



**KARAKTERISASI KOMPOSIT POLIURETAN DENGAN PENGISI (*FILLER*)  
MIKRO KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA**

*CHARACTERIZATION OF POLYURETHANE COMPOSITES WITH MICRO ACTIVATED  
CARBON FILLERS FROM PALM OIL SHELLS*

**Pada Mulia Raja<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> STIPER AGROBISNIS PERKEBUNAN MEDAN  
Jl. Willem Iskandar Medan 20226

\*Corresponding Email : [padamulia@stipap.ac.id](mailto:padamulia@stipap.ac.id)

**Abstract**

Polyurethane is a type of polymer made by reacting polyol (OH) groups with isocyanate (NCO) groups. The purpose of this study was to determine the mechanical properties of a mixture of polyol and toluene sources as well as by adding the composition of activated carbon of palm shell as a filler to determine the best results. The materials used in making composites are PPG (Polypropylene Glycol), TDI (Toluene Diisocyanate) and Palm Oil Shell Activated Carbon. Palm shells are carbonated at 600 °C, then made into powder using a ball mill and then sieved with 110 mesh particle sieve and activated using 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Furthermore Polyurethanes are made by mixing, PPG (Polypropylene Glycol), TDI (Toluene in Isocyanate) with a ratio of 60%: 40% and then added the activated carbon of palm oil shell as a filler with polyurethane: 95% active carbon (P1), 90 %: 10% (P2), 80%: 20% (P3), and 75%: 25% (P4), then the functional group (FT-IR) and mechanical properties testing consisted of tensile strength and elasticity values. The results of the characterization of amine (NH), methyl groups (C-H<sub>3</sub>), Acetyl groups (CN), carbonyl groups (C = O), isocyanate groups (N = C = O), and Aromatic Rings (C = C) . This can be concluded after the addition of activated carbon palm shell does not cause chemical reactions in the functional group. While the results of the characterization of the tensile strength of P0 to P1 with a value of 0.1966 MPa to 0.0317 MPa, then increased in the composition of 90 P2, P3, and P4 with values of 0.0985 MPa, 0.2318 MPa, 0.2981MPa, and finally occurred decrease again in the composition of P5. While the highest elasticity value on composites with a ratio of P4 is 0.05196 MPa, while the lowest elasticity value on the composition of P5 with a value of 0.0475 MPa.

**Keyword:** *Activated Carbon, Polyurethane Composite, Function Group, Mechanics of Polyurethane Composite*

**How to Cite:** Raja, P.M. (2020). Karakterisasi Komposit Poliuretan dengan Pengisi (*Filler*) Mikro Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa. Jurnal Agro Fabrica Vol.2 (1) : 7-15.

**PENDAHULUAN**

Cangkang sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak sawit

yang cukup besar. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), besarnya limbah padat ini mencapai 7.6 juta ton

pada tahun 2006 dengan produksi minyak sawit 18.8 juta ton. Jumlah ini akan terus meningkat seiring dengan peningkatan produksi minyak sawit. Selama ini cangkang sawit hanya digunakan sebagai bahan bakar pembangkit tenaga uap dan bahan pengeras jalan (Fauzi, 2002).

Arang aktif adalah arang yang diaktifkan dengan cara perendaman dalam bahan kimia atau dengan cara mengalirkan uap panas ke dalam bahan, sehingga pori – pori bahan menjadi lebih terbuka (Nuyah , 2012). Adsorben alternatif yang dapat digunakan adalah arang aktif dari limbah organik seperti limbah cangkang kelapa sawit.

*Polyurethane* merupakan bahan polimer yang mempunyai ciri khas adanya gugus fungsi *urethane* ( $-NHCOO-$ ) dalam rantai utama polimer. Gugus fungsi *urethane* dihasilkan dari reaksi antara senyawa yang mengandung gugus hidroksil ( $-OH$ ) yang biasa disebut *polyol* dengan senyawa yang mengandung gugus *isocyanate*.

Poliuretan berkembang menjadi suatu material khas yang mempunyai tetapan yang amat luas, tidak hanya digunakan sebagai fiber (serat), tetapi dapat juga digunakan untuk membuat busa (*foam*), bahan elastomer (karet/plastik), lem, pelapis (*coating*) dan lain-lain. Busa poliuretan diklasifikasikan sebagai busa fleskibel, semi kaku atau

kaku tergantung sifat mekanik dan kerapatannya (Cinelli dkk, 2013). Busa poliuretan adalah bahan penyerap yang sangat baik karna luas permukaannya yang tinggi, dan mudah diperoleh.

Salah satu jenis filler (pengisi) yang dapat dimodifikasi dari poliuretan adalah dengan menggunakan karbon aktif cangkang kelapa sawit. Dipilihnya karbon aktif cangkang kelapa sawit dikarenakan bahan yang mudah didapat dan diharapkan dapat memaksimalkan pemanfaatan pada limbah kelapa sawit serta dapat meminimalisir komposisi dari poliuretan karena telah adanya penguat dari karbon aktif terhadap busa poliuretan. Pengaruh komposisi pengisi dapat menentukan karakteristik sifat mekanis, fisik, dan kimia dari komposit poliuretan (Komariyah dkk , 2016).

Berdasarkan penelitian terdahulu , selain karbon aktif cangkang kelapa sawit , terdapat berbagai jenis filler (pengisi) yang digunakan. Penelitian yang memanfaatkan penggunaan bentonit nanokomposit sebagai material *filler* dalam matrik poliuretan sebagai *reinforcement* penahan panas dan peningkatan sifat mekanik material *coating*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi dan sifat mekanik komposit poliuretan dengan

pengisi karbon aktif cangkang kelapa sawit.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu

Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Prodi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan (TPHP) STIPAP. Waktu Penelitian dilakukan mulai bulan Maret 2018 s/d Agustus 2018. Pengambilan cangkang kelapa sawit dilakukan di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) PTPN II Unit Usaha Pagar Merbau. Proses pengayakan akan dilaksanakan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia (OTK) Politeknik Kimia Industri (PTKI), untuk karbonisasi di Laboratorium Ekologi Universitas Sumatera Utara (USU),. Proses analisa komposit di Laboratorium Fisika Terpadu Universitas Negeri Medan (UNIMED), Laboratorium IFRC Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara (USU), Laboratorium Balai Pengujian dan Identifikasi Barang (BPIB) Bea Cukai Tipe B Medan.

Bahan-bahan yang digunakan adalah cangkang kelapa sawit, PPG (Polipropilena Glikol), TDI (Toulena Diisosianat), Aqudest, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (10%). Alat-alat yang digunakan adalah neraca analitik, cawan porselen, kaca arloji, *Screening* (Mesh), *Furnace*, elemenyer,

labu ukur, beaker gelas, oven, desikator, *Ball mill*.

### Prosedur Pembuatan Karbon Aktif (Hartanto, 2010)

Cangkang kelapa sawit terlebih dahulu dikeringkan bawah sinar matahari  $\pm$  3 hari hingga kadar airnya berkurang, masukkan cangkang kelapa sawit kedalam alat *furnace* sebanyak 100 gram, lalu dikarbonisasi selama 2 jam, variasi suhu 450<sup>0</sup>C, 550<sup>0</sup>C, 650<sup>0</sup>C. Pengecilan ukuran untuk arang hasil *furnace* menggunakan *Ball Mill*. Selanjutnya pengayakan arang hasil *furnace* 100 mesh. Merendam arang hasil screening dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20% dengan perbandingan 1:1 (Arang:Aktivator) di rendam dengan variasi waktu 23 jam, 24 jam, 25 jam. Mencuci arang dengan aquadest hingga pH netral. Mengeringkan kedalam oven dengan temperatur 110<sup>0</sup> C selama 2 jam.

### Pembuatan Komposit Busa Poliuretan (Metode *One Shoot*) (Aritonang, 2016)

Pembutan busa poliuretan dilakukan dengan metode *one shot* yaitu massa campuran komposit 20 gram, dengan perbandingan komposisi matriks (PPG:TDI) 60% : 40% dan perbandingan komposisi matriks denggan pengisi (*filler*) 90%:10%,, masukkan (Poliproilena Glikol) sebanyak 10,8 gram, kemudian campurkan dengan TDI (Toulena Diisosianat) sebanyak 7,2 gram, Sambil

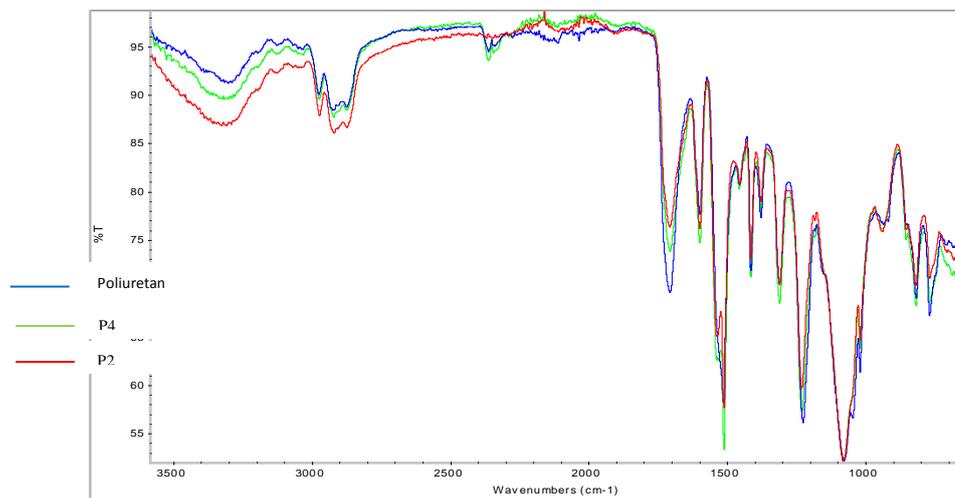
mengaduk perlahan campuran pengisi karbon aktif cangkang kelapa sawit sebanyak 2 gram. Aduk secara secepat dalam waktu  $\pm 20$  detik, Masukkan dalam cetakan, tunggu hingga komposit mengembang.

### Karakterisasi Komposit Poliuretan

Karakterisasi komposit dengan analisa uji Fourier Transfor Infra Red (FTR-IR) dan uji mekanik komposit dengan Tensilonmeter.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Gugus Fungsi Komposit Poliuretan



Gambar1. Grafik FTIR busa poliuretan, Sampel P4, dan Sampel P2

Ket : Sampel P4 = Komposit Poliuretan dengan filler 20 % terhadap matriks. Sampel P2 = Komposit Poliuretan dengan filler 10% terhadap matrik

Adapun bilangan gelombang yang terbaca disesuaikan dengan frekuensi bilangan gelombang yang tersedia untuk

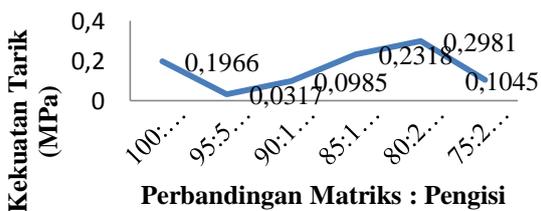
mengidentifikasi gugus fungsi dari setiap sampel yang disajikan dalam Tabel berikut.

Tabel 1. Karakteristik FTIR busa poliuretan, Sampel P4, dan Sampel P2

No.	Gugus	Tipe senyawa	Frekuensi Bilangan Gelombang	Puncak Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )		
				Busa Poliuretan	Sampel P4	Sampel P2
1.	N-H	Amida (Kuat)	3100 - 3500	3298.93	3313.72	3323.49
2.	C-H	Metil $\text{CH}_3$ (Kuat)	2850 – 3000	2970.60	2976.50	2970.60
3.	N=C=O	Isosianat (Kuat)	2270 – 2400	2360.11	2361.75	2368.24
4.	C=O	Karbonil (Kuat)	1690 – 1760	1704.88	1704.91	1705.02
5.	C=C	Cincin Aromatik (Berubah – ubah)	1500 - 1600	1510.44	1508.72	1509.12
6.	C-N	Asetil (Kuat)	1400 – 1200	1411.83	1411.82	1411.96
7.	Daerah Sidik Jari		< 1200	7 Puncak	6 Puncak	8 Puncak

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwasanya gugus fungsi yang dihasilkan busa poliuretan dengan komposit poliuretan memiliki bilangan spektrum yang sama dan gugus fungsi yang sama. Artinya dengan adanya penambahan atau tidak *filler*, maka perubahan pada bilangan serapan maupun gugus fungsi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada reaksi kimiawi yang terjadi antara karbon aktif cangkang kelapa sawit dengan gugus isosianat pada matriks komposit poliuretan yang dihasilkan. Hal ini juga sama seperti penambahan serat ijuk sebagai bahan pengisi pada poliuretan yang juga tidak ada mengalami reaksi kimia yang terjadi pada komposit poliuretan.

### Karakteristik Sifat Mekanik Komposit Poliuretan



Gambar 2. Grafik Pengaruh Pengisi terhadap Sifat Kekuatan Komposit Poliuretan

Dari Gambar 2 diatas dapat dilihat nilai kekuatan tarik tertinggi variasi pengisi dan matriks yaitu pada pada komposisi 80 % : 20% , dengan nilai kekuatan tarik adalah 0,2981 MPa. Dari gambar tersebut dapat dilihat adanya pengaruh bahwa semakin besar karbon aktif cangkang kelapa sawit maka nilai

kekuatan tarik dari komposit poliuretan menjadi fluktuatif , yaitu terjadi penurunan dari komposisi 100% : 0 % ke 95% : 5% dengan nilai 0,1966 MPa ke 0,0317 MPa , kemudian meningkat pada komposisi 90 % :10% , 85% :15% , dan 80 % :20 % dengan nilai 0,0985 MPa, 0,2318 MPa, 0,2981MPa, dan akhirnya terjadi penurunan kembali pada komposisi 75% :25 % dengan nilai 0,1045 MPa.

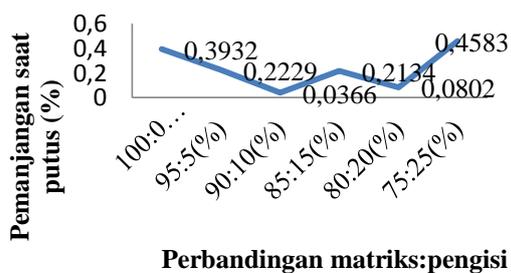
Peningkatan kekuatan tarik pada komposisi komposisi 90 % :10% ,85% :15% , dan 80 % :20 % disebabkan oleh sifat kekakuan dari karbon aktif yang terdispersi secara merata dalam komposit poliuretan dan terjadinya ikatan yang sangat baik antara matriks dengan serat sehingga terjadinya ikatan yang kuat. Jadi, kekuatan tarik mengalami kenaikan terhadap peningkatan komposisi karbon aktif.

Peningkatan kekuatan tarik disebabkan oleh sifat kekakuan dari serat ijuk yang terdispersi dalam suatu produk komposit poliuretan . Menurut Stevens (2001), semakin banyak penambahan pengisi, maka semakin meningkat kekuatan tarik komposit poliuretan, setiap penambahan 10% dapat meningkatkan kekuatan tarik hingga 100%. Hal ini disebabkan pengisi dapat meningkatkan interaksi antara daerah antarfasa matrik dengan serat. Tegangan yang diberikan komposit dapat diteruskan dengan baik

oleh pengisi, sehingga kemampuan ketegangan komposit akan semakin meningkat.

Penurunan kekuatan tarik pada komposisi 75% :25 % disebabkan oleh semakin banyak jumlah serat yang ditambahkan, sedangkan jumlah matriks semakin sedikit menyebabkan matrik tidak mampu membasahi seluruh bagian permukaan dari serat dan menyebabkan interaksi semakin kurang baik di daerah antarfasa antara matriks dan pengisi. Sehingga kemampuan komposit untuk menerima tegangan dari serat menurun .

**Karakteristik kekuatan Putus Komposit Poliuretan**



Gambar 3. Grafik Pengaruh Pengisi terhadap Pemanjangan saat Putus Komposit Poliuretan Cangkang Kelapa Sawit

Dari Gambar 3 diatas dapat dilihat nilai Pemanjangan saat putus tertinggi variasi pengisi dan matriks yaitu pada pada komposisi 75 % : 25% , dengan nilai pemanjangan saat putus adalah 0,4583 MPa. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar komposisi karbon

aktif cangkang kelapa sawit maka menyebabkan nilai kekuatan tarik dari komposit poliuretan menjadi fluktuatif , yaitu terjadi penurunan dari komposisi 100% : 0 % ke 95% : 5% dan 95 % ke 90 % dengan nilai 0,3932 Mpa ke 0,2229 Mpa ,dan 0,2229 MPa ke 0,0366 kemudian meningkat pada komposisi 90 % :10% ke 85% :15% dengan nilai 0,2134 kemudian menurun kembali pada komposisi dan 80 % :20 % dengan nilai 0,0802 MPa dan akhirnya terjadi peningkatan kembali pada komposisi 75% :25 % dengan nilai 0,4583 MPa .

Pemanjangan saat putus terendah variasi pengisi dan matriks yaitu pada komposisi 90 % : 10 % adalah 0,0366 MPa, dikarenakan terjadi kesalahan pada saat pengujian dikarenakan pengaturan test speed ( kecepatan uji ) pada komposisi 90 % : 10 % terlalu tinggi yaitu mencapai 1 mm / min , sedangkan pada komposisi 80 % : 20 % pengaturan test speed ( kecepatan uji ) yaitu mencapai 3 mm/min.

Penambahan pengisi akan meningkatkan kekuatan pada bahan komposit karena bahan pengisi tersebut dapat menurunkan deformabilitas komposit, penurunan ini terjadi pada daerah interfasa, sehingga semakin banyak daerah interfasa yang terbentuk, maka akan semakin mengurangi

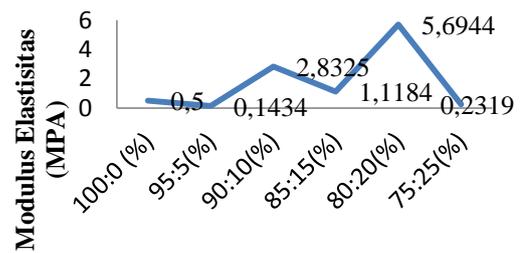
kemampuan pemanjangan saat putusnya (Tipeng, 2018). Penambahan *filler* menyebabkan matriks akan kehilangan sifat elastisnya sehingga bahan lebih rapuh. Terjadi penurunan perpanjangan saat putus karena pengurangan volume matriksnya karena sifat elastis hanya diperoleh darimatriksnya saja.

Menurut Yong Sang Lu *et.al* (2005), fenomena penambahan komposisi serat pada poliuretan menghasilkan peningkatan sifat pemanjangan saat putus, namun akan terjadi penurunan sifat pemanjangan saat putus seiring dengan meningkatnya komposisi serat. Munculnya *rongga udara* merupakan hal lain dalam penurunan sifat pemanjangan saat putus akibat semakin banyak jumlah serat yang tambahkan dalam matriks. Meningkatnya jumlah serat memicu proses aglomerasi di dalam produk, yaitu proses penggumpalan serat saat terjadi proses dispersi sehingga sifat pemanjangan saat putus mengalami penurunan .

### **Karakteristik Modulus Elastisitas Komposit Poliuretan**

Dari Gambar 4 dapat dilihat nilai modulus elastisitas tertinggi pada komposisi 80 % : 20 % dengan nilai 5,6944 MPa ,sedangkan nilai modulus

elastis terendah pada komposisi 95 % : 5 % dengan nilai 0,1434 MPa .



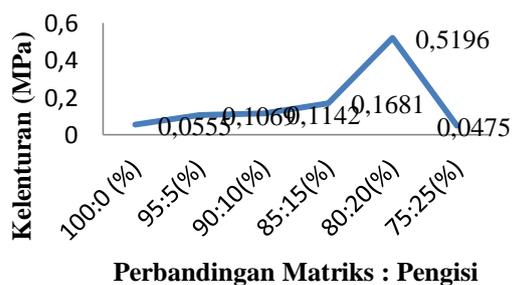
**Perbandingan matriks: pengisi**

Gambar 4. Grafik Pengaruh Pengisi terhadap Modulus Elastisitas Komposit Poliuretan

Peningkatan pada komposisi 95% dan 80% disebabkan oleh sifat kekakuan dari serat ijuk yang terdispersi dalam suatu produk komposit poliuretan. Menurut Aomar *et.al* (2015), semakin banyak penambahan pengisi, maka semakin meningkatnya modulus elastisitas komposit poliuretan. Aomar *et.al* (2015), mengatakan bahwa penambahan selulosa dapat meningkatkan modulus elastisitas menjadi 250% sampai 700%. Hal ini disebabkan karena semakin banyak komposisi pengisi dapat meningkatkan interaksi antara daerah antarfasa matrik dengan serat. Tegangan yang diberikan komposit dapat diteruskan dengan baik oleh pengisi, sehingga kemampuan ketegangan komposit akan semakin meningkat. Namun penambahan serat semakin banyak tidak selalu meningkatkan suatu sifat mekanik .Penurunan pada komposisi 85 % dan 75% disebabkan oleh semakin banyak

jumlah serat yang ditambahkan, sedangkan jumlah matriks semakin sedikit menyebabkan matriks tidak mampu membasahi seluruh bagian permukaan dari serat dan menyebabkan interaksi semakin kurang baik di daerah antarfasa antara matriks dan pengisi. Sehingga kemampuan komposit untuk menerima tegangan dari serat menurun. Menurut Yong Sang Lu *et.al* (2005), penurunan dikarenakan munculnya *void* akibat penambahan serat. Selain itu, penurunan terjadi dikarenakan energi absorpsi yang tidak kuat dalam beberapa daerah pencampuran akibat penambahan serat.

### Kekuatan Lentur Komposit Poliuretan



Gambar 5. Grafik Pengaruh Kekuatan Lentur Pengisi terhadap Komposit Poliuretan

Dari Gambar 5 diatas dapat dilihat nilai kekuatan lentur tertinggi variasi pengisi dan matriks yaitu pada pada komposisi 80 % : 20% , dengan nilai 0,05196 MPa, sedangkan nilai kelenturan terendah pada komposisi 75 % : 25 % dengan nilai 0,0475 MPa, terjadi

peningkatan nilai kelenturan dari komposisi 100% : 0 sampai komposisi 80 % : 20 % , dan terjadi penurunan nilai kelenturan pada komposisi 75 % : 25 % dengan nilai 0,0475 MPa .Dari gambar tersebut dapat dilihat adanya pengaruh bahwa semakin besar karbon aktif cangkang kelapa sawit maka nilai kelenturan komposit poliuretan menjadi semakin tinggi .

### KESIMPULAN

1. Karakterisasi hasil analisa FTIR pada busa poliuretan dan komposit poliuretan memiliki gugus fungsi yang sama, diantara gugus amin (N-H), gugus metil (C-H<sub>3</sub>), gugus Asetil (C-N), gugus karbonil (C=O), gugus isosianat (N=C=O), dan Cincin Aromatik (C=C) setelah adanya penambahan karbon aktif cangkang kelapa sawit tidak menimbulkan reaksi kimia pada gugus fungsi.
2. Penambahan filler karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dapat meningkatkan kekuatan putus komposit poliuretan.
3. Penambahan filler dapat meningkatkan sifat elastisitas komposit poliuretan.

### SARAN

Penelitian ini perlu dilakukan pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

untuk melihat kerapatan partikel komposit poliuretan dan akan dapat menjelaskan bahwa filler dapat memperbaiki sifat mekanik dari komposit

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aomar, Omar Jbara, Ahmed Tara, Mickael Gilliot, Fouad Malek, El Miloud, Maafi, Lan tighzert, "Effects of Cellulose Fiber Content on Physical Properties of Polyurethane Based Composites," *Journal of Composites Structures*, 2015 : hal. 1-33.
- Aritonang, Barita., Basuki Wirjosentono dan Thamrin Eddiyanto. 2016 . Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pengisi Pembuatan Busa Poliuretan . Universitas Sari Mutiara Indonesia.Medan.
- Cinelli Syarinal Anggi ., Fachry Wirathama dan Halimatuddaliana . 2013 . Pengaruh Ukuran Partikel dan Komposisi Terhadap Sifat Kekuatan Bentur Komposit Epoksi Berpengisi Serat Daun Nenas . Universitas Sumatera Utara . Medan.
- Fauzi, Y. Widyastuti, Y. E., dan Satyawibawa, I. 2002. "Pemanfaatan Hasil dan Limbah Analisis Usaha dan Pemasaran Kelapa Sawit". Seri Agribisnis.Penebar Swadaya.Jakarta.
- Hartanto, S dan Ratnawati. 2010. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains*.
- Komariyah, Siti ., Moh Farid dan Rasyida, Amliya . 2016. Karakteristik Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Polyurethane / Serbuk Bambu sebagai Aplikasi Panel Pintu Mobil.
- Nuyah . 2012. Penggunaan Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pengisi Dalam Pembuatan Kompon Selang Karet . Balai Riset Standarisasi Industri Palembang.
- Stevens, M. P. 2001. *Kimia Polimer*. Diterjemahkan oleh Iis Sopyan. Pradya Paramita. Jakarta.Hlm. 33-35.
- Tipeng Wang, Lianhui Zhang, Dong Li, Jun Yin Sha Wu, Zhihuai Mao, "Mechanical Properties of polyurethane Foams Prepared From Liquefied Corn Stover With PAPI," *Journal of Bioresource Technology*, 99 (2008), Hal. 2265-2268.
- Yong shang Lu, Lan Tinghzert, Patrice Dole, Damien Erre, "Preparation and Properties of Starch Thermoplastic Modified With Waterborne Polyurethane From Renewable Resources," *Journal of Polymer*, 46 (2005), Hal. 9863-9870.