



**PERILAKU LENTUR KOMPOSIT POLIESTER YANG DIPERKUAT DENGAN
LIMBAH SERAT RAMI DARI INDUSTRI TEKSTIL**

Oleh

Wildan Habinata Sabri¹⁾, Jauhar Fajrin²⁾ & Buan Anshari³⁾

¹BWS Nusa Tenggara I, Jl. Airlangga No. 32 Mataram.

^{2,3}Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Email: ¹revhabinata@gmail.com, ²jauhar.fajrin@unram.ac.id & ³buan.anshari@unram.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mencoba memanfaatkan sisa atau limbah serat Rami dari industri tekstil untuk membuat material komposit dengan matriks Poliester dan artikel ini membahas mengenai perilaku lentur dari komposit yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang didesain dengan pendekatan Design of Experiment (DOE) dimana analisis hasil pengujian laboratorium menggunakan metode statistik inferensial. Perlakuan atau variabel yang digunakan adalah orientasi seratnya; memanjang, acak dan anyam. Parameter yang dianalisa adalah kuat lentur dan modulus elastisitas lenturnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit poliester yang diperkuat dengan serat Rami yang dipasang secara memanjang memiliki kekuatan lentur paling tinggi, yakni sebesar 138,7 MPa, 62,99% dan 77,93% lebih tinggi daripada kuat lentur komposit poliester-Rami dengan serat acak dan anyam. Diagram tegangan-regangan dari hasil pengujian lentur mengindikasikan bahwa komposit poliester-rami bersifat getas karena kurva-kurva spesimennya putus secara tiba-tiba dan regangannya kurang dari 5%. Hasil Anova menunjukkan bahwa nilai P-value = 0,000 dan nilai $F_{hitung} = 34,01$. Karena nilai P-value nya lebih kecil dari 0,05 dan juga karena nilai F_{hitung} lebih besar dari nilai F_{tabel} (3,89), maka dapat disimpulkan bahwa orientasi serat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kuat lentur komposit poliester-Rami.

KATA KUNCI: Lentur Komposit Poliester, Limbah Serat Rami & Industri Tekstil

PENDAHULUAN

Diantara banyak pilihan serat alam yang tumbuh di Indonesia, serat Rami (*Boehmeria nivea*), adalah salah satu yang sudah lama dibudidayakan oleh petani sebagai bahan baku tekstil. Serat rami diambil dari bagian kulit pohonnya dan disukai oleh para desainer pakaian karena karakteristiknya lebih baik dari kapas yang merupakan bahan baku utama pembuatan kain. Perbedaan serat Rami dengan Kapas adalah pada ukuran seratnya, dimana Rami mempunyai serat yang panjang, sementara kapas seratnya pendek [1].

Pada industri-industri tekstil, tidak semua bagian dari serat yang dijadikan bahan baku digunakan dalam proses pembuatan kain. Serat-serat tersebut disortir terlebih dahulu untuk memilih serat yang memenuhi persyaratan sebagai bahan baku. Sementara sisanya yang

tidak terpakai dibuang atau dijual kembali, biasanya dimanfaatkan untuk bahan kerajinan. Penelitian ini mencoba memanfaatkan sisa serat Rami tersebut untuk membuat material komposit dengan matriks Poliester. Kombinasi kedua material tersebut dapat menghasilkan bahan komposit yang handal dimana serat Rami sebagai penguat dan Poliester sebagai pengikat. Komposit serat alam ini bisa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan yang lebih luas termasuk dalam industri otomotif dan komponen rumah. Khusus untuk industri komponen rumah, komposit serat alam ini bisa dijadikan sebagai papan dinding atau lantai bangunan.

Dalam penggunaannya sebagai material untuk otomotif atau komponen rumah, salah satu aspek yang menjadi perhatian adalah sifat atau perilaku lenturnya. Sifat lentur suatu



material akan menentukan perilakunya saat menerima beban. Sehingga perlu dipastikan apakah cukup baik atau layak untuk digunakan sesuai keperluan yang diinginkan. Artikel ini mengulas tentang perilaku lentur dari komposit serat alam yang dibuat dari matriks Poliester yang diperkuat dengan sisa serat Rami yang merupakan sortiran dari industri tekstil. Sisa serat tersebut diperoleh dari PT. Retota Sakti yang berada di Magelang, Jawa Tengah.

LANDASAN TEORI

Kajian mengenai penggunaan serat alam sebagai penguat komposit polimer sudah cukup banyak dilaporkan dalam berbagai artikel ilmiah. Purboputro dan Hariyanto [2] melaporkan hasil penelitian mereka mengenai kuat tarik dan impak komposit poliester yang diperkuat dengan serat rami dengan variable penelitian berupa perlakuan alkali terhadap serat rami. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa perendaman alkali selama 8 jam terhadap serat rami menghasilkan komposit dengan kuat tarik paling tinggi, yakni sebesar 41,9 MPa. Sementara kekuatan impak paling tinggi tercapai pada kondisi serat direndam selama 4 jam. Zhang dkk. [3] membuat komposit polypropylene (PP) yang diperkuat dengan serat Rami. Variabel penelitiannya adalah prosentasi atau loading serat yang optimum; 10, 20 dan 30 wt%. Dilaporkan bahwa prosentasi serat sebesar 10% mempunyai kuat tarik paling tinggi, sementara impak yang optimum dicapai pada kondisi loading 30%.

Pada penelitian lain, Simonassi dkk. [4] melaporkan bahwa perkuatan Poliester dengan 30% serat rami mampu menghasilkan komposit dengan kuat lentur sebesar 212 MPa, 3 kali lipat dibandingkan dengan kuat lentur poliester tanpa perkuatan (neat poliester). Selanjutnya, Mardiyati dkk. [5] melakukan eksperimen dengan memvariasikan loading serat rami sebesar 5, 10 dan 15 wt% untuk memperkuat Polypropylene. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tarik tertinggi dicapai pada komposit dengan prosentase serat sebesar 10%,

yakni 18,17 MPa. Demikian pula dengan kekuatan impak tertinggi (46,39 KJ/m²) dicapai pada loading serat sebesar 10wt%. Serat rami juga bisa dikombinasikan dengan serat lain termasuk serat buatan seperti serat kaca untuk memperkuat polimer.

Penelitian yang dilaporkan oleh Romanzini dkk [6] menggunakan serat hybrid Rami dan kaca untuk memperkuat poliester. Panjang serat menjadi salah satu variable penelitian mereka yakni 25, 35, 45 dan 55 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat dengan panjang 45 mm menghasilkan komposit dengan kekuatan lentur paling optimum. Studi dari aspek lain, yakni membandingkan kinerja komposit yang diperkuat oleh serat Rami tetapi dengan matriks berbeda, PVC dan Poliester dilaporkan dalam Referensi [7]. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa komposit Rami-PVC mempunyai kekuatan impak yang lebih baik dibandingkan dengan komposit Rami-poliester. Terkait dengan pengujian lentur komposit serat alam, Fajrin dkk [8] melaporkan hasil eksperimen mereka mengenai perkuatan polimer matriks dengan berbagai jenis serat alam; hemp, jute, sisal dan bambu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat lentur masing-masing komposit polimer resin yang diperkuat dengan Hemp (47.17 MPa), Jute (62.72 MPa), Sisal (54.35 MPa) dan Bambu (53.34 MPa). Penggunaan metode statistik dalam menganalisis hasil penelitian terkait komposit serat alam antara lain seperti yang dilaporkan dalam Referensi [9].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang didesain dengan pendekatan Design of Experiment (DOE) dimana analisis hasil pengujian laboratorium menggunakan metode statistik inferensial. Perlakuan atau variabel yang digunakan dalam penelitian dibagi kedalam tiga kelompok yakni sampel dengan orientasi serat; memanjang (unidirectional)-diberi kode PRU, acak (randomly oriented) dengan kode PRR dan anyam (woven) dengan kode sampel PRW.

<http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI>

Open Journal Systems



Masing-masing perlakuan atau kelompok dibuat 5 buah spesimen.

Bahan

Serat rami diperoleh dari PT. Retota Sakti (Magelang, Jawa Tengah) yang merupakan sisa serat rami hasil sortiran untuk pembuatan tekstil. Sementara matriks yang digunakan adalah resin polyester BQTN tipe 157 dengan katalis methyl ethyl ketone peroxide (MEKPO) sebagai bahan pengeras. Sampel dipersiapkan dengan metode hand lay-up dengan persentase atau loading serat yang sama berdasarkan beratnya, yakni 10 wt%, sesuai rekomendasi penelitian [3, 5].

Set-up Pengujian

Pengujian lentur dilakukan menggunakan metode three-point bending yang memiliki tiga titik pembebanan, yaitu dua titik tumpuan pada pinggir benda uji dan satu titik pembebanan pada bagian tengah benda uji. Pengujian bending menggunakan mesin kuat uji lentur flexural testing machine dengan mengacu pada standar ASTM D790 yang merupakan standar pengujian kelenturan material plastik. Alat uji lentur dan sampel hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1.. Uji lentur komposit



HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan hasil penelitian difokuskan dalam dua bagian yakni; 1) tentang perilaku lentur dari komposit yang meliputi kuat dan modulus lentur dan 2) tentang hasil analisis inferensial statistiknya.

Kuat Lentur dan Modulus Lentur

Hasil pengujian lentur terhadap komposit poliester yang diperkuat dengan serat rami

dengan orientasi yang berbeda (PRU, PRR dan PRW) dapat dilihat pada Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Hasil Pengujian Lentur PRU

Spesimen	Kuat Lentur (MPa)	Modulus Elastisitas Lentur (MPa)
PRU-1	144,12	10599,00
PRU-2	171,95	9016,50
PRU-3	167,57	8584,90
PRU-4	124,05	9995,20
PRU-5	85,79	7295,80
Rerata	138.70	9098,00
Stdev	35.30	1282,00

Tabel 2. Hasil Pengujian Lentur PRR

Spesimen	Kuat Lentur (MPa)	Modulus Elastisitas Lentur (MPa)
PRR-1	42,37	5900,10
PRR-2	60,42	5140,80
PRR-3	36,18	3853,60
PRR-4	54,57	3507,50
PRR-5	63,07	4444,40
Rerata	51.32	4569,00
Stdev	11.63	969,00

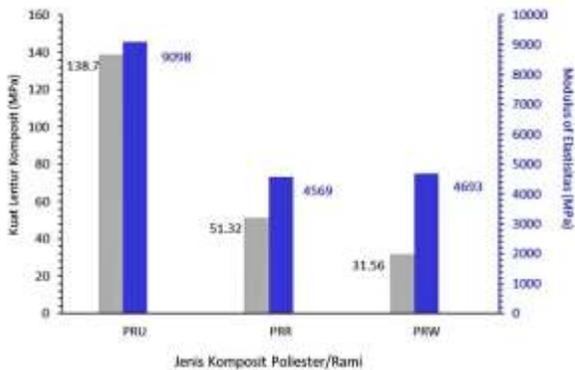
Tabel 3. Hasil Pengujian Lentur PRW

Spesimen	Kuat Lentur (MPa)	Modulus Elastisitas Lentur (MPa)
PRW-1	25,55	4760,70
PRW-2	33,99	4616,10
PRW-3	42,78	4526,80
PRW-4	30,46	5056,70
PRW-5	25,04	4502,80
Rerata	31.56	4693,00
Stdev	7.27	227,00

Selanjutnya rangkuman isi Tabel 1 sampai Tabel 3 disajikan dalam bentuk diagram batang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Rerata kuat lentur dan modulus elastisitas lentur dari komposit poliester-Rami



Seperti yang terlihat pada Gambar 2, komposit poliester yang diperkuat dengan serat Rami yang dipasang secara unidirectional (PRU) memiliki kekuatan lentur tertinggi, yakni sebesar 138,7 MPa dengan modulus elastisitas (MOE) sebesar 9098 MPa. Pada posisi berikutnya adalah komposit dengan serat acak (PRR) dengan kuat lentur dan MOE sebesar 51,32 MPa dan 4569 MPa. Penempatan serat dengan cara dianyam (PRW) menghasilkan komposit poliester/Rami dengan kuat lentur paling kecil diantara ketiga variasi tersebut, dengan kuat lentur sebesar 31,56 MPa dan MOE sebesar 4693 MPa. Berdasarkan nilai-nilai rerata tersebut dapat dikatakan bahwa komposit PRU mempunyai kekuatan tarik paling tinggi dengan selisih sebesar 62,99% dan 77,93% lebih tinggi daripada komposit PRR dan PRW. Sementara itu, komposit PRR memiliki kekuatan lentur 38,89% lebih tinggi dibandingkan dengan komposit PRW. Dalam hal MOE, komposit PRU juga memiliki rerata MOE yang paling tinggi diantara ketiga variasi yang ada, yakni sebesar 9098 MPa. Nilai ini, lebih tinggi 49,78% dibandingkan dengan PRR dan 48,41% dengan PRW. Sementara untuk MOE, komposit PRW mempunyai nilai rerata yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan komposit PRR dengan selisih sebesar 2,71%.

Tingginya kuat lentur yang dimiliki oleh komposit PRU – yang serat penguatnya diletakan secara memanjang, dapat dimengerti karena salah satu faktor penting yang

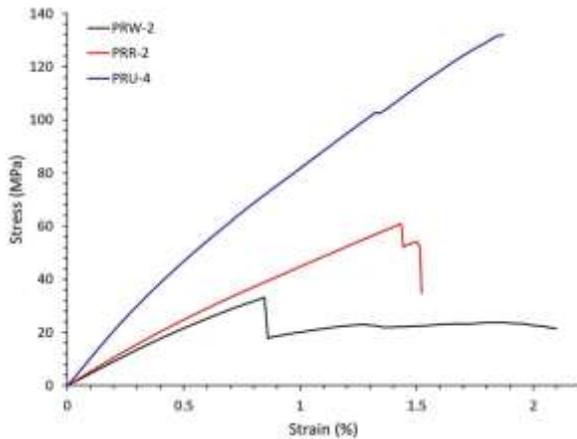
berkontribusi signifikan dalam menentukan kekuatan lentur material adalah arah seratnya. Pada saat sebuah komponen diberikan beban lentur, maka serat bagian bawah akan tertarik dan sebaliknya serat bagian atas mengalami tekan. Tetapi pada umumnya keruntuhan terjadi pada bagian bawah yang tertarik. Kekuatan tarik yang tinggi dapat dicapai apabila arah serat penguatnya sejajar dengan arah pembebanan. Ketika sebuah komposit diberikan gaya, maka komponen-komponennya yang berupa matriks dan penguat akan merespon gaya yang diberikan dalam bentuk menyediakan gaya dalam (internal force). Apabila gaya luar sudah melebihi gaya yang mampu diberikan oleh komposit, maka terjadilah kegagalan (fracture). Pada posisi serat diorientasikan secara memanjang, maka didalam komposit tersedia internal force yang cukup besar sebagai kontribusi serat sehingga besar kemungkinan kuat lenturnya menjadi tinggi. Pada posisi serat yang acak (PAR), ada dua kemungkinan yang bisa terjadi, sebagian besar seratnya berada pada posisi memanjang atau sebaliknya. Pada kondisi lebih banyak serat yang berada pada posisi memanjang, maka kemungkinan kekuatannya akan lebih tinggi dibandingkan dengan apabila serat yang sejajar arah pembebanan lebih sedikit. Sedangkan pada posisi dianyam (PAW), komposisi serat yang sejajar dan tegak lurus adalah sama-sama 50%. Sehingga ada kemungkinan kekuatan lentur PAR lebih tinggi atau lebih rendah daripada PAW.

Selanjutnya, dilakukan analisa terhadap diagram tegangan dan regangan yang diperlihatkan pada Gambar 3. Pada diagram ini, dipilih masing-masing satu spesimen secara acak untuk mewakili setiap kelompok sampel atau variabel, dimana PRU diwakili oleh sampel PRU-4, PRR diwakili oleh PRR-2 dan PRW-2 mewakili kelompok sampel PRW. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3, diagram tegangan-regangan mengindikasikan bahwa material komposit yang diuji bersifat getas atau brittle karena kurva-kurva



spesimennya putus secara tiba-tiba dan regangannya kurang dari 5%.

Gambar 3. Diagram tegangan-regangan hasil pengujian kekuatan lentur komposit poliester-Rami

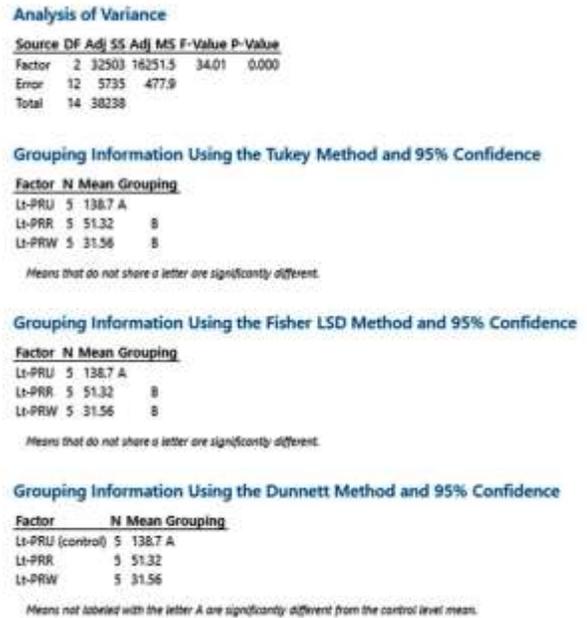


Analisis Statistik

Rangkuman hasil analisis statistik menggunakan software Minitab diperlihatkan pada Gambar 4. Pengujian dilakukan dengan metode Anova satu arah. Sebelum dilakukan analisis Anova, data hasil pengujian telah dicek kenormalan dan homogenitasnya melalui pengujian normality-test dan test for equal variance.

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4, nilai P-value = 0,000 dan nilai $F_{hitung} = 34,01$. Karena nilai P-value nya lebih kecil dari 0,05 dan juga karena nilai F_{hitung} lebih besar dari nilai F_{tabel} (3,89), maka hipotesis H_0 ditolak dan sebagai konsekuensinya hipotesis alternative H_1 diterima. Hal ini bermakna bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kuat lentur komposit PR yang disebabkan oleh perbedaan cara menempatkan atau mengorientasikan seratnya. Atau dengan kata lain, orientasi serat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kuat lentur komposit poliester-Rami.

Gambar 4. Script hasil analisis statistik dengan software Minitab



Selain uji Anova, dilakukan juga pairwise tests menggunakan metode Tukey, Fisher dan Dunnett. Hasil grouping berdasarkan ketiga pairwise test mengindikasikan bahwa komposit PRU (grup A) mempunyai kuat lentur yang berbeda secara signifikan dengan dua komposit lainnya, PRR dan PRW (grup B). Tetapi sedikit berbeda dengan hasil Anova, ketiga pairwise test tersebut menyatakan bahwa komposit PRR dan PRW tidak mempunyai perbedaan yang signifikan atau ditempatkan dalam grup yang sama, yakni grup B.

PENUTUP Kesimpulan

Secara umum, kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini adalah serat Rami mempunyai potensi yang baik untuk digunakan sebagai penguat komposit poliester. Beberapa poin penting yang bisa menjadi kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Komposit poliester yang diperkuat dengan serat Rami yang dipasang secara unidirectional (PRU) memiliki kekuatan lentur tertinggi, yakni sebesar 138,7 MPa, 62,99% dan 77,93% lebih tinggi daripada kuat lentur komposit PRR dan PRW.



2. Dalam hal MOE, komposit PRU juga memiliki rerata MOE yang paling tinggi diantara ketiga variasi yang ada, yakni sebesar 9098 MPa. Nilai ini, lebih tinggi 49,78% dibandingkan dengan komposit PRR dan 48,41% dengan PRW.
3. Diagram tegangan-regangan dari hasil pengujian lentur mengindikasikan bahwa komposit poliester-rami bersifat getas atau brittle karena kurva-kurva spesimennya putus secara tiba-tiba dan regangannya kurang dari 5%.
4. Hasil Anova menunjukkan bahwa nilai P-value = 0,000 dan nilai $F_{hitung} = 34,01$. Karena nilai P-value nya lebih kecil dari 0,05 dan juga karena nilai F_{hitung} lebih besar dari nilai F_{tabel} (3,89), maka hipotesis H_0 ditolak yang mempunyai makna bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar kuat lentur komposit poliester-rami yang dibuat dengan tiga orientasi serat yang berbeda. Atau dengan kata lain, orientasi serat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kuat lentur komposit poliester-Rami.

Saran

Perlu dilakukan kajian yang sama pada kondisi loading atau persentase serat yang berbeda dengan jumlah sampel yang lebih banyak. Saran lain adalah perlu juga dipertimbangkan menggunakan pengujian lentur pada skema four-point bending load karena dianggap lebih bisa mewakili kekuatan lentur murni (pure bending) dari sebuah komponen yang diuji.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Megumi, S. R., 2019, Rami bahan baku Tekstil Bermutu Tinggi, www.greeners.co. Diakses 6 Pebruari 2020.
- [2]Purboputro, P. I., dan Hariyanto, A., 2017, Analisis Sifat Tarik dan Impak Komposit Serat Rami Dengan Perlakuan Alkali Dalam Waktu 2,4,6, dan 8 Jam Bermatrik Poliester, Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 18 No 2. hal. 64-75.
- [3]Zhang, Y., Wen, B., Cao, L., Li, X., dan Zhang, J., 2015, Preparation and Properties of Unmodified Ramie Fiber Reinforced Polypropylene Composites, Journal of Wuhan University of Technology, Vol. 30 No. 1, pp. 198-202.
- [4]Simonassi, N. T., Pereira, A. C., Monteiro, S. N., Margem, F. M., Rodriguez, R. J. S., Deus, J. F., Vieira C. M. F., dan Drelich, J., 2017, Reinforcement of Polyester with Renewable Ramie Fiber, Materials Research, Vol. 2, No. 2, pp. 51-59.
- [5]Mardiyati, Srahputri, N., Steven, Suratman, R., 2017, Sifat Tarik dan Sifat Impak Komposit Polipropilena High Impact Berpenguat Serat Rami Acak Yang Dibuat Dengan Metode Injection Moulding, Jurnal Mesin, Vol. 26 No. 1, hal. 8-16.
- [6]Romanzini, D., Junior, H. L. O., Amico, S. C., dan Zattera, A., J., 2012, Preparation and Characterization of Ramie Fiber Glass Fiber Reinforced Polymer Matrix Hybrid Composites, Materials Research, Vol. 15 No. 3, pp. 415-420.
- [7]Robiandi, F., Mayantasari, M., dan Mart, D., 2018, Studi Ketahanan Benturan Pada Komposit Berbasis Rami Dengan Matriks PVC dan Poliester, Proseding SNITT-Politeknik Negeri Balikpapan.
- [8]Fajrin, J., Pathurahman, Suparjo, Handayani, T., 2017, Flexural Properties of Tropical Natural Fibers Reinforced Epoxy Composites Prepared Using Vacuum Bagging Method, Proceeding of ICST 2017, Universitas Mataram, Lombok.
- [9]Fitrayudha, A., Fajrin, J., dan Anshari, B., 2020, Analisis Sifat Mekanis Komposit Poliester Sisal Menggunakan Metode Anova, Jurnal Binawakya, Vol. 14 No. 7, hal. 2817-2824.