

## The Effect of Fiber Length Variations on the Composite Fiber of Oil Palm Empty Bunches (OPEB) on Tensile Strength

### Pengaruh Variasi Panjang Serat pada Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) terhadap Kekuatan Tarik

Reksi Dwi Cahyanto, Agus Mujianto\*, Binyamin, Andi Nugroho  
{Corresponding Email: am713@umkt.ac.id}

Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Jl.Ir.H.Juanda, Sidodadi,  
Kec.Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75243

**Abstract.** Composite is a combination of materials formed from mixing between two or more of the forming materials. This research aims to determine the effect of variations in fiber length with lengths of 4cm, 6cm, and 8cm with a volume fraction of OPEFB fiber of 30% and NaOH alkaline immersion for 2 hours. The tests carried out were tensile testing using ASTM D3039 and bending testing using ASTM D7264. Based on the study's results with the 30% OPEFB fraction with the highest tensile strength yield, the 8cm fiber length of 13,33 MPa was achieved. Meanwhile, the lowest value was achieved with a length of 4cm of 3,2MPa.

**Keywords** — Fiber Length; Flexural Strength; Tensile Strength; Volume Fraction

**Abstrak.** Komposit adalah gabungan bahan material yang terbentuk dari pencampuran antara dua atau lebih material pembentuknya. Penelitian ini bertujuan mengetahui bagaimana pengaruh variasi panjang serat dengan panjang 4cm, 6cm, dan 8cm dengan fraksi volume serat TKKS 30 % dan perendaman alkali NAOH selama 2 jam. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik menggunakan ASTM D3039 dan pengujian bending menggunakan ASTM D7264. Berdasarkan hasil dari penelitian dengan fraksi 30% TKKS dengan hasil rata-rata tertinggi kekuatan tarik dicapai panjang serat 8 cm sebesar 13.33 MPa. Sedangkan hasil rata-rata nilai terendah dicapai panjang 4 cm sebesar 3.2 MPa.

**Kata Kunci** — Panjang Serat; Kekuatan Lentur; Kekuatan Tarik; Fraksi Volume

## I. PENDAHULUAN

Pabrik kelapa sawit dapat menghasilkan limbah cair, gas dan padat. yaitu limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) yaitu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Salah satu contoh Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) di Kalimantan Selatan dengan kapasitas produksi 800 ton/hari dapat menghasilkan limbah 176 ton TKKS/hari. Permasalahan dari pabrik sawit ini adalah pembuangan dan pembakaran yang secara tidak merata oleh sebab itu masyarakat memanfaatkan limbah sawit sebagai pupuk organik dan pengeras jalan. Limbah TKKS ini merupakan serat salah satu alternatif dalam pembuatan komposit. Serat alam termasuk ketersediaannya yang melimpah dan beragam. penggunaan serat TKKS sebagai penguat komposit ini diharapkan bisa menjadi salah satu alternatif solusi untuk penanganan limbah pada industri kelapa sawit.

Penemuan bahan komposit merupakan revolusi terbesar dalam dunia ilmu material, karena memungkinkan komposit bersaing dengan material konvensional lainnya. namun material komposit lebih ringan. meskipun demikian material komposit tidak dapat digunakan secara langsung untuk menggantikan peran material konvensional dari suatu komponen mesin, tetapi perlu mengikuti tahap perencanaan dalam penelitian. dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan penelitian memungkinkan untuk memulai penelitian yang terus menerus terhadap bahan komposit, maupun dari segi analisis, perancangan dan proses pembuatannya sehingga menjadi suatu bahan yang unggul.

Potensi komposit serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) ini perlu penelitian lebih lanjut sehingga didapatkan material komposit yang unggul. Salah satu faktor yang berpengaruh pada kekuatan komposit adalah panjang serat, oleh sebab itu perlu diadakan penelitian tentang pengaruh panjang serat terhadap kekuatan komposit.

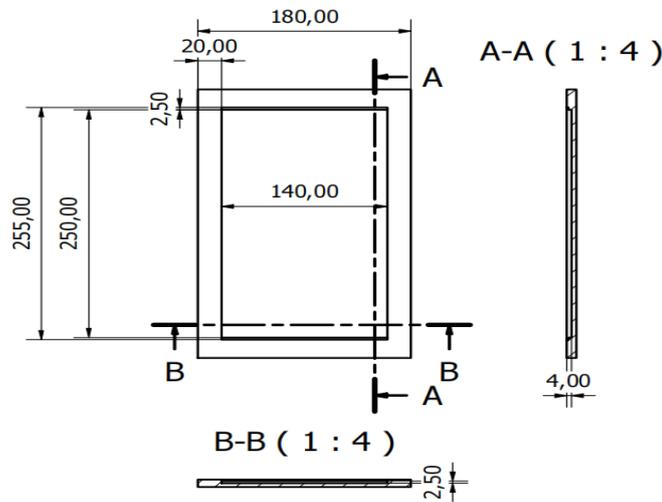
## II. METODE

### A. Alat dan bahan

Adapun alat alat yang digunakan adalah sarung tangan, gelas ukur, masker, kaca, kuas, cutter, timbangan digital, mesin gerinda dan pengaduk untuk bahannya adalah resin polyester, katalis, pelumas gris, NAOH, dan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

### B. Pembuatan cetakan

Cetakan dibuat dengan menggunakan bahan kaca tebal, cetakan dibuat dengan ukuran yang telah disesuaikan guna memudahkan benda uji. Hasil dari cetakan ini masih memerlukan pemotongan benda uji menyesuaikan dimensi dari ASTM masing-masing pengujian seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Cetakan

### C. Variasi panjang serat

Variasi panjang serat disusun dengan sesuai ukuran variasi panjang yang sudah ditentukan dan serat ini direndam dengan alkali NaOH selama 2 jam dan dipotong sesuai ukuran yaitu 4 cm, 6 cm, 8 cm. Adapun gambar ukuran variasi panjang serat pada gambar 2, 3 dan 4 pada di bawah dan adapun tabel *properties* pada serat TKKS pada Tabel 1.



Gambar 2. 4 CM



Gambar 3. 6 CM



Gambar 4. 8 CM

Tabel 1. Properties Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sifat	Nilai
Massa Jenis	0.14 g/cm <sup>3</sup>
Tegangan Tarik	1008.55 Kg/cm <sup>2</sup>

### D. Proses pembuatan komposit

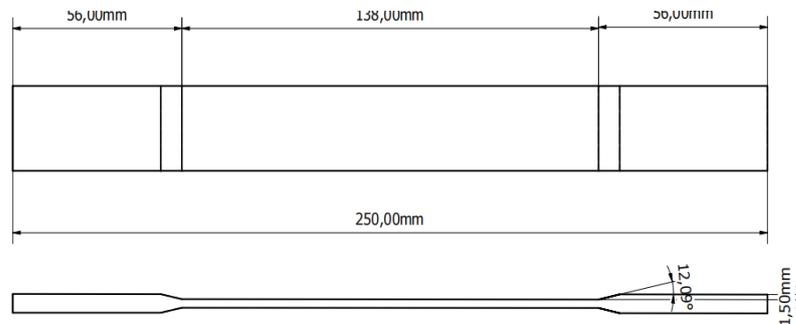
Proses pembuatan komposit pertama yang harus dipersiapkan yaitu cetakan, *grease*, resin, katalis dan serat TKKS dengan fraksi 30% dengan variasi panjang yang ditentukan dan sudah direndam dengan NaOH selama 2 jam. Proses selanjutnya diberikan *grease* pada cetakan menggunakan kuas tipis-tipis agar memudahkan komposit terlepas pada cetakan setelah itu menuangkan matriks pada cetakan secara merata dan dilapisi serat TKKS setelah itu lapisi kembali matriks pada cetakan sampai merata, kemudian tutup dengan kaca dengan hati-hati dan diberikan beban pada kaca agar terhindar *void* yang tidak diinginkan dan diamkan selama 24 jam agar mendapatkan hasil yang maksimal.



**Gambar 5.** Proses Pembuatan Komposit

**E. Pembuatan spesimen uji**

Spesimen uji cara uji tarik dalam penelitian ini yaitu ASTM International D 3039 panjang 250 mm lebar 25 mm ketebalan 2,5 mm. Adapun ukuran spesimen uji tarik dengan material komposit menggunakan standar ASTM D3039 dengan dimensi seperti Gambar 6.



**Gambar 6.** Spesimen Uji Tarik

**F. Uji tarik**

Uji tarik adalah salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dengan melakukan uji tarik kita mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material bertambah panjang. Beban tarik yang bekerja pada benda yang diuji akan memperoleh pertambahan panjang serta bersamaan pengecilan pada diameter benda yang diuji (ASTM D-3039).

Kekuatan Tarik

$$\sigma_u = \frac{\text{Beban (F)}}{\text{Luas penampang (A}_0\text{)}} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- $\sigma_u$  = Tegangan tarik maksimum (kg/mm<sup>2</sup>)
- F = Beban tarik maksimum (kgf)
- A<sub>0</sub> = Luas penampang awal (mm<sup>2</sup>)

Regangan ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\text{perubahan panjang } (\Delta L)}{\text{panjang awal (L}_0\text{)}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- $\epsilon$  = regangan (%)
- $\Delta L$  = Perubahan panjang (mm)
- L<sub>0</sub> = Panjang awal (mm)

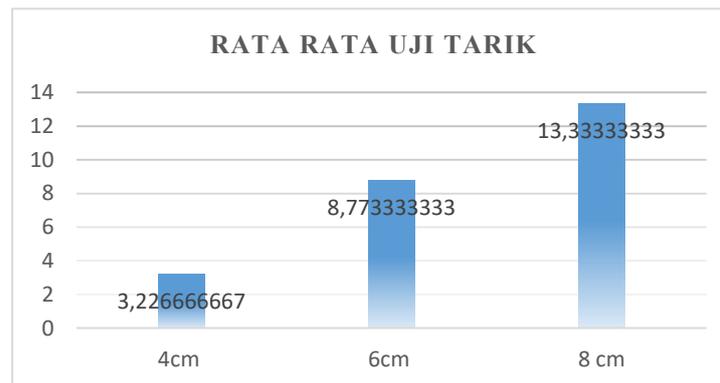
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil pengujian tarik

Hasil dari pengujian tarik dapat diperoleh data seperti pada Tabel 2 kemudian dibuat grafik kekuatan tarik seperti pada Gambar 7.

**Tabel 2.** Hasil Rata-Rata Kekuatan Tarik

Variasi Panjang Serat	Rata-Rata Kekuatan Tarik (MPa)
4 cm	3.226666667 MPa
6 cm	8.773333333 MPa
8 cm	13.33333333 MPa



**Gambar 7.** Hasil Rata-Rata Grafik kekuatan Tarik

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa data yang diperoleh dari hasil rata-rata pengujian tarik dengan variasi panjang serat TKKS 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Dengan hasil kekuatan tarik rata-rata tertinggi yaitu pada variasi panjang 8 cm sebesar 13.33 Mpa dan kekuatan tarik rata-rata terendah yaitu pada variasi panjang 4 cm sebesar 3.22 Mpa. Hal ini dikarenakan komposit mempunyai panjang yang lebih sehingga ikatan dan akumulasi ikatannya lebih baik dibanding yang lainnya. Aspek rasio juga sangat berpengaruh, aspek rasio yaitu perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat. Semakin besar aspek rasio, maka tegangan tariknya juga semakin besar. Hal ini yang membuat panjang serat 8 cm memiliki kekuatan tarik tertinggi dibanding yang lainnya.

#### B. Hasil foto makro

Hasil foto makro uji tarik dan uji bending ini dilakukan untuk mengetahui hasil penampang yang patah pada saat proses pengujian pada gambar di bawah ini.



**Gambar 10.** Spesimen 4 cm



**Gambar 11.** Spesimen 6 cm



**Gambar 12.** Spesimen 8 cm

Gambar patahan spesimen dengan panjang serat 8 cm menunjukkan ikatan antara serat dan matrik yang lebih bagus, terlihat hanya sedikit terdapat *pull out*, sedangkan spesimen dengan panjang 4 cm terlalu banyak *pull out* sehingga kekuatan tariknya juga semakin kecil.

#### IV. KESIMPULAN

Terdapat pada variasi fraksi volume 30% terhadap pengujian tarik didapatkan hasil tertinggi dengan variasi panjang 8 cm dengan nilai 13.33 Mpa. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa pada panjang serat 8 cm ikatan antara matrik dan serat lebih kuat dibandingkan dengan variasi panjang serat 4 cm dan 6 cm sehingga komposit yang dibuat lebih kuat dan mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih besar. Semakin panjang serat yang digunakan akan mengurangi retakan pada spesimen sehingga kekuatan tarik akan menjadi baik.

#### REFERENSI

- [1] L. Agustina, U. Udiantoro, and A. Halim, "Karakteristik Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Perlakuan Perebusan dan Pengukusan," *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, vol. 41, no. 1, pp. 97–102, 2016, doi: 10.31602/zmip.v41i1.324.
- [2] A. Azwar, "Study Perilaku Mekanik Komposit Berbasis Polyester Yang Diperkuat Dengan Partikel Serbuk Kayu Keras dan Lunak," *Jurnal Reaksi*, vol. 7, no. 16, 2009.
- [3] T. A. Adlie et al., "Pengaruh Beban Tarik Terhadap Variasi Ukuran Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polymeric Foam," *Jurnal Umum Teknologi Terapan*, vol. 5, no. 1, doi: <https://doi.org/10.55377/jurutera.v5i01.708>.
- [4] B. Bakri, M. Iqbal, and M. Rifki, "ANALISIS VARIASI PANJANG SERAT TERHADAP KUAT TARIK DAN LENTUR PADA KOMPOSIT YANG DIPERKUAT SERAT Agave angustifolia Haw," *Jurnal MEKANIKAL UNTAD*, vol. 3, no. 1, May 2012.
- [5] H. Darmadi and S. Safitri, "Analisa Pengembangan Variasi Bahan Papan Komposit Berbahan dasar Tandan Kosong Kelapa Sawit Diperkuat Polyurethane Terhadap Pengujian Tekan," *Ready Star*, vol. 2, no. 1, pp. 117–121, Nov. 2019.
- [6] E. D. Sulistyowati, N. H. Sari, I. Yudhyadi, S. Sinarep, and T. Topan, "Pengaruh Panjang Serat Dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Impact Dan Bending Material Komposit Polyester Fiber Glass Dan Polyester Pandan Wangi," *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 15–27, Jan. 2012.
- [7] S. Habibie et al., "Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan, Suatu Kajian Pustaka," *Jurnal Inovasi dan Teknologi Material*, vol. 2, no. 2, pp. 1–13, Dec. 2021, doi: 10.29122/jitm.v2i2.4339.
- [8] S. Sunaryo, L. Hakim, Y. Yuhelson, and J. Japri, "Analisa Kinerja Alat Pengasap Ikan Salai Berbahan Bakar Tandan Kosong Kelapa Sawit," *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, vol. 11, no. 1, Jun. 2022, doi: 10.24127/trb.v11i1.1805.
- [9] S. Safrizal, S. Ali, and H. Susanto, "Pengujian Papan Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Menggunakan Alat Uji Impact Charpy," *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 3, no. 1, Oct. 2017, doi: 10.35308/jmkn.v3i1.864.
- [10] I. P. Lokantara, "Analisis Kekuatan Impact Komposit Polyester-Serat Tapis Kelapa Dengan Variasi Panjang Dan Fraksi Volume Serat Yang Diberi Perlakuan NaOH," *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 2, no. 1, Jan. 2012 [Online]. Available: <https://dinamika.unram.ac.id/index.php/DTM/article/view/111>. [Accessed: Jan. 04, 2023]
- [11] E. Mahmuda, S. Savetlana, and Sugiyanto, "PENGARUH PANJANG SERAT TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT IJUK DENGAN Matrik EPOXY," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 1, no. 3, Jul. 2013.
- [12] M. Irsyad, N. Ir., and A. Yulianto, "Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Komposit Polyester Serat Batang Pisang Yang Disusun Asimetris [ 45o / -30o / 45o / -30o ]," *Diploma Theses, Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2015.
- [13] B. T. Mulyo and H. Yudiono, "ANALISIS KEKUATAN IMPAK PADA KOMPOSIT SERAT DAUN NANAS UNTUK BAHAN DASAR PEMBUATAN HELM SNI," *Jurnal Kompetensi Teknik*, vol. 10, no. 2, pp. 1–8, 2018, doi: 10.15294/jkomtek.v10i2.16917.
- [14] F. Paundra, "ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT HYBRID BERPENGUAT SERAT BATANG PISANG KEPOK DAN SERAT PINANG," *Nozzle : Journal Mechanical Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 9–13, Jan. 2022, doi: 10.30591/nozzle.v11i1.3122.
- [15] Y. Y. Pratama, R. H. Setyanto, and I. Priadythama, "PENGARUH PERLAKUAN ALKALI, FRAKSI VOLUME SERAT, DAN PANJANG SERAT TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT SABUT KELAPA - POLYESTER," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 13, no. 1, pp. 8–15, Jun. 2014, doi: <https://doi.org/10.23917/jiti.v13i1.304>.
- [16] W. W. Raharjo, D. Aries H, R. Fitriyan, and K. Indra. P, "Sifat Tarik dan Lentur Komposit rHDPE/Serat Cantula dengan Variasi Panjang Serat," *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin Indonesia XIV*, Oct. 2015 [Online]. Available: <https://repo-dosen.ulm.ac.id/handle/123456789/9081>. [Accessed: Jan. 04, 2023]
- [17] M. E. Rahmasita, M. Farid, and H. Ardhyana, "Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 2, pp. A787–A792, Oct. 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.24332.

- [18] O. Riza, S. Nikmatin, H. Hardhienata, and F. A. Syamani, "Analisa Sifat Mekanik pada Bahan Anti Peluru dari Adisi Berpenguat Serat Panjang Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)," *NMJ*, vol. 3, no. 1, pp. 24–32, May 2022, doi: 10.33369/nmj.v3i1.17567.
- [19] M. D. Rambe, T. B. Sitorus, H. Ambarita, F. H. Napitupulu, and Andianto P, "ANALISA MESIN PENDINGIN ADSORPSI DENGAN MENGGUNAKAN TENAGA MATAHARI," *Jurnal Dinamis*, vol. 6, no. 4, 2018.
- [20] R. Rendy and S. Syahrizal, "Pengaruh Variasi Arah dan Massa Serat TKKS terhadap Kekuatan Material Komposit Termoset," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Manufaktur*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, May 2022, doi: 10.48182/jtrm.v4i1.84.
- [21] A. S. Jati, Y. E. Prawatya, and R. A. Wicaksono, "Karakterisasi Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Fisis Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Perlakuan Alkali (NaOH)," *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 6–12, Dec. 2021.
- [22] N. H. Sari, A. Zainuri, and F. Wahyu, "Pengaruh Panjang Serat Dan Fraksi Volume Serat Pelepah Kelapa Terhadap Ketangguhan Impact Komposit Polyester," *DTM*, vol. 1, no. 2, Jul. 2011.
- [23] R. K. Sinha, K. Sridhar, R. Purohit, and R. K. Malviya, "Effect of nano SiO<sub>2</sub> on properties of natural fiber reinforced epoxy hybrid composite: A review," *Materials Today: Proceedings*, vol. 26, pp. 3183–3186, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.657. [Online]. Available: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214785320314127>. [Accessed: Jan. 04, 2023]
- [24] S. Sulaiman and A. Fauzan, "PENGARUH TEMPERATUR TEKAN PANAS PAPAN PARTIKEL BERBAHAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN KULIT KAYU PINUS TERHADAP SIFAT MEKANIK," *Jurnal Momentum*, vol. 20, no. 2, pp. 128–132, doi: 10.21063/JM.2018.V20.2.128-132.