PENGARUH UKURAN PARTIKEL DAN KOMPOSISI ABU SEKAM PADI HITAM TERHADAP SIFAT KEKUATAN TARIK KOMPOSIT POLIESTER TIDAK JENUH

Rotua Adryani*, Maulida
Departemen Teknik Kimia, FakultasTeknik,Universitas Sumatera Utara,
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155, Indonesia
*Email : Ringo_3003@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel dan komposisi abu sekam padi hitam sebagai pengisi terhadap sifat kekuatan tarik komposit poliester tidak jenuh. Komposit dibuat dengan metode pencampuran terbuka dengan mencampurkan poliester tidak jenuh dan pengisi abu sekam padi hitam dengan variasi ukuran partikel 100 *mesh* dan 250 *mesh*, dan rasio fraksi volum antara pengisi dan matriks 95/5 : 90/10 : 85/15 : 80/20 lalu ditambahkan 1% katalis metil etil keton peroksida kedalam campuran poliester tidak jenuh dan abu sekam padi hitam. Uji yang dilakukan ialah uji tarik, pemanjangan pada saat putus dan Modulus Young. Hasil yang diperoleh pada rasio 95/5 dengan ukuran partikel 100 dan 250 *mesh* ialah 24,413 MPa dan 24,689 MPa.

Kata kunci: abu sekam padi hitam, poliester tidak jenuh, kekuatan tarik, komposit

Abstract

This research was aimed to investigate the effect of black rice husk ash particle size and black rice husk ash composition as filler in tensile strength of unsaturated polyester composites. The composites were made with open mixing method by mixing unsaturated polyester with black rice husk ash with particle size variation of 100 mesh and 250 mesh, and volume fraction ratio between filler and matrix 95/5 : 90/10 : 85/15 : 80/20 then added with 1% methyl ethyl ketone peroxide as catalizer into mixture of unsaturated polyester and black rice husk ash. Tests performed are tensile, elongation at break, and Young's modulus. The result of obtained at a ratio 95/5 with a particle size of 100 and 250 mesh was 24,413 MPa and 24,689 MPa.

***Keywords**: black rice husk ash, polyester, tensile strength, composite*

Pendahuluan

Pada saat ini bahan produk komposit polimer menjadi salah satu altematif untuk bahan pengganti logam. Komposit polimer adalah komposit dengan matriks dari bahan polimer dengan bahan pengisi (*filler*) bahan jenis lain yang merupakan paduan dari sifat –sifat bahan pendukungnya. Matriks adalah bahan dasar pembentuk bahan komposit yang mengikat pengisi dengan tidak terjadi ikatan secara kimia [I2].

Polimer merupakan gabungan dari monomer monomer, masih mempunyai beberapa kekurangan, seperti muai panas tinggi, tidak tahan mulur, dan kekuatan rendah [6]. Kekurangan polimer dapat diatasi dengan memodifikasi bahan polimer menjadi komposit. Untuk itu dibutuhkan bahan pengisi yang dapat memperbaiki sifat mekaniknya sehingga lebih kuat [15].

Produksi padi di Indonesia cukup besar sekitar 30,95 juta ton per tahun tentu saja akan menghasilkan hasil samping berupa sekam padi sebanyak 6.677 ton. Disebutkan bahwa sekitar 78% dari berat padi adalah beras dan sisanya 22% adalah sekam. Berdasarkan hasil penelitian dan literatur disebutkan bahwa abu sekam padi mengandung sekitar 85% - 90% senyawa silika (SiO_2) bentuk amorf. Sekam padi ini adalah merupakan sumber silika yang potensial untuk digunakan sebagai bahan pengisi dalam pembuatan kompon [9].

Abu sekam padi terdiri dari dua yakni abu sekam padi hitam dan abu sekam putih. penggunaan abu sekam padi hitam sebagai pengisi/penguat pada bahan komposit disebabkan karena abu sekam padi hitam ini umumnya tidak dipergunakan dengan baik dan hanya dibuang saja sebagai limbah sehingga membuat para peneliti tertarik untuk memanfaatkan abu sekam padi hitam sebagai pengisi komposit.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan kajian mengenai pemanfaatan abu sekam padi hitam sebagai pengisi pada matriks resin poliester dimana ukuran partikel 100 dan 250 *mesh* dan rasio fraksi volum antara pengisi dan matriks 95/5 : 90/10 : 85/15 : 80/20 dijadikan sebagai variabel untuk melihat karakter dari sifat kekuatan tarik yang dihasilkan dengan tujuan

dapat menghasilkan bahan komposit yang memiliki sifat – sifat yang unggul / lebih baik. Ukuran 100 *mesh* artinya adalah menggunakan ayakan dengan ukuran 100 sedangkan ukuran 250 *mesh* artinya menggunakan ayakan dengan ukuran 250.

Teori

Menurut Kroschwitz bahwa komposit adalah bahan yang terbentuk apabila dua atau lebih komponen yang berlainan digabungkan. Menurut Agarwal dan Broutman, yaitu menyatakan bahwa bahan komposit mempunyai ciri-ciri yang berbeda untuk dan komposisi untuk menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat dan ciri tertentu yang berbeda dari sifat dan ciri konstituen asalnya. Disamping itu konstituen asal masih kekal dan dihubungkan melalui suatu antara muka. Konstituen-konstituen ini dapat dikenal pasti secara fisikal. Dengan kata lain, bahan komposit adalah bahan yang heterogen yang terdiri dari dari fasa tersebar dan fasa yang berterusan. Fasa tersebar selalunya terdiri dari serat atau bahan pengukuh, manakala yang berterusannya terdiri dari matriks [11].

Abu Sekam Padi Hitam

Abu sekam padi sebagai limbah pembakaran mempunyai sifat pozolan aktif (mampu bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan media air membentuk senyawa yang bersifat mengikat) dan mengandung silika yang sangat menonjol, bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi. Abu sekam padi apabila dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi (500 – 600 °C) akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia [18]. Aina dalam penelitiannya menunjukkan bahwa kristalinitas β-Ca2SiO4 dari abu sekam padi yang diabukan pada temperatur 600°C, 700°C, dan 800°C lebih tinggi dibandingkan dengan kristalinitas β-Ca2SiO4 dari abu sekam padi yang diabukan pada temperatur 900°C. Pemanfaatan dan aplikasi dari abu sekam padi sebagai sumber silika sangat luas seperti dalam pembuatan semen, keramik dan lain sebagainya [10].

Abu sekam padi hitam memiliki silika yang berbentuk amorf terhidrat. Jika dilakukan pembakaran secara terus menerus sampai suhu diatas 700ºC maka akan menaikkan kristalinitasnya sehingga akan terbentuk fasa kristobalit dan tridimit dari silika itu. silika memiliki kekerasan, sifat tahan aus, ketahanan termal dan kekakuan yang tinggi sehingga jika digunakan sebagai penguat dan dipadukan dengan matriks akan dapat menghasilkan komposit yang memiliki kekuatan serta ketahanan korosi yang tinggi [14].

Poliester Tidak Jenuh (PTJ)

Poliester tak jenuh merupakan resin sintetik yang tersusun dari rantai lurus, yang dihasilkan dari reaksi glikol dengan asam difungsional seperti asam maleat, asam adipat, dll. Penggunaan umum dari poliester tak jenuh ini adalah untuk impregnasi fiber glass yang selanjutnya dicetak menjadi bentuk yang diinginkan dengan proses ikatan silang menjadi produk plastik yang bersifat lebih ringan dari pada aluminium, atau dapat lebih kuat dari baja [13].

Metil Etil Keton peroksida

Metil Etil Keton Peroksida adalah suatu bahan kimia yang dikenal dengan sebutan katalis. Katalis ini termasuk senyawa polimer dengan bentuk cair, berwarna bening. Fungsi dari katalis adalah mempercepat proses pengerasan (curing) pada bahan matriks suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matriks akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi akibat mencampurkan katalis terlalu banyak adalah membuatan komposit menjadi getas. Penggunaan katalis sebaiknya diatur berdasarkan kebutuhannya [8].

Metodologi

Bahan

Poliester diperoleh dari cabang PT. Justus Kimia Raya yang beralamat di Medan , metil etil keton peroksida yang diperoleh dari cabang PT. Justus Kimia Raya yang berlamat di Medan dan abu sekam padi hitam diperoleh di Kilang Padi Ginting Jalan Tanjung Selamat Medan.

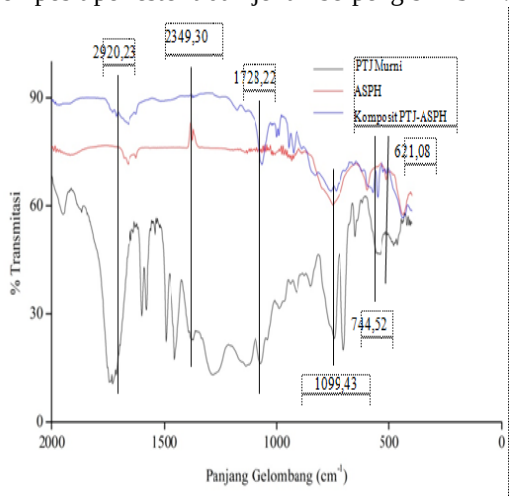
Prosedur Kerja

Abu sekam padi hitam dikeringkan terlebih dahulu diovenkan selama 2 jam kemudian diayak menggunakan ayakan 100 dan 250 *mesh.* Poliester tidak jenuh dicampur dengan abu sekam padi hitam dengan komposisi pengisi 5, 10, 15, dan 20 (% b/b) lalu ditambahkan 1% katalis MEKP dan diaduk hingga rata. Cetakan disiapkan dengan menggunakan plastisin yang beralas kaca dan dilapis plastik tipis, kemudian plastisin dibentuk sesuai dengan bentuk sampel pengujian kekuatan tarik sesuai dengan standar ASTM D 638. Selanjutnya tuangkan resin ke dalam cetakan dan ratakan bagian permukaannya, setelah rata komposit didiamkan selama 1 hari pada suhu ruangan. Setelah mengeras komposit dikeluarkan dari cetakan dan dihaluskan bagian permukaannya dengan menggunakan kertas pasir. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap sifat kekuatan tarik komposit.

Hasil dan Pembahasan

1. Karakteristik *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Gambar 1 menunjukkan hasil karakteristik FTIR dari poliester tidak jenuh murni, ASPH dan komposit poliester tidak jenuh berpengisi ASPH.

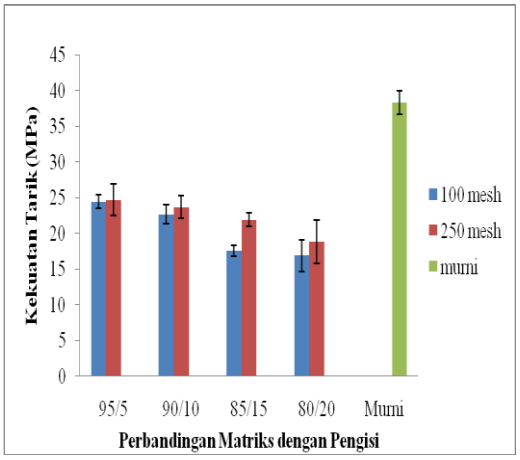


Gambar 1. Karakteristik FTIR Poliester Tidak Jenuh Berpengisi ASPH

Pada Gambar 1 dapat kita lihat bahwa adanya gugus Si-H terikat pada komposit PTJ-ASPH pada hasil karakteristik FTIR. Dari gambar juga dapat dilihat bahwa tidak adanya reaksi yang dihasilkan antara pengisi abu sekam padi hitam (ASPH) dengan matriks poliester tidak jenuh (PTJ). Hal ini di perkuat dengan tidak munculnya gugus baru pada komposit PTJ-ASPH. Pada Gambar 1 juga dapat dilihat bahwa terdeteksinya gugus C=O pada bilangan 1728,22 cm-1 menunjukkan potensi interaksi antara gugus C=O yang ada pada abu sekam padi hitam pada 2850,79 cm-1 dan gugus C=O pada poliester tidak jenuh yang terdeteksi pada bilangan 1735,93 cm-1. Dari hasil analisis untuk komposit poliester-abu sekam padi hitam, memiliki hasil identifikasi pembacaan gugus yang sama pada poliester murni, tidak ada gugus baru yang terdeteksi setelah penambahan abu sekam padi hitam sebagai pengisi kedalam poliester sebagai fasa matriks. Beberapa gugus fungsi lain yang terdeteksi yaitu gugus C – H pada poliester dan komposit poliester, C – H pada abu sekam padi hitam, C = O, dan C=C, serta gugus fungsi Si-H. Terdeteksinya gugus – H, pada komposit Poliester berpengisi abu sekam padi hitam mengindikasikan bahwa poliester sebagai fasa matriks telah berinteraksi dengan abu sekam padi hitam sebagai pengisi.

2. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Gambar 2 menunjukkan pengaruh penambahan bahan pengisi dan ukuran partikel abu sekam padi hitam terhadap sifat kekuatan tarik komposit poliester tidak jenuh.



Gambar 2. Pengaruh Komposisi dan Ukuran Partikel Bahan Pengisi ASPH Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Poliester Tidak Jenuh

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa kekuatan tarik bahan komposit menurun seiring dengan naiknya kandungan bahan pengisi yaitu 24,413 MPa (rasio 95/5); 22,655 MPa (rasio 90/10); 17,573 MPa (rasio 85/15) ; 16,895 MPa (rasio 80/20) untuk ukuran partikel 100 *mesh* dan 24,689 MPa (rasio 95/5); 23,693 MPa (rasio 90/10); 21,924 MPa (rasio 85/15) ; 18,824 MPa (rasio 80/20) untuk ukuran partikel 250 *mesh*. Hal ini disebabkan oleh karena semakin banyak jumlah abu sekam padi hitam sebagai pengisi dapat membuat daerah antarfasa menjadi lemah sehingga kekuatan yang dimiliki bahan komposit untuk menerima tegangan (stress) menurun. Hal ini didukung oleh teori yang menyatakan bahwa peningkatan kandungan bahan pengisi menyebabkan terbentuknya aglomerat yang besar pada partikel pengisi. Ketika tingkat aglomerasi meningkat, maka interaksi antara pengisi dan matriks menjadi lemah [18].

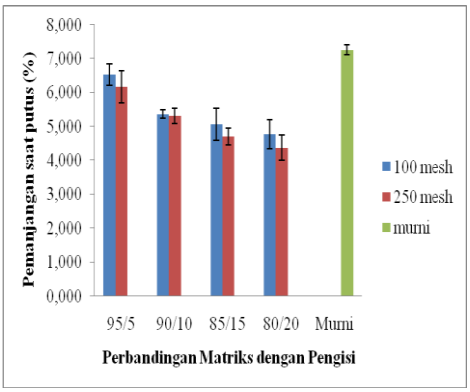
Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa kekuatan tarik maksimum berada pada rasio 95/5 untuk ukuran partikel 100 dan 250 *mesh*, yaitu sebesar 24,413 MPa dan 24,689 MPa. Nilai kekuatan tarik maksimum komposit poliester tidak jenuh berpengisi abu sekam padi hitam tersebut berada di bawah nilai kekuatan tarik untuk poliester tidak jenuh murni yaitu sebesar 38,247 MPa. Hal ini disebabkan ketidakmampuan pengisi mendukung transfer tegangan yang merata dari matriks polimer, sehingga mekanisme penguatan oleh adanya abu sekam padi tidak terjadi dengan baik. Faktor lain ialah ketidakompebilitasnya abu sekam padi terhadap poliester. Abu sekam padi bersifat

hidrofilik sedangkan matriks polimer bersifat hidrofobik sehingga mengakibatkan kekuatan tarik menurun dan membuat nilai kekuatan komposit berada dibawah matriks murninya [18].

Adapun nilai kekuatan tarik pada pengisi abu sekam padi hitam dengan ukuran partikel 250 *mesh* lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kekuatan tarik dengan ukuran partikel 100 *mesh*. Hal ini disebabkan oleh semakin kecil ukuran maka semakin luas permukaan, sehingga interaksi antara pengisi dengan matriks akan relatif kuat. Hal ini diperkuat oleh teori yang menyatakan bahwa reaksi antafasa akan meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel pengisi komposit [19]. Rata – rata ukuran partikel yang lebih kecil menunjukkan nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi [18].

3. *Elongation at Break*

Gambar 3 menunjukkan pengaruh penambahan bahan pengisi dan ukuran partikel abu sekam padi hitam terhadap sifat *Elongation at Break* (Pemanjangan Pada Saat Putus) komposit poliester tidak jenuh.



Gambar 3. Pengaruh Komposisi dan Ukuran Partikel Bahan Pengisi ASPH Terhadap Sifat *Elongation at Break* Komposit Poliester Tidak Jenuh

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa dengan penambahan bahan pengisi serta meningkatnya ukuran partikel maka menurunkan pemanjangan pada saat putus untuk semua ukuran partikel. Hal ini disebabkan karena penambahan pengisi akan meningkatkan kekakuan 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 [7].

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 dari matriksnya saja. hal ini menunjukkan penambahan abu sekam padi mengurangi elastisitas matriksnya sehingga menyebabkan komposit akan semakin kaku [7].

4. Modulus Young

Tabel dibawah ini menunjukkan nilai Modulus Young dari komposit poliester tidak jenuh berpengisi abu sekam padi hitam pada 100 dan 250 mesh.

Tabel 1. Nilai Modulus Young Komposit Poliester Tidak Jenuh Berpengisi Abu Sekam Padi Hitam pada 100 *mesh*

Material	Modulus Young [MPa]
PoliesterTidakJenuh (PTJ)	306,0957
Komposit PTJ-ASPH 95/5	314,8033
Komposit PTJ-ASPH 90/10	323,7464
Komposit PTJ-ASPH 85/15	335,5422
Komposit PTJ-ASPH 80/20	363,6138

Tabel 2. Nilai Modulus Young Komposit Poliester Tidak Jenuh Berpengisi Abu Sekam Padi Hitam pada 250 *mesh*

Material	Modulus Young [MPa]
PoliesterTidakJenuh (PTJ)	306,0957
Komposit PTJ-ASPP 95/5	379,1358
Komposit PTJ-ASPP 90/10	480,2895
Komposit PTJ-ASPP 85/15	482,6136
Komposit PTJ-ASPP 80/20	595,7345

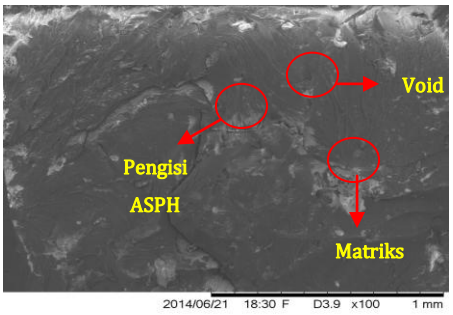
Modulus Young merupakan suatu parameter yang menunjukkan sifat yang dinamakan kekakuan (*stiffness*) dimana nilai Modulus Young yang kecil menunjukkan bahan yang fleksibel dan nilai Modulus Young yang besar menunjukkan bahan yang kekakuan dan kegetasan (*stiffness and rigidity*) [4].

Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan bahan pengisi ASPH yang ditambahkan ke dalam matriks maka semakin tinggi pula nilai modulus Young komposit. Dari kedua tabel di atas, dapat kita lihat bahwa nilai modulus Young untuk komposit PTJ-ASPH 80/20 memiliki nilai Modulus Young terbesar baik untuk ukuran partikel 100 dan 250 *mesh* yaitu 363,6138 MPa dan 595,7345 MPa. Ini menunjukkan bahwa poliester tidak jenuh yang sifatnya sudah kaku getas apabila ditambahkan pengisi dengan abu sekam padi hitam akan membuat komposit semakin kaku dan getas [1]. Adapun nilai Modulus Young dari komposit poliester tidak jenuh berpengisi ASPH

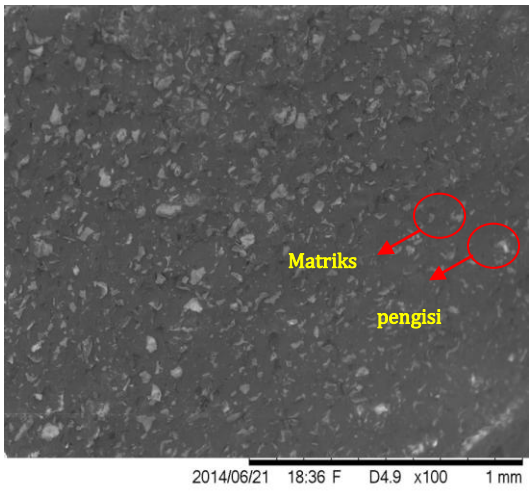
yang berukuran partikel 250 *mesh* lebih tinggi dibandingkan dengan yang berukuran 100 *mesh*. Dapat kita lihat ukuran partikel mempengaruhi nilai modulus Young. Semakin kecil ukuran partikel dari bahan pengisinya semakin besar luas permukaan yang menahan beban sehingga nilai modulus Young yang dihasilkan akan semakin besar [3].

5. Karakteristik SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Berikut merupakan gambar hasil analisa SEM dari komposit poliester berpengisi abu sekam padi hitam pada ukuran partikel 100 dan 250 *mesh* dengan rasio perbandingan matriks dan pengisiny 95:5 pada perbesaran 100x.



(a)



(b)

Gambar 3. Hasil Analisa SEM

(a) Komposit Poliester-ASPH 100 *mesh* 95/5 perbesaran 100 x.
(b) Komposit Poliester-ASPH 250 *mesh* 95/5 perbesaran 100 x

Pada Gambar 3 (a) dapat dilihat morfologi patahan dari komposit poliester berpengisi abu sekam padi hitam pada rasio 95/5 dengan ukuran partikel 100 *mesh* yang memiliki struktur permukaan tidak rata dan penyebaran partikel yang tidak merata. Selanjutnya pada Gambar 3 (b) menunjukkan morfologi patahan dari komposit poliester berpengisi abu sekam padi hitam pada rasio 95/5 dengan ukuran parikel 250 *mesh* terlihat permukaan yang merata dan penyebaran partikel yang sedikit merata serta beberapa celah kosong berukuran kecil bekas peninggalan partikel yang tercabut. munculnya void sedikit pada komposit ini menunjukkan komposit tersebut lemah. void juga dapat mempengaruhi ikatan antara serat dan matriks, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah void sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut [16]. Seperti yang dapat dilihat dari Gambar 3 hasil analisa SEM yang menunjukkan penyebaran partikel lebih merata untuk komposit dengan pengisi ukuran partikel 250 *mesh* dibandingkan dengan komposit poliester dengan partikel pengisi 100 *mesh*.

Kesimpulan

Penambahan pengisi abu sekam padi hitam menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik dan pemanjangan pada saat putus komposit poliester tidak jenuh dan meningkatnya nilai Modulus Young seiring dengan bertambahnya pengisi abu sekam padi. Nilai terbaik dari kekuatan tarik terdapat pada rasio 95/5 pada ukuran partikel 100 dan 250 mesh yaitu 24,413 MPa dan 24,689 MPa. Hasil ini didukung dengan karakteristik dari FTIR dan SEM.

Daftar Pustaka

[1] Caroline Hutagalung, "*Sifat Dan Karakteristik Komposit Poliester Tak Jenuh Berpengisi Abu Sekam Padi Putih Dengan Menggunakan Katalis Metil Keton Peroksida (MEKP)*". Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik USU, Medan, 2014.
[2] Cowd, M. A., *Kimia Polimer*, terjemahan oleh Firma H., ITB, Bandung, 1991.
[3] Devina Rofi'ah Putri, *Pengaruh Ukuran Contoh Uji Terhadap Beberapa Sifat Papan Partikel dan Papan Serat*, (Bogor: Insititut Pertanian Bogor,2009).
[4] Hameed, A.M., "*Effect of Water Absorption on Some Mechanical Properties of Unsaturated Polyester Resin/ Natural Rubber Blends*". Jordan Journal of Physics 5(3) 2012 hal 119-127.

[5] Harsono, H. "Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi*". Jurnal Ilmu Dasar*.2002.

[6] Hartono AJ, *Bahan Polimer Konstruksi Bangunan*,Gramedia Pustaka Utama, Jakarta,(1995).

[7] Husseinsyah Salmah, Mostapha M, "*The Effect of Filler Content on Properties of Coconut Shell Filled Polyester Composites*," Malaysian Polymer Journal Vol 6, 2011 hal 87-97.

[8] Justus Kimia Raya, *Spesifikasi Produk UPR*, http://justus.co.id Diakses pada 16 Oktober 2014.

[9] Khalid, M, dkk. *Comparative study of polypropylene composites reinforced with oil palm empty fruit bunch fiber and oil palm derived cellulose*. Material & design, 29 (1) (2008), hal 173-178.

[10] Muhammad Hendra Ginting. "*Pengendalian Bahan Komposit".* (Medan : Fakultas Teknik. Teknik Kimia. Universitas Sumatera Utara, 2002).

[11] Najmi, Noor, *Sifat Mekanik dan Termal Komposit Hibrid Poliester Berpengisi Nano Zarah Tanah Liat dan Gentian Kenaf Diperkuat Getah Asli Cecair*, Tugas Akhir, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Kebangsaan Malaysia, 2010.

[12] NI NYOMAN RUPIASIH, *Pengaruh Beban Pengis'i pada Sifat Mekanik Polimer*,Tugas Akhir,ITS,Surabaya(1993).

[13] Preti Pujioktari. "*Pengaruh Level Trichoderma harzianum dalam fermentasi terhadap kandungan bahan kering, abu dan serat kasar sekam padi*". (Jambi:Fakultas Peternakan,Universitas Jambi,2013).

[14] Rudi Sulistia Hardana."*Pengaruh Fraksi Volume Komposit Poliester Yang Diperkuat Serbuk Sekam Padi (Rice Husk Flour) Terhadap Sifat Mekaniknya*." Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang,2006.

[15] SAITO, S., Terjemahan Surdia, T., *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradnya Paramita, Jakarta,(1995).

[16] Schwartz, M. M.."Composite Materials Handbook", (New York : McGaw Hill Book Company,1984),hal 76.

[17] Sudirman, Aloma Karo-karo,Bambang Sugeng "Analisis Sifat Kekuatan Tarrik,Derajat Kristalinitas dan Strukturmikro Komposit Polimer Polipropilena-Pasir".Journal Sains Materi Indonesia Vol 6 No 1 hal.1-6.2014.

[18] Turmanova, Sevdalina, dkk., "Obtaining Some Polymer Composites Filled with Rice Husk Ash-A Review". International Journal of Chemistry. Vol. 4 No. 4. 2012.

[19] Zhang, S. dkk., "*The effects of particle size and content on thermal conductivity and mechanical properties of Al2O3 high density polyethylene (HDPE) composites*". (Express Polymer Letters. 2011).