G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan
Vol. 8, No. 3, Juli 2024, hlmn. 1494-1507
E-ISSN: 2623-064X | P-ISSN: 2580-8737

Pengaruh Panjang Serat Pelepah Kelapa Sawit Terhadap Sifat Mekanik Bio Komposit dengan Resin Polyester

Fynnisa Z[1]✉, Moraida Hasanah[2], Rahmadsyah[3], T Jukdin Saktisahdan[4], Ali Hasimi Pane[5], M Hafiz Tiannur[6]

[1] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Asahan, Indonesia
[2, 3, 4, 5, 6] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Asahan, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 18-05-2024
Direvisi : 23-05-2024
Diterima : 29-05-2024

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan serat alami pelepah sawit sebagai matriks dalam pembuatan *bio composite* dan resin poliester digunakan sebagai filler. Pembuatan *bio composite* dikempa menggunakan mesin hotpress pada suhu 70°C selama 20 menit dengan penekanan 30 kg/m^2. Panjang serat divariasikan dengan ukuran 2, 4, 6, 8, dan 10 cm. Parameter berupa pengujian sifat fisis (densitas, porositas, dan daya serap air), pengujian sifat mekanik (kuat tekan, tarik, dan impak), dan analisa mikrostruktur menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil pengujian nilai optimum sifat fisis pada komposisi serat pelepah sawit yaitu 75%:25% dengan panjang serat pelepah sawit 10 cm yang memiliki nilai sifat fisis densitas 0,793 gr/cm^3, porositas 0,134%, daya serap air 0,169% dan nilai sifat mekanik kuat tekan 19,234 MPa, kuat tarik 725,95 MPa, impak 1,1262 J/mm^2. Hasil SEM, sifat fisis, dan sifat mekanik mendukung *bio composite* memenuhi kriteria "*Medium Board*" berdasarkan JIS A 5905:2003 dan dapat dimanfaatkan sebagai material alternatif pengganti bahan kayu.

Kata Kunci:

Bio Komposit; Resin Poliester; Serat Pelepah Sawit.

Keywords **:**

Bio Composite, Polyester Resin, Palm Frond Fibre.

ABSTRACT

The research uses natural palm frond fibre as a matrix in making bio composite and polyester resin as a filler. Making the bio composite is compressed using a hotpress machine at a temperature of 70°C for 20 minutes with a pressure of 30 kg/m^2. Fiber lengths 2, 4, 6, 8, and 10 cm. Parameters include physical properties testing (density, porosity, water absorption), mechanical properties testing (compressive, tensile, impact strength), and SEM. The test results for the optimum physical properties are 75%:25% with a palm frond fibre length of 10 cm, a density of 0.793 gr/cm^3, a porosity of 0.134%, a water absorption capacity of 0.169%, a compressive strength value of 19.234 MPa, tensile strength of 725.95 MPa, impact 1.1262 J/mm^2. SEM results, physical properties, and mechanical properties support bio composite meets the "Medium Board" criteria based on JIS A 5905:2003 and can be used as an alternative material to replace wood.

Corresponding Author **:**
Fynnisa Z
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Asahan, Indonesia
Jalan Jendral Ahmad Yani, Kecamatan Kota Kisaran Timur, Kabupaten Asahan, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia, Telp/Fax (0623) 347222
Email: fynnisaz@gmail.com

This is an open access article under the CC BY license

PENDAHULUAN

Setiap tahunnya, potensi Indonesia untuk melakukan regenerasi pada sektor perkebunan kelapa sawit terletak pada luas lahan yang mencapai kisaran antara 20.000 hingga 50.000 hektar. Setiap hektar lahan tersebut biasanya mengandung sekitar 140 batang kelapa sawit yang sudah tua. Limbah pertanian dari batang kelapa sawit ini diperkirakan mencapai 167 meter kubik per hektar, di mana sepertiga dari bagian luar batang pohon dapat dimanfaatkan sebagai kayu. Selain batang, limbah pertanian lainnya termasuk pelepah, tandan kosong, dan cangkang. Limbah pelepah sawit, yang merupakan salah satu komponen limbah padat dalam industri perkebunan kelapa sawit, memiliki kandungan bahan berlignoselulosa yang sangat tinggi, yakni sekitar 10 ton per hektar setiap tahun setelah dipangkas (Butar-Butar, 2023).

Penggunaan limbah serat dari pelepah sawit masih belum mencapai potensinya yang besar, terutama saat membandingkan dengan ketersediaan yang berlimpah, maka perlu mencari alternatif solusi yang lain (AL-Fakih et al., 2024). Dengan jumlah kayu bulat yang semakin berkurang, salah satu langkah yang bisa diambil adalah mengembangkan produksi panel *bio composite*. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah menggunakan serat dari pelepah sawit yang memiliki potensi besar dan mengandung tingkat bahan berlignoselulosa yang tinggi.

Bio composite merupakan produk berupa papan yang terbuat dari serat-serat berlignoselulosa yang telah dihancurkan menjadi fragmen-fragmen kecil atau partikel. Kemudian, partikel-partikel tersebut dicampur dengan bahan perekat sintetis atau pengikat lainnya. Proses penyatuan dilakukan dengan cara dikempa, dengan komposisi utama dari bahan serupa atau campuran bahan lainnya, untuk mencapai karakteristik yang lebih unggul. *Bio composite* dipilih sebagai material penganti kayu karena terbuat dari bahan berligoselulosa seperti serbuk sisa potongan kayu atau serat alam. Bahan tersebut jumlahnya sangat melimpah sebagai limbah yang dihasilkan dari sektor perkebunan, kehutanan, dan pertanian (Saharudin et al., 2024).

Keunggulan produk *bio composite* mencakup biaya produksi yang lebih terjangkau, ketersediaan bahan bakunya yang melimpah, kemudahan dalam proses pembuatannya, dan memiliki sifat yang lebih mudah direkayasa serta dapat digunakan untuk berbagai tujuan, selain itu, produknya dapat didaur ulang. Pemakaian *bio composite* sebagai bahan material sangat diunggulkan karena memiliki kekuatan dan ketahanan fisis serta mekanik yang baik, dan proses pengolahannya yang mudah (Carvalho et al., 2024). Bahan untuk pembuatan *bio composite* mudah ditemukan karena berasal dari limbah yang tidak terpakai, dan memiliki nilai ekonomis yang lebih baik daripada bahan kayu karena ketersediannya yang sangat melimpah.

Kandungan lignoselulosa pada serat pelepah sawit sangat tinggi dibandingkan dengan tandon kosong pelepah sawit (Madusari et al., 2023). Serat pelepah sawit memiliki kekuatan mekanik yang baik dan dapat dijadikan bahan material *bio composite* untuk mencapai sifat mekanik yang baik (El-Shekeil et al., 2024).

Untuk membuat produk *bio composite* diperlukan dua campuran bahan atau lebih dengan tujuan mendapatkan nilai mekanik yang baik. Tentunya sifat mekanik produk *bio composite* tersebut dapat dipengaruhi oleh jenis bahan perekat (Sun et al., 2022). Material perekat memainkan peran penting dalam menjaga kekokohan material papan partikel agar tidak mudah rusak selama proses produksi. Salah satu material perekat yang umum digunakan adalah resin poliester.

Resin poliester adalah cairan dengan viskositas rendah yang memiliki kemampuan untuk mengeras pada suhu ruangan setelah dicampur dengan katalis, tanpa menghasilkan gas berlebih seperti beberapa jenis resin termoset lainnya. Resin poliester tidak hanya ekonomis, tetapi juga memiliki sifat-sifat seperti kekakuan, kekuatan, ketahanan cuaca yang baik, tahan terhadap kelembapan, transparansi, serta ketahanan terhadap asam tetapi tidak dengan asam pengoksidasi (Prabhuram et al., 2023).

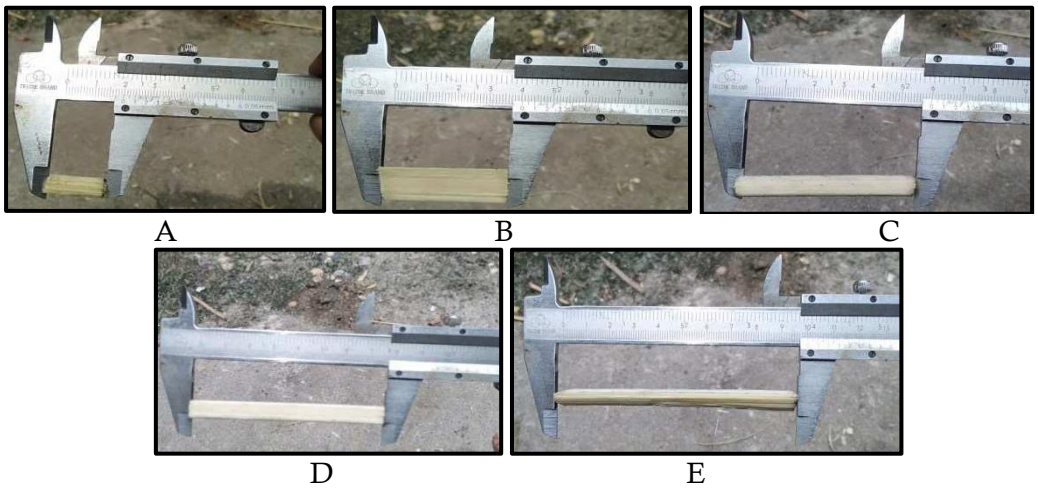
Berdasarkan uraian di atas, penulis membuat judul penelitian "Pengaruh Ukuran Panjang Serat Pelepah Sawit Terhadap Sifat Mekanik *Bio composite* dengan Resin Poliester". Diharapkan dari penelitian dapat diperoleh panel komposit yang dapat berfungsi sebagai alternatif untuk penggunaan kayu dalam bangunan, furnitur, konstruksi, dan berbagai aplikasi lainnya, dengan keunggulan dalam karakteristik mekanik.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1-2 sebagai berikut ini.

Tabel 1. Alat Penelitian

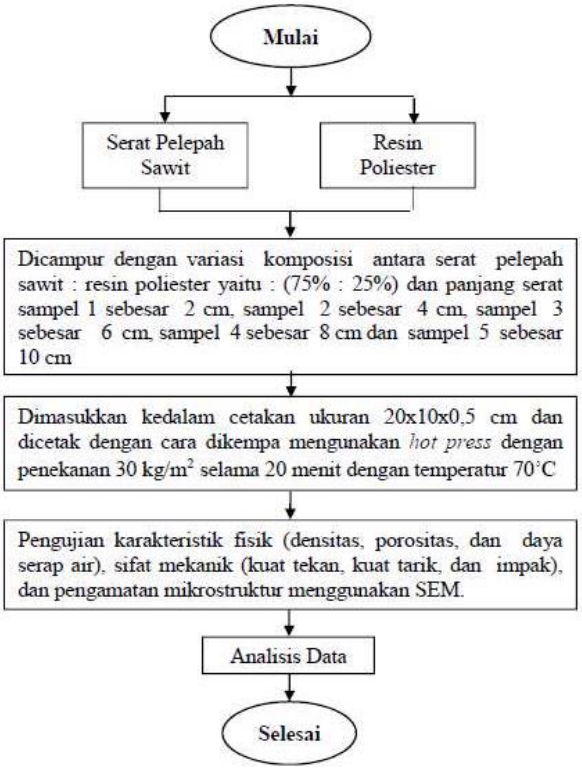
Gambar Alat	Keterangan	Gambar Alat	Keterangan
	Timbangan (Neraca Digital)		Mesin *Hot Press*
	cetakan ukuran 20 cm x 10 cm x 0,7 cm,		2 buah plat besi penutup atas dan bawah
	Scanning Electron Microscope (SEM)		Aluminium foil
	Gunting		Stopwatch
	Porositas Tester		*Density* Meter
	Universal Tensile Machine (UTM)		*Impaktor Wolpert*



Gambar 1. Serat pelepah sawit dengan ukuran panjang serat A. 2 cm, B. 4 cm, C. 6 cm, D. 8 cm, E. 10 cm

Gambar 2. A. Perekat resin poliester, B. NaOH cair, C. *Wax mirror glaze*

Prosedur penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu persiapan bahan, pembuatan sampel dan pengujian *bio composite* (Brindha et al., 2024). Prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. diagram alir penelitian sebagai berikut



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Gambar 3. menjelaskan persiapan bahan berupa serat pelepah sawit terlebih dahulu dibersihkan, direndam cairan NaOH 2% selama 24 jam, kemudian direndam lagi dengan cairan NaOH 12% serta dipanaskan 100°C selama 120 menit pada *hotplate*, Selanjutnya dicuci dengan air bersih dan dijemur sampai kering dibawah sinar matahari sampai kering. Serat kering dipotong dengan panjang ukuran serat antara lain 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, dan 10 cm.

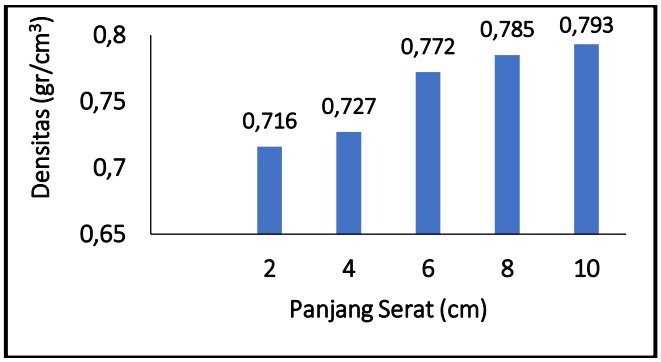
Pembuatan sampel diawali dengan serat pelepah sawit dan resin poliester ditimbang dengan komposisi (75%:25%) dan divariasikan panjang seratnya (2, 4, 6, 8, 10) cm. Resin poliester disini ditambahkan katalis dengan perbandingan 100:1 yaitu kuantitas resin poliester adalah 100 gr dan katalis 1 gr. Campuran bahan tersebut kemudian diaduk hingga menjadi adonan yang homogen. Cetakan yang digunakan berbentuk persegi ukuran 20 cm x 10 cm x 0,7 cm. Serat pelepah sawit yang telah diproses dicampur dengan resin poliester mengunakan mixer hingga membentuk adonan lalu di masukkan kedalam cetakan dan diratakan dengan spatula. Cetakan selanjutnya ditutup dengan plat besi yang sudah dilapisi dengan aluminium foil dan ditekan 30 kg/m^2 selama 20 menit pada suhu 70°C.

Sampel dikeluarkan dari cetakan secara perlahan dan dibiarkan sekitar 3 jam agar terjadi pengerasan perekat sebelum dikeluarkan dari cetakan. Selanjutnya dilakukan pengeringan selama 7 hari. Pemotongan dilakukan untuk menyesuaikan sampel dengan alat pengujian. Sampel di potong dengan ukuran 2 cm x 10 cm, sehingga tiap sampel dapat dipotong menjadi 5 bagian. Dilakukan pengujian dan analisis data hasil penelitian setelah dilakukan pengujian dan selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Sifat Fisis Densitas

Pengujian densitas merupakan salah satu sifat fisis yang menunjukkan perbandingan antara massa benda terhadap volumenya atau banyaknya massa zat per satuan volume (Zhang et al., 2023). Hubungan antara densitas *bio composite* serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester dapat diilustrasikan pada Gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4. Densitas *Bio composite* dari Serat Pelepah Sawit dengan Resin Poliester

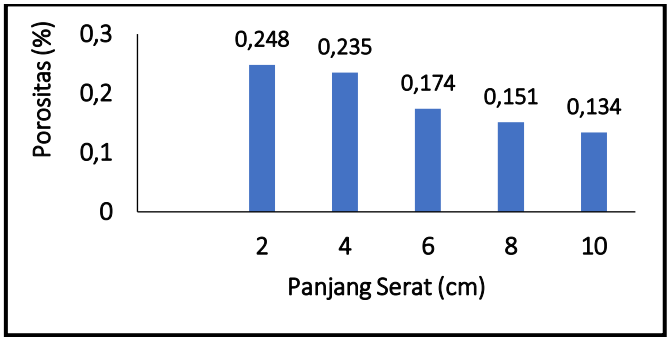
Gambar 4 mengilustrasikan nilai densitas dari *bio composite* serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester yang dihasilkan dengan variasi komposisi 75%:25% dengan berbagai panjang serat pelepah sawit 2 cm sebesar 0,716 gr/cm^3, panjang serat pelepah sawit 4 cm sebesar 0,727 gr/cm^3, panjang serat pelepah sawit 6 cm sebesar 0,785 gr/cm^3, panjang serat pelepah sawit 8 cm sebesar 0,785 gr/cm^3 dan panjang serat pelepah sawit 10 cm sebesar 0,793 gr/cm^3. Seiring dengan bertambahnya panjang serat pelepah sawit dalam pembuatan *bio composite* membuat densitas dari *bio composite* terus meningkat (Siddiqui et al., 2024).

Densitas tertinggi diperoleh pada variasi komposisi 75%:25% dengan panjang serat pelepah sawit 10 cm sebesar 0,793 gr/cm^3 dikarenakan komposisi tersebut mengunakan serat yang paling panjang sehingga membuat *bio composite* memiliki kerapatan (densitas) yang paling besar. Selain itu penggunaan resin optimal ketika dicetak akan menghasilkan nilai sifat fisis dan mekanik dari suatu komposit ketika dicetak (Shi et al., 2024).

Bio composite yang dibuat dari serat pelepah sawit dengan variasi panjang serat menggunakan matriks resin dapat dianggap sebagai opsi material yang mematuhi standar JIS (Japanese Industrial Standard) A 5905:2003 mengenai densitas papan serat atau partikel, yang mencakup rentang 0,716 gr/cm^3 -0,793 gr/cm^3, dan diklasifikasikan sebagai "*medium board*" (Hasanah et al., 2023). Dengan demikian, semua *bio composite* dengan variasi komposisi dari Serat pelepah sawit dan resin poliester yang memenuhi standar yang telah ditetapkan dapat memenuhi persyaratan standar yang berlaku.

Uji Sifat Fisis Porositas

Porositas didefinisikan sebagai volume rongga kosong yang dinyatakan dengan persen. Porositas juga berhubungan dengan kerapatan. Pengujian komposit untuk parameter porositas dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara volume pori-pori terhadap volume total komposit (Kovářík et al., 2024). Hubungan antara porositas *bio composite* serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester dapat diilustrasikan pada Gambar 5 di bawah ini :



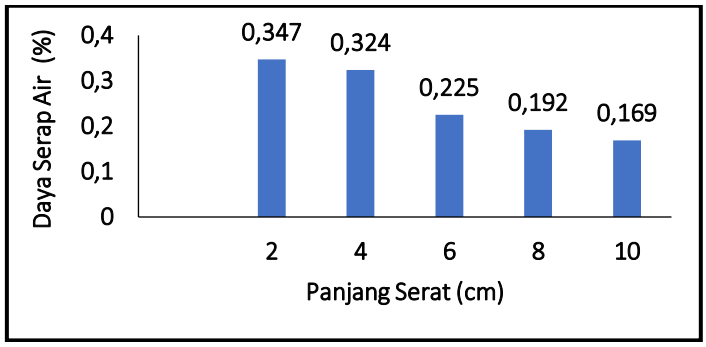
Gambar 5. Porositas *Bio composite* dari Serat Pelepah sawit dengan Resin Poliester

Gambar 5 mengilustrasikan nilai porositas dari *bio composite* serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester yang dihasilkan dengan variasi komposisi 75%:25% dengan berbagai panjang serat pelepah sawit 2 cm sebesar 0,248%, panjang serat pelepah sawit 4 cm sebesar 0,235%, panjang serat pelepah sawit 6 cm sebesar 0,174%, panjang serat pelepah sawit 8 cm sebesar 0,151% dan panjang serat pelepah sawit 10 cm sebesar 0,134%. Nilai porositas tertinggi diperoleh pada variasi komposisi massa serat pelepah sawit : resin poliester yaitu 75%:25% dengan variasi panjang serat 2 cm nilai porositas 0,248%. Hal ini di karenakan pada sampel ini memiliki panjang serat pelepah sawit yang paling pendek sehingga membuat nilai porositas semangkin membesar (Othman et al., 2024).

Sementara porositas terendah diperoleh variasi komposisi serat pelepah sawit dengan resin poliester yaitu 75%:25% dengan panjang serat 10 cm yang memiliki nilai porositas 0,151 %. Karena pada komposisi ini mengunakan serat pelepah sawit yang paling panjang yang membuat presentasi porositas pada *bio composite* menurun, dikarenakan memiliki kerapatan (densitas) yang tinggi (Firmanda et al., 2023).

Uji Sifat Fisis Daya Serap Air

Pengujian daya serap air didefinisikan sebagai salah satu sifat fisis *bio composite* yang menunjukkan kemampuan *bio composite* untuk menyerap air setelah direndam di dalam air selama 2 jam atau 24 jam. Pengujian ini penting dilakukan untuk mengetahui ketahanan papan terhadap air terutama jika penggunaannya untuk keperluan eksterior dimana papan mengalami kontak langsung dengan udara luar (Dias Lopes et al., 2024). Hubungan antara daya serap air *bio composite* serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester dapat diilustrasikan pada Gambar 6 di bawah ini :



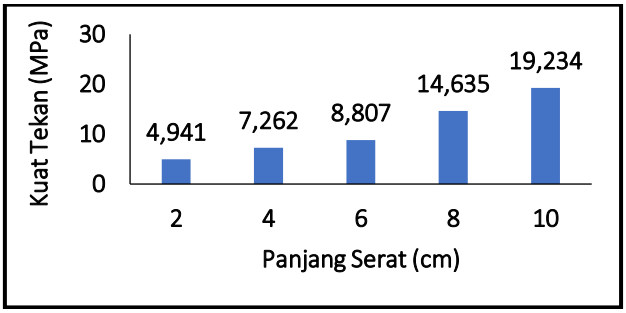
Gambar 6. Daya Serap Air *Bio composite* dari Serat Pelepah sawit dan Cangkang Kerang Bulu dengan Perekat Resin Poliester

Gambar 6 mengilustrasikan nilai kemampuan daya serap air dari *bio composite* serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester yang dihasilkan dengan variasi komposisi 75%:25% dengan berbagai panjang serat pelepah sawit 2 cm sebesar 0,347%, panjang serat pelepah sawit 4 cm sebesar 0,324%, panjang serat pelepah sawit 6 cm sebesar 0,225%, panjang serat pelepah sawit 8 cm sebesar 0,192% dan panjang serat pelepah sawit 10 cm sebesar 0,169%. Daya serap air tertinggi didapatkan pada perbandingan komposisi 75%:25% dengan panjang serat 2 cm sebesar 0,347 % dikarenakan mengunakan serat pelepah sawit yang paling pendek sehingga mengakibatkan banyak pori yang terbentuk. Daya serap air terendah diperoleh pada variasi komposisi 75%:25% dengan variasi panjang serat 10 cm yaitu sebesar 0,169 % dikarenakan mengunakan serat pelepah sawit yang paling panjang sebagai material pengisi *bio composite* yang membuat sedikit terbentuknya pori.

Dalam pengujian kemampuan penyerapan air *bio composite* memperoleh hasil dengan rentang 0,347% - 0,169%. Daya serap air kelima sampel cukup kecil sebab bahan baku yang dipakai sebagi pembuatan *bio composite* yaitu serat pelepah sawit : resin poliester cukup efisien. Panjang serat pelepah sawit dapat memengaruhi nilai kemampuan serapan air karena semakin panjang serat pelepah sawit maka kapasitas penyerapan air *bio composite* semakin sedikit dikarenakan sedikitnya persentase pori (porositas) yang terbentuk dikarenakan densitas (kerapatan) yang tinggi membuat *bio composite* mempunyai daya serap air yang kecil (Yi et al., 2024). Jadi disimpulkan bahwa semakin pendek serat pelepah sawit yang digunakan maka akan meningkatkan kapasitas penyerapan air karena membuat banyak terbentuk persentase pori (porositas) (Benallel et al., 2024).

Uji Sifat Mekanik Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan adalah suatu proses pengujian yang dilakukan untuk menentukan sifat-sifat mekanik bahan komposit dalam kondisi tekanan atau gaya tekan (Zheng et al., 2024). Pada peneltian ini uji sifat mekanik mengacu pada Badan Standar Jepang JIS A 5905-2003 sebagai standar yang mengatur tentang pengolahan papan serat di negara Jepang. Hasil pengujian diilustrasikan pada Gambar 7 di bawah ini :



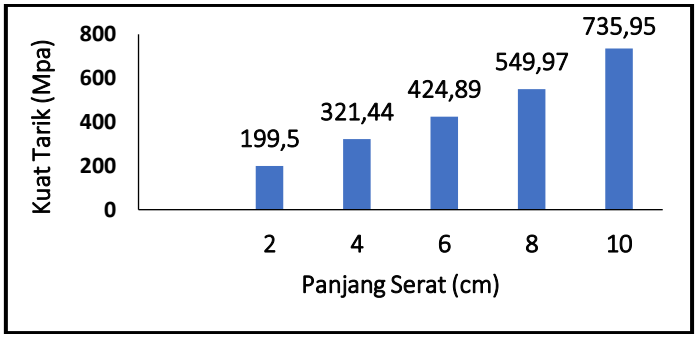
Gambar 7. Hasil Uji Kuat Tekan pada *Bio composite* Serat Pelepah Sawit menggunakan Resin Poliester

Gambar 7 mengilustrasikan nilai kekuatan tekan dari *bio composite* serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester yang dihasilkan dengan variasi komposisi 75%:25% dengan

berbagai panjang serat pelepah sawit 2 cm sebesar 4,914 MPa, panjang serat pelepah sawit 4 cm sebesar 7,262 MPa, panjang serat pelepah sawit 6 cm sebesar 8,807 MPa, panjang serat pelepah sawit 8 cm sebesar 14,635 MPa dan panjang serat pelepah sawit 10 cm sebesar 19,234 MPa. Nilai kuat tekan terendah dari *bio composite* yang terbuat dari serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester komposisi 75%25% dengan panjang serat 2 cm memiliki nilai sebesar 4,914 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan tertinggi dari *bio composite* yang terbuat dari serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester komposisi 75%25% dengan panjang serat 10 cm memiliki nilai sebesar 19,234 MPa kuat tekan meningkat dengan jumlah fraksi massa komposisinya sehingga mencapai nilai optimum kuat tekan. Seiring dengan meningkatnya panjang serat pelepah sawit membuat *bio composite* memiliki kekuatan mekanik yang semangkin baik (El-Shekeil et al., 2024).

Uji Sifat Mekanik Tarik

Pengujian tarik adalah suatu proses pengujian yang dilakukan untuk menentukan sifat-sifat mekanik bahan komposit dalam kondisi tarik atau gaya tarik (Li et al., 2024). hasil pengujian tarik *bio composite* dari Serat Pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester dapat diilustrasikan pada Gambar 8 di bawah ini :



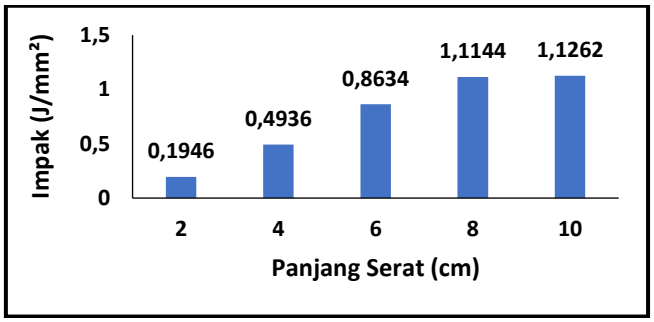
Gambar 8. Hasil Uji Tarik *Bio composite* dari Serat Pelepah Sawit dengan Menggunakan Resin Poliester

Gambar 8 mengilustrasikan nilai hasil uji tarik dari *bio composite* serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester yang dihasilkan dengan variasi komposisi 75%:25% dengan berbagai panjang serat pelepah sawit 2 cm sebesar 199,50 MPa, panjang serat pelepah sawit 4 cm sebesar 321,44 MPa, panjang serat pelepah sawit 6 cm sebesar 424,89 MPa, panjang serat pelepah sawit 8 cm sebesar 549,97 MPa dan panjang serat pelepah sawit 10 cm sebesar 735,95 MPa. Nilai kuat tarik terendah dari *bio composite* yang terbuat dari serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester komposisi 75%25% dengan panjang serat 2 cm memiliki nilai sebesar 199,50 MPa.

Sedangkan nilai kuat tarik tertinggi dari *bio composite* yang terbuat dari serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester komposisi 75%25% dengan panjang serat 10 cm memiliki nilai sebesar 735,95 MPa kuat tekan meningkat dengan jumlah fraksi massa komposisinya sehingga mencapai nilai optimum kuat tarik. Seiring dengan meningkatnya panjang serat pelepah sawit membuat *bio composite* memiliki kekuatan mekanik berupa kuat tarik yang semangkin baik (Imraan et al., 2023).

Uji Sifat Mekanik Impak

Pengujian impak adalah suatu metode pengujian untuk mengevaluasi bagaimana bahan komposit merespon terhadap beban tumbukan atau benturan (Mat Daud et al., 2024). Proses ini memberikan informasi penting tentang sifat-sifat kekuatan dan keuletan bahan ketika terpapar pada kejadian benturan atau tumbukan yang mungkin terjadi dalam aplikasi praktis. hasil pengujian impak *bio composite* dari serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester dapat diilustrasikan pada Gambar 9 di bawah ini :

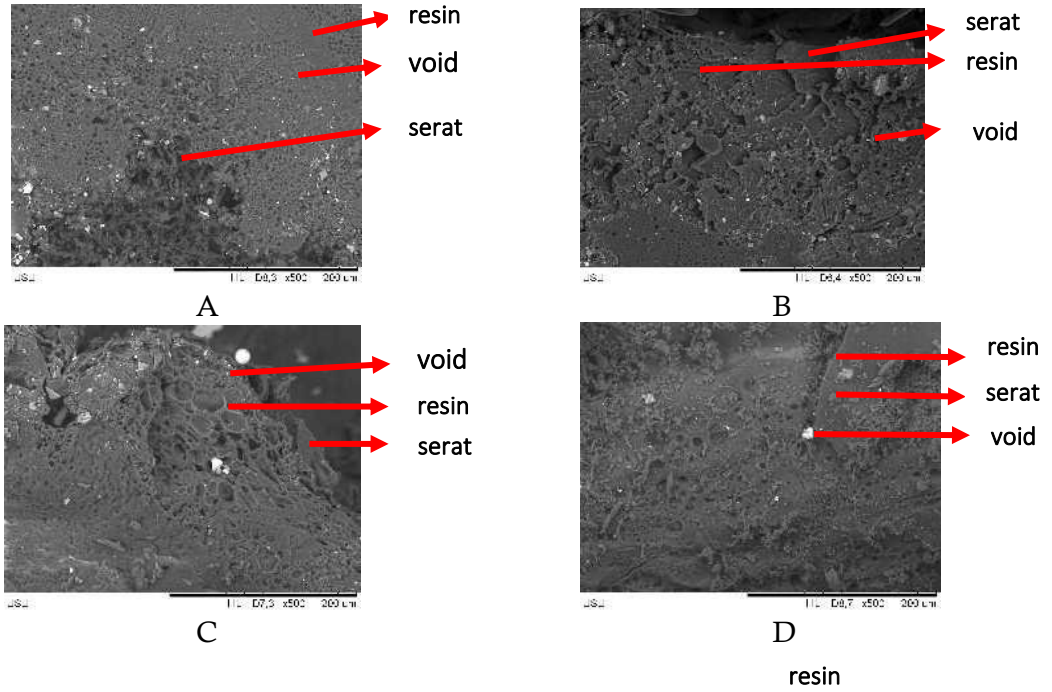


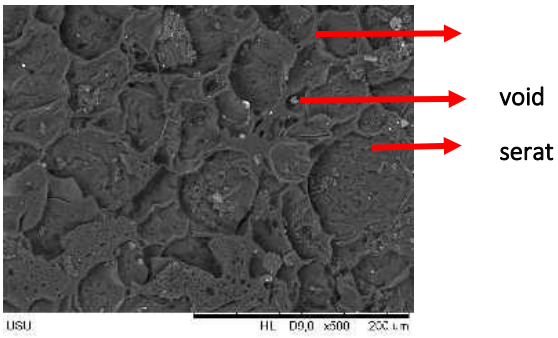
Gambar 9. Hasil Pengujian Impak *Bio composite* dari Serat Pelepah Sawit Menggunakan Resin Poliester

Gambar 9 hasil uji impak dari *bio composite* serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester yang dihasilkan dengan variasi komposisi 75%:25% dengan berbagai panjang serat pelepah sawit 2 cm sebesar 0,1946 J/mm^2, panjang serat pelepah sawit 4 cm sebesar 0,4936 J/mm^2, panjang serat pelepah sawit 6 cm sebesar 0,8634 J/mm^2, panjang serat pelepah sawit 8 cm sebesar 1,1144 J/mm^2 dan panjang serat pelepah sawit 10 cm sebesar 1,1262 J/mm^2. Nilai impak terendah dari *bio composite* yang terbuat dari serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester komposisi 75%25% dengan panjang serat 2 cm memiliki nilai sebesar 0,1946 J/mm^2. Sedangkan nilai impak tertinggi dari *bio composite* yang terbuat dari serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester komposisi 75%25% dengan panjang serat 10 cm memiliki nilai sebesar 1,1262 J/mm^2 kuat tekan meningkat dengan jumlah fraksi massa komposisinya sehingga mencapai nilai optimum impak. Seiring dengan meningkatnya panjang serat pelepah sawit membuat *bio composite* memiliki kekuatan mekanik berupa nilai impak yang semangkin baik (Asyraf et al., 2022).

Uji Mikrostruktur

Hasil pengujian mikrostruktur bertujuan untuk mengidentifikasi pori-pori pada *bio composite* yang terbuat dari serat kelapa sawit dan resin poliester. Gambar mikrostruktur tersebut direkam menggunakan SEM dengan pembesaran 500x, dan ditampilkan pada Gambar 10 di bawah ini:

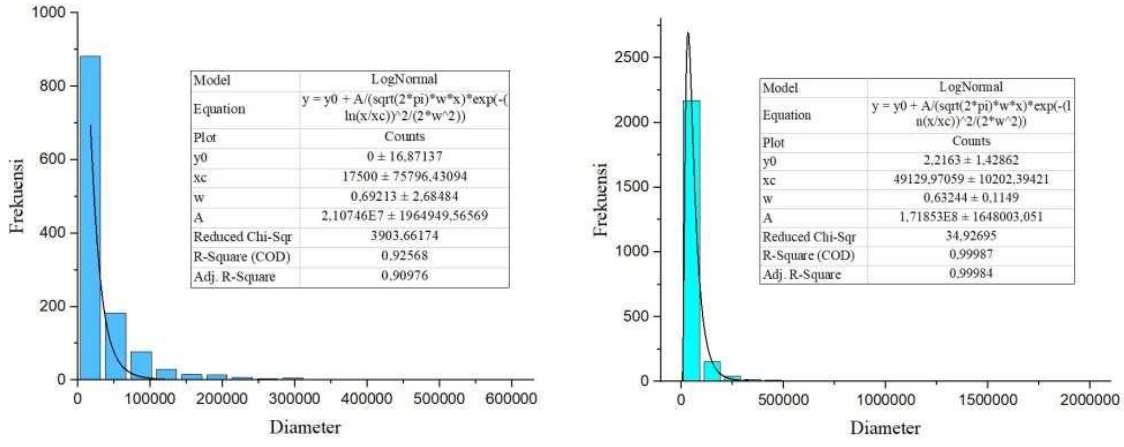




E

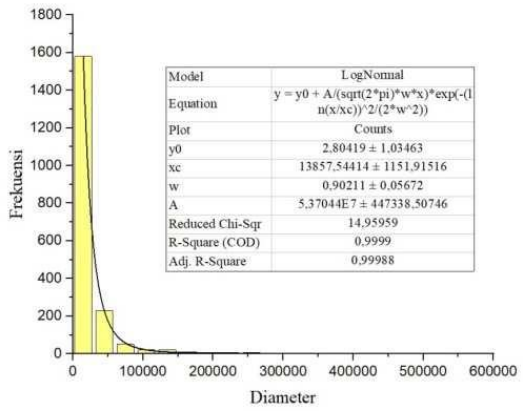
Gambar 10. Hasil Uji mikrostruktur pada permukaan *bio composite* dari serat pelepah sawit dengan mengunakan resin poliester dengan panajng serat (A) panjang serat 2 cm (B) panjang serat 4 cm (C) panjang serat 6 cm (D) panjang serat 8 cm dan (E) panjang serat 10 cm

Setelah selesai dicetak *bio composite* dari serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester dengan variasi komposisi Serat Pelepah Sawit : Resin Poliester yang kemudian dilakukan pengujian SEM. Pada gambar 7 menunjukkan adanya perbedaan antara sampel A, B, C, D, dan E. Hasil uji mikrostruktur dengan SEM pada permukaan *bio composite* dari serat pelepah sawit dengan mengunakan resin poliester dengan komposisi 75%:25% dengan panjang serat 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm. Mikrostruktur sampel diatas menunjukan bahwa semakin besar campuran bahan dan penekanan saat pencetakan mempengaruhi karakteristik dari *bio composite* (Teltschik et al., 2024). Pada gambar 10 kita dapat melihat banyak terdapat rongga atau pori yang terbentuk pada *bio composite* dimana kita dapat menganalisanya menggunakan aplikasi image j dan origin lab untuk menentukan distribusi ukuran partikel pada tiap-tiap sampel dan dapat di ilustrasikan dalam bentuk grafik di bawah ini :

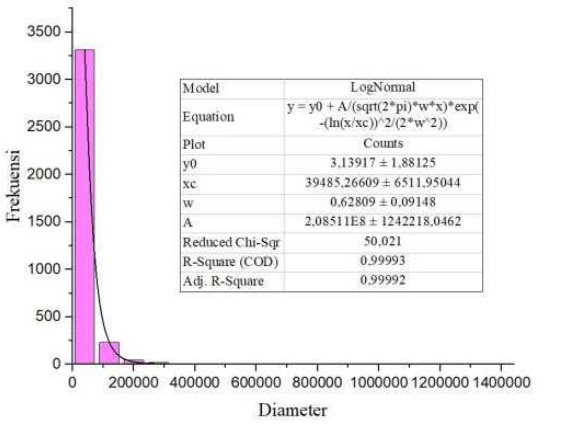


A

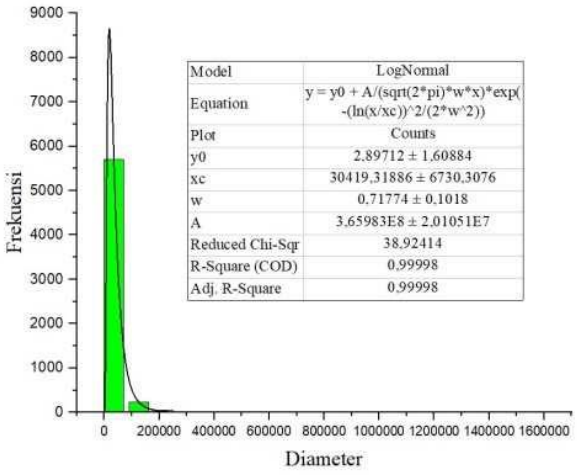
B



C



D



E

Gambar 11. Distribusi ukuran partikel *bio composite* dari serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester dengan komposisi Serat Pelepah Sawit : Resin Poliester (75%:25%) dengan variasi panajng serat (A) 2 cm, (B) 4 cm, (C) 6 cm, (D) 8 cm, (E) 10 cm

Gambar 11 menunjukkan ukuran dari partikel rata *bio composite* serat pelepah sawit : resin poliester dengan mengunakan aplikasi Image J dan Origin Lab. Hasil pengukuran menunjukkan ukuran partikel rata-rata *bio composite* serat pelepah sawit : resin poliester dengan komposisi 75%:25% adalah pada sampel 1 dengan variasi panjang serat 2 cm sebesar 17500 ± 75796,43094 µm dengan nilai besaran tiap-tiap partikel Adj. R-Square sebesar 0,90976 µm, sampel 2 dengan variasi panjang serat 4 cm sebesar 49129,97059 ± 10202,39421 µm dengan nilai besaran tiap-tiap partikel Adj. R-Square sebesar 0,99984 µm, sampel 3 dengan variasi panjang serat 6 cm sebesar 13857,54414 ± 1151,91516 µm dengan nilai besaran tiap-tiap partikel Adj. R-Square sebesar 0,99986 µm, sampel 4 dengan variasi panjang serat 8 cm sebesar 39485,26609 ± 6511,95044 µm dengan nilai besaran taip partikel Adj. R-Square sebesar 0,99992 µm dan Sampel 5 dengan variasi panjang serat 10 cm sebesar 30419,31886 ± 6730,3076 µm dengan nilai besaran taip partikel Adj. R-Square sebesar 0,99998 µm.

Dengan terus bertambahnya panajng serat pelepah sawit membuat *bio composite* memiliki ukuran partikel yang semangkin baik dengan nilai optimum terbaik Adj R-Square ialah pada sampel 5 komposisi antara serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester 75%:25% dengan panjang serat 10 cm sebesar 0,99998 µm (Zine et al., 2023).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang *bio composite* yang terbuat dari serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester, diperoleh kesimpulan komposisi yang optimum *bio composite* serat pelepah sawit dengan menggunakan resin poliester ialah komposisi 75%:25% dengan variasi panjang serat 10 cm memiliki nilai sifat fisis yaitu densitas sebesar 0,793 gr/cm^3, porositas sebesar 0,134%, daya serap air sebesar 0,169%, dan nilai sifat mekanik yaitu uji tekan sebesar 19,234 MPa, uji tarik sebesar 735,95 MPa, uji impak sebesar 1,1262 J/mm^2 serta didukung pengamatan mikrostruktur menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan nilai sebesar 30419,31886 ± 6730,3076 µm dengan nilai besaran taip partikel Adj. R-Square sebesar 0,99998 µm. Hasil penelitian ini menghasilkan bahan *bio composite* yang dapat berfungsi sebagai alternatif pengganti kayu, karena sesuai dengan standar evaluasi JIS (Japanese Industrial Standard) A 5095:2003 dengan kategori "medium board" berdasarkan pengujian sifat fisis dan mekanik. Pengujian karakteristik fisis dan mekanik pada *bio composite* yang dibuat dari serat pelepah sawit dengan resin poliester. menghasilkan nilai-nilai sifat fisis, seperti densitas, yang memiliki rentang antara 0,716 gr/cm^3 - 0.793 gr/cm^3, nilai porositas berkisar antara 0,134% - 0,248% dan nilai daya serap air berksar antara 0,169% - 0,347% dan nilai sifat mekanik yaitu uji tekan berkisar antara 4,941-

19,234 MPa, uji tarik berkisar antara 199,50-735,95 MPa, uji impak berkisar antara 0,1946-1,1262 J/mm^2. Nilai uji dari parameter tersebut didukung dari hasil pengamatan mikrostruktur mengunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan nilai Adj. R-Square berkisar antara 0,90976-0,99998 µm, menyatakan bahwa *bio composite* menunjukkan kualitas baik dari segi sifat fisis maupun mekanik.

Saran

Untuk penelitian berikutnya, bisa dipertimbangkan penggunaan bahan baku alternatif atau perekat yang berbeda, serta perhatikan proses pencampuran antara serat pelepah sawit : resin poliester kedalam cetakan harus diperhatikan dengan jelas kalau sudah tercampur dengan merata agar pada saat penekanan *bio composite* tidak ada bagian *bio composite* yang menyebar keluar cetakan dan pada saat perhitungan komposisi harus benar benar diperhatikan perhitungan komposisi bahan komposit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dari program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Asahan.

REFERENSI

AL-Fakih, G. O. A., Ilyas, R. A., Huzaifah, M. R. M., & El-Shafay, A. S. (2024). Recent advances in sago (Metroxylon sagu) fibres, biopolymers, biocomposites, and their prospective applications in industry: A comprehensive review. *International Journal of Biological Macromolecules*, *269*, 132045. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132045

Asyraf, M. R. M., Ishak, M. R., Syamsir, A., Nurazzi, N. M., Sabaruddin, F. A., Shazleen, S. S., Norrrahim, M. N. F., Rafidah, M., Ilyas, R. A., Rashid, M. Z. A., & Razman, M. R. (2022). Mechanical properties of oil palm fibre-reinforced polymer composites: a review. *Journal of Materials Research and Technology*, *17*, 33–65. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.12.122

Benallel, A., Tilioua, A., & Garoum, M. (2024). Development of thermal insulation panels bio-composite containing cardboard and date palm fibers. *Journal of Cleaner Production*, *434*, 139995. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139995

Brindha, U., Chellapandian, M., & Maheswaran, J. (2024). Retrofitting of severely damaged RC beams using novel bio-composite-based mat-matrix system. *Structures*, *63*, 106480. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.106480

Butar-Butar, J. P. (2023). *Analisa Sifat Mekanis Komposit Dengan Variasi Arah Serat Pelepah Kelapa Sawit*.

Carvalho, D., Ferreira, N., França, B., Marques, R., Silva, M., Silva, S., Silva, E., Macário, D., Barroso, L., Silva, C. J., & Oliveira, C. (2024). Advancing sustainability in the automotive industry: Bioprepregs and fully bio-based composites. *Composites Part C: Open Access*, *14*, 100459. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2024.100459

Dias Lopes, P., Batiot, B., Rogaume, T., & Dréan, V. (2024). Characterization of the fire behaviour of an exterior insulation system at intermediate scale. Application to a high-pressure laminate (HPL) claddings. *Fire Safety Journal*, *142*, 104052. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.104052

El-Shekeil, Y. A., AL-Oqla, F. M., Refaey, H. A., Bendoukha, S., & Barhoumi, N. (2024). Investigating the mechanical performance and characteristics of nitrile butadiene rubber date palm fiber reinforced composites for sustainable bio-based materials. *Journal of Materials Research and Technology*, *29*, 101–108.

https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.01.092

Firmanda, A., Fahma, F., Syamsu, K., Suprihatin, S., Purnawati, R., Mahardika, M., Suryanegara, L., Saito, Y., Wood, K., & Sinaga, R. (2023). Cellulose and its composite for sustainable oils/water (O/W) separation: From cellulose sponge to 3D printed nanocellulose. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *11*(5), 110359. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110359

Hasanah, M., Susilawati, S., & Ramadhan, A. (2023). Performance optimization of CuO-ZnO ceramic electrode on the electrocoagulation of wastewater. *Materials Science for Energy Technologies*, *6*, 7–14. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mset.2022.11.001

Imraan, M., Ilyas, R. A., Norfarhana, A. S., Bangar, S. P., Knight, V. F., & Norrrahim, M. N. F. (2023). Sugar palm (Arenga pinnata) fibers: new emerging natural fibre and its relevant properties, treatments and potential applications. *Journal of Materials Research and Technology*, *24*, 4551–4572. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.04.056

Kovářík, T., Hájek, J., Deshmukh, K., Beneš, J., Svoboda, M., Kadlec, J., Vála, L., Strejcová, K., & Tišler, Z. (2024). Geopolymer composite foams reinforced with refractory filler: The effect of curing regime on microstructure, porosity and thermomechanical properties. *Ceramics International*, *50*(5), 8397–8408. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.12.175

Li, C., Chen, H., Zhang, H., & Marrow, T. J. (2024). Mechanical properties of magnesium-based wood-like material subjected to splitting tensile tests. *Case Studies in Construction Materials*, *20*, e02955. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e02955

Madusari, S., Bindar, Y., Prakoso, T., Ahamad Nordin, N. I. A., & Jamari, S. S. (2023). Morphological and thermal stability characteristics of oil palm frond and trunk by ultrasound-low alkali-based pretreatment. *Materials Today: Proceedings*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.669

Mat Daud, S. Z., Lim, J., Amir, M., & Kim, S.-W. (2024). Enhancing impact energy absorption in composite sandwich structures through synergistic smart material integration. *Results in Engineering*, *21*, 101902. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.101902

Othman, F. E. C., Yusof, N., Ismail, A. F., Rushdan, A. I., & Low, H. Y. (2024). Electrospun graphene carbon nanofibers for CO2 capture and storage: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *12*(2), 112014. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.112014

Prabhuram, T., Prathap Singh, S., Elil Raja, D., Immanuel Durairaj, J., Chrispin Das, M., & Ravichandran, P. (2023). Development and mechanical characterization of jute fibre and multi-walled carbon nanotube-reinforced unsaturated polyester resin composite. *Materials Today: Proceedings*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.08.302

Saharudin, D. M., Jeswani, H. K., & Azapagic, A. (2024). Biochar from agricultural wastes: Environmental sustainability, economic viability and the potential as a negative emissions technology in Malaysia. *Science of The Total Environment*, *919*, 170266. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170266

Shi, J., Shan, Z., & Yang, H. (2024). Research on the macro- and meso-mechanical properties of frozen sand mold based on Hertz-Mindlin with Bonding model. *Particuology*, *88*, 176–191. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.partic.2023.08.019

Siddiqui, V. U., Sapuan, S. M., Isah, A., Yusuf, J., & Khan, A. (2024). Advancements in multiscale oil palm fiber composites: Manufacturing techniques, performance evaluation, and industrial applications. *Industrial Crops and Products*, *213*, 118399.

https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118399

Sun, W., Tajvidi, M., Howell, C., & Hunt, C. G. (2022). Insight into mycelium-lignocellulosic bio-composites: Essential factors and properties. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, *161*, 107125. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2022.107125

Teltschik, J., Matter, J., Woebbeking, S., Jahn, K., Adasme, Y. B., van Paepegem, W., Drechsler, K., & Tallawi, M. (2024). Review on recycling of carbon fibre reinforced thermoplastics with a focus on polyetheretherketone. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 108236. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2024.108236

Yi, Y., Zhao, C., Shindume, H. L., Ren, J., Chen, L., Hou, H., Ibrahim, M. M., El-Bahy, Z. M., Guo, Z., Zhao, Z., & Gu, J. (2024). Enhanced electromagnetic wave absorption of magnetite-spinach derived carbon composite. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *694*, 134149. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.134149

Zhang, M., Shi, J., & Beeby, S. P. (2023). Improved charge density and stability in PDMS ferroelectrets using PDMS/PTFE composite materials. *Sensors and Actuators A: Physical*, *364*, 114763. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sna.2023.114763

Zheng, Y., Zhao, Z., Xiong, R., Ren, G., Yao, M., Liu, W., & Zang, L. (2024). Effect of post heat treatment on microstructure, mechanical property and corrosion behavior of AlSi10Mg alloy fabricated by selective laser melting. *Progress in Natural Science: Materials International*, *34*(1), 89–101. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2024.02.001

Zine, O., Taoukil, D., El Abbassi, I., Laaroussi, N., Kadri, E.-H., Lahlaouti, M. lhassane, & El bouardi, A. (2023). Experimental and theoretical thermal investigation of bio-composite panels based on sawdust particles. *Journal of Building Engineering*, *76*, 107251. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107251