

Studi Uji Mekanik Material Komposit Batang Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq*)

Zulfadhli¹, Ali N¹, Taufan R², Ardiansyah A²

¹Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

²Laboratorium Rekayasa Material, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jln. Tengku Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam-Banda Aceh 23111, Indonesia

Telepon/Fax: 085361797661/(0651)7552222

email: zulfadhli.tm@unsyiah.ac.id

Abstract

The need for building construction materials such as lightweight brick walls that are strong, environmentally friendly and inexpensive is the dream of every construction worker. This study aims to obtain the compressive and flexural strength values of the composite material of oil palm trunk fiber (*elaeis guineensis jacq*). The manufacture of this composite material uses a fiber-matrix ratio of 30:70 (%) with 2 (two) variations, namely 25:15:20:10 and 25:15:25:5 (%). The matrix consists of PCC cement, white cement, tapioca adhesive, PVAc adhesive and water. The specimens were made cylindrical with a diameter of 100x200 mm in a number of 10 specimens according to SNI 1974: 2011 standards. From the tests carried out, the highest compressive strength value was 6.87 MPa. For the bending test, 10 specimens were tested according to the ASTM D143-94 standard. The value of the modulus of elasticity (MOE) is 5.088 MPa and the modulus of rupture (MOR) is 4.056 MPa. It can be concluded that the composite material of oil palm trunks can be used as decoration and building construction materials.

Keywords: Composite material, Oil palm trunk, Compressive strength, Flexural strength, Construction material

1. Pendahuluan

Data Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020-2022, Direktorat Jenderal Perkebunan, tahun 2020 menyebutkan, Indonesia merupakan salah satu negara terbesar penghasil kelapa sawit di dunia dengan luas areal perkebunan 14.586.597 Ha. Sumatera merupakan centra perkebunan kelapa sawit terluas di Indonesia yaitu 7.161.080 Ha dan Aceh menduduki urutan 5 dengan luas area 470.004 Ha [1].

Pada umumnya tanaman kelapa sawit merupakan jenis tanaman perkebunan yang memiliki produksi yang besar di sektor pertanian. Dari perkebunan kelapa sawit tersebut, juga menghasilkan timbunan limbah yang meningkat setiap harinya. Limbah tersebut berupa serat pelepah sawit, cangkang dan batang kelapa sawit. Sebagaimana diketahui, tanaman kelapa sawit ini memiliki umur ekonomis 25 tahun dan setelah itu tanaman kelapa sawit biasanya ditebang untuk diremajakan [2]. Dari proses peremajaan ini selalu menimbulkan permasalahan limbah dari batang sawit yang ditebang.

Limbah merupakan sumber masalah pencemaran bagi manusia dan lingkungan. Sedangkan limbah batang kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*), masih belum dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat, sehingga batang kelapa sawit ini cenderung dibakar dan dibiarkan melapuk/busuk.

Untuk mengolah dan menambah nilai ekonomis dari limbah batang kelapa sawit yang ditebang ini, diupayakanlah pemecahan masalahnya. Limbah batang kelapa sawit diolah yang salah satunya menjadi material komposit untuk bahan dekorasi dan konstruksi bangunan sehingga dapat dipergunakan kembali dalam kehidupan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa limbah batang kelapa sawit. Batang kelapa sawit yang sudah ditebang dihancurkan menjadi serat pendek (*choopped fibre*) dicampurkan dengan matriks dengan berbagai komposisi. Matriks yang digunakan dari campuran semen PCC (*Portland Composite Cement*), tepung tapioka (*cassava flour*), perekat/lem sintesis PVAc (*Poly Vinil Acetate Co-Acrylic*) [3]. Semua bahan dicampur dan diaduk merata beberapa saat untuk memperoleh adonan yang homogen saat di cetak dengan perbandingan campuran dilakukan berdasarkan fraksi volume serat (vf). Material komposit serat batang kelapa sawit ini selanjutnya dilakukan pengujian mekanik berupa uji tekan (*compressive strength*) dan uji lentur (*bending test*), sebagaimana disyaratkan untuk material konstruksi [4-8].

2. Metode dan Peralatan

Metode uji yang digunakan pada pelaksanaan penelitian ini berupa uji laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Rekayasa Material Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Syiah Kuala (USK). Uji tekan berdasarkan standar SNI 1974: 2011. Untuk uji lentur, dilakukan pengujian terhadap 10 buah benda uji mengikuti standar ASTM D143-94 menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan *Three Point Bending Test* [9].

Selanjutnya disiapkan pengikat (*matrix*) berupa semen PCC (*Portland Cement Composite*), semen putih (*White Portland Cement*), lem tapioka (*Adhesive Tapioca*), lem PVAc (*Adhesive Polivinil Asetat*). Serat yang telah disiapkan kemudian dikeringkan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari. Proses penjemuran bertujuan untuk mencapai kadar air 5-10 (%) sambil dihancurkan hingga menjadi serat pendek (*choopped fibre*) ukuran 2-3 cm.

Tabel 1. Variasi komposisi matriks.

Sampel	Komposisi Matrik %					
	Serat	Semen PCC	Semen Putih	Lem Tapioka	Lem PVAc	Air
1	30	25	15	20	10	35
2	30	25	15	25	5	35
3	100	0	0	0	0	0

Pengikat ini nanti yang akan dicampur dan diaduk merata dengan serat limbah batang kelapa sawit. Proses pencetakan menggunakan cetakan silinder ukuran 100 x 200 (mm) mengacu pada standart SNI 1974:2011. Benda uji dibuat sebanyak 5 buah tiap variasi komposisi matriks dengan total 10 buah benda uji. [10-12]. Dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Pencetakan.

Cetakan komposit dapat dibuka setelah 72 jam dan kemudian dilakukan pematangan selama 28 hari, selanjutnya material komposit siap diuji meggunakan mesin uji tekan [4,13]. Pengujian tekan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Uji Tekan Material Komposit

Data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan Persamaan (1). [10-13]

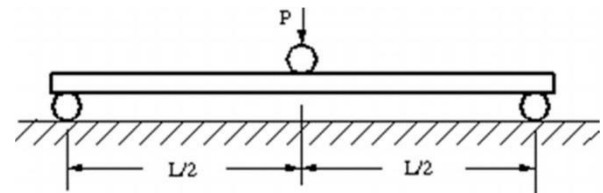
$$\text{Kuat tekan } (f) = \frac{P}{A} \tag{1}$$

dimana:

P = gaya tekan (N)

A = luas penampang benda uji, (m²)

Uji lentur menggunakan standar ASTM D143-94 (*Reapproved 2000*) [10]. Proses pengujian ini menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan *Three Point Bending Test*, seperti **Gambar 3**.



Gambar 3. Uji Lentur dengan *Three Point Bending Test*

Data yang didapat kemudian diolah untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas (MOE) dan modulus pecah (MOR) dari material komposit limbah batang kelapa sawit. Modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan (2):

$$\text{MOE} = \frac{\Delta P L^3}{4 \Delta y b h^3} \tag{2}$$

dimana :

MOE = Modulus of Elasticity (kg/cm²)

ΔP = perubahan beban yang digunakan (kg)

L = jarak sangga (cm)

Δy = perubahan defleksi setiap perubahan beban (cm)

b = lebar sampel uji (cm)

h = tebal sampel uji (cm)

nilai MOE di konversi ke N/mm² dengan faktor konversi 0,098

Sedangkan untuk mendapatkan nilai modulus pecah (MOR) digunakan persamaan (3):

$$\text{MOR} = \frac{3 PL}{2bh^2} \tag{3}$$

dimana:

- MOR = Modulus of Rupture (kg/cm²)
- P = berat beban sampai patah (kg)
- L = jarak sangga (cm)
- b = lebar sampel uji (cm)
- h = tebal sampel uji (cm)

Nilai MOR di konversi ke N/mm² dengan faktor konversi 0,098.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian Tekan (compressive strength)

Dari pengujian yang dilakukan terhadap 2 (dua) komposisi matriks yang berbeda, didapat data yang bervariasi berdasarkan 5 kali pengulangan. Dengan menggunakan persamaan (1) didapat nilai kuat tekan untuk komposisi variasi matriks I, II dan II; 25:15:20:10:35 (%), 25:15:25:5:35 (%) dan 100 (%) serat limbah (batang kelapa sawit) sebagaimana diperlihatkan Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Tekan Material Komposit

No.	Komposisi Matrik	Sampel	P max (N)	σ (Mpa)	σ rata-rata (Mpa)
1	30:25:15:20:10:35	1	55000	7,01	6,87
		2	55000	7,01	
		3	55000	7,01	
		4	50000	6,3	
		5	55000	7,01	
2	30:25:15:25:5:35	1	23000	2,93	2,95
		2	25000	3,18	
		3	22000	2,8	
		4	23000	2,93	
		5	23000	2,93	
3	100 % serat	1	21500	2,73	2,6
		2	21000	2,67	
		3	190000	2,41	

Tabel 2. memperlihatkan nilai kekuatan tekan rata-rata dari uji yang dilakukan dengan 2 (dua) variasi. Nilai kuat tekan selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Komposisi Matriks

Nilai kuat tekan dari material komposit batang kelapa sawit terhadap 2 (dua) variasi matriks serta

100% serat menunjukkan bahwa nilai komposisi 25:15:20:10:35 (%) adalah komposisi yang terbaik mencapai nilai kuat tekan hingga 6,87 MPa.

3.2. Hasil Uji Lentur (bending test)

Nilai kekuatan lentur dari 2 (dua) variasi komposisi didapat dari penggunaan persamaan (2) dan (3) yang menghasilkan nilai MOE dan MOR dari material komposit serat batang kelapa sawit, sebagaimana diperlihatkan Tabel 3 dan 4.

Untuk variasi komposisi matriks yang pertama (I) yaitu 25:15:20:10:35 (%) didapat nilai MOE dan MOR seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai MOR dan MOR Komposisi I

Sampel Pengujian	Hasil (MPa)		Rata-rata	
	MOE	MOR	MOE	MOR
1	3,84	3,12	5,088	4,056
2	7,2	5,64		
3	5,6	4,44		
4	4,48	3,6		
5	4,32	3,48		

Dan untuk variasi komposisi matriks yang kedua (II) yaitu 25:15:25:5:35 (%) didapat nilai MOE dan MOR seperti diperlihatkan Tabel 4.

Tabel 4. Nilai MOR dan MOR Komposisi II

Sampel Pengujian	Hasil (MPa)		Nilai Rata-rata	
	MOE	MOR	MOE	MOR
1	1,92	1,56	1,792	1,344
2	1,44	1,2		
3	1,44	1,2		
4	1,76	1,44		
5	1,6	1,32		

Nilai MOE dan MOR yang didapat dari 5 kali pengulangan uji untuk komposisi (1) yaitu: nilai MOE 5,088 MPa dan nilai MOR 4,056 MPa. Untuk komposisi matriks (II) didapat nilai MOE 1,792 MPa dan MOR 1,344 MPa. sebagaimana diperlihatkan gambar 5 dan 6.



Gambar 5. MOE terhadap Variasi Komposisi Matriks I.



Gambar 6. MOR terhadap Variasi Komposisi Matriks II.

4. Kesimpulan

Dari hasil uji tekan material komposit (serat limbah) batang kelapa sawit dengan komposisi matrik (D); 25:15:20:10:35 (%), nilai kuat tekan tertinggi diperoleh 6,87 MPa, lebih baik jika dibandingkan dengan beton serat tandan kosong kelapa sawit 4,85 MPa. dan serat pati aren 3,16 MPa. Dari uji lentur diperoleh Modulus Elastisitas (MOE) = 5,088 MPa dan Modulus Pecah (MOR) = 4,056 MPa. Dari hasil yang diperoleh, dapat direkomendasikan bahwa material komposit serat batang kelapa sawit ini layak digunakan sebagai bahan partisi, dekorasi dan konstruksi bangunan.

Daftar Pustaka

- [1] Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020, Statistik Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia, Sekretariat Jenderal Perkebunan, Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian, Jakarta, Indonesia.
- [2] Zulfadhli, Huda M, 2022, Penentuan Konduktivitas Termal Dan Akustikal Material Komposit Serat Batang Kelapa Sawit, Jurnal Teknik Mesin, Vol. 10, (1), 17 - 21.
- [3] Khairul A, Wesli, Hamzani, 2014, Pengaruh Penambahan Serat Tandan Sawit Terhadap kuat Tekan Dan Kuat lentur Beton, Teras Jurnal, Vol. 4, (2), 11 - 20.
- [4] I. Mawardi, S. Aprilia, M. Faisal, S. Rizal, 2021, Investigation of thermal conductivity and physical properties of oil palm trunks/ramie fiber reinforced biopolymer hybrid composites as building bio-insulation, Materials Today: Proceedings 60, 373–377
- [5] Nutong, C., 2001, Properties of Portland Cement Mixed whit Rice Husk Ash and Quicklime, Electronic Journal of Civil Engineering Education, King Mongkurat's Institute of Technology North Bangkok. Available at <http://www.ejge.com>.
- [6] Gurning, Nuria, 2013, Pembuatan Beton Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit, Program Studi Magister Ilmu Fisika – USU, Medan, Jurnal LIPI, 13 - 20
- [7] Roslan, Kolop; Haziman, W.I.M; J.W, Eng, 2010, Properties of Cement Blocks Containing High Content of Oil Palm Empty Fruit Bunchet (Efb) Fibres, Int.Conference On Civil Engineering Practice, Faculty of Civil & Environmental Engineering, University Tun Hussein Onn, Malaysia
- [8] Binsar, Siagian; Fernando; Syam, Bustami;, 2013, Analisa Respon Parking Bumper Redisain dari bahan Polimeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Beban Tekan Statik, Jurnal e-Dinamis, Vol. 5, 6 - 13
- [9] Schwartz, MM; 1996, Composite Materials Polimers, Ceramics and Metal Matrices, Prentice-Hall, USA
- [10] American Society for Testing and Materials. 2000, Standart Test Method for Small Clear Specimen of Timber, ASTM Standard, 1-31.
- [11] ASTM C177-92. American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.
- [12] Smith F, William, 2000, Principles of Materials And Engineering, 3rd Edition, Mc.Graw Hill, International Edition.
- [13] SNI 1974:2011, 2011, Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.