

Pengaruh *filler* serbuk *basalt* dan serat rotan tersusun *bi-directional* terhadap sifat mekanik komposit resin poliester

Mugi Rahayu¹, Tumpal Ojahan Rajagukguk¹, Slamet Sumardi², Yusup Hendronursito²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malahayati

Jl. Pramuka No.27, Kemiling Permai, Kec. Kemiling, Kota Bandar Lampung, Lampung 35152

²Badan Riset dan Inovasi Nasional

Jalan Ir. Sutami Km.15, Tanjung Bintang, Sindang Sari, Lampung Selatan, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35361

Email korespondensi: mugirahayu789@gmail.com

Abstrak

Komposit terus dikembangkan dengan memanfaatkan material lokal untuk memperoleh keunggulan mekanis. Provinsi Lampung kaya akan mineral dan bahan alam seperti basalt dan rotan yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi dan penguat. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk basalt dan serat rotan terhadap sifat mekanik resin komposit Polyester SHCP 2668, dimulai dengan penghancuran basalt menggunakan ballmill, diikuti dengan pengayakan. Rotan dipotong dan dibentuk menjadi serat dengan ukuran 2 mm dan direndam dalam NaOH 5% kemudian dibilas hingga bersih. Serat kering kemudian ditunen tegak lurus satu sama lain. Variasi persentase basalt yakni 2, 7, dan 12% berat dengan ukuran mesh 100, 200, dan 325. Pembuatan komposit dengan metode hand lay up dan pemadatan menggunakan tekanan 3 ton. Produk tersebut kemudian dianalisis, uji tarik berdasarkan ASTM D638-3 dan tekuk 3 titik berdasarkan ASTM D790 dan dianalisis menggunakan analisis ragam untuk mengetahui pengaruh parameter pengisi serbuk basalt. Hasil kajian menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap persentase basalt dengan kontribusi sebesar 79% dan serat rotan sebesar 8% pada tegangan tarik. Demikian juga tegangan lentur dipengaruhi secara nyata dengan persentase basalt sebesar 67%, serat rotan memberikan kontribusi sebesar 19,5%. Parameter ukuran serbuk filler tidak berpengaruh signifikan. Berdasarkan hasil kajian ini dapat dijadikan sebagai acuan pengembangan pemanfaatan serat basalt dan rotan pada material komposit.

Kata kunci: komposit, serat rotan, basalt, poliester, sifat mekanik, analisis ragam.

Abstract

Composites continue to be developed by utilizing local materials to obtain mechanical advantages. Lampung Province is rich in minerals and natural materials such as basalt and rattan which can be used as filler and reinforcement. This study aimed to determine the effect of basalt powder and rattan fibers on mechanical properties of composite resin is Polyester SHCP 2668. The study begins with basalt comminution using ballmill followed by sieving. Rattan was cut and formed into fibers with a size of 2 mm and soaked in 5% NaOH then rinsed clean. The dried fibers are then woven perpendicular to each other. Basalt percentage variation of 2, 7, and 12 wt% with sizes mesh 100, 200, and 325. Composite manufacture by method hand lay up and compaction using 3 tons pressure. The product was then analyzed. Tensile test based on ASTM D638-3 and 3 point bending based on ASTM D790 and analyzed the analysis of variance to determine the effect of basalt powder filler parameters. The results showed a significant influence on the percentage of basalt with a contribution of 79% and rattan fiber by 8% on the tensile stress. Likewise, the stress bending is significantly affected by the basalt percentage of 67%, rattan fiber contributes 19.5%. The size parameter filler powder has no significant effect. Based on the results of this study, it can be used as a reference for the development of the utilization of basalt and rattan fiber in composite materials.

Keywords: composite, rattan fiber, polyester, mechanical properties, analysis of variance.

1. Pendahuluan

Komposit terus dikembangkan seiring dengan kajian dan kebutuhan akan material ringan namun kuat, ramah lingkungan, tahan korosi, serta mudah dalam manufaktur [2]. Isu mengenai limbah *non* organik serat sintesis telah mendorong perubahan tren teknologi komposit serat alam. Keuntungan penggunaan serat alam pada komposit antara lain ringan, tahan korosi, dan harga produksi yang lebih murah [3]. Penggunaan serat alam dapat menjadi alternatif serat sintesis dengan mempertimbangkan

ketersediaan bahan baku yang berlimpah dan pengolahan yang relatif mudah. Lampung Barat memiliki potensi rotan sebagai hasil hutan bukan kayu [14]. Saat ini rotan hanya dimanfaatkan sebagai komoditas ekspor maupun diolah menjadi kerajinan dan industri mebel. Pada kajian terdahulu telah dilakukan pembuatan komposit dari serat rotan dengan matrik polimer [1],[8],[11]. Ikatan antar muka antara serat dengan matriks sering mempengaruhi kekuatan dari komposit yang dibentuk. Arah dan letak serat berpengaruh terhadap kekuatan mekanik yang

dihasilkan. Berdasarkan penempatannya, serat dapat disusun secara *bi-directional (woven)*, dimaksudkan agar komposit tidak mudah terpengaruh pemisahan antar lapisan, karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Namun demikian, kekurangan dari komposit matriks polimer dengan penguat serat masih terjadi ketika menerima beban tekan. Hal ini karena mekanisme perpatahan plastis (*plastic microbuckling*) yang disebabkan ketidak lurusan serat [16]. Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan komposit berpenguat serat maka dapat dilakukan dengan memadukan *filler* pengisi berupa partikel sebagai *reinforcement*. Komposit dengan menggunakan dua *reinforcement* atau lebih ini sering disebut sebagai komposit hibrid. Beberapa kajian terdahulu mengenai penggunaan partikel *basalt* telah dilakukan [4]. Partikel *basalt* sebagai pengisi komposit telah menunjukkan kontribusi signifikan hingga 70% terhadap sifat mekanik komposit matriks aluminium [4]. *Basalt* banyak dijumpai di daerah Lampung Timur, namun belum banyak dimanfaatkan sebagai material maju [7]. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan material lokal Lampung berupa partikel *basalt* dan serat rotan pada komposit *polyester*. Diharapkan dapat menjadi alternatif pada penguat material komposit ramah lingkungan.

2. Metode

Rotan yang digunakan dalam kajian ini menggunakan serat rotan yang diperoleh dari Lampung Barat. Jenis rotan yang digunakan pada kajian ini merupakan jenis rotan lilin atau *Calamus Javensis*. Rotan dilakukan pengecilan ukuran hingga berbentuk serat diameter 2 mm. Serat kemudian direndam selama 1 jam menggunakan 5% NaOH pada air mendidih. Hal ini dilakukan dengan maksud meningkatkan kompatibilitas serat rotan [15]. Serat kemudian dibilas dan dijemur hingga kering. Serat yang telah kering dilakukan penimbangan kemudian dianyam saling tegak lurus (*bi-directional/ woven*). Gambar 1 menunjukkan serat rotan yang telah dianyam.



Gambar 1. Anyaman serat rotan.

Batuan *basalt* yang diperoleh dari daerah Sukadana, Lampung Timur, dilakukan pengecilan ukuran menggunakan *jaw crusher* dan dilanjutkan dengan mesin *ball mill*. Pengayakan serbuk batuan *basalt* menggunakan ayakan ASTM lolos 100, 200, dan 325 *mesh*. Perhitungan fraksi massa serbuk *basalt* tiap *mesh* sebesar 2%, 7% dan 12%.

Resin *polyester* yang digunakan sebagai matriks komposit tipe SHCP 2668 memiliki sifat mekanik seperti pada Tabel 1. Penambahan *hardener* sebanyak 2% dilakukan pada saat proses pengadukan.

Tabel 1. Sifat mekanik resin SHCP 2668 CM-M (FRP Services & Company).

Properties	Result	Test Method
<i>Barcol Hardenss</i>	48 BHC	ASTM D2583-67
<i>Heat Distortion Temperature</i>	67,3°C	ASTM D648-72
<i>Elongation at Break</i>	3,2%	ASTM D638-72
<i>Specific Gravity of Liquid Resin at 25 °C</i>	1,13kg/liter	ASTM D1475
<i>Volume Shrinkage on Cure</i>	9,0%	<i>Specific Gravity</i>
<i>Flexural Strength</i>	8,4 kgf/mm ²	ASTM D790
<i>Tensile Strength</i>	3 kgf/mm ²	ASTM D638
<i>Impact Strength</i>	3,9 kgf-cm/cm	ASTM D256

Komposisi setiap sampel ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Parameter sampel komposit yang dibuat.

No. Sampel	Berat <i>Basalt</i> (%)	Ukuran <i>Basalt</i> (mesh)	Berat Serat Rotan (%)
1	2	100	10
2	2	200	10
3	2	325	10
4	7	100	10
5	7	200	10
6	7	325	10
7	12	100	10
8	12	200	10
9	12	325	10

Pencetakan komposit dengan metode *hand lay up* dan dipadatkan menggunakan mesin *hydraulic press* dengan tekanan 3 ton selama 15 menit agar diperoleh ukuran dan kepadatan yang sama di setiap titik. Papan komposit kemudian dibiarkan pada suhu ruang selama 2-3 hari. Selanjutnya pengeringan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 3 jam.

Pembentukan spesimen uji berdasarkan ASTM D638-3 untuk uji tarik dan standar ASTM D790-02 untuk uji *three point bending*. Pengujian tarik dan tekan dilakukan menggunakan alat Universal Testing Machine HT 2404 kapasitas 100 kN.

Hubungan antara beban tarik dengan tegangan tarik ditunjukkan oleh Persamaan 1 berikut [13].

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (1)$$

dengan σ adalah tegangan tarik (kgf/mm^2), P adalah beban tarik (kgf), dan A_0 adalah luas penampang benda uji. Sedangkan regangan diperoleh dari Persamaan 2 berikut.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

dengan ϵ adalah regangan (mm atau $\%$), ΔL adalah pertambahan panjang (mm), L_0 adalah panjang awal (mm). Tegangan *bending* diperoleh dari pengujian *3 point bending*, diperoleh dari Persamaan 3 berikut [6].

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3)$$

dengan σ_f adalah tegangan *bending* (kgf/mm^2), P adalah beban tekan (kgf), L adalah jarak tumpuan (mm), b adalah lebar benda uji (mm), dan d adalah tebal benda uji (mm).

3. Hasil dan Pembahasan

Bentuk spesimen uji yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



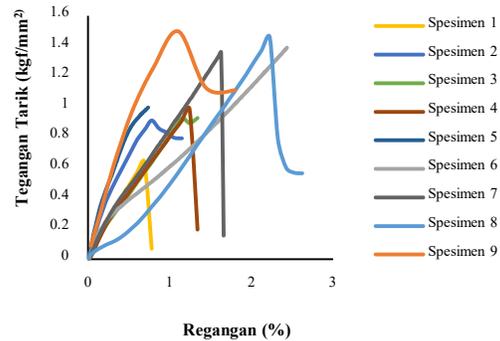
(a)



(b)

Gambar 2. Spesimen uji (a) uji tarik ASTM D638-03, dan (b) uji 3 point bending ASTM D790-02.

Pengujian tarik dilakukan mengikuti standar ASTM D638-3. Diagram tegangan-regangan hasil uji tarik ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tegangan-regangan hasil uji tarik.

Tegangan tarik tertinggi yang diterima oleh spesimen papan komposit adalah sebesar $1,50 \text{ kgf/mm}^2$ yang diterima oleh spesimen 9. Spesimen 9 merupakan papan komposit yang dibuat dengan persentase *filler basalt* 12% dengan ukuran *mesh* 325. Sedangkan tegangan tarik terkecil yang mampu diterima oleh spesimen papan komposit adalah sebesar $0,64 \text{ kgf/mm}^2$ yang diterima oleh spesimen 1. Spesimen 1 merupakan papan komposit yang dibuat dengan persentase *basalt* 2% dengan ukuran *mesh* 100.

Bahan pengisi memberikan pengaruh terhadap kekuatan komposit. Ikatan antarfasa antara partikel pengisi dan resin harus mampu berikatan secara baik. Apabila dilihat pada ukuran *mesh filler basalt* yang digunakan, dapat dilihat bahwa semakin kecil ukuran butir maka tegangan tarik akan semakin tinggi. Tegangan tarik tertinggi pada kelompok spesimen yang menggunakan *mesh* 100 diperoleh $0,93 \text{ kgf/mm}^2$, pada kelompok *mesh* 200 diperoleh $1,39 \text{ kgf/mm}^2$, sedangkan pada kelompok *mesh* 325 diperoleh $1,50 \text{ kgf/mm}^2$.

Tegangan luluh dari material komposit ditentukan menggunakan metode *offset* 0,2%. Hal ini dilakukan ketika grafik tidak menunjukkan daerah plastis-elastis secara jelas. Tegangan luluh atau *yield strength* menunjukkan tegangan luluh tertinggi diterima oleh sampel komposit dengan penggunaan *basalt* sebanyak 12% dan menggunakan ukuran *mesh* 325.

Ukuran partikel yang lebih kecil menunjukkan nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi [12]. Ukuran partikel yang kecil mampu berikatan dengan kuat antara partikel dengan matriks resin, sehingga menyebabkan kekuatan yang semakin tinggi [9]. Ukuran partikel yang besar akan memberikan ruang (porositas) yang besar pula dan diperbesar ketika resin sebagai matriks menerima beban pada saat proses penarikan yang menyebabkan jarak rekat antara matriks dengan partikel juga semakin lebar. Jarak rekat partikel yang lebar ini berakibat terhadap kekuatan tarik yang semakin kecil. Semakin rapat dan padat maka komposit akan memiliki ikatan partikel yang semakin

rapat sehingga menghasilkan ikatan mekanik yang baik [10].

Hasil uji 3 point bending ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil perhitungan tegangan bending.

No Spesimen	Serbuk basalt		Hasil Perhitungan		
	Persentase	Ukuran	M	I	of
	%	Mesh	kg.mm	mm ⁴	kg/mm ²
1	2	100	1.300	7.963	2,11
2	7	100	4.220	12.157	4,51
3	12	100	4.140	10.378	5,07
4	2	200	2.460	10.391	2,99
5	7	200	3.240	11.355	3,84
6	12	200	4.260	12.936	4,15
7	2	325	1.620	8.037	2,49
8	7	325	2.620	10.791	3,18
9	12	325	2.900	11.355	3,44

Tegangan bending terbesar yang mampu diterima oleh papan komposit adalah sebesar 5,07 kg/mm². Tegangan bending terbesar ini diterima oleh spesimen 3. Spesimen ini merupakan papan komposit yang dibuat dengan 12% berat basalt dengan ukuran 100 mesh. Sedangkan tegangan bending terendah sebesar 2,11 kg/mm². Tegangan terendah ini diterima oleh spesimen 1 yang dibuat dengan persentase 2% dengan ukuran mesh 100. Ukuran butir basalt yang sama dengan tegangan terbesar.

Anova dilakukan dengan menginput data pada worksheet Minitab17. Input data untuk dianalisis Anova. Anova untuk tegangan tarik ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil anova untuk tegangan tarik.

Source	DF	Sq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Persentase	2	0,58376	79,83%	0,58376	0,29188	19,1	0,009
Mesh	2	0,08642	11,82%	0,08642	0,04321	2,83	0,172
Error	4	0,06111	8,36%	0,06111	0,01528		
Total	8	0,73129	100%				

Kontribusi tertinggi dari kedua parameter adalah 79,83% yang diperoleh dari parameter persentase berat penggunaan basalt. Menunjukkan bahwa parameter persentase penggunaan basalt ini memberikan kontribusi yang paling dominan dibandingkan dengan parameter lainnya. Error yang dihasilkan dari anova sebesar 8,36%, menunjukkan bahwa terdapat parameter bebas di luar persentase dan ukuran (mesh) serbuk basalt terhadap tegangan tarik.

P-value yang menunjukkan tingkat signifikan dari parameter persentase dan ukuran (mesh) basalt sebesar 0,009 dan 0,172. Tingkat signifikan pengaruh parameter terbaik merupakan P-value dengan nilai kurang dari 5% atau 0,05. Dari data tersebut parameter persentase memiliki P-value sebesar 0,009 atau lebih kecil dari 0,05. Dengan demikian parameter persentase penggunaan basalt memiliki tingkat signifikan yang tertinggi dibandingkan dengan ukuran (mesh) basalt.

Hasil anova untuk tegangan bending ditunjukkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil anova untuk tegangan bending.

Source	DF	Sq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Persentase	2	0,35741	67,10%	0,35741	0,17871	6,9	0,05
Mesh	2	0,07166	13,45%	0,07166	0,03583	1,38	0,349
Error	4	0,10362	19,45%	0,10362	0,0259		
Total	8	0,53269	100%				

Kontribusi tertinggi dari kedua parameter adalah 67,10% yang diperoleh dari parameter persentase berat penggunaan basalt. Menunjukkan bahwa parameter persentase penggunaan basalt ini memberikan kontribusi yang paling dominan dibandingkan dengan parameter lainnya. Kontribusi ukuran (mesh) basalt sebesar 13,45%. Error yang dihasilkan dari anova sebesar 19,45% menunjukkan bahwa terdapat parameter bebas di luar persentase dan ukuran (mesh) serbuk basalt terhadap tegangan tarik.

P-value yang menunjukkan tingkat signifikan dari parameter persentase dan ukuran (mesh) basalt sebesar 0,05 dan 0,345. Tingkat signifikan pengaruh parameter terbaik merupakan P-value dengan nilai kurang dari 5% atau 0,05. Dari data tersebut parameter persentase memiliki P-value sebesar 0,05 atau memiliki nilai yang sama dengan batas signifikan suatu variabel $\alpha=5%$. Kedua variabel persentase dan ukuran kurang memberikan kontribusi yang signifikan terhadap tegangan bending. Namun demikian, parameter persentase penggunaan basalt memiliki tingkat signifikan yang tertinggi dibandingkan dengan ukuran (mesh) basalt.

4. Kesimpulan

Persentase penggunaan basalt pada komposit matriks resin polyester SHCP 2668 berpengaruh secara signifikan terhadap tegangan tarik dibandingkan parameter ukuran butir. Serat rotan dengan arah bi-directional memberikan kontribusi sebesar 8% terhadap kuat tarik. Demikian juga pada tegangan bending, persentase basalt memberikan pengaruh signifikan dibandingkan ukuran butir basalt. Pada tegangan bending, parameter serat rotan dengan letak bi-directional memiliki pengaruh lebih tinggi dibandingkan pada saat pengujian tarik yaitu sebesar 19,5%.

Berdasarkan hasil kajian ini, dapat digunakan sebagai acuan pengembangan pemanfaatan basalt dan serat rotan pada material komposit.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Malahayati yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kajian. Selain itu, diucapkan terimakasih kepada Laboratorium Pengujian Tarik BRIN Tanjung Bintang.

Daftar Pustaka

- [1] Bambang, A., Yovial, M., dan Wenny, M. (2021). Optimasi Sifat Mekanik Komposit Serat Rotan dan Polyester dengan Metoda Taguchi. Doctoral dissertation, Universitas Bung Hatta.
- [2] Banowati, L., Hartopo, H., Octariyus, G., dan Suprihanto, J. (2021). Analisis Perbandingan Kekuatan Komposit Rami/ Epoksi dan Hibrid Rami E-glass/ E-poksi. Jurnal Industri Elektro dan Penerbangan, 10(1).
- [3] Hariyanto, A. (2007). Peningkatan ketahanan bending komposit hibrid sandwich serat kenaf dan serat gelas bermatrik polyester dengan core kayu sengon laut.
- [4] Hendronursito, Y., Agustam, C., Rajagukguk, T. O., Birawidha, D. C., Amin, M., dan Al Muttaqii, M. (2020). Optimasi Perlakuan Panas dan Proses Stir Casting Komposit Al-Basalt terhadap Sifat Mekanik Menggunakan Metoda Taguchi. Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik, 10(2), 66-73.
- [5] Hendronursito, Y., Rajagukguk, T. O., Safii, R. N., Sofii, A., Isnugroho, K., Birawidha, D. C., Amin, M., and Al Muttaqii, M. (2020, March). Analysis of aluminium *basalt* particulate composite using stirring casting method through taguchi method approach. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 807, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- [6] Ikhsan, D., Rasid, M., dan Indra, H. B. (2021). Analisis Kekuatan Papan Partikel Dari Serat Ampas Tebu Dengan Penambahan Resin Polyester Untuk Pembuatan Papan Skateboard. Machinery: Jurnal Teknologi Terapan, 2(1), 52-57.
- [7] Isnugroho, K., Hendronursito, Y., and Birawidha, D. C. (2018). Characterization and utilization potential of *basalt* rock from East-Lampung district. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 285, No. 1, p. 012014.
- [8] Jokosisworo, S. (2009). Pengaruh penggunaan serat kulit rotan sebagai penguat pada komposit polimer dengan matriks Polyester Yukalac 157 Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekuk. Teknik, 30(3), 191-196.
- [9] Najamudin, N. (2017). Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Sifat Mekanik Komposit Dengan Matrik Resin Epoxy. Kajian Mandiri Universitas Bandar Lampung.
- [10] Primaningtyas, W. E., Sakura, R. R., Biqi, A., dan Handoyo, C. (2019). Sintesis Komposit Kampas Rem Bebas Asbes Berpenguat Serbuk Kulit Singkong. REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal, 3(2), 91-95.
- [11] Sulaiman, M., dan Rahmat, M. H. (2018). Kajian potensi pengembangan material komposit polimer dengan serat alam untuk produk otomotif. In Seminar Nasional Teknik Mesin (SISTEM). Jember: Teknik Mesin Universitas Jember.
- [12] Turmanova, S., Genieva, S., dan Vlaev, L. (2012). Obtaining some polymer composites filled with rice husks ash-a review. International Journal of Chemistry, 4(4), 62.
- [13] Wibisono, R. R. (2015). Analisa Pengujian Tarik Pipa Komposit Serat Batang Pisang Bermatrik Polyester Bqtn 157 Dengan Sudut Serat 65/-65 Pada Variasi Temperatur Ruang Uji (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [14] Winarno, G. D., Harianto, S. P., Masruri, N. W., & Bintoro, A. (2019). Buku Ajar Pengelolaan Hasil Hutan Kayu Andalan Lampung. Graha ilmu
- [15] Witono, K., Irawan, Y. S., Soenoko, R., dan Suryanto, H. (2014). Pengaruh perlakuan alkali (NaOH) terhadap morfologi dan kekuatan tarik serat mendong. Rekayasa Mesin, 4(3), 227-234.
- [16] Yuwono, A. H. (2001). Studi Karakteristik Kegagalan Tekan Komposit Serat Bermatriks Polimer yang Diekspos Dalam Lingkungan Air Laut.