



## **PENGARUH PERLAKUAN ASAM MALEAT TERHADAP DIAMETER, DENSITAS, DAN *MOISTURE CONTENT* SERAT RAMI**

**Henny Pratiwi<sup>a,b\*</sup>, Didik Nurhadiyanto<sup>a,b</sup>, Aulia Majid<sup>a,b</sup>, Stevanus Trian Putra  
Pamungkas<sup>a</sup>, Rija Budi Santoso<sup>a</sup>, Faizal Lanang Djati<sup>a</sup>, dan Dicky Kurniawan<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Departemen Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Jl. Colombo No.1,  
Yogyakarta, 55281

<sup>b</sup>Pusat Rekayasa dan Manufaktur Eco-Material, Universitas Negeri Yogyakarta, Jl. Colombo No.1, Yogyakarta,  
55281

\*E-mail: hennypratiwi@uny.ac.id

*Masuk Tanggal: 23 Mei, revisi tanggal: 3 Juni, diterima untuk diterbitkan tanggal: 30 Juni 2025*

### **Abstrak**

Sifat ramah lingkungan dari serat rami menyebabkan penggunaannya sebagai penguat dalam matriks polimer terus berkembang. Namun, sifat hidrofilik yang dimiliki serat rami secara signifikan dapat menyebabkan ikatan antarmuka yang kurang baik ketika serat dijadikan penguat pada komposit polimer. Perlakuan kimia merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi sifat hidrofilik serat rami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi asam maleat terhadap sifat fisis serat rami seperti *moisture content*, densitas, dan diameter. Serat rami diperlakukan dengan berbagai konsentrasi asam maleat (2, 4, 6, 8, dan 10 wt.%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kimia secara efektif mengurangi *moisture content* pada serat rami, dengan nilai terendah yaitu 8,52%, yang diamati pada sampel yang direndam dengan 6 wt.% larutan asam maleat. Demikian pula pada hasil pengukuran densitas, dimana densitas naik seiring dengan peningkatan konsentrasi asam maleat dan maksimal pada sampel konsentrasi 6 wt.% dengan nilai 1,4267 gr/cm<sup>3</sup>. Hal ini disebabkan terlarutnya sebagian daerah amorf pada permukaan serat, sehingga terjadi peningkatan *compactness* serat. Hal ini didukung oleh hasil pengukuran diameter dimana nilainya menurun secara konsisten dengan peningkatan konsentrasi. Modifikasi permukaan ini menunjukkan bahwa konsentrasi asam maleat 6 wt.% memberikan kondisi perlakuan yang optimal, yang diharapkan dapat meningkatkan ikatan antarmuka serat-matriks pada komposit polimer. Studi ini berhipotesis bahwa perlakuan asam maleat memodifikasi permukaan dan struktur internal serat rami, yang menghasilkan peningkatan sifat fisis serat. Penurunan *moisture content* yang diamati dan peningkatan kepadatan serat menunjukkan peningkatan kompatibilitas dengan matriks polimer. Peningkatan ini diharapkan berkontribusi pada adhesi antarmuka serat-matriks yang lebih baik, yang sangat penting untuk meningkatkan sifat mekanis komposit yang diperkuat serat rami.

**Kata Kunci:** Serat rami, Asam maleat, Perlakuan kimia, Komposit, Sifat fisis.

### **Abstract**

*The environmentally friendly nature of ramie fibers makes them a growing reinforcement in polymer matrices. However, the hydrophilic nature of ramie fibers can significantly cause poor interfacial bonding when the fibers are used as reinforcement in polymer composites. Chemical treatment is one of the methods used to reduce the hydrophilic nature of ramie fiber. This study aims to determine the effect of varying concentrations of maleic acid on the physical properties of ramie fibers such as moisture content, density, and diameter. Ramie fibers were treated with various concentrations of maleic acid (2, 4, 6, 8, and 10 wt.%). The results showed that chemical treatment effectively reduced the moisture content of the untreated ramie fibers, with the lowest value observed in samples soaked with 6 wt.% maleic acid solution. Similarly, the density measurement results showed that the density increased with the increase of maleic acid concentration and maximum at 6 wt.% sample concentration. This is due to the dissolution of some amorphous areas on the fiber surface, resulting in an increase in fiber compactness. This is supported by the diameter measurement results where the value decreased consistently with increasing concentration. This surface modification*

---

---

indicates that a maleic acid concentration of 6 wt.% provides optimal treatment conditions, which is expected to improve the fiber-matrix interfacial bonding in the composite polymer.

**Keywords:** Ramie fiber, Maleic acid, Chemical treatment, Composite, Physical properties.

---

## 1. PENDAHULUAN

Serat alam telah mendapatkan perhatian signifikan sebagai alternatif yang berkelanjutan dan terbarukan menggantikan serat sintetis dalam berbagai aplikasi industri. Serat rami banyak diteliti karena sifat mekaniknya yang tinggi, biodegradabilitas, dan siklus pertumbuhannya yang cepat [1]. Serat alam dapat dimanfaatkan untuk membuat komposit yang dapat diaplikasikan untuk industri otomotif, dirgantara dan kapal [2], [3]. Namun, kinerja serat alam seperti rami dapat bervariasi secara signifikan karena faktor intrinsik seperti komposisi kimia, morfologi serat, dan karakteristik permukaan, yang memerlukan perlakuan kimia untuk meningkatkan konsistensi dan kinerja.

Tantangan kritis dalam memanfaatkan serat rami dalam aplikasi tingkat lanjut terletak pada daya serap kelembabannya yang tinggi dan ikatan antarmuka yang relatif rendah dengan matriks hidrofobik [4]. Kelemahan ini sering kali menyebabkan stabilitas dimensi yang kurang baik, berkurangnya kinerja mekanis, dan degradasi komposit dalam jangka panjang. Modifikasi kimia, khususnya perlakuan asam dan alkali, telah banyak diteliti untuk mengurangi keterbatasan ini dengan mengubah permukaan dan struktur internal serat. Perlakuan tersebut dapat menghilangkan sebagian komponen amorf, mengurangi polaritas, dan meningkatkan kompatibilitas matriks serat [5].

Meskipun banyak penelitian telah melaporkan efek perlakuan kimia pada serat alam, pengaruh perendaman asam organik seperti asam maleat terhadap sifat fisis serat rami belum pernah dilakukan. Dibandingkan dengan asam kuat atau perlakuan alkali, asam maleat yang merupakan asam organik dapat meningkatkan sifat bahan alam namun memiliki dampak yang lebih ramah terhadap lingkungan [6]. Salah satu contoh pengamatan menggunakan asam maleat pada serat alam dilakukan oleh Saravanan dkk. (2019) yang mensintesis dan mengkarakterisasi serat pelepah pisang [7]. Asam maleat merupakan asam organik dikarboksilat, dikenal karena kemampuannya untuk teresterifikasi dengan gugus hidroksil pada bahan lignoselulosa, yang berpotensi memodifikasi karakteristik permukaan serat tanpa menyebabkan degradasi substansial pada struktur selulosa. Keasamannya yang relatif ringan dibandingkan dengan asam mineral memungkinkan modifikasi permukaan secara

selektif dalam kondisi yang terkendali. Oleh karena itu, investigasi perlakuan asam maleat terhadap sifat fisis seperti diameter serat, densitas, dan *moisture content* dapat memberikan wawasan yang berharga untuk meningkatkan fungsionalitas dan kemampuan proses serat rami untuk aplikasi material tingkat lanjut. Pemahaman terhadap pengaruh asam maleat pada sifat fisis seperti yang telah dijelaskan sebelumnya sangat penting untuk mengoptimalkan perlakuan serat rami yang disesuaikan untuk aplikasi tertentu. Diameter mempengaruhi luas permukaan dan *interlocking* mekanis; densitas berhubungan dengan kepadatan dan kekuatan serat; dan *moisture content* mempengaruhi stabilitas dimensi dan biodegradasi [8], [9].

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi asam maleat optimal yang menghasilkan perbaikan sifat fisik serat rami guna meningkatkan kompatibilitas pada matriks polimer. Dengan menganalisis sejauh mana modifikasi sifat fisik dalam kondisi perlakuan yang terkendali, penelitian ini berusaha untuk berkontribusi pada pemahaman yang lebih luas tentang mekanisme perlakuan serat. Temuan ini diharapkan dapat memberikan landasan ilmiah untuk pengembangan material yang lebih baik dan berkelanjutan di berbagai sektor industri.

## 2. PROSEDUR PERCOBAAN

### 2.1. Material

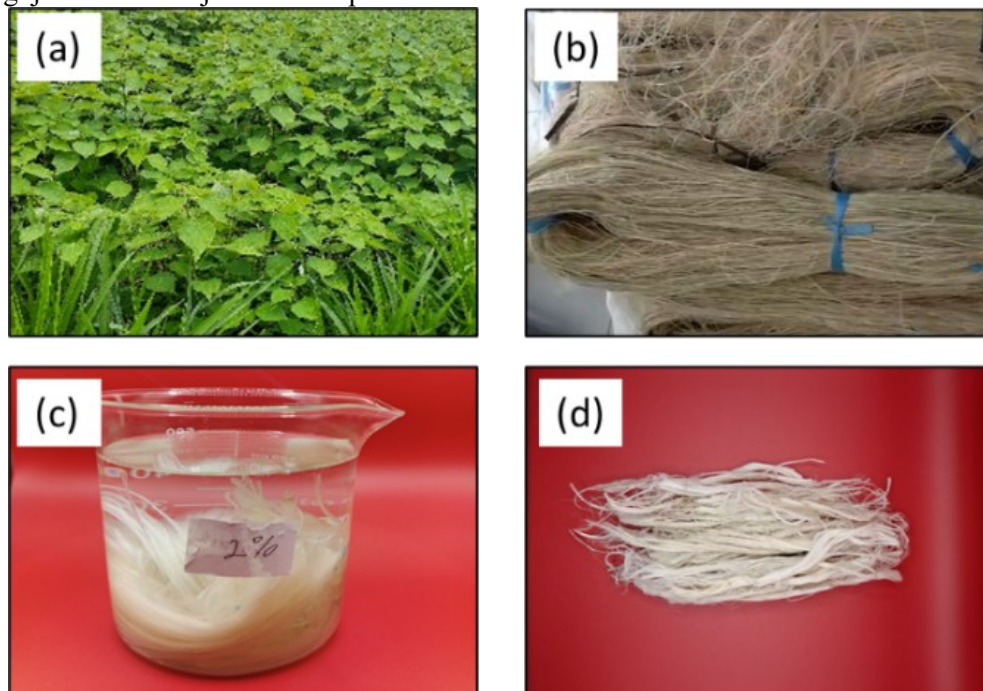
Serat rami diperoleh dari CV Rabersa, yang berlokasi di Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Maleic acid pro analysis didapatkan dari Merck Ltd.

### 2.2. Perlakuan serat rami

Serat rami direndam dalam larutan asam maleat dengan variasi konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 wt.%. Rasio massa serat terhadap larutan dipertahankan pada 1:20 untuk memastikan tercukupinya interaksi kimia [1]. Proses perendaman dilakukan pada suhu ruang selama 1 jam. Kondisi ini didasarkan pada penelitian sebelumnya dimana perendaman selama 1 jam pada suhu ruang menunjukkan perbaikan sifat fisis dan mekanis yang efektif [1]. Setelah perlakuan, serat dibilas secara menyeluruh dengan aquadest berkali-kali untuk menghilangkan sisa bahan kimia sampai pH rendaman netral. Serat yang telah dibersihkan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80 °C selama 24 jam untuk

menghilangkan kandungan air seutuhnya. Serat kemudian disimpan dalam wadah tertutup rapat untuk pengujian lebih lanjut. Proses perlakuan

kimia diilustrasikan pada Gambar 1 dan penamaan sampel dirangkum pada Tabel 1.



Gambar 1. Proses perlakuan kimia dengan asam maleat meliputi: (a) tanaman rami, (b) serat sebelum perlakuan, (c) serat direndam pada larutan asam maleat, dan (d) serat setelah dikeringkan

Tabel 1. Penamaan sampel dan kondisi perendaman

Kode Sampel	Keterangan
Sampel 0	Serat rami tanpa perlakuan
Sampel 1	Serat rami direndam pada larutan 2 wt.% asam maleat pada suhu ruang
Sampel 2	Serat rami direndam pada larutan 4 wt.% asam maleat pada suhu ruang
Sampel 3	Serat rami direndam pada larutan 6 wt.% asam maleat pada suhu ruang
Sampel 4	Serat rami direndam pada larutan 8 wt.% asam maleat pada suhu ruang
Sampel 5	Serat rami direndam pada larutan 10 wt.% asam maleat pada suhu ruang

## 2.3. Pengujian sifat fisis serat rami

### 2.3.1. Moisture Content

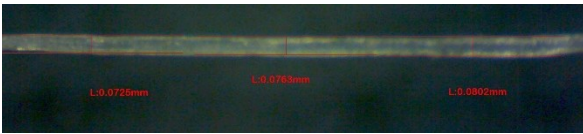
Pengukuran moisture content pada serat rami tanpa perlakuan dan dengan perlakuan asam maleat dilakukan dengan menggunakan alat Ohaus MB95 electronic moisture analyzer. Sebanyak satu gram serat rami dipotong sepanjang 0,5 – 1 mm kemudian dimasukkan pada dudukan alumina di dalam instrumen pengukur. Ruang pemanas kemudian ditutup, dan sampel dipanaskan hingga mencapai suhu 105 °C selama 10 menit. Nilai moisture content kemudian akan muncul pada layar setelah proses pemanasan selesai.

### 2.3.2. Densitas

Alat ukur densitas digital MH-300A yang mengadaptasi prinsip Archimedes digunakan untuk mengetahui densitas serat rami eksperimental. Serat rami ditimbang terlebih dahulu di udara dan kemudian data ini tersimpan pada alat ukur. Serat rami tanpa perlakuan dan dengan perlakuan kimia kemudian direndam pada etanol di dalam alat ukur dan kemudian ditimbang untuk mendapatkan densitas serat. Fluida yang digunakan adalah etanol karena fluida ini diperkirakan memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan serat rami. Selain itu, pengukuran densitas dengan prinsip Archimedes menggunakan etanol memungkinkan waktu perendaman yang cukup lama untuk menghilangkan gelembung udara dan mencapai massa yang stabil [10].

### 2.3.3. Pengukuran diameter

Pengukuran dilakukan di lima titik sepanjang serat. Insize ISM-PM200SA measuring microscope digunakan untuk mengamati ukuran serat dengan perbesaran 200x, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pengukuran diameter melintang ini dilakukan dengan asumsi bahwa penampang serat berbentuk lingkaran homogen. Pengukuran dilakukan terhadap 10 serat dan diameter rata-rata kemudian dihitung dan disajikan dalam bentuk grafik.



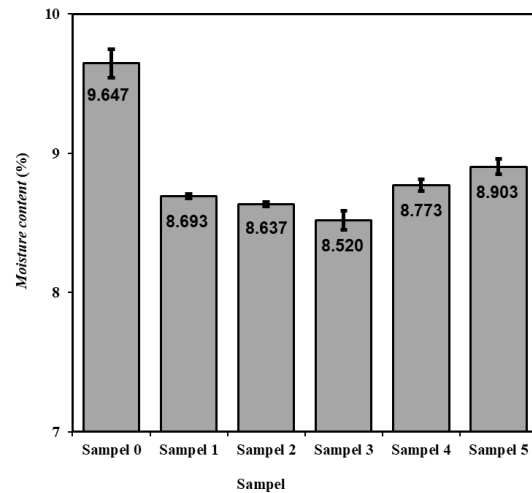
Gambar 2. Contoh hasil pengukuran diameter melintang serat

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Moisture Content

Efek perlakuan asam maleat terhadap water content serat rami diilustrasikan pada Gambar 3. Hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan kimia secara signifikan meningkatkan ketahanan serat terhadap penyerapan air. Seperti yang ditunjukkan pada gambar, moisture content menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi asam maleat, mencapai nilai terendah pada Sampel 3 (konsentrasi 6 wt.%) sebesar 8,52%. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi peningkatan ketahanan serat terhadap air sebesar 11,68% dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan. Namun demikian, peningkatan *moisture content* naik ketika serat rami direndam dengan konsentrasi asam maleat yang lebih tinggi, yaitu 8 dan 10 wt.%. Tren ini kemungkinan besar disebabkan oleh *fiber swelling* dan *reabsorption phenomena*. Pada konsentrasi asam yang lebih tinggi, paparan asam maleat yang berlebihan dapat mengganggu struktur serat, yang menyebabkan degradasi parsial dan terbukanya pori-pori internal serat yang memfasilitasi penyerapan kembali uap air. Sebagai akibatnya, konsentrasi asam maleat yang tidak terlalu tinggi dapat meningkatkan sifat hidrofobik serat dengan mengurangi komponen amorf dan gugus hidroksil pada permukaan serat, sedangkan perendaman larutan kimia yang berlebihan dapat menangkal efek ini dengan meningkatkan afinitas air melalui perusakan struktur serat. Selain itu, pada konsentrasi asam maleat yang tinggi (8 dan 10 wt.%), terjadi perubahan struktur pada serat dimana rusaknya sebagian selulosa atau pelarutan hemiselulosa dan lapisan lilin yang berlebihan, yang meningkatkan ketersediaan gugus hidroksil yang terekspos pada permukaan serat sehingga meningkatkan kemampuan serat untuk berikatan dengan molekul air [1].

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kimia secara efektif mengurangi *moisture content* serat rami dengan menghilangkan komponen hidrofilik seperti hemiselulosa, lignin, dan zat pengotor lainnya pada permukaan serat. Sebagai contoh, serat tanaman lidah buaya yang diberi perlakuan alkali menunjukkan penurunan *moisture content* disebabkan penghilangan sebagian daerah amorf, yang menyebabkan peningkatan indeks kristalinitas dan stabilitas termal [11].



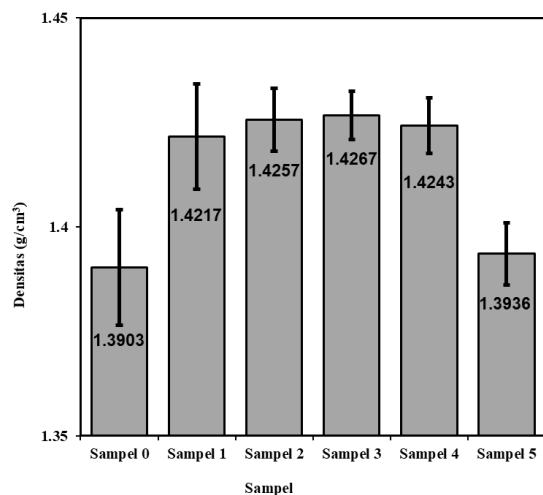
Gambar 3. Pengaruh konsentrasi asam maleat terhadap moisture content serat rami

Demikian pula pada komposit yang diperkuat serat *Cymbopogon citratus*, perlakuan alkali terbukti mengurangi *moisture content* sampel dari 12,57% menjadi 5,27% akibat larutnya hemiselulosa dan lignin, yang menurunkan sifat hidrofilitas serat [12]. Lebih jauh, penelitian pada serat *Piassava attalea funifera* mengungkapkan bahwa perlakuan kimia meningkatkan ketahanan serat terhadap air disebabkan penghilangan sebagian lignin, yang berfungsi sebagai penghalang penetrasi air [13]. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya perlakuan kimia dalam memodifikasi perilaku penyerapan air serat rami, sehingga dapat digunakan sebagai penguat pada komposit polimer yang diaplikasikan pada industri.

#### 3.2. Densitas

Perubahan densitas yang disebabkan oleh perlakuan kimia ditampilkan pada Gambar 4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perlakuan kimia menyebabkan peningkatan densitas serat seiring dengan kenaikan konsentrasi asam maleat. Tren ini disebabkan oleh terlarutnya beberapa konstituen amorf yang memiliki densitas rendah, yang menyebabkan peningkatan kandungan  $\alpha$ -selulosa [14]. Selain itu, struktur padat terbentuk akibat penataan ulang fibril selulosa kandungan non-selulosa dikurangi dengan perendaman dalam larutan kimia. Hal ini menghasilkan densitas serat yang lebih tinggi [15]. Densitas tertinggi dicapai oleh Sampel 3, yaitu sebesar 1,4267 gr/cm<sup>3</sup>, yang menunjukkan konsentrasi asam maleat optimal dalam peningkatan struktur serat. Struktur sel atau lumen serat alam rusak akibat perlakuan asam maleat, sehingga meningkatkan densitasnya jika dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan [16]. Namun demikian, ketika konsentrasi asam maleat ditingkatkan lebih lanjut menjadi 8 dan 10 wt.%,

terjadi penurunan densitas. Meskipun terjadi penurunan, densitas serat pada konsentrasi yang lebih tinggi ini tetap lebih besar dibandingkan densitas serat tanpa perlakuan. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan asam maleat, bahkan pada konsentrasi yang tinggi, meningkatkan kepadatan dan integritas struktural serat sampai pada batas tertentu.



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi asam maleat terhadap densitas serat rami

Tren yang sama ditunjukkan oleh penelitian lain dimana perlakuan kimia terbukti dapat meningkatkan densitas serat alam. Kar dkk. (2023) melaporkan bahwa perlakuan dengan larutan natrium hidroksida 8 wt.% pada serat tebu *calamus tenuis* dapat meningkatkan densitas serat secara efektif, yang utamanya disebabkan pelarutan hemiselulosa dan zat pengotor pada permukaan serat yang sebelumnya menempati rongga antar-fibril [17]. Investigasi pada serat rami menunjukkan perlakuan alkali dan asam oksalat menghasilkan struktur serat yang lebih padat dan kompak, yang diakibatkan penghilangan unsur-unsur amorf dan pengurangan diameter serat [1]. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan kimia tidak hanya membersihkan permukaan serat tetapi juga meningkatkan struktur molekul yang lebih rapat di dalam serat, yang berkontribusi pada peningkatan densitas dan sifat mekanis serat. Peningkatan ini sangat berdampak ketika serat digabungkan dengan matriks polimer, dimana densitas serat yang konsisten dan tinggi dapat memperbaiki ikatan antar muka serat-matriks dan distribusi beban yang lebih baik [18].

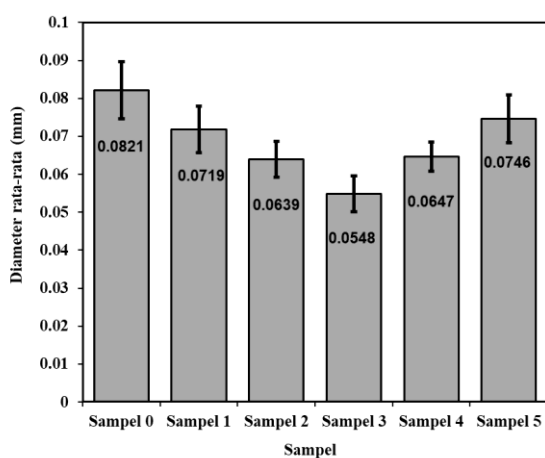
### 3.3. Pengukuran diameter

Pengaruh konsentrasi asam maleat terhadap diameter serat rami diilustrasikan pada Gambar 5. Jika dibandingkan dengan serat dengan perlakuan kimia, serat yang tidak diberi perlakuan

memiliki diameter yang lebih besar, dengan rata-rata sebesar 0,0821 mm. Perlakuan asam maleat menyebabkan penurunan diameter serat secara signifikan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, diameter serat menurun secara progresif seiring dengan meningkatkan konsentrasi asam maleat. Sampel 3 terlihat memiliki diameter terkecil, yaitu sebesar 0,0548 mm. Penurunan diameter yang terjadi akibat adanya proses perendaman serat pada bahan kimia mencapai 33,23% jika dibandingkan dengan diameter serat tanpa perlakuan kimia. Hal ini disebabkan oleh penghilangan sebagian konstituen amorf seperti lignin, hemiselulosa, lapisan lilin, dan zat pengotor lainnya [19], [20]. Namun, pada konsentrasi yang lebih tinggi pada Sampel 4 dan Sampel 5, diameter serat mengalami sedikit kenaikan menjadi 0,0647 mm dan 0,0746 mm, yang masih lebih rendah jika dibandingkan dengan Sampel 0. Peningkatan ini mungkin disebabkan oleh terjadinya pembengkakan serat pada konsentrasi asam yang lebih tinggi. Meskipun serat telah dicuci sampai bersih dan dikeringkan, sejumlah kecil larutan kimia mungkin masih terperangkap dalam struktur mikroskopis serat. Perendaman serat pada konsentrasi yang lebih tinggi (8 dan 10 wt.%), asam maleat dapat menghidrolisis daerah selulosa dan mengganggu ikatan hidrogen, yang menyebabkan *swelling* pada serat [21]. Temuan ini juga menunjukkan bahwa 6 wt.% asam maleat adalah konsentrasi yang paling efektif dalam membersihkan permukaan serat tanpa menyebabkan degradasi struktural serat yang berlebihan, yang didukung oleh data pengukuran *moisture content* dan densitas.

Pengamatan serupa telah dilaporkan dalam penelitian sebelumnya yang menyelidiki pengaruh perlakuan kimia pada sifat fisis serat rami. Senthamaraikannan dkk. (2018) mengamati bahwa serat *Coccinia grandis* yang diberi perlakuan alkali menunjukkan penurunan diameter rata-rata ( $25.48 \pm 0.30 \mu\text{m}$ ) dibandingkan serat tanpa perlakuan ( $27.33 \pm 0.38 \mu\text{m}$ ), yang disebabkan oleh penghilangan sebagian hemiselulosa dan lignin yang melonggarkan struktur permukaan serat [22]. Pengurangan serupa juga dilaporkan oleh Balaji dkk. (2017), dimana serat yang diekstrak dari daun kaktus lidah buaya dan diberi perlakuan 5 wt.% NaOH menunjukkan diameter yang lebih kecil dan sifat tarik yang lebih baik karena penghilangan sebagian hemiselulosa dan ikatan hidrogen yang lebih baik dalam fibril selulosa [11]. Lebih jauh, studi terkini pada serat rami oleh Pratiwi dkk. (2025) mengkonfirmasi bahwa perlakuan natrium hidroksida dan asam oksalat secara signifikan

mengurangi diameter serat, dengan perlakuan alkali 7 wt.% menghasilkan diameter terkecil [1]. Sebagai tambahan, Dayo dkk. (2017) menunjukkan bahwa kinerja mekanis komposit meningkat ketika diameter serat dikurangi dari  $311.5 \pm 42.9 \mu\text{m}$  menjadi  $198.3 \pm 40.7 \mu\text{m}$ , yang menekankan peran penting ukuran serat dalam sifat mekanis komposit [23]. Studi-studi ini mendukung temuan saat ini, yang menyoroti bahwa perlakuan kimia dapat secara efektif memodifikasi struktur serat dengan menghilangkan sebagian unsur-unsur amorf, sehingga mengurangi diameter dan berpotensi meningkatkan ikatan antarmuka dalam aplikasi komposit.



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi asam maleat terhadap diameter serat rami

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menginvestigasi pengaruh perlakuan asam maleat pada sifat fisis serat rami seperti *moisture content*, diameter, dan densitas yang bertujuan untuk memperbaiki ikatan antarmuka dengan matriks polimer. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan asam maleat berhasil meningkatkan sifat hidrofobisitas dan kepadatan struktur serat. *Moisture content* menurun dari 9,65% (tanpa perlakuan) hingga mencapai nilai minimum 8,52% pada konsentrasi 6 wt.% (Sampel 3), yang menunjukkan penurunan sebesar 11,68%. Sebagai tambahan, diameter serat juga berkurang hingga 33,23% dari 0,0974 mm pada Sampel 0 menjadi 0,0650 mm pada Sampel 3. Meskipun terjadi sedikit peningkatan diameter pada Sampel 4 dan 5, nilainya tetap lebih rendah dibandingkan serat tanpa perlakuan. Lebih jauh, densitas serat meningkat dari 1,3903 gr/cm<sup>3</sup> hingga 1,4267 gr/cm<sup>3</sup> pada konsentrasi 6 wt.%, diikuti sedikit penurunan pada konsentrasi yang lebih tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa asam maleat 6 wt.% merupakan perlakuan yang optimal untuk meningkatkan struktur serat dan

kompatibilitas antarmuka dengan matriks polimer. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengamatan sifat mekanis serat serta pengaruhnya pada sifat fisis, kimia, mekanis, dan termal komposit bermatriks polimer.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasi kepada Universitas Negeri Yogyakarta atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui dana DIPA UNY tahun anggaran 2025 dengan nomor kontrak T/953/UN34.9/PT.01.03/2025. Dukungan ini sangat berperan dalam kelancaran dan keberhasilan pelaksanaan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Pratiwi, Kusmono, and M. W. Wildan, "Influences of sodium hydroxide and oxalic acid treatments on physical, mechanical, thermal properties, and morphology of ramie fibers," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 30, pp. 8648–8660, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.05.233>.
- [2] J. Holbery and D. Houston, "Natural-fiber-reinforced polymer composites in automotive applications," *JOM*, vol. 58, no. 11, pp. 80–86, 2006, doi: 10.1007/s11837-006-0234-2.
- [3] H. Pratiwi, Kusmono, and M. W. Wildan, "Enhancing properties of unidirectional ramie fibers-reinforced polyester composites via alkali and oxalic acid treatments," *Results Eng.*, vol. 25, p. 104164, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104164>.
- [4] F. Kang, H. Han, H. Wang, D. He, and M. Zhou, "Study on water absorption of hydrophobically modified ramie fiber and the reinforced polypropylene composites," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 140, no. 33, p. e54278, 2023, doi: <https://doi.org/10.1002/app.54278>.
- [5] H. Pratiwi, Kusmono, and M. W. Wildan, "Development and characterization of polyester/ramie fiber hybrid composites reinforced with crystalline nanocellulose extracted from durian peel waste," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 34, pp. 1201–1212, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.12.159>.
- [6] M. S. Wahyudi *et al.*, "The effect of organic acid hydrolysis on the properties of nanocellulose from edamame husk

- (Glycine max (L.) merill),” *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 11, no. March, p. 101179, 2025, doi: 10.1016/j.cscee.2025.101179.
- [7] R. Saravanan, T. Malyadri, M. S. S. Rao, and N. Sunkara, “Synthesize and characterization of maleic acid treated banana fiber composites,” *Mater. Today Proc.*, vol. 18, pp. 5382–5387, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.07.565.
- [8] M. R. M. Asyraf *et al.*, “Mechanical properties of oil palm fibre-reinforced polymer composites: a review,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 17, pp. 33–65, 2022, doi: 10.1016/j.jmrt.2021.12.122.
- [9] C. Lv and J. Liu, “Alkaline Degradation of Plant Fiber Reinforcements in Geopolymer: A Review,” *Molecules*, vol. 28, no. 4, 2023, doi: 10.3390/molecules28041868.
- [10] Y. Saadati, J. F. Chatelain, G. Lebrun, and Y. Beauchamp, “Comparison of density measurement methods for unidirectional flax-epoxy polymer composites,” *Eur. Conf. Multifunct. Struct.*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.23967/emus.2019.014.
- [11] Balaji and Nagarajan, “Characterization of alkali treated and untreated new cellulosic fiber from Saharan aloe vera cactus leaves,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 174, pp. 200–208, 2017, doi: 10.1016/j.carbpol.2017.06.065.
- [12] Z. H. Kamaruddin, R. Jumaidin, R. A. Ilyas, M. Z. Selamat, R. H. Alamjuri, and F. A. Md Yusof, “Influence of Alkali Treatment on the Mechanical, Thermal, Water Absorption, and Biodegradation Properties of Cymbopogon citratus Fiber-Reinforced, Thermoplastic Cassava Starch–Palm Wax Composites,” *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 14, 2022, doi: 10.3390/polym14142769.
- [13] E. B. C. Santos *et al.*, “Effect of alkaline and hot water treatments on the structure and morphology of piassava fibers,” *Mater. Res.*, vol. 21, no. 2, pp. 1–11, 2018, doi: 10.1590/1980-5373-MR-2017-0365.
- [14] M. Kathirselvam, A. Kumaravel, V. P. Arthanarieswaran, and S. S. Saravanakumar, “Characterization of cellulose fibers in Thespesia populnea barks: Influence of alkali treatment,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 217, no. April, pp. 178–189, 2019, doi: 10.1016/j.carbpol.2019.04.063.
- [15] A. Y. Al-Maharma and N. Al-Huniti, “Critical review of the parameters affecting the effectiveness of moisture absorption treatments used for natural composites,” *J. Compos. Sci.*, vol. 3, no. 1, 2019, doi: 10.3390/jcs3010027.
- [16] S. R. Djafari Petroudy, “3 - Physical and mechanical properties of natural fibers,” M. Fan and F. B. T.-A. H. S. N. F. C. in C. Fu, Eds. Woodhead Publishing, 2017, pp. 59–83. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100411-1.00003-0>.
- [17] A. Kar, D. Saikia, S. Palanisamy, C. Santulli, C. Fragassa, and S. Thomas, “Effect of Alkali Treatment under Ambient and Heated Conditions on the Physicochemical, Structural, Morphological, and Thermal Properties of Calamus tenuis Cane Fibers,” *Fibers*, vol. 11, no. 11, 2023, doi: 10.3390/fib11110092.
- [18] M. Ghozali, D. Ariawan, and E. Surojo, “The Effect of Alkali Treatment And Microcrystalline Cellulose Addition on Density Value of Cantala Fiber Reinforced Unsaturated Polyester Composites,” *Mek. Maj. Ilm. Mek.*, vol. 20, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.20961/mekanika.v20i1.47460.
- [19] G. L. Devnani and S. Sinha, “Extraction, characterization and thermal degradation kinetics with activation energy of untreated and alkali treated Saccharum spontaneum (Kans grass) fiber,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 166, no. October 2018, pp. 436–445, 2019, doi: 10.1016/j.compositesb.2019.02.042.
- [20] M. J. M. Ridzuan, M. S. Abdul Majid, M. Afendi, S. N. Aqmariah Kanafiah, J. M. Zahri, and A. G. Gibson, “Characterisation of natural cellulosic fibre from Pennisetum purpureum stem as potential reinforcement of polymer composites,” *Mater. Des.*, vol. 89, pp. 839–847, 2016, doi: 10.1016/j.matdes.2015.10.052.
- [21] S. M. Shahril, M. J. M. Ridzuan, M. S. A. Majid, A. M. N. Bariah, M. T. A. Rahman, and P. Narayanasamy, “Alkali treatment influence on cellulosic fiber from Furcraea foetida leaves as potential reinforcement of polymeric composites,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 19, pp. 2567–2583, 2022, doi: 10.1016/j.jmrt.2022.06.002.
- [22] P. Senthamarai Kannan and M. Kathiresan, “Characterization of raw and alkali treated new natural cellulosic fiber from Coccinia grandis.L,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 186, no. January, pp. 332–343, 2018, doi: 10.1016/j.carbpol.2018.01.072.
- [23] A. Q. Dayo *et al.*, “Impacts of hemp fiber diameter on mechanical and water uptake

properties of polybenzoxazine composites,”  
*Ind. Crops Prod.*, vol. 111, no. July 2017,  
pp. 277–284, 2018, doi:

10.1016/j.indcrop.2017.10.039.