

Analisa Sifat Mekanik Bahan Komposit Polimer Diperkuat Lembaran Serat Buah Pinang Akibat Beban Tarik

Ade Irwan^{1*}, Fadly Ahmad Kurniawan Nasution² & Muhammad Edy Pamuji³

^{1,2)} Dosen Program Studi Teknik Mesin, Universitas Harapan Medan

³⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Universitas Harapan Medan

*Email: adeirwan006@gmail.com

ABSTRACT

The high availability of areca nut fibers makes it potential to be developed as an alternative material for polymer composites. This paper investigates the mechanical performance of unsaturated polyester resin composite materials reinforced with betel nut fibers. Areca fiber obtained from farmers is dried under the sun. The fibers made in finer fiber sheets which are glued together with an adhesive agent made from thermoplastic acrylic. Based on the results of the tensile test, this composite material has brittle material behaviours which is indicated by the low ability of the material to elongate. The maximum tensile strain of the areca fiber reinforced composite material is less than 2%. The stress-strain curve does not show a clear yield point and plastic zone, along with the fracture shape of the specimen that is perpendicular to the loading direction without any necking, which confirms that this composite material is not an elastic material. Based on the comparison of the number of fiber sheets, the specimen with two sheets of fiber showed a more optimal mechanical performance with a maximum tensile strength of 10.4023MPa and a Modulus of Elasticity of 709.0269MPa.

Keywords: Composite, Polymer, Areca-nut Fiber, Tensile Properties.

PENDAHULUAN

Tanaman pinang (*Areca catechu*) merupakan tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Pada tahun 2018 di Provinsi Sumatera Utara saja ada 6.175,57Ha luas perkebunan pinang milik rakyat dengan produksi mencapai 4.089,77ton [1]. Tanaman ini hanya diambil buahnya untuk keperluan berbagai industri khususnya tekstil. Padahal, sebagaimana jenis tanaman palmya lainnya, buah pinang juga memiliki bagian sabut yang melindungi buahnya dan dapat menghasilkan hingga 2,75 g serat dari tiap butir buah[2]. Pada kenyataannya, Sabut buah pinang belum bisa dimanfaatkan menjadi komoditas ekonomi, sehingga sering menjadi limbah perkebunan dan dibiarkan membusuk atau dibakar oleh petani.

Selain karena ketersediaan yang melimpah, serat buah pinang menarik diteliti sebagai serat penguat komposit dikarenakan beberapa keunggulan. Salah satu keunggulan serat pinang dibanding serat alam lain adalah keberadaan *trichome* pada permukaan serat. *Trichome* diharapkan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan serat sehingga dapat meningkatkan ikatan antara serat dan matriksnya [3]. Keunggulan lain ialah sifat mekanis dari serat buah pinang. Berdasarkan *single fiber pullout test* diketahui bahwa serat buah pinang dapat menahan beban hingga 16 N dan menunjukkan perilaku elastik dengan penambahan panjang hingga 4mm [3]. Serat buah pinang yang telah matang memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat buah pinang yang belum matang. Serat pinang yang matang memiliki kekuatan tarik 166,03 MPa dengan modulus elastisitas 1381,32 Mpa, yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan kekuatan tarik serat pelepahnya yang hanya 35,68 MPa [4][5]&[6].

Salah satu pemanfaatan limbah serat buah pinang yang telah dikembangkan ialah penggunaan serat pinang sebagai penguat komposit polimer. Penggunaan serat pinang sebagai serat pendek, menghasilkan kekuatan komposit yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan komposit polimer dengan penguat serat pinang berupa lembaran (mat). Komposit polimer berpenguat serat pinang dengan matriks resin polyester tak jenuh memiliki nilai kekuatan tarik hanya 20 MPa [7]. Pada

penelitian lain serat pinang dijadikan penguat untuk komposit polimer dengan matriks polypropilen memiliki kekuatan tarik 25 MPa dengan perpanjangan maksimum hingga 40% [2]. Sementara itu, pada penelitian lain, apabila serat-serat pinang dibuat dalam bentuk lembaran dapat menghasilkan performa mekanis yang dapat mendekati bahan komposit serat kaca dengan kekuatan tarik melebihi 80Mpa [3]. Walaupun begitu, peneliti lain yang menggunakan matriks *epoxy* hanya mendapatkan kekuatan tarik maksimum 15,6 MPa [8]. Selain itu, penggunaan serat pinang juga digunakan bersamaan dengan berbagai bahan lain seperti serat kaca dan serbuk batok kelapa sebagai penguat polimer untuk mendapatkan peningkatan sifat mekanis dan thermalnya [9] [10].

Penggunaan serat pinang yang telah diberi perlakuan cairan alkali dapat meningkatkan sifat mekanis bahan. Perendaman dengan cairan alkali akan mengakibatkan penyusutan diameter serat pinang setelah dikeringkan, tetapi meningkatkan kekasaran permukaannya. Permukaan serat yang kasar akan membantu membuat ikatan antara matriks dan serat yang lebih baik, sehingga menghindari fenomena *debonding* [11]. Komposit serat pinang dengan serat yang telah ditreatment dengan NaOH memiliki kekuatan bending yang lebih baik hingga 18% [12]. Meskipun begitu, perendaman dengan cairan alkali seperti NaOH idealnya dilakukan satu hingga 2 jam, karena perendaman yang terlalu lama akan menurunkan sifat mekanik bahan komposit [13][14].

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sifat mekanis tarik dan lentur bahan komposit polimer diperkuat serat pinang dengan variasi jumlah lembaran (*mat*) serat. Akan dilakukan pengujian tarik untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik, modulus elastisitas tarik, dan regangan maksimum.

METODE PENELITIAN

Sabut buah pinang yang diperoleh dari petani merupakan sabut dari buah pinang matang yang masih dalam keadaan basah. Sabut tersebut kemudian diambil seratnya secara manual menggunakan tangan. Serat pinang tersebut kemudian direndam ke dalam larutan NaOH selama 2 jam lalu dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari. Serat buah pinang yang telah kering kemudian disemprotkan *bonding agent* berbahan *thermoplastic acrylic*. Serat tersebut lalu dibuat menjadi lembaran *fiber mat* dengan ketebalan 1mm seperti diperlihatkan Gambar 1.

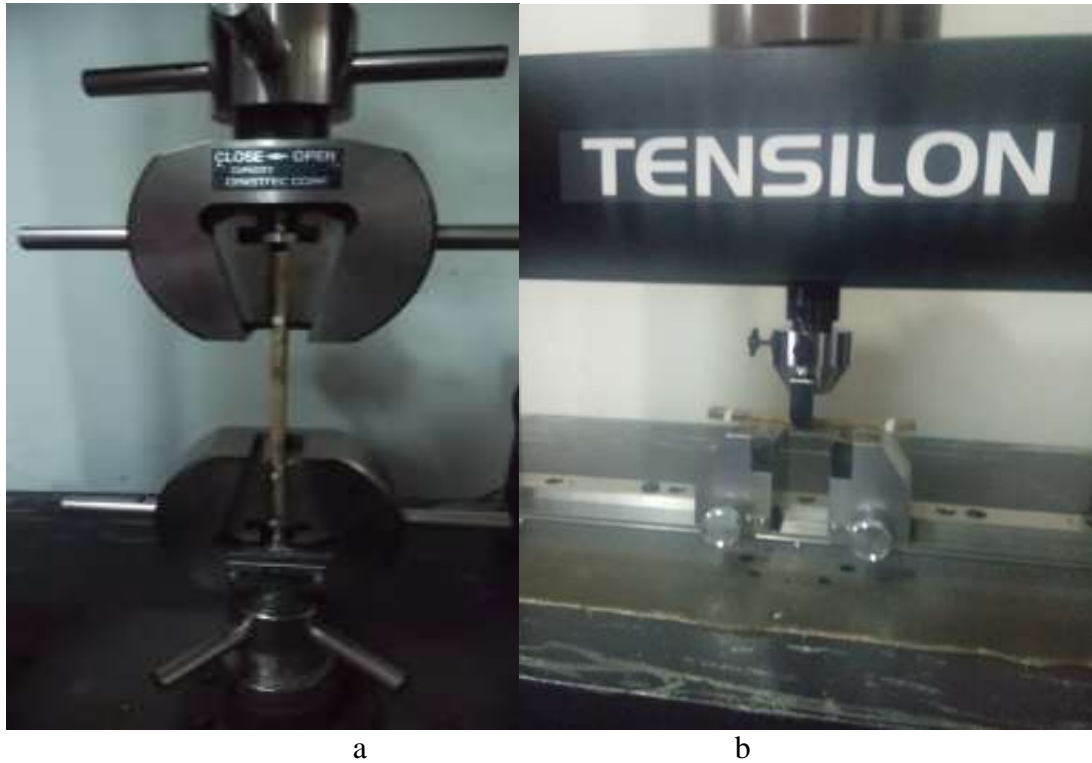


Gambar 1. Lembaran serat buah pinang

Bahan matriks polimer yang digunakan pada komposit ini ialah polyester resin tak jenuh dengan 1% *hardener methyl ethyl keton peroksida*. Spesimen uji dibuat dengan metode *hand lay-up* dengan variasi jumlah serat, yaitu dua dan tiga lembar serat. Lembaran bahan komposit dibiarkan mengeras dalam suhu ruang selama 24 jam. Lembaran komposit kemudian dipotong menjadi bentuk plat dengan ukuran sesuai dengan ketentuan ukuran spesimen ASTM D3039 dengan ukuran panjang dan lebar 200×25mm. Dikarenakan jumlah lembar serat yang digunakan berbeda, maka

ketebalan yang dihasilkan juga berbeda. Spesimen dengan dua lembar serat memiliki ketebalan 4mm dan komposit dengan tiga lembar serat memiliki ketebalan 8mm.

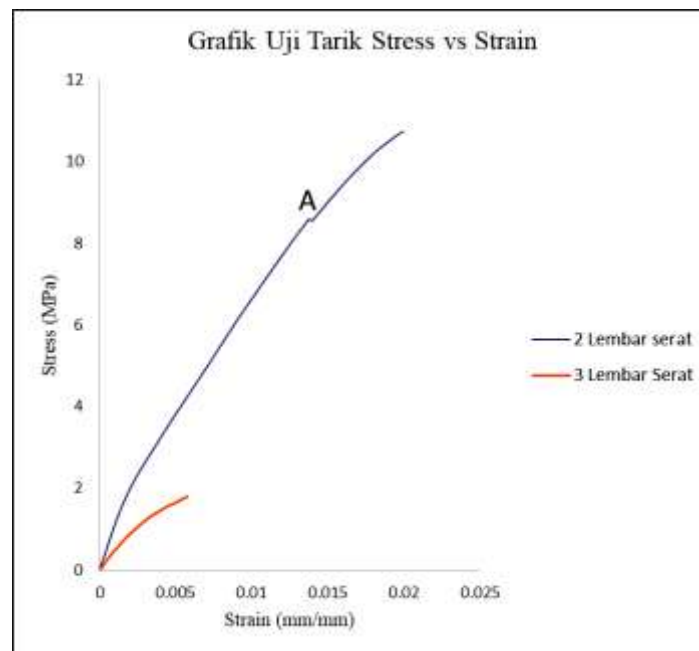
Pengujian tarik dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* Tensilon di Laboratorium Impak dan Keretakan Universitas Sumatera Utara. *Set-up* pengujian diperlihatkan pada Gambar 2. Prosedur pengujian tarik dilakukan dengan kecepatan pembebanan 5mm/menit hingga spesimen patah.



Gambar 2. *Set-up* pengujian komposit serat pinang; a) Pengujian tarik, b) Pengujian lentur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian tarik, bahan komposit berpenguat serat pinang menunjukkan perilaku material getas seperti dipellihatkan oleh kurva pada Gambar 3. Pada kurva tersebut, spesimen dengan dua lembar dan tiga lembar serat berturut-turut memiliki regangan maksimum mencapai 1,8% dan 0,6%. Selain rendahnya kemampuan bahan untuk terdeformasi hingga patah, tidak ditemukan perubahan panjang pada spesimen setelah patah. Hal tersebut mengindikasikan tidak ada deformasi plastis pada spesimen, sehingga sukar untuk menentukan titik *Yield*. Pada Gambar 3 kurva pengujian tarik mengalami penurunan tegangan yang mengindikasikan permulaan terjadinya *micro crack* pada matriks komposit. Pada Gambar 4 kerusakan spesimen berupa patahan getas yang tegak lurus dengan arah pembebanan dan tidak ditemukan adanya *necking* merupakan ciri-ciri dari material getas.



Gambar 3. Kurva tipikal spesimen uji tarik



Gambar 4. Bentuk patahan tipikal spesimen uji tarik

Tabel 1. Hasil pengujian tarik bahan komposit diperkuat serat buah pinang

Jumlah lembaran serat (lembar)	Modulus Elastisitas (MPa)	Regangan maksimum (mm/mm)	Kekuatan Tarik (MPa)
2	709,0269	0,0187	10,4023
3	404,0710	0,0064	1,9346

Berdasarkan tabel 1 diketahui bahwa spesimen dengan dua lembar serat memiliki performa mekanis yang jauh lebih baik dibandingkan spesimen dengan tiga lembar serat. Kekuatan tarik rata-rata spesimen dengan dua lembar serat mencapai 10,4023 MPa, lebih tinggi dibandingkan spesimen dengan tiga lembar serat yang rata-rata hanya 1,9346 MPa. Bahan komposit dengan dua lembar serat memiliki nilai regangan rata-rata 0,0187mm/mm, juga relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan spesimen dengan tiga lembar serat. Nilai kekuatan tarik dan regangan maksimum praktis

mempengaruhi nilai modulus elastisitas bahan dengan sifat getas, sehingga spesimen dengan dua lembar serat memiliki nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan spesimen dengan tiga lembar serat.

KESIMPULAN

Dari analisa hasil pengujian tarik, dapat disimpulkan bahwa bahan komposit diperkuat serat buah pinang menunjukkan perilaku material material getas dengan regangan maksimum hanya 1,87%. Bahan ini juga tidak memiliki zona plastis dan titik *yield* yang jelas pada kurva tegangan-regangan uji tariknya. Namun demikian, spesimen dengan dua lembar serat menunjukkan performa yang lebih optimal dibandingkan dengan spesimen lainnya. Spesimen dengan dua lembar serat memiliki kekuatan tarik rata-rata 10,4023MPa dan modulus elastisitas rata-rata 709,0269MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dinas Perkebunan Provinsi Sumatera Utara. (2018). Data Luas Areal, Produksi dan Produktivitas Perkebunan Rakyat Komoditas Pinang. Diunduh di http://disbun.sumutprov.go.id/statistik_2019/web/index.php?r=site%2Fgrafik&tahun=2018&komoditas=20 tanggal 24 Agustus 2020
- [2] Hassan, M.M. et al. (2010). Physico-Mechanical Performance of Hybrid Betel Nut (Areca catechu) Short Fiber/Seaweed Polypropylene Composite. *J. Natural Fibers*. 7(3): 165-177.
- [3] Nirmal, U. et al. (2012). Betelnut fibres as an alternative to glass fibres to reinforce thermoset composites: A comparative study. *Textile Research Journal*. 82(11): 1107-1120.
- [4] Yusriah, L. et al. (2012). Exploring the Potential of Betel Nut Husk Fiber as Reinforcement in Polymer Composites: Effect of Fiber Maturity. *Procedia Chemistry*. 4: 87-94.
- [5] Yusriah, L. et al. (2014). Characterization of physical, mechanical, thermal and morphological properties of agro-waste betel nut (Areca catechu) husk fibre. *Journal of Cleaner Production*. 72: 174-180
- [6] Dinakaran, K. et al. (2019). Development and characterization of areca fiber reinforced polymer composite. *Materials Today: Proceedings*. 18(3): 934-940.
- [7] Jayamani, E. et al. (2014). Investigation of Fiber Surface Treatment on Mechanical, Acoustical and Thermal Properties of Betelnut Fiber Polyester Composites. *Procedia Engineering* 97: 545 – 554.
- [8] Borah, J.& Nobarun Dutta. (2018). Development and Properties Evaluation of Betel Nut Fibres Composite Material. *Materials Today: Proceedings*. 5(1): 2229-2233
- [9] Haque, M. & Hasan, Mahbub. (2017). Mechanical properties of betel nut and glass fibre reinforced hybrid polyethylene composites. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. 13(3): 3763-3772.
- [10] Chowdari, G.K. D.V.V. Krishna Prasad & S.B.R. Devireddy. 2020. Physical and thermal behaviour of areca and coconut shell powder reinforced epoxy composites. *Materials Today: Proceedings*. 26(2): 1402-1405
- [11] Desai, R.H. Krishnamurthy, L. & Shridar, T.N. (2016). Effectiveness of Areca (Betel) Fiber as a Reinforcing Material in Eco-friendly Composites: A Review. *Indian Journal of Advances in Chemical Science*. 1: 27-33.
- [12] Ashok, R.B. Srinivasa C.V. & Basavaraju, B. (2018). A review on the mechanical properties of areca fiber reinforced composites. *J. Science and Technology of Materials*. 30: 120-130
- [13] Zulfikar. (2012). Analisa Kekuatan Statik Tarik Material Komposit Polimer Serat Buah Pinang dengan Perlakuan Perendaman Larutan NaOH 1m 1%. *J. Mekintek*. 3(2): 224-227.

- [14] Deshmukh, P.S. et al. (2019). Effect of mechanical and chemical treatments of arecanut (areca catechu L.) fruit husk on husk and its fibre. *Waste Management*. 95: 458-465.
- [15] M Yani dan Ahmad Marabdi Siregar. 2018. Kekuatan Komposit Polymeric Foam di Perkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Beban Tarik. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi dan Ilmu Komputer*. Jilid 1. Terbitan UNPRI PRESS. Halaman 216-221.