

Pengaruh Ukuran Partikel Pengisi Terhadap Sifat Mekanik Komposit Poliester/Abu Sekam Padi

Syaidal Bahri, Sulaiman Thalib, Husni

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdur Rauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia
E-mail: sulaimanthalib@unsyiah.ac.id

Abstract

The study the focused on the effect of particle size toward mechanical properties of composite material. The composite material has been prepared from polyester as matrix and rice husk ash particles as filler. This research was conducted with the variations of particle size of white rice husk ash upon the mechanical properties. The mesh of particles size used in this composite are 50, 70, 100, and 400, with a matrix and filler ratio of 75%: 25% and the resin used was polyester with the stir casting method. The mechanical properties tests that carried out in this study were tensile testing, bending tests, compression tests, and impact tests. All the tests were performed using the ASTM standard for composite material testing. The result shows that small mesh number has significantly improve mechanical properties of composite material, the greatest tensile strength found in the mesh number of 400 with a value of 28,101 MPa, a bending strength of 56,187 MPa, a compressive strength of 30.8 MPa, and an impact value of 4194 J/m2.

Keywords: polyester, husk ash, tensile, compressive, flexural, impact

1. Pendahuluan

Teknologi terus menuntut setiap bidang untuk terus berkembang, begitu juga dengan bahan komposit secara terus menerus dikembangkan dengan menggunakan bahan lokal sebagai bahan baku. Bahan komposit merupakan gabungan dua bahan atau lebih yang berbeda dalam bentuk dan komposisinya, bahan-bahan gabungan tersebut tidak saling melarutkan. Pengembangan bahan komposit di arahkan untuk menggunakan bahan alami yang murah, ramah dengan lingkungan, mudah diperoleh, kekuatannya sebanding dengan bahan buatan lainnya seperti kaca, karbon dan aramid dan bahan yang dapat diperbaharui. Pengembangan bahan komposit yang sumber bahannya dari alam sebagai contoh adalah penggunaan serat typha [1, 2] dan serat bundung [3] sebagai penguat. Disamping penggunaan serat alam sebagai penguat dapat juga menggunakan partikel alam seperti partikel dari serat alam atau partikel pozzolan [4]. Oleh karena itu, perlu dikembangkan bahan baku alami yang ekologis untuk penguat komposit, salah satunya abu sekam padi yang dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan pengisi matriks komposit partikulat. Material komposit partikel merupakan salah satu jenis material komposit yang memiliki penguat berupa partikel yang tersebar merata di dalam matriks [5].

Sebagai negara tropis, Indonesia merupakan negara yang mayoritas petaninya menanam padi dan Indonesia merupakan penghasil beras terbesar ketiga di dunia. Sekam padi merupakan produk sampingan

atau limbah dari penggilingan padi [6]. Industri penggilingan padi mampu menghasilkan sekam padi 65%, sekam padi 20% dan sisanya hilang, sekam padi dianggap sebagai bahan yang kurang bermanfaat dan memiliki nilai gizi yang rendah karena banyak mengandung abu [7].

Secara tradisional sekam padi hanya digunakan untuk kebutuhan ulang dalam pertanian atau perkebunan misalnya sebagai pupuk kompos atau campuran makanan ternak sumber bahan bakar untuk pengasapan dan sebagainya, seiring perkembangan teknologi pemanfaatan sekam padi menjadi lebih bervariasi salah satu pemanfaatannya untuk penguat (*reinforcement*) dalam suatu material komposit dengan penelitian lebih lanjut.

Abu sekam padi terbagi menjadi dua jenis, yaitu abu sekam padi putih dan abu sekam padi hitam. Abu sekam padi putih diperoleh dengan membakar sekam padi di atmosfer sedangkan abu sekam padi hitam berasal dari pirolisis sekam padi di atmosfer dengan kandungan oksigen minimal. Abu sekam padi putih yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekam padi putih karena memiliki kandungan silika yang lebih tinggi dibandingkan dengan abu sekam padi hitam [8].

Material komposit merupakan material yang berbeda dari material heterogen pada umumnya, saat ini material komposit mengacu pada material yang memiliki serat kuat, *continuous* atau *non continuous* yang dikelilingi oleh material matriks yang lebih

lemah, matrik berfungsi untuk mendistribusikan serat dan juga untuk mentransmisikan beban ke serat[9].

Particulate composite atau komposit partikel merupakan material komposit yang pengisi atau penguatnya berbentuk partikel dan terdistribusi merata dalam matriks. dari satu atau lebih jenis bahan. Beberapa faktor yang mempengaruhi sifat-sifat komposit partikel adalah bentuk partikel, ukuran partikel, bahan partikel, rasio perbandingan antara partikel, dan Jenis matrik.

Penelitian ini mempelajari bagaimana pengaruh ukuran partikel abu sekam padi yang digunakan sebagai bahan pengisi pada komposit dengan matriks polimer poliester terhadap sifat mekanik material.

2. Metode dan Peralatan

2.1 Lokasi penelitian

Pelaksanaan penelitian dijalankan pada Laboratorium Rekayasa Material Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian komposit poliester yang diisikan dengan abu sekam padi adalah resin poliester adalah resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, yang dapat mengeras dengan menambahkan katalis, pada umumnya resin poliester tahan terhadap sinar UV dan kelembapan, tahan terhadap pengaruh cuaca yang sangat baik, tetapi transmisi cahayanya dapat berkurang setelah beberapa tahun [10]. Sebagai bahan pengisi menggunakan abu sekam padi yang merupakan limbah dari pembakaran sekam padi. Abu dari sekam padi yang diperoleh dari pembakaran sekam padi bervariasi antara 16 sampai 23% dari jumlah sekam padi yang dibakar dan mengandung unsur silika sampai 94%. Abu sekam padi dapat digolongkan sebagai bahan dengan sifat pozzolan yang baik karena kandungan silikanya yang tinggi [11].

2.3 Pembuatan Bahan Komposit

Pembuatan bahan komposit poliester yang diisikan abu sekam padi dilakukan dengan pencampuran poliester cair dan abu sekam padi yang telah mengalami proses pengeringan di dalam oven terlebih dahulu dan kemudian di ayak untuk mendapat ukuran partikel mesh 50, 70, 100 dan 400. Pembuatan komposit ini menggunakan metode *stir casting* dimana resin poliester diberikan tambahan katalis 1% . Komposisi poliester dan abu sekam padi adalah 75% resin dan 25% abu sekam padi. Bahan komposit campuran ini dituangkan secara merata kedalam cetakan yang sudah dilapisi *release agent*,

selanjutnya didiamkan selama ± 24 jam pada temperatur ruangan, sampai bahan komposit mengeras. bahan komposit disiapkan untuk pembuatan sampel uji mekanik. Rancangan komposisi dan ukuran partikel dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. komposisi resin, abu sekam padi dan ukuran partikel abu sekam dalam *mesh*.

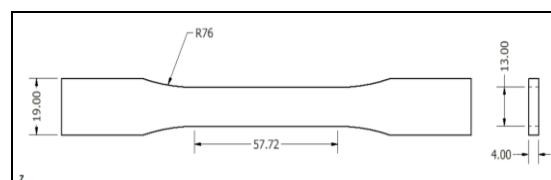
No	Ukuran partikel (<i>mesh</i>)	Komposisi	
		Abu sekam padi (%)	Resin (%)
1	50	25	75
2	70		
3	100		
4	400		

2.4 Sifat Mekanik Komposit

Karakterisasi bahan komposit poliester/abu sekam padi yang dilakukan adalah untuk mengetahui sifat mekanik yang diperoleh pada beberapa ukuran partikel abu sekam padi yang diisikan dalam komposit. Karakterisasi sifat mekanik yang dilakukan yaitu kekuatan tarik, kekuatan bending, kekuatan tekan dan kekuatan dampak.

Kekuatan Tarik komposit

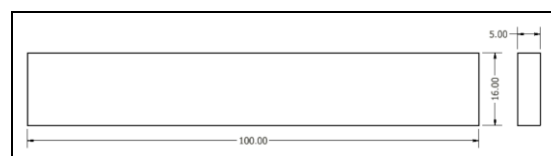
Pengujian ini dilakukan untuk menguji kekuatan serta *durabilitas* komposit dengan membebani dengan beban tarik hingga sampel uji tarik terputus. Pengujian tarik ini dilakukan berdasarkan standar uji tarik yang mengacu pada standar ASTM D638 dengan bentuk dan ukuran benda uji seperti pada Gambar 1. berikut.



Gambar 1. Spesimen pengujian tarik ASTM D638

Kekuatan Bending Komposit

Pengujian *bending* atau disebut juga dengan flexure test, pengujian ini untuk mendapatkan kekuatan lentur bahan komposit, pengujian ini didasarkan pada prinsip *three point bending test*.



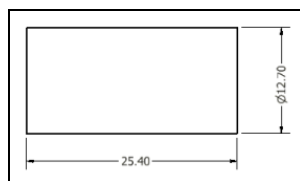
Gambar 2. Spesimen pengujian bending ASTM D790.

Pengujian ini dilakukan terhadap sampel yang berbentuk *beam* yang ditumpu pada ke dua ujungnya

kemuadian dibebani pada arah yang berlawanan tepat di tengah-tengah *beam* tersebut. Pengujian ini merujuk pada standar pengujian bending sesuai dengan standar ASTM D790 dengan ukuran sampel seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.

Kekuatan tekan komposit

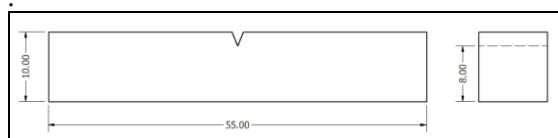
Pengujian kekuatan tekan dilakukan dengan cara penekanan terhadap sampel tekan yang telah disiapkan. Pada pengujian tekan ini dilakukan sesuai standar yang digunakan sesuai dengan standar ASTM D-695 ukuran untuk sampel dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sampel pengujian tekan ASTM D695

Kekuatan Impak Komposit

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban impact atau beban tumbuk terhadap berbentuk silinder yang telah disiapkan. Metode pengujian impact yang digunakan adalah metode *charpy*. Pengujian impact ini sesuai standar ASTM D256, bentuk sampel dan ukurannya dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. sampel pengujian impact ASTM D-256

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian mekanik meliputi pengujian tarik, pengujian bending, pengujian tekan dan pengujian impact bahan komposit yang diisikan dengan abu sekam padi untuk beberapa ukuran partikel disajikan pada bagian ini dan diikuti dengan pembahasan sifat mekanik untuk.

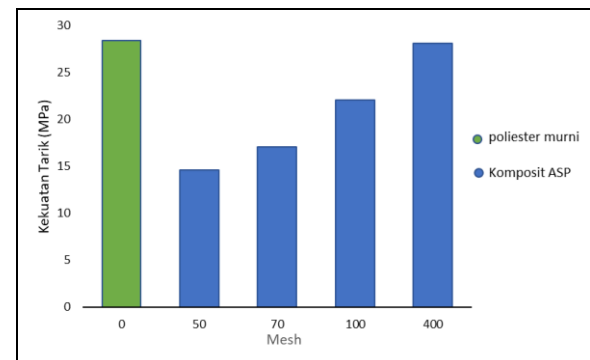
3.1 Hasil Pengujian Tarik

Data hasil pengujian pengujian tarik terhadap sampel komposit pada komposisi resin poliester 75% berat dan partikel abu sekam padi 25% berat dapat dilihat pada Tabel 2. Data tersebut diplot dalam grafik batang yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kekuatan Tarik tertinggi terdapat pada ukuran partikel *mesh* 400 yaitu 28,102 MPa dan yang terendah pada ukuran partikel *mesh* 50 yaitu 14,58 MPa

Tabel 2. Data pengujian tarik

No	Mesh	Komposisi		Kekuatan Tarik Rata-Rata (Mpa)
		Serbuk	Resin	
1	50	25%	75%	14,582
2	70			17,065
3	100			22,058
4	400			28,101



Gambar 5. Grafik kekuatan tarik sampel komposit

Berdasarkan pengujian yang dilakukan sebelum oleh Rahmad [12] kekuatan tarik poliester murni adalah 42 MPa, sedangkan pada penelitian ini didapatkan kekuatan tarik yang lebih rendah daripada kekuatan poliester murni, hal ini dapat dijelaskan bahwa bahan komposit yang diisikan dengan partikel abu sekam padi tidak mampu meningkatkan kekuatan tarik. Ketidakkampuan ini dapat disebabkan oleh sifat partikel itu sendiri yang gagal memindahkan beban yang diterima keseluruhan bagian komposit. Gagalnya pemindahan ini akibat pecahnya partikel, tercabutnya partikel saat menerima beban tarik sehingga tegangan yang terjadi tidak merata pada seluruh bagian komposit dengan kata lain mekanisme penguatan yang disebabkan oleh partikel pengisi tidak terjadi dengan baik.

3.2 Hasil Pengujian Bending

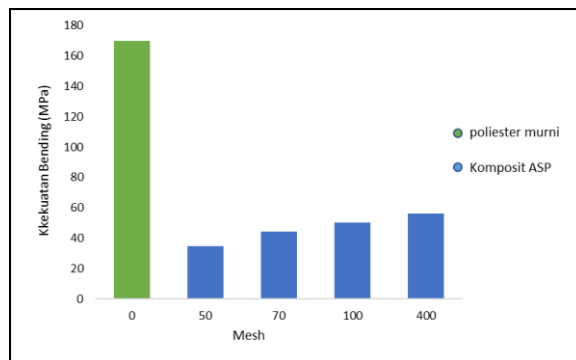
Pengujian bending dilakukan terhadap sampel uji bending dari bahan komposit poliester diisikan dengan partikel abu sekam padi dengan komposisi dan ukuran partikel yang seperti pada pengujian tarik. Data hasil pengujian bending ditunjukkan dalam Tabel 3.

Dari data pengujian bending tersebut diplot dalam bentuk grafik batang seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Kekuatan bending bahan komposit menunjukkan kecenderungan semakin kecil ukuran partikel atau semakin besar *mesh* partikel semakin meningkat kekuatan *bending*. Kekuatan *bending* tertinggi ditemukan pada ukuran partikel *mesh* 400 dengan kekuatannya 56,187 MPa dan kekuatan

bending terendah pada ukuran partikel *mesh* 50 yaitu 34,58 MPa

Tabel 3. Data pengujian *bending*

No	Mesh	Komposisi		Kekuatan Bending Rata-Rata (Mpa)
		Serbuk	Resin	
1	50	25%	75%	34,582
2	70			44,196
3	100			50,118
4	400			56,187



Gambar 6. Grafik kekuatan bending spesimen komposit

Kekuatan bending bahan komposit poliester yang diisi dengan abu sekam padi untuk semua sampel dan pada semua ukuran partikel berada dibawah kekuatan bending poliester murni. Kekuatan poliester murni yaitu 170,96 MPa seperti yang telah di uji oleh Rahmad [12], hal ini disebabkan abu sekam padi tidak mampu meneruskan beban luar yang diterima oleh komposit secara merata keseluruhan bagian sampel. Pada pengujian bending beban yang diterima oleh sampel adalah tarik disatu sisi dan beban tekan pada sisi yang lain sehingga perilaku mekanik karena pembenanan bending menyerupai perilaku pada uji tarik.

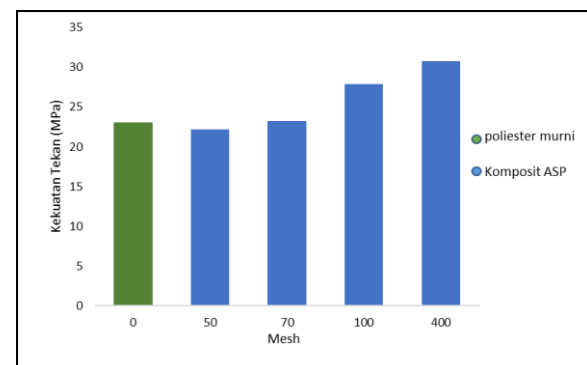
3.3 Hasil Pengujian Tekan

Pengujian kuat tekan pada sampel uji komposit poliester yang diisi dengan partikel abu sekam padi dilakukan terhadap sampel uji berbentuk silindir. Bahan komposit yang diuji memiliki komposisi poliester dan ukuran partikel yang sama dengan pengujian tarik.

Hasil pengujian tekan mendapatkan kekuatan tekan tertinggi pada pada ukuran partikel *mesh* 400 didapat kekuatan tekan adalah 30,80 MPa dan kekuatan terendah pada ukuran partikel *mesh* 50 dengan kekuatan tekan sebesar 22,17 sebagaimana yang dapat ditunjukkan pada Tabel.4 dan Gambar 7.

Tabel 4. Data pengujian tekan

No	Mesh	Komposisi		Kekuatan Tekan (MPa)
		Serbuk	Resin	
1	50	25%	75%	22,167
2	70			23,217
3	100			27,836
4	400			30,8



Gambar 5. Grafik kekuatan tekan spesimen komposit

Kekuatan tekan poliester murni adalah 23,05 MPa yang diperoleh pada pengujian yang dilakukan oleh Rahmad [12], hal ini menunjukkan bahwa kekuatan tekan bahan komposit poliester yang diperkuat dengan abu sekam padi semakin dengan menurunnya ukuran partikel abu sekam padi atau dengan meningkatnya mesh ayakan 70, 100 dan 400. kecuali untuk bahan komposit yang diisi abu sekam dengan nomor mesh 50 memiliki kekuatan tekan yang lebih kecil dari kekuatan tekan poliester murni.

Peningkatan kekuatan tekan ini dapat dijelaskan bahwa susunan partikel dalam bahan komposit yang merekat dengan matrik tidak mudah terurai ketika menerima beban tekan. Beban tekan ini juga semakin memperkuat rekatan antara matrik polimer dengan partikel pengisi. Peningkatan kekuatan tekan seiring dengan menurunnya ukuran partikel dapat dijelaskan bahwa semakin kecil ukuran partikel akan menjadikan menjadikan luas permukaan partikel per volume partikel yang semakin besar sehingga mendapatkan luas rekatan yang semakin baik yang dapat menyebabkan terjadinya kenaikan kekuatan tekan disamping itu semakin halus ukuran partikel juga semakin mudah saling menghalangi berpindahannya posisi partikel saat menerima beban tekan.

3.4 Hasil Pengujian Impak

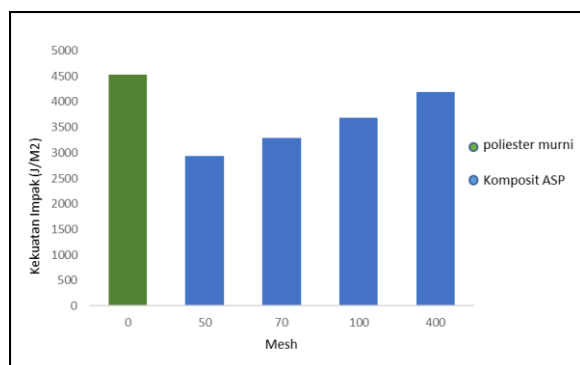
Pengujian impak dilakukan terhadap sampel komposit poliester yang diisi dengan pasrtikel abu sekam padi menggunakan metode charpy. Komposisi

bahan komposit dan ukuran partikel adalah sama seperti sampel yang digunakan pada pengujian tarik.

Dari pengujian dampak diperoleh kekuatan dampak yang dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 8 kekuatan dampak meningkat seiring dengan menurunnya ukuran partikel atau bertambah besarnya nomor *mesh* yang digunakan, kekuatan dampak tertinggi terjadi pada *mesh* 400 dengan nilai 4194 J/m² sedangkan nilai dampak terendah terjadi pada specimen dengan variasi *mesh* 50 dengan nilai 2940 J/m².

Tabel 5. Data pengujian dampak

No	Mesh	Komposisi		Kekuatan Dampak Rata-Rata (J/m ²)
		Serbuk	Resin	
1	50	25%	75%	2940
2	70			3292
3	100			3684
4	400			4194



Gambar 8. Grafik kekuatan dampak spesimen komposit

Ketika dibandingkan dengan kekuatan dampak poliester murni sebesar 4523,31 J/m² yang dilakukan pengujian oleh Rahmad [12] dan Rotua [13] dan maka kekuatan dampak komposit poliester yang diisi dengan partikel abu sekam padi adalah lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan dampak poliester murni, namun demikian kekuatan dampak meningkat dengan menurunnya ukuran partikel abu sekam padi.

Kekuatan dampak sangat dipengaruhi atau sangat tergantung pada kemampuan rekatan polimer dan pengisi seperti dikemukakan oleh Thomas [14]. Kekuatan dampak juga terpengaruh oleh adanya bahan pengisi karena terjadinya perubahan mekanisme patahan ketika terjadi tumbukan yang berbeda dengan mekanisme patahan polimer murni seperti dikemukakan oleh Daramola et al. [15].

Kekuatan bahan komposit baik kekuatan tarik, kekuatan bending, kekuatan tekan dan kekuatan sangat dipengaruhi oleh sifat rekatan antarmuka yang berhubungan dengan ketangguhan patah dan kekuatan geser antarmuka antara matriks dan pengisi ataupun penguat [16].

4. Kesimpulan

Komposit poliester yang diisi dengan partikel abu sekam padi pada komposisi 75% berat resin dan 25% berat partikel abu sekam padi pada beberapa ukuran partikel sudah dapat dibuat dan digunakan untuk sampel pengujian mekanik. Hasil karakterisasi mekanik dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik, kekuatan bending, kekuatan tekan dan kekuatan dampak bahan komposit menunjukkan kekuatan tertinggi pada komposit yang diisi dengan partikel mesh 400 sedangkan kekuatan terendah pada komposit yang diperkuat dengan mesh 50.
2. Pengisi abu sekam padi dalam matrik poliester tidak terjadi kenaikan kekuatan tarik, bending dan kekuatan dampak yang dapat mencapai kekuatan poliester murni komposit, sedangkan kekuatan tekan komposit meningkat dengan menurunkan ukuran partikel abu sekam padi.

Daftar Pustaka

1. S Rizal, Ikramullah, Deepu A. Gopakumar, S Thalib, S Huzni dan H. P. S. Abdul Khalil, 2018. Interfacial compatibility evaluation on the fiber treatment in the Typha fiber reinforced epoxy composites and their effect on the chemical and mechanical properties. *J. Polymers*, Vol. 10 (1362).
2. Ikramullah, Samsul Rizal, Sulaiman Thalib dan Syifaul Huzni, 2018. Hemicellulose and lignin removal on typha fiber by alkali treatment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 352.
3. Sulaiman Thalib, Husni, M. Aufar Shiddiq, 2022. Pengembangan dan Penentuan Sifat Mekanik Komposit Poliester yang Diperkuat dengan Serat Bundung. *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 10(1),
4. Sulaiman Thalib, S. Huzni, S Fonna, CH Azhari, S Zakaria, 2019. The effect of particle compositions on the activation energy of the PA6/bagasse composite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 602.
5. M. Yani and F. Lubis, 2018. Pembuatan dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Komposit Diperkuat Serat Limbah Plastik Akibat Beban Lendutan. *J. Ilm. Mek. Tek. Mesin ITM*, vol. 4, no. 2, pp. 77–84..

6. A. R. Yusuf and H. Hijriah, 2019. Teknologi pemanfaatan limbah abu sekam padi menjadi paving blok. *Dedikasi*, vol. 21, no. 2, pp. 139–143.
7. A. Qomariyah and R. Hidayah. 2021. Abu Limbah Sekam Padi sebagai Bioadsorben yang Efektif untuk Logam Timbal dalam Tanah. *Fullerene Journ. Of Chem* Vol.6 No.2: 81-88.
8. P. Sintharm, 2021. Green Natural Rubber Composites Reinforced with Black / White Rice Husk Ash : Effects of Reinforcing Agent on Film's Mechanical and Dielectric Properties. *J. Polymers* vol.13(6):882
9. D. Gay, S. V Hoa, and S. W. Tsai, 1994, *Composite Materials*. vol. 368. CRC press
10. H. Hestiawan, Jamasri, and Kusmono, 2017. Pengaruh Penambahan Katalis Terhadap Sifat Mekanis Resin Poliester Tak Jenuh. *Teknosia*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7.
11. I. P. Wau, 2019. Uji karakteristik abu sekam padi pada alat pirolisis plastik-sekam padi skripsii.
12. Rahmad Hidayat, 2022. Studi sifat mekanik komposit. Universitas Syiah Kuala.
13. Rotua Adryani and Maulida, 2015, Pengaruh Ukuran Partikel dan Komposisi Abu Sekam Padi Hitam Terhadap Sifat Kekuatan Tarik Komposit Poliester Tidak Jenuh. *J. Tek. Kim. USU*, vol. 3, no. 4, pp. 31–36,
14. Thomas, P.S., Joseph, K., and Thomas, S. 2004, Mechanical properties of titanium dioxide-filled polystyrene microcomposites, *Materials Letters*, Vol.58, pp. 281- 289.
15. Daramola O.O., I.O. Oladele, B.O. Adewuyi, Rotimi Sadiku and Stephen C. Agwuncha 2015. Influence of Submicron Agro Waste Silica Particles and Vinyl Acetate on Mechanical Properties of High Density Polyethylene Matrix Composites. *The West Indian Journal of Engineering*, Vol. 38, No. 1, pp. 96-107.
16. Ikramullah, Samsul Rizal, Yoshikazu Nakai, Daiki Shiozawa, H.P.S. Abdul Khalil , Syifaul Huzni and Sulaiman Thalib, 2019. Evaluation of interfacial fracture toughness and interfacial shear strength of Typha spp. fiber/polymer composite by double shear test method. *J. Materials*, vol.12 (2225).