

PEMANFAATAN LIMBAH TANDAN KOSONG SAWIT (TKS) SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF DALAM PEMBUATAN BADAN WAHANA TERBANG TIPE FIXED WING ATHA MAPPER 2150

Kaspul Anuar

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Riau
Jurusan Teknik Mesin
kaspul.anuar@lecturer.unri.ac.id

Warman Fatra

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Riau
Jurusan Teknik Mesin
warman.fatra@lecturer.unri.ac.id

Anita Susilawati

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Riau
Jurusan Teknik Mesin
anitasusilawati@lecturer.unri.ac.id

To improve the application and use value of Palm Oil Empty Fruit Bunch (OPEFB) waste as a composite material, the research team conducted research related to the utilization OPEFB fiber as an alternative material to replace carbon fiber in the manufacture of fuselage of Unmanned Aerial Vehicle (UAV). The low price of OPEFB, low of specific density and it's abundant availability are the basis of research to apply it's fiber as material of UAV fuselage. This research begins with the processing of OPEFB into fiber through an alkali treatment process. Furthermore, the process of maleated natural rubber as a mixture of resin matrix. Afterward, the fuselage is molded use hybrid fiberglass-OPEFB fiber and resin epoxy that has been mixed with natural rubber. Fuselage of UAV is also molded with material of hybrid fiberglass-fibercarbon. Based on mass measurements, the fuselage of hybrid fiberglass-OPEFB fiber material and the fuselage of hybrid fiberglass-carbon fiber material have a mass of 510 grams and 540 grams respectively. For deflection measurement, fuselage of hybrid fiberglass-OPEFB fiber material has a maximum deflection as 2.01 mm, while the fuselage of hybrid fiberglass-fibercarbon material has a maximum deflection as 1.19 mm. In statis impact test, the two fuselage are able to withstand shock load.

Keywords: Material, Fuselage, OPEFB

1. PENDAHULUAN

Pengolahan limbah Tandan Kosong Sawit (TKS) menjadi bahan yang bermanfaat telah banyak dilakukan. Limbah tandan kosong sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik [1]. Limbah tandan kosong sawit juga dapat diolah menjadi briket arang pengganti bahan bakar minyak dan arang kayu bakar [2-3]. Dewasa ini, penelitian terkait pemanfaatan limbah tandan kosong sawit sudah mengarah ke topik material komposit. Dimana komposit merupakan material yang terdiri dari dua/lebih bahan dengan sifat masing-masing bahan yang berbeda [4].

Fatra dkk melakukan penelitian terkait pengaruh perlakuan alkali (*alkaline treatment*) terhadap sifat serat tandan kosong sawit berpenguat resin polypropylene. Berdasarkan hasil pengujian terhadap spesimen komposit, kekuatan tarik tertinggi diperoleh dari serat tandan kosong sawit yang direndam selama 36 jam dengan konsentasi larutan alkalin sebanyak 5% [5].

Agustina dkk melakukan penelitian terkait karakteristik serat Tandan Kosong Sawit (TKS) dengan perlakuan perebusan dan pengukusan. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, serat tandan kosong sawit yang diberi perlakuan perebusan memiliki kekuatan tarik sebesar 1067,50 kg/cm² dan massa jenis sebesar 0,14 gr/cm³. Sedangkan serat tandan kosong sawit yang diberi perlakuan pengukusan memiliki kekuatan tarik sebesar 1073,73 kg/cm² dan densitas sebesar 0,14 gr/cm³ [6].

Tahun 2017, Safrijal dkk, melakukan penelitian terkait pengujian papan komposit yang diperkuat dengan serat tandan kosong sawit [7]. Dalam penelitian ini, material komposit dibentuk dari campuran serat tandan kosong sawit dengan resin polyester. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, diperoleh papan kom-

posit dengan nilai impak rata-rata adalah $0,467 \text{ J/mm}^2$. Rata-rata arah horizontal $0,491 \text{ J/mm}^2$, nilai tertinggi arah vertikal $0,480 \text{ J/mm}^2$, dan arah horizontal $0,506 \text{ J/mm}^2$.

Selanjutnya pada tahun 2019, Oktriono dkk melakukan penelitian terkait karakterisasi komposit *hybrid* tandan kosong sawit-*fiberglass* dengan matriks berupa campuran resin epoxy dan *coupling agent* karet alam. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik tertinggi terdapat pada komposit dengan perbandingan serat TKS/E-Glass dan *coupling agent* 40% : 60% : 9%, yaitu 75,545 MPa. Kekuatan lentur terdapat pada komposit dengan perbandingan serat TKS/E-Glass dan *coupling agent* 40% : 40% : 9%. Hasil penelitian menunjukkan *coupling agent* mampu memberikan adhesi antara *interface* serat dan matriks sehingga matriks dapat mengikat dengan baik dan mengurangi *porosity* [8].

Limbah tandan kosong sawit dapat diolah menjadi material komposit karena memiliki sifat mekanis dan sifat fisik yang baik [9]. Salah satu keunggulan serat tandan kosong sawit yaitu nilai densitasnya yang lebih rendah dibandingkan serat sintesis seperti *fiberglass* dan *fibercarbon* [10-11]. Selain itu, serat tandan kosong sawit juga memiliki nilai kekuatan spesifik yang baik serta bersifat ramah lingkungan karena bisa terdegradasi oleh alam [12]. Berdasarkan keunggulan sifat mekanis, sifat fisis dan harganya yang murah, komposit alam dari serat tandan kosong sawit berpotensi untuk diaplikasikan pada industri material, industri otomotif dan wahana terbang [13] [14].

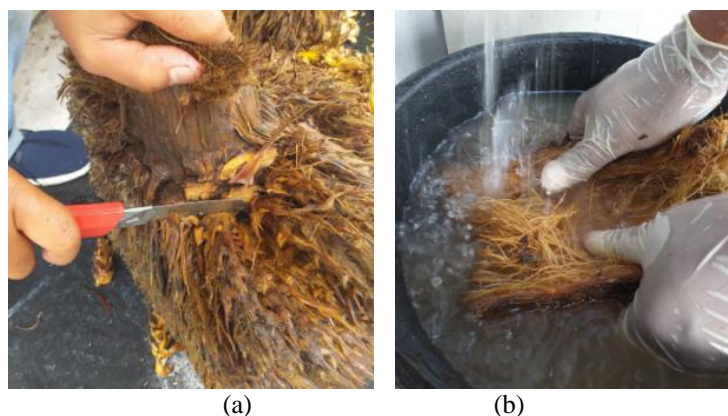
Usaha pemanfaatan limbah tandan kosong sawit sebagai material komposit pada pembuatan *fuselage* wahana terbang telah dilakukan oleh tim peneliti pada tahun 2019 [15]. Pada penelitian ini, *fuselage* berhasil diproduksi dan melewati serangkaian pengujian seperti uji defleksi, uji benturan statis dan uji terbang. Namun penelitian ini memiliki beberapa kekurangan seperti adanya *void /porosity* yang terdapat pada beberapa bagian *fuselage*. Selain itu, massa *fuselage* juga relatif masih tinggi sebesar 752 gram.

Pada penelitian ini, tim kembali mengembangkan *fuselage* wahana terbang tanpa awak dengan menggunakan material *hybrid fiberglass* – serat tandan kosong sawit. Matriksnya menggunakan resin epoxy yang dicampur dengan *coupling agent* berupa serat alam. Hal ini bertujuan agar adhesi antara *interface* serat dan matriks semakin tinggi sehingga diharapkan kualitas *fuselage* yang dibuat menjadi lebih baik.

2. METODE DAN BAHAN

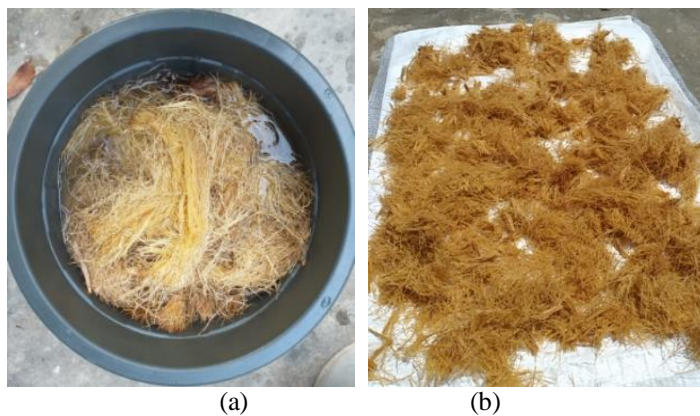
2.1 Pengolahan Limbah TKS

Sebelum digunakan, limbah tandan kosong sawit diproses terlebih dahulu agar didapatkan material dasar berupa serat (*fiber*). Proses pengolahan tandan kosong sawit diawali dengan penjemuran selama tiga hari yang bertujuan untuk memudahkan proses pemipilan serat tandan sawit dari bonggolnya. Setelah kering, serat tandan sawit dipipil dari bonggolnya dan dicuci menggunakan larutan aquades. Serat tandan sawit yang telah dicucui bersih, kemudian dijemur kembali selama 3 hari. Gambar 1 menampilkan proses pengolahan serat tandan kosong sawit.



Gambar 1: (a). Proses pemotongan serat tandan kosong sawit, (b). pencucian.

Tahapan berikutnya yaitu melakukan proses alkali *treatment* dengan cara merendam serat tandan kosong sawit ke dalam larutan abu hasil pembakaran tandan sawit. Perendaman dilakukan selama 36 jam yang bertujuan untuk menghilangkan zat lignin dan hemiselulosa yang terkandung pada serat TKS. Setelah perendaman selesai, serat TKS kemudian dipotong menggunakan gunting dengan panjang serat 3 cm lalu lakukan proses penjemuran serat selama 2-3 hari sampai serat benar-benar kering. Gambar 2 menampilkan proses perendaman dan penjemuran serat TKS.



Gambar 2: (a). Proses perendaman, (b). Proses penjemuran serat TKS.

2.2 Pembuatan MNR Sebagai Agen Kopling

Karet alam jenis SIR 20 dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 40 °C selama 24 jam dan ditimbang sebanyak 40 gram. Selanjutnya karet alam dimastikasi untuk memutus rantai molekulnya agar menjadi lebih pendek sehingga mengurangi viskositas karet alam. Mastikasi dilakukan di dalam internal *mixer* selama 2 menit dengan temperatur 150 °C dan kecepatan rotor 60 rpm. Setelah dimastikasi, *Maleat Anhidrida* (MAH) 8 phr ditambahkan dan diaduk dalam *mixer* selama 10 menit. Kemudian MNR dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam aluminium foil [16]. Gambar 3 menampilkan proses mastikasi karet alam.



Gambar 3: Proses mastikasi karet alam.

Maleat anhidrat yang tidak ter-*grafting* pada karet alam dihilangkan melalui proses ekstraksi. *Natural rubber grafted maleat anhidrat* (NR-g-MAH) dikeringkan dalam oven pada temperatur 40 °C selama 24 jam kemudian ditimbang dan ditambahkan 250 ml toluen ke dalam *erlen meyer*. Selanjutnya di-*refluks* pada temperatur 100 °C selama 10 menit menggunakan kompor listrik. Setelah temperatur tercapai, kemudian kompor listrik dimatikan. MNR dimasukan ke dalam *erlen meyer* dan diaduk secara memutar sampai larutan toluen berubah warna menjadi keruh.

Gel yang dihasilkan kemudian diendapkan dengan penambahan aseton sedikit demi sedikit sebanyak 300 ml sebagai larutan pengendap MNR. Kemudian larutan toluen diaduk pada *erlen meyer* hingga berubah warna menjadi jernih dan membentuk gumpalan MNR yang saling mengikat.

Gel MNR atau endapan yang dihasilkan kemudian disaring dengan penyaring yang terhubung dengan pompa vakum dan dicuci berkali-kali dengan aseton. Selanjutnya *gel* MNR dimasukkan ke dalam aluminium foil lalu dikeringkan di dalam oven pada temperatur 40 °C selama 24 jam. Gambar 4 menampilkan proses penyaringan endapan MNR dengan pompa vakum.



Gambar 4: Proses penyaringan endapan mnr dengan pompa vakum.

2.3 Pembuatan Badan Wahana Terbang Tanpa Awak

Proses pembuatan badan wahana dilakukan dengan cara mencetak badan wahana terbang menggunakan cetakan wahana Atha Mapper 2150 [17]. Badan wahana terbang tanpa awak dibuat sebanyak dua unit. Pada unit pertama, badan dicetak menggunakan material *hybrid fiberglass*-serat TKS dengan matriks berupa resin epoxy, natural rubber dan katalis mexpo [18]. Pada unit kedua, badan dicetak menggunakan material *hybrid fiberglass-fibercarbon*.

Sebelum memasuki tahap pencetakan, cetakan badan wahana tanpa awak terlebih dahulu dilapis dengan *Polyvinyl Alcohol (PVA)* dan *wax*. Pemberian PVA dan *wax* berguna agar hasil cetakan tidak lengket dengan cetakan. Setelah kering, proses mencetak dilakukan dengan menggunakan serat TKS sebanyak tiga lapisan dan *fiberglass* sebanyak 1 lapisan. Proses pencetakan dilakukan dengan menggunakan metode *vacuum bagging* [19-20]. Proses vakum dilakukan selama 3 jam. Proses pencetakan untuk 1 unit badan wahana tanpa awak dilakukan sebanyak dua kali. Hal ini dikarenakan cetakan untuk satu unit badan wahana tanpa awak terdiri dari dua bagian. Gambar 5 menampilkan proses pencetakan badan wahana terbang tanpa awak bagian kiri.



Gambar 5: Proses pencetakan badan wahana tanpa awak.

Setelah pencetakan badan wahana tanpa awak bagian kiri selesai dibuat, proses dilanjutkan dengan mencetak bagian kanan badan wahana tanpa awak. Proses pencetakan ini dilakukan seperti proses mencetak badan wahana tanpa awak bagian kiri. Hasil pencetakan kedua bagian ini, kemudian digabungkan agar terbentuk satu unit badan wahana tanpa awak yang utuh. Proses penggabungan kedua hasil cetakan badan ini dilakukan dengan menggunakan lem *epoxy*. Untuk unit badan wahana tanpa awak dengan material *fiberglass* dan *fibercarbon*, tahapan pencetakannya sama dengan proses pembuatan unit badan wahana tanpa awak pertama. Perbedaannya yaitu material TKS diganti dengan material *fibercarbon*.

2.4 Pengukuran Massa, Defleksi Dan Pengujian Benturan Statik

Pada tahap pertama, pengukuran dilakukan dengan menimbang massa dari kedua unit badan wahana tanpa awak. Proses pengukuran massa dilakukan menggunakan timbangan gantung digital. Pengukuran massa ini berguna untuk mengetahui apakah massa dari badan wahana tanpa awak yang dibuat, memenuhi kriteria desain wahana Atha Mapper 2150.

Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai defleksi yang terjadi di sepanjang badan wahana terbang

tanpa awak. Pada pengukuran nilai defleksi ini, beban yang digunakan sesuai dengan beban *real* (*payload*) dan perangkat elektronik yang bekerja pada badan wahana. Proses pengukuran dilakukan menggunakan *dial indicator*. Pengukuran ini berguna untuk mengetahui tingkat lendutan yang terjadi pada badan wahana tanpa awak. Jika defleksi yang terjadi melebihi nilai kriteria, hal ini akan mempengaruhi kinerja sensor *gyro* yang terdapat pada wahana terbang. Gambar 6 menampilkan proses pengukuran nilai defleksi pada badan wahana tanpa awak.



Gambar 6: Proses pengukuran nilai defleksi pada badan wahana tanpa awak.

Pengujian terakhir yang dilakukan adalah uji benturan statik. Pengujian ini berguna untuk mengetahui kemampuan badan wahana terbang tanpa awak dalam menahan benturan akibat *landing* tanpa roda pendarat. Pengujian benturan statik dilakukan menggunakan alat uji dampak berbentuk bandul. Bandul ini memiliki nilai beban yang mewakili kondisi ketika badan wahana tanpa awak jatuh pada ketinggian 1 meter. Gambar 7 menampilkan proses uji benturan statik pada badan wahana tanpa awak.



Gambar 7: Proses uji benturan statik pada badan wahana tanpa awak.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Pembuatan Badan (*Fuselage*) Wahana Terbang Tanpa Awak

Gambar 8 menampilkan hasil pembuatan badan wahana terbang dengan material *hybrid fiberglass-serat* TKS.



Gambar 8: Hasil pembuatan badan wahana dengan material *hybrid fiberglass-serat* TKS.

Gambar 9 berikut menampilkan hasil pembuatan badan wahana terbang dengan material *hybrid fiberglass-fibercarbon*.

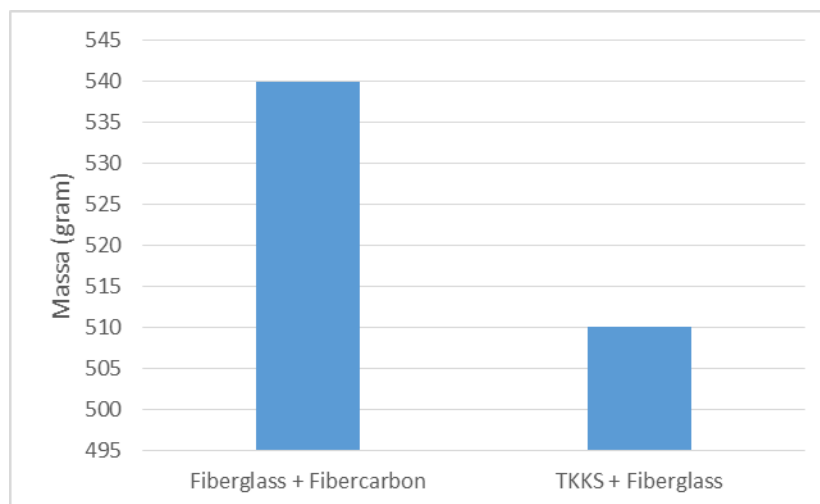


Gambar 9: Hasil pembuatan badan wahana dengan material *hybrid fiberglass-fibercarbon*.

Hasil pembuatan fuselage wahana terbang tanpa awak dengan menggunakan material hybrid fiberglass-TKS berhasil dilakukan. Pada permukaan *fuselage* yang dibuat, void yang terjadi relatif lebih rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [15]. Hal ini menunjukkan penambahan *coupling agent* berupa karet alam mampu meningkatkan adhesi antara *interface* serat dan matriks sehingga void yang terjadi menjadi berkurang.

3.2 Hasil Pengukuran Massa Badan Wahana Tanpa Awak

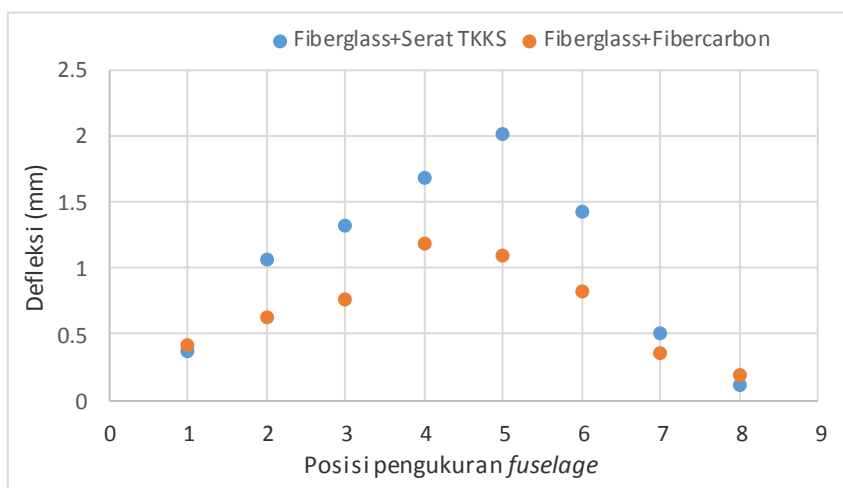
Dari hasil pengukuran massa seperti terlihat pada gambar 10, massa badan wahana dengan material utama *hybrid fiberglass-fibercarbon* relatif lebih besar dibanding massa badan wahana dengan material *hybrid fiberglass-serat TKS*. Hal ini sejalan dengan nilai densitas dari serat TKS lebih rendah dibanding densitas *fibercarbon*. Jika dibandingkan dengan kriteria desain yang telah ditetapkan pada wahana Atha Mapper 2150 (≤ 680 gram), massa kedua jenis badan wahana masih memenuhi kriteria desain.



Gambar 10: Hasil pengukuran massa badan wahana

3.3 Hasil Pengukuran Nilai Defleksi

Pengukuran nilai defleksi dilakukan dengan memberikan pembebanan total sebesar 6000 gram pada badan wahana. Nilai defleksi yang terjadi pada badan wahana berada dalam kondisi aman jika defleksinya ≤ 5 mm. Gambar 11 menampilkan hasil pengukuran nilai defleksi yang terjadi pada kedua badan wahana.



Gambar 11: Grafik hasil pengukuran nilai defleksi yang terjadi pada kedua badan wahana.

Dari gambar 11 terlihat defleksi yang terjadi pada badan wahana dengan material *hybrid fiberglass-fibercarbon* lebih kecil dibanding badan wahana dengan material *hybrid fiberglass-serat TKS*. Hal ini dikarenakan nilai modulus elastisitas dari material *fibercarbon* lebih besar dibanding material serat TKS. Namun secara umum, defleksi yang terjadi pada kedua badan wahana, terlihat jauh dibawah 5 mm. Hal ini menunjukkan nilai defleksi yang terjadi masih sesuai dengan kriteria desain wahana Atha Mapper 2150.

3.4 Hasil Uji Benturan Statis

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji impak berbentuk bandul. Massa bandul yang digunakan sebesar 6 kg. Pengujian benturan statis mewakili kondisi badan wahana ketika mengalami *hard landing* (jatuh bebas) pada ketinggian 1 meter diatas permukaan tanah. Hasil yang didapat pada proses uji ini dapat dilihat pada gambar 12 berikut.



Gambar 12: Kondisi badan wahana sebelum dan setelah mengalami uji benturan statis.

Dari gambar 12 terlihat kondisi badan wahana sebelum dan sesudah mengalami uji benturan statis. Dari gambar tersebut terlihat kedua badan wahana tidak mengalami robek ataupun retak. Hal ini menunjukkan kedua badan wahana aman ketika mengalami benturan (*hard landing*) pada saat *landing* tanpa roda pendarat.

4. KESIMPULAN

Dari pengukuran massa yang dilakukan, badan wahana dengan material hybrid fiberglass-serat TKS memiliki massa yang memenuhi kriteria desain wahana Atha Mapper 2150 yaitu sebesar 510 gram. Selanjutnya nilai defleksi yang terjadi juga berada pada kondisi yang aman yaitu maksimum 2,01 mm. Pada uji benturan statis terlihat badan wahana dengan material hybrid fiberglass- serat TKS tidak mengalami retak/robek. Hal ini menunjukkan serat TKS layak untuk dijadikan material alternatif dalam pembuatan badan wahana terbang tanpa awak pengganti serat sintesis *fibercarbon*.

5. PERNYATAAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada LPPM Universitas Riau, yang sudah menyediakan dana untuk penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada seluruh pihak yang membantu proses penelitian dan penyusunan artikel ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. WARSITO, S. M. SABANG, and K. MUSTAPA, “Pembuatan Pupuk Organik Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit,” *J. Akad. Kim.*, vol. 5, no. 1, p. 8, 2017, doi: 10.22487/j24775185.2016.v5.i1.7994.
- [2] N. AMALIA, E. KURNIAWAN, and JALALUDDIN, “Pemanfaatan Arang Tandan Kosong Sawit Sebagai Bahan Bakar Alternative dalam Bentuk Briket,” *Prosiding*, pp. 1–10, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit/article/view/7812/4642>.
- [3] D. ERIVIAN TO, A. DANI, and H. GUNAWAN, “Pengolahan Biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap,” *J. Indones. Sos. Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 162–171, 2022, [Online]. Available: <https://jst.publikasiindonesia.id/index.php/jst/article/view/337/621>.
- [4] M. KHAYATI, M. INDARTO, F. W. KUSUMA, and T. WIDAYANTO, “Analisa Pengaruh Konsentrasi Limbah Serat Aren Dan Limbah Kertas Dalam Pembuatan Papan Komposit Terhadap Modulus Rupture,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 11(3), no. March, pp. 461–466, 2020, doi: <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2020.011.03.18>.
- [5] W. FATRA, H. ROUHILLAHI, Z. HELWANI, ZULFANSYAH, and J. ASMURA, “Effect of alkaline treatment on the properties of oil palm empty fruit bunch fiber-reinforced polypropylene composite,” *Int. J. Technol.*, vol. 7, no. 6, pp. 1026–1034, 2016, doi: 10.14716/ijtech.v7i6.3675.
- [6] L. AGUSTINA, UDIANTORO, and A. HALIM, “Karakteristik serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan perlakuan perebusan dan pengukusan,” *Karakteristik Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Perlakuan Perebusan Dan Pengukusan*, vol. 41, no. 1, pp. 97–102, 2016.
- [7] SAFRIJAL, S. ALI, and H. SUSANTO, “Pengujian Papan Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Menggunakan Alat Uji Impact Charpy,” *J. Mekanova*, vol. 3, no. 5, pp. 158–167, 2017, [Online]. Available: <http://www.jurnal.utu.ac.id/jmekanova/article/view/864>.
- [8] F. D. OKTRIYONO, W. FATRA, and K. ANUAR, “PEMBUATAN KOMPOSIT HYBRID SERAT TANDAN KOSONG SAWIT (TKS)/ E- JOM FTEKNIK Volume 6 Edisi 2 Juli s / d Desember 2019 JOM FTEKNIK Volume 6 Edisi 2 Juli s / d Desember 2019,” *JOM FTEKNIK*, vol. 6(2), pp. 5–9, 2019, [Online]. Available: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/26118>.
- [9] R. D. PRATAMA, M. FARID, and H. NURDIANSAH, “Pengaruh Proses Alkalisasi terhadap Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk,” *Tek. Its*, vol. 6, no. 2, pp. 251–254, 2017.
- [10] R. AZIZI, Y. E. PRAWATYA, and R. A. WICAKSONO, “Karakterisasi Pengaruh Orientasi Serat terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit,” *Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 28–35, 2021.
- [11] R. AZIZI, Y. E. PRAWATYA, and R. A. WICAKSONO, “Karakterisasi Pengaruh Ukuran Mesh terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit,” *Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 28–35, 2021.
- [12] S. HADI and M. PERDANA, “Pengaruh Bahan Komposit Ramah Lingkungan Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Termal Komposit Alam,” *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 34–38, 2018.
- [13] S. AGUSTINA, “Biokomposit Serat Kelapa Sawit Sebagai Bahan Otomotif,” *Pros. Semin. Nas. Has. Litbangyasa Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–37, 2018, [Online]. Available: <https://talenta.usu.ac.id/dinamis/article/view/7043>.
- [14] N. S. A, S. ABDA, MAHADI, F. ARIANI, and SUPRIANTO, “Eksperimen Kekuatan Impak Jatuh Bebas Pada Struktur Atap Mobil Dari Bahan Komposit Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit,” *J. Din.*, vol. 5(1), no. 2, pp. 1–8, 2017, [Online]. Available: <https://talenta.usu.ac.id/dinamis/article/view/7043/4203>.
- [15] M. TEGUH, K. ANUAR, M. TASLIM, and R. GURUH SAPUTRA, “The Application of Empty Palm Fruit Bunch (EPFB) As a Material for Fixed Wing Type Unmanned Aerial Vehicle Fuselage Production,” *J. Ocean. Mech. Aerosp. -science Eng.*, vol. 63, no. 3, pp. 13–16, 2019, doi: 10.36842/jomase.v63i3.133.

- [16] R. FERNANDO, W. FATRA, and Z. HELWANI, “Pembuatan Komposit Serat Campuran Tandan Kosong Sawit (Tks)/E-Glass Matriks Epoxy Dengan Metode Hand Lay-Up,” *Jom FTEKNIK*, vol. 6, no. 20, pp. 1–9, 2019, [Online]. Available: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/26134/25298>.
- [17] K. ANUAR, W. FATRA, and M. AKBAR, “Tricopter Vehicle Frame Structure Design Integrated as Platform of Fixed Wing Atha Mapper 2150,” vol. 64, no. 2, pp. 68–72, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.36842/jomase.v64i2.218>.
- [18] S. ARIEF, P. PRATIJKO, and Y. SURYA IRAWAN, “Pengaruh Fraksi Volume Serat Kayu Gelam (Melaleuce Leucandendra) terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Bermatrik Polyester,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 3, pp. 123–128, 2016, doi: 10.21776/ub.jrm.2016.007.03.3.
- [19] G. NUGROHO, I. PRANOTO, and N. Z. ROHMANA, “Effect of breather type and vacuum pressure on the manufacturing of an unmanned aerial vehicle fuselage using vacuum bagging method,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1983, 2018, doi: 10.1063/1.5046262.
- [20] K. ANUAR, M. AKBAR, and HERISISWANTO, “Wing design of uav serindit v-1,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 539, p. 012002, 2019, doi: 10.1088/1757-899x/539/1/012002.