio of filler and matrix 60:40 (%) is the best composition based on the thermal properties. It has a melting temperature 287.4°C and begins to decompose at temperature 292.65°C.

Keywords: composite, thermal analysis, polyurethane, pineapple fiber, candlenut shell

ABSTRAK

Perkembangan material yang memiliki daya tahan yang baik terus berkembang secara pesat. Salah satu cara untuk meningkatkan daya tahan dari suatu material adalah pembuatan material komposit. Komposit merupakan material yang terdiri dari matriks dan bahan penguat/reinforcement. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi yang terbaik untuk bahan pengisi dan matriks pada pembuatan komposit poliuretan berpenguat serat nanas dan cangkang kemiri, mengetahui sifat mekanik material komposit yang dihasilkan, dan mengetahui sifat termal material komposit. Untuk mengetahui hasil komposisi terbaik maka dilakukan pengujian sifat mekanik material komposit dengan pengujian kekuatan tarik menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) dan pengujian sifat termal dengan menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dan *Thermogravimetric Analysis* (TGA). Dalam penelitian ini dilakukan variasi komposisi material komposit dari poliuretan, serat nanas, serbuk cangkang kemiri dan serbuk aluminium dengan persentase bahan pengisi dan matriks sebesar 50:50, 60:40 dan 70:30 (%). Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh komposit dengan variasi 50:50 (%) memiliki sifat mekanik terbaik dengan kekuatan tarik sebesar 10,592 MPa, nilai regangan (*elongation at break*) sebesar 0,7072% dan nilai modulus elastisitas (E) sebesar 5526,054 MPa. Untuk sifat termal komposit diperoleh variasi komposit 60:40 (%) merupakan komposisi terbaik berdasarkan sifat termal yang dihasilkan, yakni: memiliki temperatur leleh sebesar 287,4°C dan mulai terdekomposisi pada suhu 292,65°C.

Kata Kunci: komposit, analisis termal, poliuretan, serat nanas, cangkang kemiri

I. Pendahuluan

Perkembangan material sampai saat ini terus berkembang secara pesat. Perkembangan ini disebabkan keperluan akan material yang tahan panas, tahan terhadap air, gesekan, dan lain lain. Hal ini tergantung dari pemanfaatan dan keperluan penggunaan material itu sendiri (Nugraha, 2007). Salah satu cara untuk meningkatkan daya tahan dari suatu material adalah pembuatan material komposit. Komposit merupakan material yang terdiri dari matriks dan bahan penguat/ *reinforcement*. Dalam komposit terdapat matriks yang digunakan sebagai fase kontinyu yang berfungsi memberikan distribusi terhadap beban yang seragam yang di dalamnya terdapat bahan penguat atau *reinforcement* (Akovali, 2001).

Poliuretan merupakan salah satu jenis dari polimer *termosetting* yang merupakan produk dari reaksi antara gugus fungsi isosianat dan gugus fungsi hidroksi. Warman dkk. (2019) menggunakan poliuretan sebagai pengikat pada komposit, yakni: membuat bahan kampas rem tromol menggunakan cangkang buah kelapa sawit dan serat buah kelapa sawit sebagai bahan pengisi serta menggunakan poliuretan sebagai pengikat. Pada penelitiannya diperoleh komposisi terbaik adalah 30% poliuretan dan 70% cangkang, serat buah kelapa sawit serta penambahan serbuk aluminium. Penambahan serbuk aluminium pada penelitiannya berguna sebagai bahan penyerap panas sehingga meningkatkan sifat termal dari komposit yang dihasilkan. Penelitian lainnya yang menggunakan poliuretan diantaranya: Barczewski dkk. (2020), Czlonka dkk. (2020) dan Borowicz dkk. (2019) meneliti sifat mekanik dan sifat termal komposit, Wang dkk. (2021) meneliti kekuatan komposit poliuretan. Selain poliuretan digunakan pula jenis polimer lainnya seperti: Rahmatul'Ula dkk. (2015) menggunakan resin 208 B, Aminur dkk. (2015) dan Dwiyaniti dkk. (2017) menggunakan poliester dan Yovial dkk. (2017) menggunakan epoksi.

Dalam pembuatan material komposit diperlukan bahan penguat yakni: serat/*fiber*. Penggunaan serat alam ini dapat bersaing dengan serat sintetis yang telah ada, selain itu juga dapat mengatasi limbah serat alam yang biasanya hanya dibuang begitu saja atau pemanfaatannya yang kurang optimal.

Pemanfaatan serat alam telah banyak digunakan para peneliti untuk menggantikan serat sintetis (Hidayat, 2008). Menurut Fahmi & Hermansyah (2011) serat daun nanas memiliki kekuatan yang baik dan mempunyai permukaan yang halus untuk diaplikasikan sebagai bahan pembuatan komposit polimer. Daulay & Wirathama (2014) menggunakan serat daun nanas, Aminur dkk. (2015) menggunakan serat kulit buah pinang, Dwiyaniti dkk. (2017) menggunakan serbuk kayu dan Warman dkk. (2019) menggunakan serat buah kelapa sawit.

Dalam penelitian ini akan dilakukan variasi komposisi material komposit dari poliuretan, serat nanas, serbuk cangkang kemiri dan serbuk aluminium agar diperoleh komposisi yang paling baik. Untuk mengetahui hasil komposisi terbaik maka dilakukan pengujian sifat mekanik yakni: kekuatan tarik menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) dan pengujian sifat termal dengan menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dan *Thermogravimetric Analysis* (TGA).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui sifat mekanik material komposit, mengetahui stabilitas termal material komposit, dan mengetahui komposisi terbaik untuk bahan pengisi dan matriks pada pembuatan komposit poliuretan berpenguat serat nanas dan cangkang kemiri.

II. Bahan dan Metode

Alat yang digunakan adalah blender, ayakan saringan 100 mesh, cetakan *stainless steel*, *manual forming*, *pneumatic specimen punch*, *Universal Testing Machine* (UTM) merk Ibertest, *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) merk DSC 214 Polyma dan *Thermogravimetric Analysis* (TGA) merk TA125. Bahan yang digunakan adalah cangkang kemiri, serat nanas, serbuk aluminium (p.a) yang diperoleh dari Pudak Scientific, *polyisocyanate* dan *polyol* diperoleh dari Justus Kimiaraya.

Cangkang kemiri yang sudah bersih dan kering kemudian dihancurkan menggunakan blender sampai halus dan disaring menggunakan ayakan 100 mesh. Kemudian untuk serat nanas yang sudah bersih dan kering lalu dipotong dengan ukuran sebesar 1-2 mm.

Untuk proses pencetakan komposit dipersiapkan bahan penguat (*reinforcements*)

dan bahan pengikat (*matrix*). Bahan penguat terdiri dari: *fiber* (serat nanas), bahan pengisi (cangkang kemiri dan aluminium). Bahan pengikat yang digunakan terdiri dari *polyisocyanate* dan *polyol*. Terdapat 3 (tiga)

variasi komposit yang divariasikan persentasenya yakni: komposit A (50:50), komposit B (60:40), komposit (70:30). Tabel 1 menunjukkan komposisi pembuatan komposit dengan berbagai macam variasi.

Tabel 1. Komposisi bahan pengisi (*filler*) dan bahan pengikat komposit (*matriks*)

Filler: Matriks %	Bahan Pengisi			Matriks		Total (g)
	Cangkang Kemiri (g)	Serbuk Aluminium (g)	Serat Nanas (g)	<i>Polyisocyanate</i> (g)	<i>Polyol</i> (g)	
50:50	13,5	3	13,5	19,95	10,05	60
60:40	16,2	3,6	16,2	16,05	7,95	60
70:30	18,9	4,2	18,9	12	6	60

Bahan pengisi dan matriks yang sudah disiapkan berdasarkan Tabel 1 kemudian ditimbang lalu dimasukkan kedalam wadah dan diaduk sampai homogen lalu ditambahkan *polyisocyanate* dan diaduk sampai homogen. Campuran tersebut ditambahkan *polyol* lalu diaduk dengan cepat dan dilakukan pencetakan menggunakan cetakan *stainless steel* yang telah disediakan. Cetakan tersebut kemudian ditekan dengan alat *manual forming* lalu diberi tekanan 3 (tiga) ton dan ditekan selama 30 menit. Komposit yang sudah jadi dikeluarkan dari cetakan dan didinginkan selama 24 jam dalam suhu ruang. Untuk pengujian kekuatan tarik maka komposit harus dicetak menggunakan alat *pneumatic specimen punch* kemudian komposit siap dilakukan pengujian kekuatan tarik menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) dengan standar ASTM D638 Tipe IV dan pengujian sifat termal menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dan *Thermogravimetric Analysis* (TGA).

manual forming lalu diberi tekanan 3 (tiga) ton dan ditekan selama 30 menit. Proses pencetakan menggunakan alat *manual forming* dengan tekanan 3 (tiga) ton ini dilakukan untuk memastikan komposit yang dihasilkan tersebar merata pada permukaan cetakan dan memastikan tidak ada udara yang terperangkap disekitar komposit. Pencetakan hanya dilakukan selama 30 menit karena setelah itu akan dilakukan pengeringan dalam suhu ruang selama 24 jam untuk memastikan komposit yang dihasilkan sudah kering secara sempurna. Setelah tahap pengeringan ini selesai maka komposit siap dilakukan pengujian selanjutnya yakni: karakterisasi komposit (pengujian kekuatan tarik menggunakan alat UTM dan pengujian sifat termal menggunakan alat TGA dan DSC).

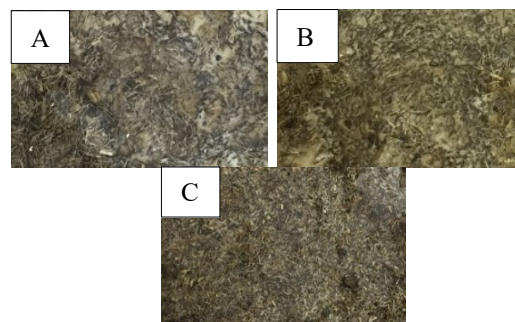
III. Hasil dan Pembahasan

1. Proses Pencetakan Komposit

Serat nanas, cangkang kemiri dan serbuk aluminium yang digunakan sebagai bahan pengisi serta bahan pengikat komposit/ matriks (*polyisocyanate* dan *polyol*) ditimbang sesuai dengan variasi yang diinginkan yakni: perbandingan bahan pengisi dengan matriksnya adalah 50:50, 60:40 dan 70:30 dapat dilihat pada Tabel 1. Bahan pengisi dan bahan pengikat komposit yang sudah disiapkan kemudian dicampurkan lalu dilakukan pencetakan komposit. Cetakan yang telah diisi bahan komposit tersebut ditekan dengan alat

2. Analisis Sifat Mekanik Komposit

Hasil cetak komposit menggunakan alat *manual forming* dengan variasi 50:50 (A), 60:40 (B) dan 70:30 (C) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Cetak Komposit A, B dan C

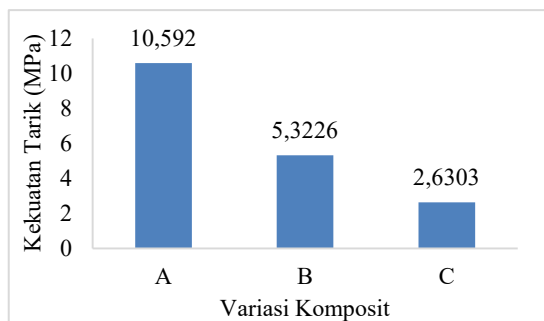
Setelah dilakukan pencetakan komposit maka dilakukan karakterisasi komposit. Hal pertama yang dilakukan adalah pengujian

kekuatan tarik. Sebelum dilakukan uji tarik menggunakan alat UTM maka dilakukan pemotongan komposit yang dihasilkan dengan alat *pneumatic specimen punch* kemudian komposit siap diuji menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)* dengan menggunakan standar ASTM D638 Tipe IV. Gambar 2 menunjukkan hasil cetak komposit menggunakan alat *pneumatic specimen punch*. Kemudian hasil cetak ini dapat dilakukan pengujian kekuatan tarik menggunakan alat UTM.



Gambar 2. Hasil cetak komposit menggunakan alat *pneumatic specimen punch*

Setelah dilakukan pengujian kekuatan tarik menggunakan alat UTM maka diperoleh hasil pengujian kekuatan tarik/*tensile strength (Rm)* komposit A, B dan C dapat dilihat pada

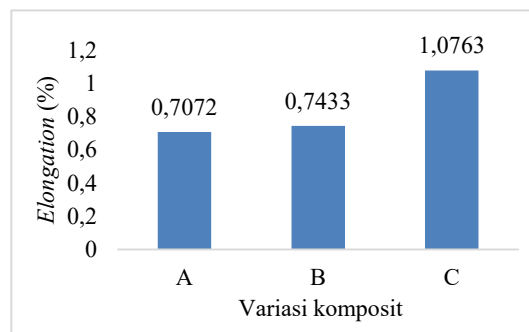


Gambar 3.

Gambar 3. Grafik hasil pengujian kekuatan tarik

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa diperoleh kekuatan tarik untuk komposit A variasi 50:50 (%) sebesar 10,592 MPa, untuk komposit B variasi 60:40 (%) sebesar 5,3226 MPa, untuk komposit C variasi 70:30 (%) sebesar 2,6303 MPa. Diperoleh hasil, komposit A dengan perbandingan bahan pengisi dan matriks sebesar 50:50 (%)

memiliki kekuatan tarik paling besar dibandingkan variasi komposit B dan C. Hal ini bisa disebabkan karena berkurangnya komposisi bahan pengikat/ matriks yang digunakan dalam variasi komposit. Ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya bahan pengisi pada komposit maka akan semakin lentur material komposit yang dihasilkan. Dari hasil pengujian tarik, dapat diperoleh data regangan (*elongation at break*)

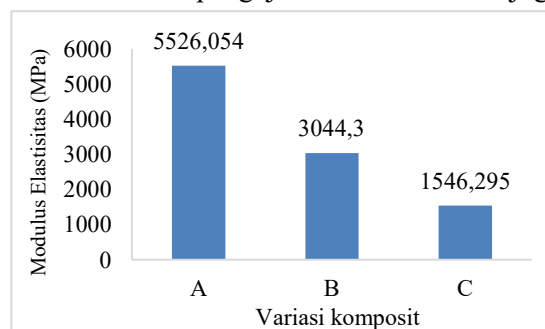


material komposit yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4. Grafik regangan (*elongation at break*) komposit

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa diperoleh regangan (*elongation at break*) untuk komposit A sebesar 0,7072 %, untuk komposit B sebesar 0,7433 %, untuk komposit C sebesar 1,0763 %. Nilai regangan ini menunjukkan nilai keuletan material komposit. Dari hasil yang didapatkan dapat diketahui bahwa dengan semakin banyaknya komposisi bahan penguat menyebabkan nilai keuletan material semakin besar.

Dari hasil pengujian kekuatan tarik juga



diperoleh data modulus elastisitas (E) material komposit yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 5. Grafik modulus elastisitas komposit

Berdasarkan Gambar 5 diperoleh nilai modulus elastisitas (E) tertinggi pada komposit A sebesar 5526,054 MPa dan untuk komposit B dan C berturut-turut sebesar 3044,3 MPa dan

1546,295 MPa. Nilai modulus elastisitas (E) ini menunjukkan nilai kekakuan dari material komposit yang dihasilkan. Dengan semakin besarnya nilai modulus elastisitas (E) yang diperoleh maka semakin besar pula nilai kekakuan komposit. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh bahwa komposit A memiliki nilai modulus elastisitas (E) tertinggi dibandingkan variasi lainnya dan menunjukkan bahwa komposit A memiliki kekakuan terbesar dibanding komposit lainnya.

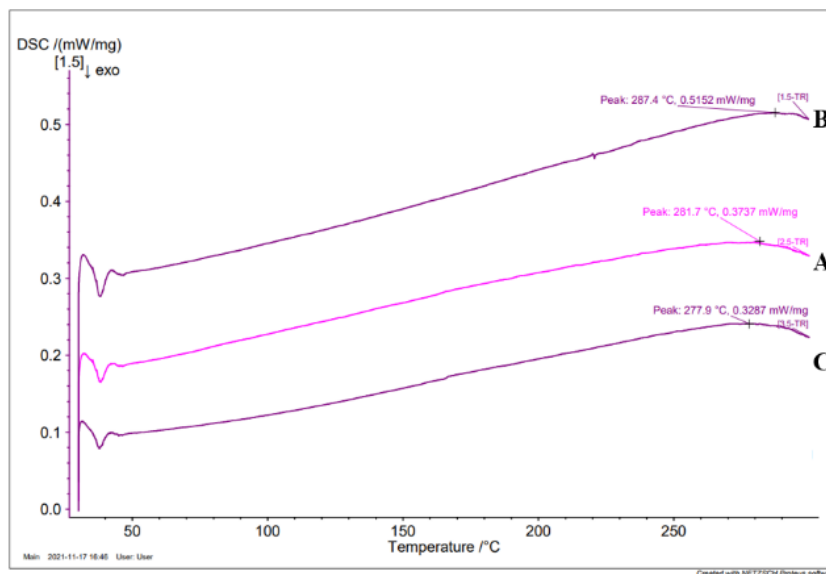
3. Analisis Sifat Termal Komposit

Hasil pengujian sifat termal komposit A, B dan C menggunakan alat *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) ditunjukkan pada Tabel 2.

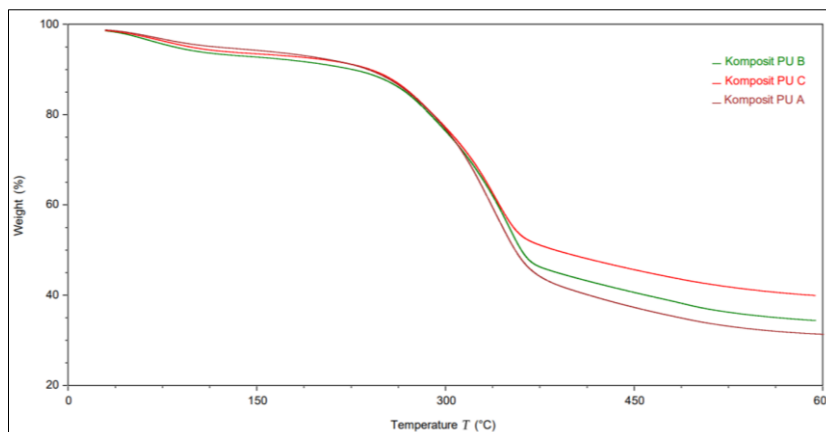
Tabel 2. Hasil Pengujian DSC Komposit

Komposit	Variasi	Temperatur leleh (°C)
A	50:50	281,7
B	60:40	287,4
C	70:30	277,9

Tabel 2 menunjukkan temperatur leleh dari komposit A, B dan C. Komposit A 50:50 (%) memiliki temperatur leleh (T_m) sebesar 281,7°C, komposit B 60:40 (%) sebesar 287,4°C dan komposit C 70:30 (%) sebesar 277,9°C. Ketahanan termal komposit A, B dan C ini sesuai dengan standar kampas rem SAE J661 mengenai perubahan material kampas rem dengan laju temperatur sebesar 250°C. Komposit B memiliki temperatur leleh paling besar dibanding komposit lainnya. Perbandingan antara bahan pengisi dan matriks komposit B sebesar 60:40 (%). Ini menandakan bahwa komposit B memiliki sifat termal yang paling baik dibandingkan komposit lainnya. Gambar 6 menunjukkan diagram DSC variasi komposit 50:50 (A), 60:40 (B) dan 70:30 (C) sedangkan Gambar 7 menunjukkan diagram TGA komposit A, B dan C.

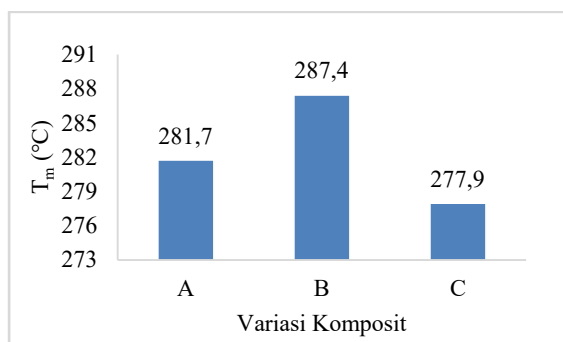


Gambar 6. Diagram DSC Komposit



Gambar 7. Diagram TGA Komposit

Grafik hasil pengujian DSC komposit A, B dan C dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian DSC Komposit A, B dan C

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa komposit A terdekomposisi paling banyak dibandingkan komposit B dan C. Tabel 3 menunjukkan stabilitas termal dari komposit A, B dan C. Komposit A menghasilkan residu paling sedikit sebesar 31,393%, sedangkan komposit B dan C menghasilkan residu secara berturut-turut sebesar 34,424% dan 40,033%. Hal ini dikarenakan komposisi persentase bahan pengisi dan matriks yang digunakan. Komposit A, B dan C berturut-turut memiliki persentase bahan pengisi dan matriks sebesar 50:50, 60:40 dan 70:30. Persentase bahan pengisi yang semakin banyak yakni: serat nanas, cangkang kemiri dan serbuk aluminium membuat semakin banyaknya residu yang dihasilkan dari pengujian TGA ini. Residu ini bisa berupa mineral yang terkandung dalam bahan pengisi yang ditambahkan dalam pembentukan komposit.

Tabel 3. Stabilitas Termal Komposit

Komposit	Variasi	Residu (%)	T _{onset} (°C)	T _{max} (°C)
A	50:50	31,393	283,85	366,78

B	60:40	34,424	292,65	365,72
C	70:30	40,033	287,40	358,37

Berdasarkan penelitian Rizkiansyah & Mardiyati (2017) nilai T_{max} yang mengalami penurunan dan berkurangnya berat molekul disebabkan pada berat molekul yang lebih rendah maka polimer akan lebih mudah terdegradasi. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh juga terjadi penurunan T_{max} seiring dengan menurunnya berat molekul dari komposit ini. Penurunan berat molekul dapat dilihat dari komposisi bahan pengisi dan matriks yang digunakan. Semakin sedikit bahan pengikat/matriks yang digunakan maka semakin rendah berat molekul dari komposit yang dihasilkan. T_{onset} menyatakan temperatur saat komposit mulai terdekomposisi. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh komposit B memiliki T_{onset} paling tinggi dibandingkan komposit lainnya sebesar 292,65 °C sedangkan komposit A dan C secara berturut-turut memiliki T_{onset} sebesar 283,85°C dan 287,40°C.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Komposit A dengan perbandingan bahan pengisi dan matriks sebesar 50:50 (%) memiliki kekuatan tarik, nilai regangan dan modulus elastisitas paling baik dibandingkan komposit lainnya yakni: kekuatan tarik sebesar 10,592 MPa, regangan (*elongation at break*) sebesar 0,7072 % dan modulus elastisitas (E) sebesar 5526,054 MPa.
2. Komposit B dengan perbandingan bahan pengisi dan matriks sebesar 60:40 (%) merupakan komposisi terbaik berdasarkan

sifat termal yang dihasilkan, yakni: memiliki temperatur leleh sebesar 287,4°C dan mulai terdekomposisi pada suhu 292,65°C.

3. Komposit dengan komposisi terbaik adalah komposit A dengan perbandingan bahan pengisi dan matriks 50:50 (%) dengan nilai kekuatan tarik sebesar 10,592 MPa. Meskipun hasil perbandingan 60:40 (%) memiliki temperatur leleh yang lebih tinggi 5,7°C, namun berdasarkan hasil kekuatan tarik perbandingan (50:50) lebih memenuhi kriteria material yang dibutuhkan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada laboratorium instrumentasi Prodi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang sudah memfasilitasi berbagai pengujian yang dilakukan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Akovali, G. (2001). *Handbook of composite fabrication*. iSmithers Rapra Publishing.
- Aminur, A., Hasbi, M., & Gunawan, Y. (2015). Proses Pembuatan Biokomposit Polimer Serat Untuk Aplikasi Kampas Rem. *Prosiding Semnastek*.
- Barczewski, M., Kurańska, M., & Testing, K. S.-P. (2020). Rigid polyurethane foams modified with thermoset polyester-glass fiber composite waste. *Polymer Testing*, *81*, 106190.
- Borowicz, M., Paciorek-Sadowska, J., Lubczak, J., Czupryński, B., & Czupryński, C. (2019). Biodegradable, flame-retardant, and bio-based rigid polyurethane/polyisocyanurate foams for thermal insulation application. *Polymers*, *11*(11), 1816.
- Członka, S., Strąkowska, A., Strzelec, K., Kairytė, A., & Kremensas, A. (2020). Bio-based polyurethane composite foams with improved mechanical, thermal, and antibacterial properties. *Materials*, *13*(5), 1108.
- Daulay, S., USU, F. W.-J. T. K., & 2014, U. (2014). Pengaruh Ukuran Partikel dan Komposisi Terhadap Sifat Kekuatan Bentur Komposit Epoksi Berpengisi Serat Daun Nanas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, *3*(3), 13–17.
- Dwiyati, S., Kholil, A., & Dan, F. W. (2017). Pengaruh penambahan karbon pada karakteristik kampas rem komposit serbuk kayu. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, *4*(2), 108–114.
- Fahmi, H., & Hermansyah, H. (2011). Pengaruh orientasi serat pada komposit resin polyester/serat daun nenas terhadap kekuatan tarik. *Jurnal Teknik Mesin*, *1*(1), 46–52.
- Hidayat, P. (2008). Teknologi pemanfaatan serat daun nenas sebagai alternatif bahan baku tekstil. *Teknoin*, *13*(2), 31–35.
- Nugraha, P. (2007). *Teknologi Beton; Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*.
- Rahmatul'Ula, I., Masturi, M., & Yulianti, I. (2015). Analisis Keausan Kampas Rem Non Asbes Berbahan Limbah Organik Kulit Tempurung Kemiri. *Jurnal Fisika Unnes*, *5*(1), 79482.
- Rizkiansyah, R. R., & Mardiyati, S. (2017). Pengaruh Berat Molekul Terhadap Ketahanan Termal, Absorpsi Air dan Kemampuan Biodegradasi Plastik Selulosa Teregenerasi dari Kapas Limbah Industri Tekstil. *Prosiding Seminar Nasional Metalurgi Dan Material (SENAMM)*, 16–28.
- Wang, H., Xu, J., Du, X., Du, Z., Cheng, X., & Wang, H. (2021). A self-healing polyurethane-based composite coating with high strength and anti-corrosion properties for metal protection. *Composites Part B: Engineering*, *225*, 109273.
- Warman, W., Darmadi, H., Abdillah, A., & Safitri, S. (2019). Pengembangan Bahan Kampas Rem Tromol (Drum Brake Pad) Sepeda Motor Berbahan Dasar Komposit Cangkang dan Serat Buah Kelapa Sawit Dengan Poliuretan Sebagai Pengikat. *Ready Star*, *2*(1), 122–129.
- Yovial, Y., Marthiana, W., & Duskiardi, D. (2017). Pemanfaatan Cangkang Kemiri Dengan Ukuran Serbuk D< 250 µm Sebagai Bahan Penguat Pada Komposit Resin Epoksi. *Jurnal Agroindustri*, *7*(1).