



PENGARUH PENAMBAHAN ABU CANGKANG SAWIT DAN LIMBAH PLASTIK TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN MIKRO STRUKTUR PLAT KOMPOSIT

Dedikarni^{a*}, Hendriko Patra Kusuma^a, Rieza Zulrian Aldio^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nst No.113, Kec. Perhentian Marpoayan, Kota Pekanbaru, Riau 28284, Indonesia

*Corresponding Author: E-mail: dedikarni@eng.uir.ac.id (dedikarni) Tel: +62812-6188-9251

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 10 Juli 2024

Direvisi pada 21 Agustus 2024

Disetujui pada 27 Agustus 2024

Tersedia daring pada 06 September 2024

Kata kunci:

Plastik LDPE, sifat mekanik, mikrostruktur

Keywords:

LDPE Plastic, mechanical properties, microstructure

ABSTRAK

Abu cangkang sawit dan plastik LDPE selain digunakan sebagai bahan aspal, juga dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk pembuatan kerajinan rumah tangga, paving block dan komponen-komponen mesin seperti speed boat, mobil maupun sepeda motor yang terbuat dari plat komposit yang ringan, kuat dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh komposisi abu cangkang sawit dan plastik LDPE. Terhadap sifat mekanik berupa kekuatan bending, impact, dan mikrostruktur plat komposit abu cangkang sawit dan plastik LDPE yang digunakan adalah 50% : 50%, 60% : 40% dan 70% : 30% dengan ukuran partikel yang sama antara abu cangkang sawit dan plastik LDPE yaitu 100 mesh atau 0,149 mm. Pencetakan plat komposit dilakukan menggunakan metode hot press. Hasil penelitian menunjukkan bahwa plat komposit dengan komposisi abu cangkang sawit dan plastik LDPE 50% : 50% memberikan kekuatan bending tertinggi yaitu mencapai 13,11Mpa. Modulus elastisitas bending sangat dipengaruhi oleh regangan elastisitasnya, semakin kecil regangan elastisitas plat komposit maka sampel semakin kaku. Hasil uji impact produk mencapai 0,370 J/mm², 0,344 J/mm² dan 0,318 J/mm². Hasil pengamatan mikrostruktur terlihat bahwa penggunaan bahan baku dengan komposisi yang sama memperkuat nilai mekanik plat komposit. Berdasarkan hasil uji bending, impact, dan mikrostruktur, plat komposit pada penelitian ini telah memenuhi standar plat komposit pada SNI 03-0691-1996. Abu cangkang sawit dan plastik LDPE dapat menjadi alternatif pembuatan plat komposit untuk diaplikasikan pada berbagai bidang.

ABSTRACT

In addition to being used as an asphalt material, palm shell ash and low density polyethylene (LDPE) can also be used as a substitute material for paving blocks, household crafts, and machine parts like those for cars, motorbikes, and speed boats. These parts are made of composite plates, which are friendly, strong, and light surroundings. The purpose of this study is to ascertain the impact of the composition of LDPE and palm shell ash. The composite plate made of palm shell ash and LDPE has the following mechanical characteristics: 50%:50%, 60%:40%, and 70%:30%. The particle size of the LDPE and palm shell ash is the same, at 100 mesh, or 0.149 mm. Printing composite plates is done with the hot press process. According to the study's findings, composite plates made of 50% LDPE and 50% palm shell ash have the maximum bending strength—13.11 MPa. The bending elastic modulus is significantly influenced by the elastic strain. The stiffer the sample, the less the composite plate's elastic strain. The findings of the product impact test were 0.370, 0.344, and 0.318 J/mm². Utilising raw materials with the same composition enhances the mechanical value of the composite plate, according to the findings of microstructural investigations. The composite plate used in this study satisfies the requirements for composite plates in SNI 03-0691-1996 based on the results of the bending, impact, and microstructure tests. An alternative for creating composite plates that can be used in a variety of industries is to combine palm shell ash with LDPE.

1. PENGANTAR

Indonesia memiliki potensi kekayaan alam yang sangat berlimpah dan bervariasi macamnya, maka dari itu peluang yang sangat menarik dalam pengembangan komposit dengan menggunakan tumbuhan. Salah satu produk yang terus diteliti oleh para pakar untuk dapat mendukung kemajuan teknologi ini adalah komposit alam (*Natural Composite*) dikarenakan keistimewaan sifatnya yang dapat di daur

ulang atau istilah lain terbarukan. Komposit sendiri merupakan suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda (Kurniawan, 2022).

Bahan penyusun komposit terdiri dari bahan penguat (*reinforcement*) dan bahan pengikat (matriks). Bahan penguat dalam penguatan komposit dapat berupa jenis serat maupun jenis non serat (partikel). Seiring dengan inovasi yang dilakukan dalam bidang material, partikel dijadikan sebagai bahan penguat komposit. Salah satu bahan penguat berupa partikel yang memiliki unsur kapur serat adalah abu cangkang sawit. Abu cangkang sawit berasal dari tanaman kelapa sawit yang telah dibakar dalam ketel (boiler) dengan temperatur 800-900°C. Abu cangkang sawit merupakan bahan *pozzolanic*, yaitu material utama sebagai penguat papan komposit. Abu cangkang sawit yang berasal dari sisa pembakaran cangkang kelapa sawit mengandung unsur kimia kapur (CaO) sebanyak 26,9% (Zulkarnain, 2022).

Limbah plastik merupakan salah satu jenis sampah yang memberikan ancaman serius terhadap lingkungan. Jenis sampah plastik yang sering digunakan oleh masyarakat yaitu plastik jenis *Polyethylene Terephthalate (PET)*, *High-Density Polyethylene (HDPE)*, *Polyvinyl Chloride (PVC)*, *Low-Density Polyethylene (LDPE)*, *Polypropylene* atau *Polypropene (PP)*. Limbah plastik ini mengandung *Low-Density Polyethylene (LDPE)* yang dapat berfungsi sebagai penguat pada komposit, sehingga berpotensi untuk dijadikan campuran berbagai material komposit (Crawford dan Roy, 1998).

Penggunaan plastik LDPE sebagai campuran komposit merupakan hal yang belum banyak ditemukan dalam literatur. Plastik LDPE memiliki potensi besar karena kandungan bahan pengikat dengan sifat mekanis kuat, Fleksibel, tahan terhadap pelarut kimia (Gruenwald, 1998). CaO dalam abu cangkang sawit dapat diikat oleh plastik LDPE menghasilkan komposit dengan kekuatan mekanik yang baik. Plat komposit rumah tangga, paving blok *solar cell* dan komponen-komponen mesin seperti speed boat, mobil maupun sepeda motor yang terbuat dari bahan material komposit polimer (Tapkire dan Parihar, 2014).

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit dari campuran abu cangkang sawit dan plastik (LDPE) dengan komposisi tertentu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan plat komposit yang memiliki sifat mekanik dan mikrostruktur sesuai dengan standar SNI, dan dapat di aplikasikan sebagai alternatif material *paving block*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan material komposisi depannya.

1.1. Plat Komposit

Plat komposit merupakan hasil proses fabrikasi partikel komposit dengan cara *thermoforming* menggunakan bahan abu cangkang sawit sebagai penguat serbuk penambahan sejumlah kecil bahan pengikat seperti plastik LDPE. Plat komposit memiliki bentuk balok dengan ketebalan mulai dari 5 – 15 mm. Pembuatan plat komposit pada bahan serbuk umumnya melibatkan tiga langkah-langkah dasar yaitu: (a) Pembuatan Serbuk, (b) *Mixing*, (c) *Thermoforming*.

1.2. Sifat Mekanik Plat Komposit

Sifat mekanik plat komposit merupakan faktor terpenting yang mendasari pemilihan bahan dalam suatu perancangan. Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya. Dalam prakteknya pembebanan pada plat komposit terbagi dua yaitu beban statik dan beban dinamik. Perbedaan antara keduanya hanya pada fungsi waktu dimana beban statik tidak dipengaruhi oleh fungsi waktu sedangkan beban dinamik dipengaruhi oleh fungsi waktu. Untuk mendapatkan sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian kekuatan bending dan impact (*Charpy*) (Suroso dan Rajali, 2019).

1.3. Abu Cangkang Sawit

Abu cangkang sawit merupakan hasil pembakaran cangkang sawit dalam ketel dengan temperatur 800-900°C. Karena abu cangkang sawit tidak mengandung nutrisi yang cukup untuk digunakan sebagai pupuk atau menjadi limbah industri, maka dapat digunakan sebagai bahan plat komposit (Haryanti dkk. 2014).

1.4. Plastik

Plastik merupakan material yang mengandung satu atau lebih polimer yang memiliki berat molekul yang besar. Peneliti merencanakan untuk menggunakan sampah plastik sebagai bahan dalam fabrikasi plat komposit dengan metode *ecobrick* (Widiyarsari, dkk 2021).

1.5. Polimer Thermoplastik

Polimer thermoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis dari polimer yang ketika dipanaskan dapat melunak dan dibentuk plat komposit.

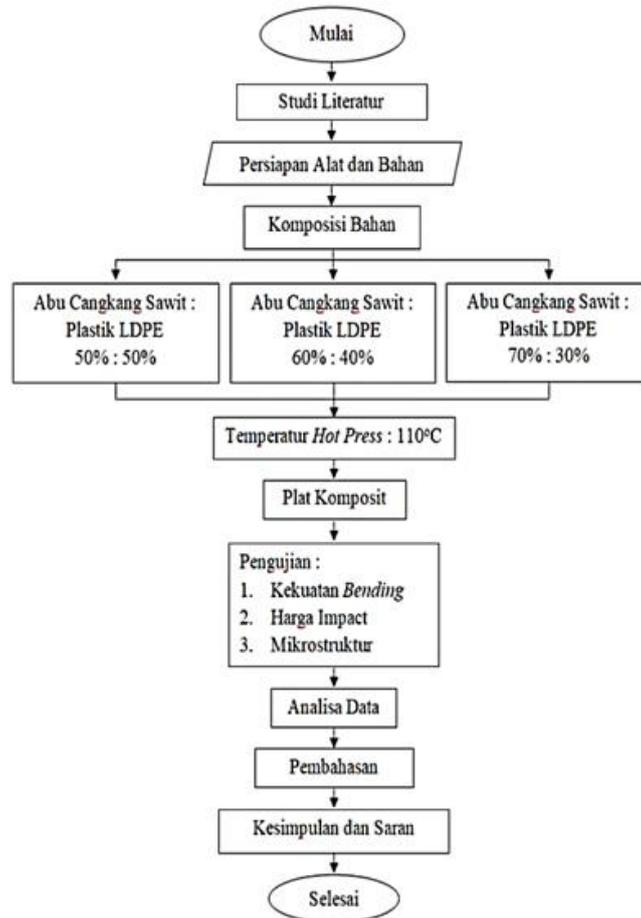
2. METODE

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat dan bahan yang digunakan untuk membuat plat komposit terdiri dari timbangan analitik laboratorium, gelas ukur, jangka sorong, mesin *hot press*, sarung tangan lateks, gerinda, alat uji kekuatan bending, alat uji impact, alat uji mikrostruktur, abu cangkang sawit, plastik LDPE, *mirror glaze*.

2.2. Diagram Alir

Berikut diagram alir pada penelitian ini. Dimulai dari studi literatur. Hal ini bertujuan untuk mengumpulkan sumber dan referensi untuk memudahkan dalam penyusunan laporan. Langkah berikutnya adalah persiapan alat dan bahan untuk menunjang dalam proses penelitian. Menentukan komposisi bahan adalah langkah selanjutnya sehingga setelah tahap ini ditentukan variasi yang digunakan dalam penelitian ini. Selanjutnya adalah melakukan uji coba pada sampel yang sudah dibuat, untuk melihat kekuatan mekanik dari sampel tersebut seperti *bending*, *impact*, dan mikrostruktur. Setelah itu dilakukan analisa dan pembahasan data, sehingga akhirnya bisa disimpulkan penelitian tersebut.



Gambar 1: Diagram alir penelitian

2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian seperti terlihat pada gambar 1, dilakukan melalui tahapan berikut; (a) Mempelajari dan mendalami konsep-konsep yang berkaitan dengan materi penelitian yang berasal dari beberapa sumber baik internet, jurnal dan buku. (b) Menyiapkan alat dan bahan. (c) Menimbang bahan baku berupa abu cangkang sawit dan plastic LDPE sesuai komposisi 50% : 50% (Sampel 1), 60% : 40% (Sampel 2) dan 70% : 30% (Sampel 3). (d) Mencetak komposit menggunakan hot Press pada temperatur 110°C. Hal karena titik lebur pada Plastik LDPE yaitu 105°C - 115°C dengan mengambil 110°C Plastik LDPE sudah mencapai titik lebur. (e) Melakukan pengujian kekuatan bending, impact, dan mikrostruktur. (f) Melaksanakan analisa data dan pembahasan. (g) Membuat kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pencetakan Komposit

Abu cangkang sawit yang lolos ayakan 100 mesh (0,147 mm) ditambahkan plastik LDPE sebagai perekat (matriks), dicetak menggunakan mesin hot press pada cetakan berdimensi panjang 100 mm, lebar 40 mm dan tinggi 10 mm. Hasil pencetakan berupa plat komposit dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: Hasil pencetakan plat komposit

3.2 Hasil Uji Kekuatan Bending

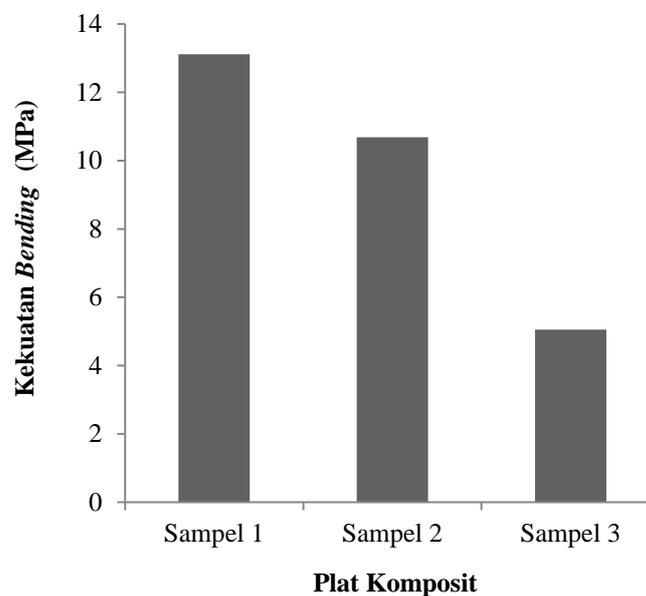
Hasil uji kekuatan *bending* pada kekuatan *bending* (MPa) terhadap setiap plat komposit bisa dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kekuatan *Bending* pada Penambahan Abu Cangkang Sawit dan Plastik LDPE.

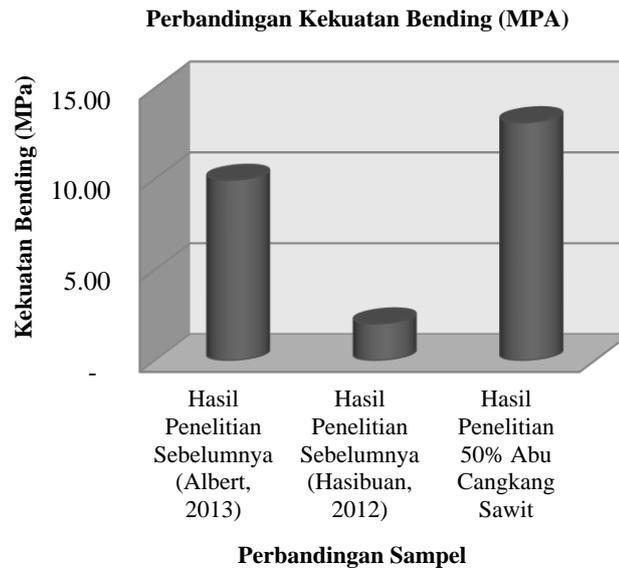
<i>Sampel</i>	<i>Area</i> (mm ²)	<i>Max.</i> <i>Force</i> (N)	<i>Bending</i> <i>Strength</i> (MPa)	<i>Elongation</i> (%)
Sampel 1	254,100	244,4	13,11	8,27
Sampel 2	231,600	164,9	10,68	8,27
Sampel 3	228,000	76,7	5,05	8,27

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa penambahan komposisi abu cangkang sawit mengakibatkan penurunan kekuatan bending secara linier pada sampel 1, sampel 2 dan sampel 3. Sampel 1 (50% abu cangkang sawit dan 50% plastik LDPE) memiliki kekuatan bending lebih besar daripada sampel lainnya yaitu 13,11 MPa. Kekuatan bending terendah dimiliki oleh sampel 3 (70% abu cangkang sawit dan 50% plastik LDPE) yaitu 5,05 MPa. Modulus elastisitas bending sangat dipengaruhi regangan elastisitasnya, semakin kecil regangan elastisitas plat komposit, maka sampel semakin kaku. Penurunan kekuatan bending sampel komposit dengan komposisi abu cangkang sawit yang lebih tinggi dapat disebabkan pembentukan ikatan interparsial yang lemah (Chandra, 2019); (Yulianto dan Panuh., 2018). Hal ini sesuai dengan mekanisme yang terjadi pada sampel 1, semakin banyak matriks (plastik LDPE) menghasilkan nilai kekuatan bending yang lebih tinggi.

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa kekuatan bending plat komposit sampel 1 dengan komposisi 50% abu cangkang sawit dan 50% plastik LDPE yaitu 13,11 MPa. Kekuatan bending sampel komposit abu cangkang sawit dan plastik LDPE lebih besar dari hasil penelitian sebelumnya. Albert (2013) meneliti tentang impact komposit dari geopolimer fly ash-riposy yaitu 9,94 MPa. Pada penelitian Hasibuan (2012) tentang penggunaan arang cangkang kelapa sawit dan MgO untuk bahan baku pembuatan keramik berpori yang digunakan sebagai filter gas buang kendaraan berbahan bakar bensin, diperoleh kekuatan bending sebesar 2,04 MPa. Matriks polimer sangat berpengaruh terhadap kekuatan bending sampel semakin besar komposisi matriks maka semakin besar regangan elastisitas bending yang terjadi, seperti sampel 1.



Gambar 3: Hasil uji kekuatan *bending* plat komposit

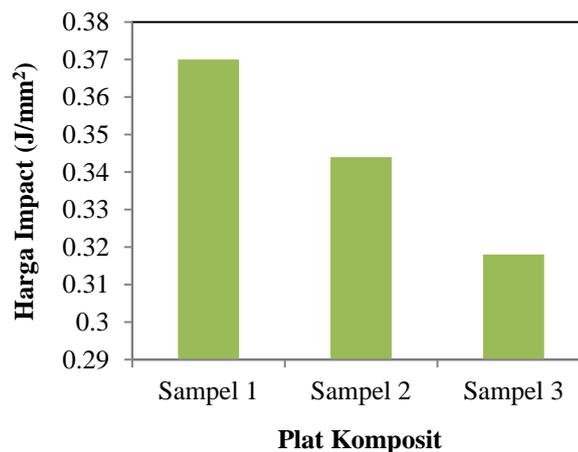


Gambar 4: Perbandingan kekuatan bending plat komposit dengan hasil penelitian sebelumnya

3.3 Hasil Uji Impact (Charpy)

Hasil uji *impact* dilakukan sebagai pemeriksaan kualitas secara cepat dan mudah dalam menentukan sifat *impact*. Dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil uji *impact* pada sampel 1 dengan komposisi abu cangkang sawit dan plastik LDPE 50% : 50% sebesar $0,370 \text{ J/mm}^2$. Penambahan komposisi abu cangkang sawit dalam pembuatan komposit menyebabkan penurunan nilai *impact*. Pada sampel 2 dan 3 yang menggunakan komposisi abu cangkang sawit dan plastik LDPE 60% : 40% dan 70% : 30% diperoleh hasil pengujian *impact* $0,344 \text{ J/mm}^2$ dan $0,318 \text{ J/mm}^2$.

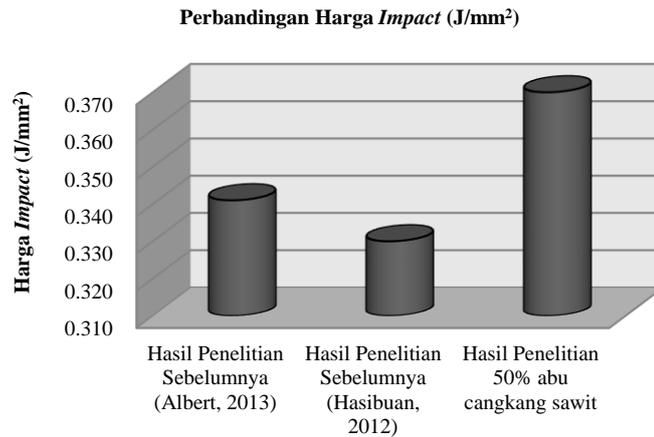
Grafik 5 menunjukkan bahwa *impact* sampel 1 dengan komposisi 50% abu cangkang sawit dan 50% plastik LDPE sebesar $0,370 \text{ J/mm}^2$, Nilai *impact* menurun pada sampel 2 (60% abu cangkang sawit dan 40% plastik LDPE) yaitu $0,344 \text{ J/mm}^2$ Sampel 3 (70% abu cangkang sawit dan 30% plastik LDPE) pada sampel 3 juga terjadi penurunan harga *impact* dengan komposisi abu cangkang sawit 70% : plastik LDPE 30% sebesar $0,318 \text{ J/mm}^2$. Hal ini karena adanya pengaruh komposisi abu cangkang sawit semakin banyak, sehingga ikatan antar matriks menjadi lemah dan adhesi antar matriks dengan polimer berkurang. Harga *impact* pada plat komposit juga dipengaruhi jumlah komposisi abu cangkang sawit, dimana abu cangkang sawit memiliki senyawa SiO_2 , Al_2O_3 dan CaO sehingga terjadi interaksi fisik antar abu cangkang sawit dan plastik LDPE. Plastik LDPE membantu dalam mengikat antar permukaan abu cangkang sawit dengan ikatan kovalen yang dimiliki plastik LDPE (Chandra, 2019). Ikatan tersebut terbentuk karena metode *hot press* yang mendekati titik leleh dari plastik LDPE yaitu 110°C dan tekanan sebesar 5,2 Bar. Sehingga akibat mekanisme *impact* terlihat setiap sampel terjadi dua jenis patahan yaitu getas dan bentuk patahan tidak beraturan.



Gambar 5: Hasil uji *impact* sampel komposisi abu cangkang sawit dan plastik LDPE

Penelitian tentang pengaruh penambahan abu cangkang sawit dan limbah plastik terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur plat komposit dilakukan perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya, dapat dilihat pada gambar 6. Hasil grafik perbandingan uji *impact* (*charpy*) pada gambar 6, menunjukkan harga *impact* pada sampel 1 dengan komposisi 50% abu cangkang sawit dan 50% plastik LDPE yaitu $0,370 \text{ J/mm}^2$. Hasil pengujian *impact* pada penelitian penambahan abu cangkang sawit dan plastik LDPE pada plat komposit diperoleh lebih kecil dari hasil penelitian sebelumnya tentang Pengaruh Kandungan Partikel Terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Geopolimer Fly Ash-Ripoxy yaitu $0,341 \text{ J/mm}^2$ (Albert, 2013). Namun, penelitian Hasibuan (2012) tentang penggunaan Arang Cangkang Kelapa Sawit dan MgO untuk bahan baku pembuatan keramik berpori yang digunakan sebagai filter gas buang kendaraan berbahan bakar bensin dengan harga *impact* sebesar $0,330 \text{ J/mm}^2$. Hal ini disebabkan adanya perbedaan polimer yang digunakan, jenis polimer

mempengaruhi harga impact dan penekan pada plat komposit (Endriani, 2012), dimana pada plastik LDPE memiliki density lebih kecil dibandingkan dengan polimer termosetting sehingga mekanisme yang terjadi pada plat komposit menghasilkan harga *impact* menggunakan polimer termoplastik (plastik LDPE) sebesar 0,370 J/mm².

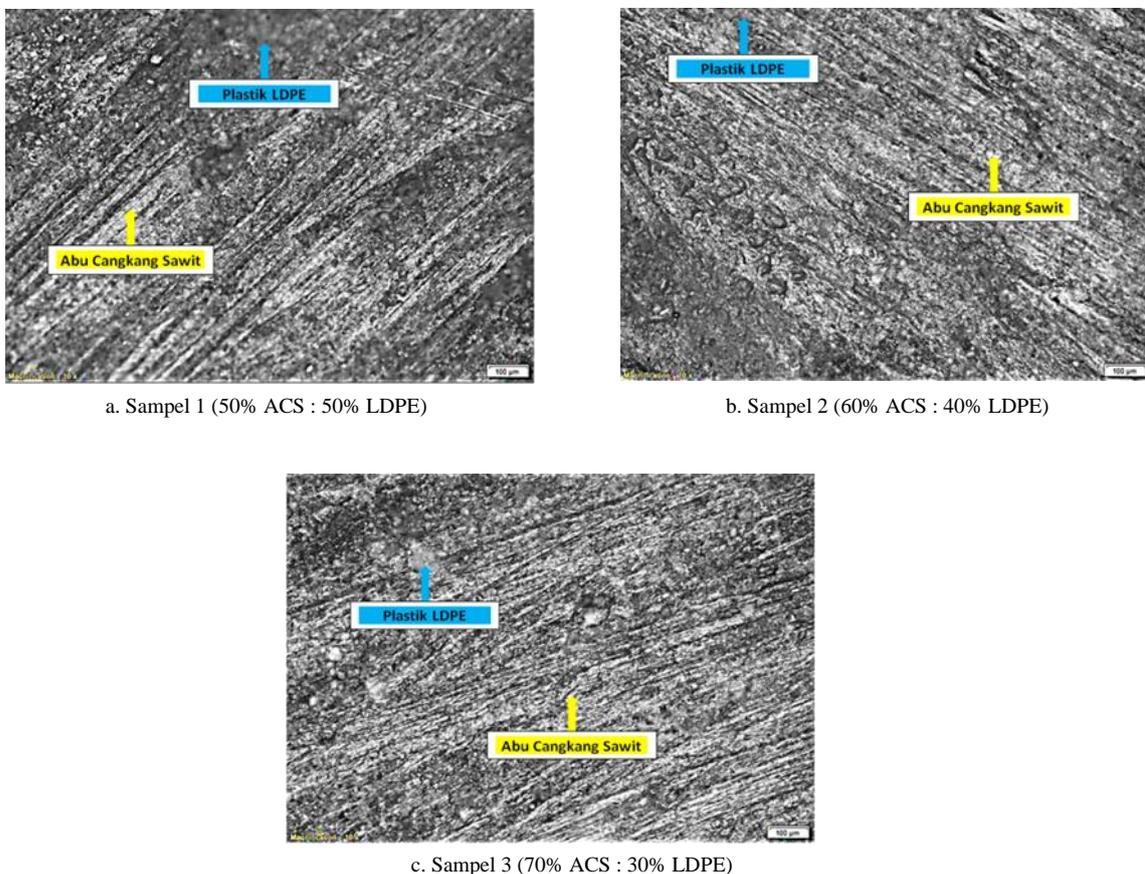


Perbandingan Sampel

Gambar 6: Grafik perbandingan harga impact pada hasil penelitian sebelumnya dengan hasil penelitian pengaruh penambahan abu cangkang sawit dan limbah plastik pada plat komposit.

3.4 Hasil Pengujian Mikrostruktur

Pengujian mikrostruktur dilakukan untuk mengamati fenomena yang terdapat pada plat komposit menggunakan mikroskop Olympus. Dari hasil foto makro yang terjadi pada plat komposit, terlihat sampel 1 dengan komposisi abu cangkang sawit 50% : plastik LDPE 50%, terlihat sampel 2 dengan komposisi abu cangkang sawit 60% : plastik LDPE 40% dan terlihat sampel 3 dengan komposisi abu cangkang sawit 70% : plastik LDPE 30%. Hal ini juga sesuai dengan Gambar 4, Gambar 5 dan 6 dari hasil pengamatan mikrostruktur. Berdasarkan dari gambar 7, menunjukkan hasil pengamatan mikrostruktur pada pengaruh penambahan abu cangkang sawit dan limbah plastik, terlihat terjadinya pengaruh variasi komposisi pada setiap permukaan plat komposit karena semakin banyak komposisi abu cangkang sawit dapat memperlemah ikatan antar matriks. Komposisi abu cangkang sawit dan plastik LDPE yang optimum akan membuat ikatan antar muka komposit lebih kuat dengan semua parameter sifat mekanik komposit yang memenuhi standar SNI (Chandra, 2009).



Gambar 7: Hasil pengamatan mikrostruktur sampel 1, sampel 2 dan sampel 3

4. KESIMPULAN

Hasil uji kekuatan bending tertinggi pada sampel 1 sebesar 13,11 MPa. Karena pengaruh campuran 50% : 50% mampu membuat ikatan antar abu cangkang sawit dan plastik LDPE lebih kuat. Hasil uji kekuatan bending tertinggi pada plat komposit sampel 1, karena abu cangkang sawit memiliki kandungan unsur kapur (CaO), sehingga bila unsur ini diikat dengan bahan LDPE akan menghasilkan kekuatan bending yang baik. Dimana hal ini sesuai dengan mekanisme yang dilakukan adalah semakin banyak penambahan abu cangkang sawit akan meningkatkan nilai kekuatan bending tertinggi sebesar 13,11 MPa. Harga impact tinggi terjadi pada sampel 1 sebesar 0,370 J/mm², sedangkan harga impact terendah terjadi pada sampel 3 sebesar 0,318 J/mm². Harga impact tertinggi pada plat komposit seperti pada sampel 1 karena harga impact plat komposit dipengaruhi oleh abu cangkang sawit yang memiliki senyawa SiO₂, Al₂O₃ dan CaO sehingga unsur ini diikat dengan plastik LDPE dan mendapatkan nilai mekanik yang lebih baik, dimana plastik LDPE juga memiliki ikatan kovalen yang membantu dalam mengikat antar permukaan abu cangkang sawit. Jenis patahan yang di dapat dari hasil uji impact yaitu getas dan bentuk patahan tidak beraturan. Hasil pengamatan mikrostruktur terlihat terjadinya pengaruh variasi komposisi pada setiap permukaan plat komposit karena semakin banyak komposisi abu cangkang sawit dapat memperlemah ikatan antar matriks. Sedangkan jika komposisi abu cangkang sawit dan plastik LDPE dengan jumlah optimum akan terjadi ikatan antar muka lebih kuat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Islam Riau yang telah mendanai kajian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Albert R, A. 2013. Pengaruh Kandungan Partikel Terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Geopolimer Fly Ash-Ripoxy. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Chandra, M. 2019. Pembuatan Briket Komposit Plastik Polyethylene, Arang Tempurung Kelapa, Dan Arang Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif. Skripsi. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Crawford, Roy J. 1998. *Plastics Engineering (Therd edition)*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
- D. Yulianto., D. Panuh., 2018. Analisa Kekuatan Mekanik Pada Material Komposit Papan Partikel (*Particle Board*) dari Campuran Limbah Pelepah Kelapa Sawit dengan Matriks Plastik Daur Ulang (*Polypropylene*). *Konferensi Nasional Engineering Perhotelan IX 5 (Particle Board)*, 65 - 70.
- Endriani, D. 2012. Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Daya Dukung dan Kuat Tekan pada Tanah Lempung Ditinjau dari Uji UCT dan CBR Laboratorium. *Thesis*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Gruenwald, G. 1998. *Thermoforming, A Plastics Processing Guide*. Second Edition. Technomic Publishing Company. New Holand.
- Hasibuan, Erwinsyah. 2012. Penggunaan Arang Cangkang Kelapa Sawit dan MgO Untuk Bahan Baku Pembuatan Keramik Berpori Yang Digunakan Sebagai Filter Gas Buang Kendaraan Berbahan Bakar Bensin. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Kaw, A.K., 1997. *Mechanics Of Composite Material*. CRC Press. Boca Raton.
- Tapkire, G. & Parihar, S., 2014. Recycled Plastic Used in Concrete Paving Block. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. Bhopal. India.
- Zulkarnain, F. 2022. Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Dengan Bahan Tambah Silica Gel Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton Silinder. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*. Vo.1 8, No.2.
- Haryanti, A., Norsamsi, N., Sholiha, P. S. F., & Putri, N. P. (2014). Studi pemanfaatan limbah padat kelapa sawit. *Konversi*, 3(2), 20-29.
- Suroso, B., & Rajali, R. (2019). Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 74-83.
- Widiyarsari, R., Zulfitriya, Z., & Fakhirah, S. (2021, November). Pemanfaatan sampah plastik dengan metode ecobrick sebagai upaya mengurangi limbah plastik. In *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ* (Vol. 1, No. 1).