

Perancangan Dan Pembuatan Alat Cetak Panel Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Pembuatan Plafon

Ahmad Zubair Sultan^{1*}, Ahmad², Muhammad Shafwan³, Nurul Husni⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*E-mail korespondensi : ahmadzubairsultan@poliupg.ac.id

Abstract: This study aims to design and manufacture a molding device for composite panels made from oil palm empty fruit bunch (OPEFB) fibers, capable of producing ceiling panels with uniform dimensions, measurable mechanical strength, and lower production costs compared to conventional ceiling materials. The developed molding device is equipped with main components consisting of a mold and a 20-ton capacity hydraulic jack, enabling optimal compression of the material. The utilization of OPEFB fibers not only reduces agricultural waste but also increases the economic value of the resulting product. The test results show that the composite panel has an average tensile strength of 56.71 N/mm², an impact strength of 0.0091 N/mm², and a flexural strength of 63.28 N/mm², which are comparable to or better than conventional ceiling materials such as plywood and asbestos. Therefore, this study demonstrates that the use of OPEFB can produce high-quality ceiling panels while supporting cost efficiency in production.

Keywords: Molding tool, Ceiling, Palm Oil Bunch Fibers

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat cetak panel komposit berbahan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang mampu menghasilkan plafon dengan dimensi seragam, kekuatan mekanik yang terukur, serta biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan material plafon konvensional. Alat cetak yang dikembangkan dilengkapi dengan komponen utama berupa cetakan dan dongkrak hidrolik berkapasitas 20 ton, sehingga mampu menekan material secara optimal. Pemanfaatan serat TKKS tidak hanya mengurangi limbah pertanian, tetapi juga meningkatkan nilai tambah ekonomis dari produk yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel komposit memiliki kekuatan tarik rata-rata 56,71 N/mm², kekuatan impak 0,0091 N/mm², dan kekuatan lentur 63,28 N/mm², yang setara atau lebih baik dibandingkan bahan plafon konvensional seperti tripleks dan asbes. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan TKKS dapat menghasilkan panel plafon berkualitas tinggi sekaligus mendukung efisiensi biaya produksi.

Kata kunci : Alat cetak, Plafon, Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

I. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang melimpah, memiliki potensi besar dalam pemanfaatan serat alam. Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan salah satu komoditas dengan tingkat produktivitas tertinggi di Indonesia. Selain menghasilkan minyak sawit dalam jumlah besar, pengolahannya juga menghasilkan limbah cair dan limbah padat berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) [1].

Limbah dari industri kelapa sawit berpotensi menimbulkan pencemaran, namun kandungan bahan organiknya juga dapat dimanfaatkan kembali. Oleh karena itu, pengolahan limbah menjadi langkah penting untuk mengurangi dampak negatif sekaligus mendukung industri yang berwawasan lingkungan. Jika dikelola dengan baik, hasil samping dari industri perkebunan kelapa sawit dapat dimanfaatkan secara optimal [2].

Penelitian dan pengembangan teknologi pengolahan TKKS berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemanfaatan limbah ini [3]. Pengelolaan yang tepat tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga mampu memberikan nilai tambah ekonomis [4]. Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji potensi TKKS, misalnya uji kekuatan tekan untuk dijadikan produk papan partikel [5] dan uji kekuatan tarik dengan variasi ukuran serat [6].

Dalam lima tahun terakhir, beberapa studi telah mengembangkan aplikasi serat TKKS dan serat alam lainnya sebagai bahan komposit ramah lingkungan. Misalnya, penggunaan TKKS untuk pembuatan biocomposite panel dengan matriks polimer menunjukkan peningkatan sifat mekanik dan

ketahanan terhadap kelembaban [8]. Penelitian lain mengkaji modifikasi permukaan serat TKKS untuk meningkatkan adhesi dengan resin, yang terbukti memperbaiki kekuatan tarik dan impak material [9]. Selain itu, pengembangan teknologi green composites berbasis serat alam juga semakin banyak diarahkan pada aplikasi konstruksi ringan, termasuk plafon dan panel interior bangunan, karena sifatnya yang berkelanjutan [10].

Dalam perkembangannya, serat yang digunakan pada material komposit tidak hanya serat sintetis (glass fiber), tetapi juga serat alami (natural fiber). Hal ini disebabkan oleh berbagai keunggulan yang dimiliki serat alam, seperti kekuatan mekanik yang baik, ketahanan terhadap korosi, ketersediaan yang melimpah, ramah lingkungan, serta biaya produksi yang relatif rendah. Dibandingkan serat gelas, komposit serat alam kini semakin banyak digunakan karena jumlahnya berlimpah, lebih mudah terdegradasi secara alami, dan lebih ekonomis [7].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih terbatas pada uji sifat mekanik serat TKKS dalam bentuk material dasar atau papan partikel, tanpa adanya pengembangan lebih lanjut dalam bentuk produk bangunan yang spesifik. Belum banyak penelitian yang berfokus pada perancangan alat cetak panel komposit berbahan TKKS, terlebih dengan kombinasi serat kaca sebagai penguat, untuk menghasilkan plafon dengan dimensi seragam dan sifat mekanik yang sesuai standar konstruksi.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, tujuan dari penulisan artikel ini adalah merancang dan menguji alat cetak panel komposit berbahan serat TKKS yang dipadukan dengan serat kaca, sehingga dapat menghasilkan plafon dengan kualitas mekanik yang baik, dimensi seragam, serta biaya produksi yang lebih efisien dibandingkan material plafon konvensional.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Berikut adalah alat dan peralatan yang digunakan untuk mendukung proses pembuatan alat cetak panel komposit untuk pembuatan plafon.

Tabel 1. Alat yang digunakan

No	Nama Alat	Jumlah
1	Mesin bubut	1
2	Mesin las	1
3	Mesin gergaji semi-otomatis	1
4	Mesin gerinda	1
5	Mesin bor	1
6	Ragum kapasitan 5”	1
7	Kikir kasar rata	1
8	Kikir setengah bulat	1
9	Palu besi	1
10	Palu karet	1
11	Kunci L	1
12	Penitik	1
13	Mistar gulung	1
14	Jangka sorong	1

Tabel 2. Bahan yang digunakan

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Besi poros Ø32 x 735 mm	6
2	Besi poros Ø15 x 200 mm	6
3	Balok 30 x 30 x 660 mm	4
4	Balok 40 x 40 x 1150 mm	4
5	Balok 40 x 40 x 660 mm	4
6	Plat besi ukuran 1150 x 680 x 6 mm	1
7	Plat besi ukuran 1050 x 550 x 4 mm	2
8	Plat besi ukuran 760 x 200 x 6 mm	1

9	Plat strip 30 x 3 x 1050 mm	4
10	Plat strip 30 x 3 x 550 mm	4
11	Mur baja M19	12
12	Ring plat	12
13	Poros kuningan 46x40mm	6
14	Dongkrak hidrolik 10 ton	2
15	Roda PVC 4" dinamis	4

B. Proses Perancangan

Perancangan alat cetak dilakukan dengan menentukan spesifikasi utama, yaitu kapasitas tekan, ukuran cetakan, serta sistem hidrolik yang digunakan. Desain alat meliputi tiga bagian utama: rangka utama, sistem penggerak hidrolik, dan komponen cetakan.

C. Pembuatan Komponen

Komponen rangka dibuat dari besi balok dan plat baja yang dipotong sesuai ukuran desain. Proses permesinan dilakukan menggunakan mesin bubut, mesin bor, dan mesin gergaji. Proses penyambungan menggunakan pengelasan dan baut agar rangka dapat dibongkar pasang.

D. Proses Perakitan

Perakitan alat dilakukan dengan menyusun rangka utama, memasang poros dan dudukan cetakan, serta mengintegrasikan dongkrak hidrolik 10 ton sebagai penekan. Cetakan dibuat dengan dimensi $1050 \times 550 \times 30$ mm sehingga mampu menghasilkan panel plafon berukuran $1000 \times 500 \times 6$ mm.

E. Uji Coba Alat

Uji coba dilakukan untuk memastikan fungsi alat, meliputi:

1. Kesesuaian dimensi hasil cetakan dengan rancangan.
2. Kinerja dongkrak hidrolik dalam memberikan tekanan yang seragam.
3. Kemudahan proses pembongkaran hasil cetakan.

F. Proses Pengujian

Panel komposit hasil cetakan diuji menggunakan beberapa metode pengujian mekanik untuk mengetahui kualitas dan kelayakan material. Parameter yang diuji adalah:

1. Kekuatan tarik (Tensile Strength) → untuk mengetahui kemampuan material menahan beban tarik maksimum.
2. Kekuatan impak (Impact Strength) → untuk mengetahui ketahanan material terhadap beban kejut atau benturan.
3. Kekuatan lentur (Flexural Strength) → untuk mengetahui kemampuan material menahan tegangan akibat pembebahan luar.
4. Dimensi hasil cetakan → untuk memastikan ketebalan, panjang, dan lebar panel sesuai standar desain.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pembuatan

Pembuatan alat cetak panel komposit ini direalisasikan dalam bentuk satu unit prototipe. Alat terdiri atas tiga sub-rakitan utama, yaitu: (1) sub-rakitan rangka, (2) sub-rakitan penggerak, dan (3) sub-komponen cetakan. Sub-rakitan rangka dibangun dari tiga rangka besi balok berukuran 1150×660 mm dan besi poros berdiameter 32 mm dengan panjang 740 mm. Seluruh rangka dirakit menggunakan metode sambungan built-up dengan baut sehingga lebih mudah untuk dibongkar pasang, dirawat, maupun dimodifikasi sesuai kebutuhan.

Berikut ditampilkan hasil perancangan alat cetak panel komposit serat TKKS untuk pembuatan plafon.



Gambar 1. Alat Cetak Panel Komposit

Tabel 3. Spesifikasi komponen Alat Cetak

No.	Spesifikasi Komponen Utama Alat
1	Kapasitas Alat Cetak : 20 Ton
2	Ukuran Alat Cetak : 1150 x 680 x 850 mm
3	Ukuran Cetakan : 1050 x 550 x 30 mm
4	Ukuran Hasil Cetakan : 1000 x 500 x 6 mm
5	Penekan : Ø20 x 200 mm

Pembahasan dan Keunggulan Alat

Alat cetak panel komposit yang dikembangkan memiliki beberapa kelebihan, antara lain:

1. Kapasitas Tekan Optimal – Dengan dongkrak hidrolik berkapasitas 20 ton, alat mampu memberikan tekanan merata sehingga material komposit lebih padat dan homogen.
2. Dimensi Seragam – Cetakan dirancang khusus dengan ukuran $1050 \times 550 \times 30$ mm, sehingga panel plafon yang dihasilkan memiliki dimensi $1000 \times 500 \times 6$ mm secara konsisten.
3. Konstruksi Modular – Sistem rangka *built-up* menggunakan baut memungkinkan perakitan dan pembongkaran dengan mudah, sehingga memudahkan perawatan, penggantian komponen, serta mobilitas alat.
4. Efisiensi Produksi – Proses pencetakan dapat dilakukan secara berulang dengan hasil yang relatif cepat dan stabil, mendukung peningkatan produktivitas.
5. Ramah Lingkungan dan Ekonomis – Alat ini mendukung pemanfaatan serat TKKS sebagai bahan utama panel plafon, sehingga mengurangi limbah pertanian sekaligus menghasilkan produk dengan biaya lebih rendah dibandingkan material plafon konvensional.

Dengan keunggulan tersebut, alat cetak panel komposit berbasis serat TKKS dapat dikategorikan sebagai solusi inovatif untuk produksi plafon yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga layak secara teknis dan ekonomis.

B. Hasil Pengujian Alat

Untuk menghasilkan satu panel komposit 1000×500 mm yang baik dilakukan 3 kali percobaan pembuatan panel komposit. Dengan dimensi alat cetak dan cetakan sebagaimana spesifikasi pada Tabel 3, diperoleh hasil cetakan sebagaimana diperlihatkan pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Komposit Hasil Cetakan

No	Komposit	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)			
				a	b	c	d
1		1000	500	6,50	6,50	6,45	6,45
2		1000	500	6,70	6,70	6,65	6,65
3		1000	500	6,40	6,40	6,30	6,30

Keterangan pada tabel nomor 1 menunjukkan tampilan komposit yang baik, dan permukaan rata. Pada tabel nomor 2 juga menunjukkan tampilan komposit baik, dan permukaan rata tetapi memiliki ketebalan yang lebih. Pada tabel nomor 3 menunjukkan tampilan komposit yang kurang baik walaupun demikian permukaan masih tetap rata.

C. Hasil Pengujian Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

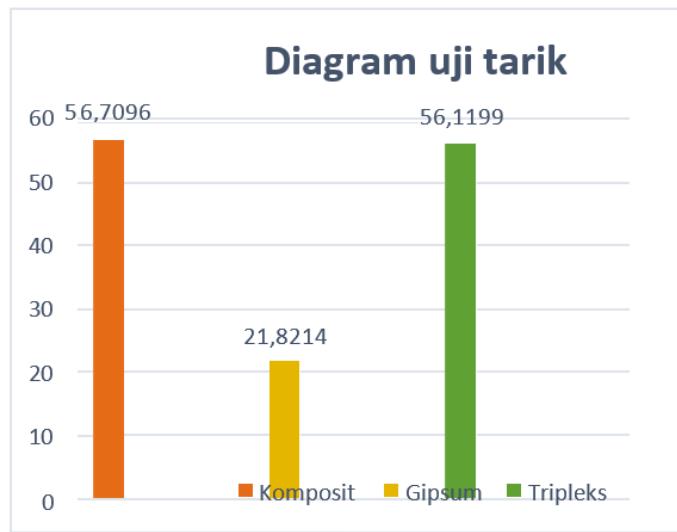
1. Hasil Pengujian Tarik

Untuk mengetahui performa mekanik panel komposit berbahan serat TKKS, dilakukan pengujian tarik terhadap beberapa sampel. Pengujian ini bertujuan mengukur kekuatan maksimum material ketika diberikan beban tarik.



Gambar 2. Sampel Uji Tarik

Pengujian dilakukan pada beberapa sampel uji dengan ukuran tebal 4 mm, lebar bagian sempit 13 mm, dan panjang 165 mm. Sampel uji dapat dilihat pada Gambar 2. Adapun hasil pengujian tarik disajikan dalam bentuk diagram batang pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pengujian Uji Tarik

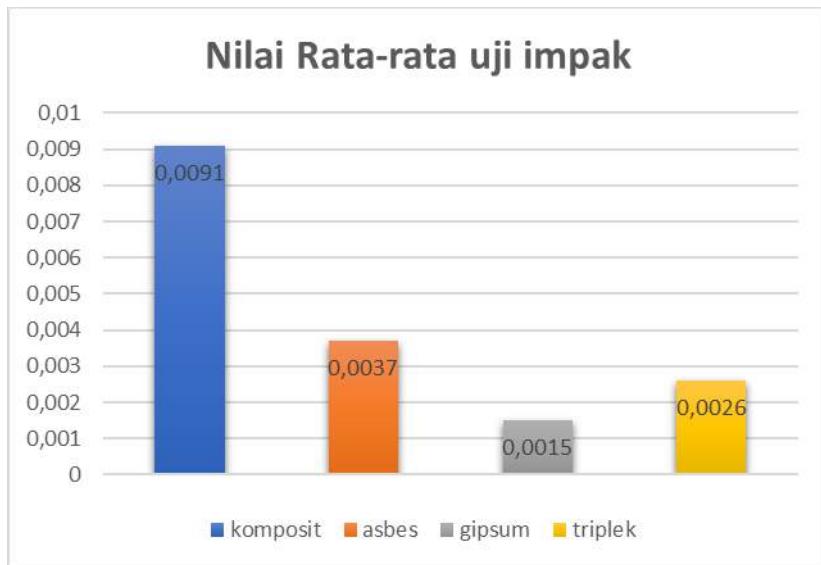
Diagram batang menunjukkan rata-rata hasil pengujian tarik pada tiga sampel berbeda. Komposit serat TKKS memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar $56,7096 \text{ N/mm}^2$, gipsum $21,8214 \text{ N/mm}^2$, dan tripleks $56,1199 \text{ N/mm}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa komposit serat TKKS memiliki perbedaan yang cukup signifikan dibandingkan gipsum, namun relatif setara dengan tripleks dengan selisih hanya $0,5897 \text{ N/mm}^2$. Dengan demikian, komposit serat TKKS dapat dikategorikan memiliki kekuatan tarik sebanding dengan material plafon konvensional seperti tripleks.

2. Hasil Pengujian Impak



Gambar 4. Sampel Uji Impak

Pengujian ini dilakukan menggunakan sampel yang sudah dipotong sesuai ukuran tebal 4 mm, Panjang 80 mm, dan lebar 10 mm. Tujuan dilakukan pengujian ini untuk mengetahui kekuatan impak dengan menguji beberapa sampel sebagai perbandingan. Adapun data hasil pengujian dapat dilihat pada diagram batang berikut ini:



Gambar 5. Sampel Uji Impak

Pada hasil pengujian, diagram batang menunjukkan bahwa rata-rata pengujian impak pada 4 sampel pengujian yang berbeda. Terlihat pada komposit serat tandan kosong kelapa sawit memiliki nilai rata-rata kekuatan impak sebesar $0,0091 \text{ N/mm}^2$, nilai rata-rata asbes $0,0037 \text{ N/mm}^2$, nilai rata-rata gipsum $0,0015 \text{ N/mm}^2$ dan nilai rata-rata triplek $0,0026 \text{ N/mm}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa komposit serat TKKS memiliki perbedaan nilai yang cukup signifikan dengan jenis plafon yang sudah ada.

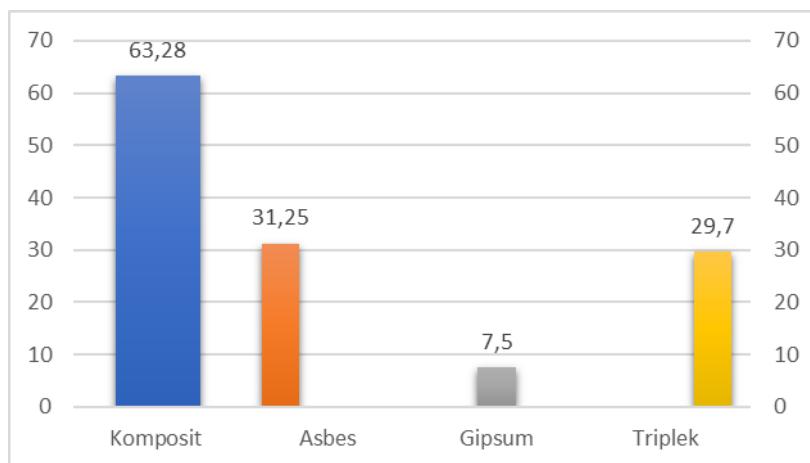
3. Hasil Pengujian Lentur



Gambar 6. Sampel Uji Lentur

Kekuatan lentur atau kekuatan lengkung adalah tegangan lentur terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Pengujian ini dilakukan menggunakan beberapa sampel untuk mengetahui nilai kekuatan lentur komposit dengan sampel yang lain. Pengujian ini dilakukan dengan sampel ukuran tebal 4 mm, lebar 16 mm, dan Panjang 110 mm. Adapun data hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 8.

Pada hasil pengujian, diagram batang menunjukkan bahwa rata-rata pengujian lentur pada 4 sampel pengujian yang berbeda. Terlihat pada komposit TKKS memiliki nilai rata-rata kekuatan lentur sebesar $63,28 \text{ N/mm}^2$, nilai rata-rata asbes $31,25 \text{ N/mm}^2$, nilai rata-rata gipsum $7,5 \text{ N/mm}^2$ dan nilai rata-rata tripleks $29,7 \text{ N/mm}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang cukup signifikan pada komposit serat TKKS dibandingkan dengan ke-3 sampel yang ada.



Gambar 7 Hasil Pengujian Ujian Lentur

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian alat cetak panel komposit berbahan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS), dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat cetak panel komposit berhasil dikembangkan dengan sistem hidrolik berkapasitas 20 ton dan dimensi $1150 \times 680 \times 850$ mm, yang mampu memberikan tekanan optimal sehingga material dapat dipadatkan secara merata.
2. Panel plafon komposit yang dihasilkan memiliki dimensi seragam pada sisi panjang dan lebar (1000×500 mm), meskipun masih terdapat variasi kecil pada ketebalan.
3. Kualitas mekanik panel komposit terbukti baik, dengan kekuatan tarik rata-rata $56,71 \text{ N/mm}^2$, kekuatan impak $0,0091 \text{ N/mm}^2$, dan kekuatan lentur $63,28 \text{ N/mm}^2$. Nilai ini menunjukkan bahwa panel komposit serat TKKS memiliki performa yang setara atau lebih baik dibandingkan material plafon konvensional seperti gipsum, asbes, dan tripleks.
4. Pemanfaatan serat TKKS terbukti memberikan nilai tambah ekonomis, karena selain mengurangi limbah perkebunan kelapa sawit, juga mendukung produksi plafon dengan biaya lebih rendah dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hannum, J., Hanum, C., & Ginting, J. (2014). Kadar N, P daun dan produksi kelapa sawit melalui penempatan TKKS pada rorak. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(4), 1279- 1286.
- [2] Munandar, I., Savetlana, S., & Sugiyanto, S. (2013). Kekuatan Tarik Serat Ijuk (Arenga Pinnata Merr). *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin FEMA*, 1(3), 97942.
- [3] Rachman, A. (2020). Strategi pengelolaan Limbah dalam Industri Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(3), 79-89.
- [4] Rahmadi, R., Awaluddin, A., & Itanawita. (2014). Pemanfaatan limbah padat tandan kosong kelapa sawit dan tanaman pakis-pakisan untuk produksi kompos menggunakan aktivator EM-4. *Jurnal Jomfmipa*, 1(2), 245-253.
- [5] Syurkarni Ali, Rusman AR (2017), Kuat Tekan Material Dari Bahan Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit(TKKS), *Jurnal Mekanova* Vol 3. No. 5
- [6] Taufan Arif Adlie [2018], Pengaruh Beban Trik Terhadap Variasi Ukuran Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Komposit Polymetrik Form, *Jurnal Ilmiah Jurutera* Vol 5. No.1
- [7] Yusuf, M., & Prasetyo, L. (2023). Teknologi Terbaru dalam Pengolahan Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi dan Inovasi*, 15(1), 22-30.K. Elissa, "Title of paper if known" unpublished.