

Pengaruh Penambahan Serat Biduri (*Calotropis Gigantea*) Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polipropilena Daur Ulang/Serat Biduri

Vivin Viani 1^a, Untung Prayudie 2^{b*}

^{a,b} Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, Jakarta, Indonesia 10510

*Corresponding author: untungprayudie@gmail.com

Diterima : 29 Desember 2023, Direvisi : 30 Januari 2024, Diterbitkan : 7 Februari 2024

Abstrak

Polipropilena daur ulang (PPdu) memiliki kekuatan tidak sebaik dengan polipropilena (PP) virgin. Untuk meningkatkan kekuatan, maka diperlukan bahan penguat berupa serat. Salah satu jenis bahan penguat adalah serat alam. Penambahan serat alam diharapkan dapat meningkatkan kekuatan dari komposit. Serat biduri merupakan salah satu jenis serat alam yang dapat digunakan sebagai penguat pada komposit bermatriks PPdu. Serat biduri memiliki sifat hidrofobik-oleofilik. Tujuannya yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan serat biduri terhadap kuat tarik, dan kuat impak komposit PPdu/serat biduri. Perlakuan alkali diterapkan pada serat dengan tujuan meningkatkan adhesi sehingga dapat memberikan kompatibilitas yang baik antara serat dan matriks. Variabel penelitian ini adalah variasi penambahan serat biduri sebesar 2, 2,5, dan 3% berat. Metode pembuatan komposit melalui metode hot press pada suhu 185°C. Urutan lapisan komposit PPdu/serat biduri adalah cacahan PPdu-serat biduri-cacahan PPdu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat biduri memberikan pengaruh pada penurunan kuat tarik komposit PPdu/serat biduri. Pada penambahan serat yang lebih tinggi (3%), nilai kuat tarik menurun hingga 34% yakni 12,38 MPa dari nilai kuat tarik PPdu tanpa penambahan serat yakni 18,63 MPa. Sedangkan, penambahan serat biduri cenderung meningkatkan kekuatan impak komposit PPdu/serat biduri dengan nilai maksimum 7,13 kJ/m² pada penambahan serat 2% berat.

Kata kunci: Polipropilena daur ulang, sifat mekanik, serat biduri, perlakuan alkali

Abstract

Recycled polypropylene (PPdu) exhibits inferior strength to virgin polypropylene (PP), necessitating reinforcing materials like fibres to enhance its strength. Among the various options for reinforcement, natural fibres are often considered. Biduri fibre, known for its hydrophobic-oleophilic properties, is one such natural fibre that holds promise as reinforcement in PPdu matrix composites. The primary objective of this study is to assess the impact of biduri fibre addition on the tensile strength and impact strength of PPdu/biduri fibre composites. To enhance adhesion and ensure compatibility between the fibre and matrix, an alkaline treatment is administered to the biduri fibre. The experimental design involves varying the biduri fibre content at 2%, 2.5%, and 3% by weight. Composite fabrication follows the hot press method at 185°C, with a layering sequence of chopped PPdu, biduri fibre, and chopped PPdu. Results indicate a decrease in tensile strength with increasing biduri fibre content. At 3% fibre addition, the tensile strength diminishes by 34%, recording a value of 12.38 MPa compared to the baseline of 18.63 MPa for PPdu without fibre addition. Conversely, biduri fibre incorporation is likely to enhance impact strength, peaking at 7.13 kJ/m² with 2% fibre addition.

Keywords: Recycled Polypropylene, mechanical properties, biduri fibre, alkali treatment

1. PENDAHULUAN

Polimer telah banyak digunakan di berbagai bidang karena sifatnya yang ringan, mudah dibentuk, waktu pakai panjang, ketahanan kimia yang baik, kekuatan tinggi, dan biaya yang rendah. Dengan aplikasinya yang bervariasi, membuat polimer menjadi salah satu material yang berkontribusi dalam

peningkatan volume limbah padat (Colucci dkk, 2017). Pertimbangan sumber daya dan lingkungan direncanakan ke proses yang mengarah pada penggunaan sumber daya yang efisien sebagai bentuk pengurangan dampak lingkungan dari produk atau material yang menghasilkan limbah padat dan konsumsi energi yang berlebihan serta

mendorong pemulihan dan daur ulang (Colucci dkk, 2017). Untuk menghasilkan produk ramah lingkungan, maka dilakukan penambahan material lain yang memiliki karakteristik sebagai penguat. Produk yang menggunakan bahan penguat dalam bahan penyusunnya adalah komposit.

Polipropilena (PP) merupakan matriks termoplastik yang digunakan pada komposit dan diaplikasikan pada bidang otomotif, dan pengemasan. PP memiliki kekuatan tarik sebesar 26-32 Mpa (Wypych, 2016). Niloy Rahaman dkk, (2019) menunjukkan perbedaan kekuatan tarik dari PP dan *linear low density polyethylene* (LLDPE) berpenguat serat *jute* orientasi searah, dengan penambahan serat 10, 20, 30 %berat. Hasil penelitian didapatkan bahwa kekuatan tarik komposit PP/*jute* dan LLDPE/*jute* mengalami peningkatan dengan bertambahnya persentase serat *jute*. Kuat tarik komposit PP/*jute* lebih tinggi dibandingkan dengan komposit LLDPE/*jute* dari penambahan serat 30 %berat. Nilai kuat tarik komposit PP/*jute* adalah 39 MPa sedangkan komposit LLDPE/*jute* adalah 33 MPa. Hal tersebut merupakan keuntungan dalam prosedur ekstrusi dan *injection molding*, karena bahan dari produk yang cacat dapat di daur ulang (Hisham A. Maddah, 2016). Untuk menciptakan sifat yang tidak terlalu jauh dari material *virgin*, kekuatan komposit dari PP daur ulang perlu ditingkatkan. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan komposit PPdu adalah menambahkan bahan penguat seperti serat alam.

Serat alam merupakan salah satu bahan penguat yang banyak diminati karena sifatnya yang ramah lingkungan. Komposit serat alam banyak digunakan dalam industri otomotif dan konstruksi. Zaman & Khan, (2022) melaporkan bahwa kekuatan tarik matriks PP dengan penambahan serat biduri 10%berat meningkat dibandingkan dengan PP *virgin*. Hasil pengujian menunjukkan

bahwa kekuatan tarik dari PP *virgin* adalah 28,2 MPa. Penambahan serat biduri ke dalam matriks PP meningkatkan kekuatan tarik komposit menjadi 32,4 MPa.

Serat biduri dapat dihasilkan dari batang dan biji buah, kekuatan tarik dari serat biji buah biduri yakni 296 Mpa (Ashori & Bahreini, 2009). Kekuatan tarik serat biduri dapat berpotensi sebagai bahan penguat dalam pembuatan komposit. Komposit PLA/MW menunjukkan kekuatan impak sebesar 3,05 kJ/m², sedangkan kekuatan impak dari PLA *virgin* yaitu 2,6 kJ/m². Penambahan serat biduri pada komposit termoplastik yaitu PP dan poliamida 11 (PA11), dengan penambahan serat 2,5, 5, 7,5, dan 10 (%berat). Komposit PP/serat biduri dengan 2,5% serat menghasilkan nilai *ultimate tensile stress* sebesar 28,4 ± 1,5 MPa. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan penambahan serat 5, 7,5, dan 10 %berat, tetapi tidak lebih tinggi dari PP tanpa penambahan serat. Sedangkan, komposit PA11/serat biduri dengan 2,5% serat menghasilkan nilai *ultimate tensile stress* tertinggi yakni 49,7 ± 3,4 MPa dibandingkan dengan penambahan serat 5, 7,5, dan 10 %berat, dan juga PA11 tanpa penambahan serat.

Kompatibilitas antara serat dan matriks dapat ditingkatkan melalui modifikasi permukaan serat, modifikasi matriks, dan penambahan *compatibilizer*. Perlakuan permukaan serat dapat melalui metode kimia seperti asetilasi, benzilasi, perlakuan plasma, dan alkalisasi. Alkalisasi merupakan salah satu perlakuan yang paling ekonomis untuk serat alam dan dapat menghilangkan zat non selulosa, seperti pengotor, lilin, pektin, hemiselulosa, dan lignin (Kaewkuk dkk, 2013). Berdasarkan uraian tersebut dilakukanlah penelitian tentang pengaruh penambahan serat biduri dengan perlakuan alkalisasi terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak komposit PPdu/serat biduri.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu cacahan polipropilena daur ulang yang didapat dari produk NG (*Not Good holder mirror* PT Injeksi Plastik Pasifik, *aquadest*, serat buah biduri, natrium hidroksida (NaOH) dan asam asetat (CH₃COOH) merek MERCK.

2.2 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, gelas kimia, labu ukur, oven, kertas universal pH meter, teflon *sheet*, batang pengaduk, jangka sorong, pelat *stainless steel* ukuran 20 cm × 20 cm × 0,17 cm dan 20 cm × 20 cm × 0,3 cm, *hot press* merek SHINTO, *mini hot press* merek YASUDA, *pneumatic specimen punch* MARTO MPT-63-150-203T, *Universal Testing Machine* (UTM) Ibertest 5 kN, *Resil Impactor* CEAST.

2.3 Metode

Variasi komposisi komposit PPdu berpenguat serat biduri ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi komposisi komposit PPdu berpenguat serat biduri

Kandungan PPdu (%berat)	Kandungan Serat (%berat)
100	0
98	2
97,5	2,5
97	3

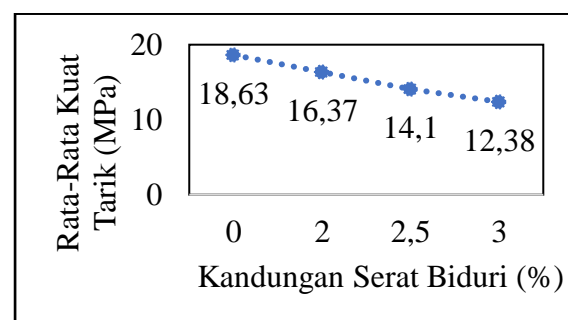
Tahapan dalam penelitian ini adalah persiapan alat dan bahan, alkalisasi serat biduri, pembuatan komposit, pembuatan spesimen uji, dan karakterisasi komposit. Serat biduri dibersihkan dari kontaminan. Alkali *pre-treatment* dilakukan pada serat *milkweed floss* (MW) yang direndam menggunakan 5 %wt larutan NaOH (Ovlaque dkk, 2020) dalam waktu 1, 5, 10, 30, dan 60 menit lalu dibilas dengan *aquadest*. Setelah itu serat direndam

sementar dalam larutan HCl 1%wt dan dibilas kembali dengan *aquadest* untuk menyesuaikan pH menjadi 7 (netral). Serat MW dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam. Waktu perendaman serat 5 menit dipilih untuk hasil alkalisasi terbaik. Serat yang telah melalui proses alkalisasi dengan larutan NaOH 5% selama 5 menit dalam suhu ruang kemudian dibilas dengan *aquadest* dan direndam sebentar dalam larutan HCl 1% untuk kemudian dibilas kembali dengan *aquadest* pH netral. Serat dikeringkan di bawah sinar matahari dan dilanjutkan pengeringan menggunakan oven pada suhu 45-50°C hingga berat serat biduri konstan.

Serat biduri yang telah kering kemudian disebar merata secara manual dan dicetak dengan mesin *mini hot press* tanpa suhu dengan tekanan 10 MPa selama 2 menit pada ukuran cetakan 20 cm × 20 cm. Metode *hot press* dilakukan dengan menyusun lapisan komposit terdiri dari cacahan PPdu-serat biduri-cacahan PPdu. Material komposit dilelehkan selama 10 menit dengan suhu pelelehan 185°C (5 menit pemanasan tanpa tekanan dan 5 menit pemanasan dengan tekanan 5 MPa). Pengujian tarik dilakukan di laboratorium polimer Politeknik STMI Jakarta standar ASTM D638 dan impak di Balai Teknologi Polimer BRIN standar ASTM D256.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Penambahan Serat Biduri Terhadap Kuat Tarik PPdu/Serat Biduri



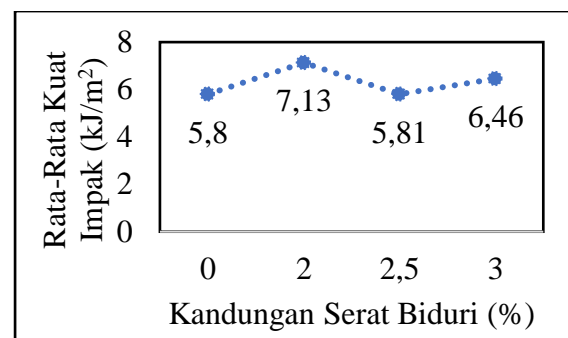
Gambar 1. Pengaruh penambahan serat biduri terhadap nilai kuat tarik komposit

Hasil proses alkalisasi tersebut menunjukkan waktu perendaman 1 menit tidak menyebabkan modifikasi permukaan yang signifikan sementara waktu perendaman lebih dari 5 menit menyebabkan perubahan drastis dan keruntuhan serat MW (menurut mikroskop SEM). Waktu perendaman serat 5 menit dipilih untuk merawat serat karena sebagian besar lignin dan hemiselulosa dihilangkan, dan geometri MW tampaknya tidak terlalu rusak dibandingkan waktu yang lebih lama. Berdasarkan Gambar 1 bahwa hasil pengujian menunjukkan bahwa PPdu tanpa penambahan serat biduri memiliki kuat tarik tertinggi yaitu 18,63 MPa. Penambahan serat biduri ke dalam matriks PPdu mengurangi kekuatan tarik sebanyak 12%, 24%, dan 34% dari PPdu tanpa penambahan serat.

Terjadinya penurunan kekuatan tarik pada komposit dikarenakan terjadinya adhesi yang buruk antara matriks dan serat, sehingga beban yang diberikan ke matriks tidak ditransfer dengan baik pada serat yang akhirnya menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan pada komposit terhadap beban. Selain itu, adanya rongga di dalam komposit juga dapat menjadi penyebab terjadinya penurunan kekuatan tarik dari komposit. Menurut Narayanasamy dkk, (2020) alkalisasi serat biduri dapat meningkatkan tekstur permukaan serat biduri tetapi tidak sepenuhnya. Secara fisik, serat biduri memiliki tekstur yang licin dan mengkilap, dan setelah dilakukan proses alkalisasi tekstur serat berubah menjadi tidak licin tetapi tidak kasar pula, sehingga penurunan kuat tarik pada setiap penambahan serat biduri pada matriks PPdu juga disebabkan karena permukaan serat yang masih memiliki tekstur tidak kasar meskipun sudah dilakukan proses alkalisasi, sehingga menyebabkan *physical interlocking* serat dan matriks menjadi buruk.

Kandungan PPdu yang digunakan pada penelitian ini juga dapat mempengaruhi penurunan kekuatan tarik komposit PPdu/serat biduri, material PPdu yang digunakan dalam penelitian ini mengandung 2% *masterbatch black*. Penurunan kuat tarik pada komposit PPdu/serat biduri diduga karena viskositas dari matriks PPdu meningkat karena adanya kandungan *masterbatch black*, sehingga lelehan matriks PPdu tidak menembus dan menyelimuti seluruh serat.

3.2 Pengaruh Penambahan Serat Biduri Terhadap Kuat Impak PPdu/serat Biduri



Gambar 2. Grafik pengaruh penambahan serat biduri terhadap kuat impak komposit

Berdasarkan Gambar 2 bahwa nilai kuat impak komposit PPdu/serat tertinggi didapatkan dari variasi 2% serat biduri yakni 7,13 kJ/m². PPdu tanpa penambahan serat biduri memiliki kuat impak terendah yakni 5,80 kJ/m². Penambahan serat biduri sebanyak 2%, 2,5%, dan 3% ke dalam matriks PPdu meningkatkan kekuatan impak sebanyak 23%, 0,3%, dan 11%. Peningkatan kekuatan impak dapat disebabkan karena adanya perlakuan alkalisasi pada serat. Perlakuan alkalisasi serat dapat meningkatkan ikatan antarmuka serat dan PPdu. Menurut Sutomo & Juwono, (2019) peningkatan kekuatan impak terjadi dikarenakan transfer tegangan dari matriks ke serat, dan juga dengan meningkatnya persentase serat dalam komposit, maka diperlukan energi yang lebih banyak untuk memukul sampel.

4. KESIMPULAN

Penambahan serat biduri pada komposit PPdu/serat biduri berpengaruh menurunkan nilai kuat tarik. Nilai kuat tarik tertinggi didapatkan dari PPdu tanpa penambahan serat yakni 18,63 MPa. Sedangkan, nilai kuat tarik terendah didapat dari penambahan 3% serat yakni 12,38 MPa. Penurunan kuat tarik pada kandungan serat yang lebih tinggi sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Gupta dkk, (2014) pada komposit PPdu berpenguat serat sisal tanpa modifikasi serat, dengan pemuatan serat 10 hingga 40% berat. Penggabungan serat sisal ke dalam matriks PPdu mengurangi kekuatan tarik seiring adanya penambahan serat ke dalam matriks. Pada penambahan 10 hingga 40% masing-masing memiliki nilai kuat tarik 17,76 MPa, 13,63 MPa, 13,35 MPa, 12,59 MPa. Adapun nilai kuat tarik dari PPdu tanpa serat yakni sebesar 18,90 MPa. Penurunan tersebut mengkonfirmasi adanya diskontinuitas dispersi dalam matriks polimer. Pada kandungan serat yang lebih tinggi, aglomerasi serat ditemukan lebih banyak sehingga terjadi penurunan sifat mekanik.

Penambahan serat biduri pada matriks PPdu cenderung berpengaruh menurunkan kekuatan impact pada komposit PPdu/serat biduri. Nilai maksimum kuat impact komposit PPdu/serat biduri diperoleh dari penambahan serat 2% yakni 7,13 kJ/m². Namun, jika dibandingkan dengan PPdu tanpa penambahan serat, nilai kuat impact dari matriks PPdu dengan penambahan serat biduri memberikan pengaruh dalam meningkatkan kekuatan impactnya. Nilai kekuatan impact dari PPdu tanpa penambahan serat yakni 5,80 kJ/m². Selain itu, peningkatan kekuatan impact pada komposit termoplastik berpenguat serat alam juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Zaman & Khan, (2022). Komposit yang dibuat bermatriks PP dan berpenguat serat biduri dengan penambahan

serat 10-40% berat serat. Nilai kuat impact meningkat hingga penambahan serat sebanyak 30% pada matriks PP. Peningkatan kekuatan impact menunjukkan bahwa serat biduri mampu menyerap energi karena ikatan antarmuka yang kuat antara serat biduri dan PP.

Pada penelitian ini, PPdu yang digunakan mengandung 2% *masterbatch black*. Penurunan kuat tarik pada komposit PPdu/serat biduri diduga karena viskositas dari matriks PPdu meningkat karena adanya kandungan *masterbatch black*, sehingga lelehan matriks PPdu tidak menembus dan menyelimuti seluruh serat. Oleh sebab itu, pada saat pembuatan komposit, penyebaran serat dan matriks dilakukan secara merata. Matriks diletakkan pada area tengah cetakan agar lelehan matriks dapat menyebar secara merata ke segala arah cetakan, serta lelehan matriks mengalir ke dalam serat dan dapat menyelimuti serat sepenuhnya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Politeknik STMI Jakarta yang telah memberikan dukungan pada penelitian ini. Selain itu, dukungan dalam bentuk fasilitas riset dan ilmiah serta teknis dari Laboratorium Operasi Teknik Kimia, Laboratorium Polimer, Pusat Penelitian Biomaterial LIPI Cibinong, dan Balai Teknologi Polimer BRIN.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ashori, A., & Bahreini, Z. (2009). Evaluation of *calotropis gigantea* as a promising raw material for fiber-reinforced composite. *Journal of Composite Materials*, 43(11), 1297–1304. <https://doi.org/10.1177/0021998308104526>
- Colucci, G., Simon, H., Roncato, D., Martorana, B., & Badini, C. (2017). Effect of recycling on polypropylene composites reinforced with glass

- fibres. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 30(5), 707–723. <https://doi.org/10.1177/0892705715610407>
- Gupta, A. K., Biswal, M., Mohanty, S., & Nayak, S. K. (2014). Mechanical and thermal degradation behavior of sisal fiber (SF) reinforced recycled polypropylene composites. *Fibers and Polymers*, 15(5), 994–1003. <https://doi.org/10.1007/s12221-014-0994-1>
- Hisham A. Maddah. (2016). Polypropylene as a Promising Plastic: A Review. *American Journal of Polymer Science*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.5923/j.ajps.20160601.01>
- Kaewkuk, S., Sutapun, W., & Jarukumjorn, K. (2013). Effects of interfacial modification and fiber content on physical properties of sisal fiber/polypropylene composites. *Composites Part B: Engineering*, 45(1), 544–549. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.07.036>
- Narayanasamy, P., Balasundar, P., Senthil, S., Sanjay, M. R., Siengchin, S., Khan, A., & Asiri, A. M. (2020). Characterization of a novel natural cellulosic fiber from *Calotropis gigantea* fruit bunch for ecofriendly polymer composites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 793–801. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.134>
- Niloy Rahaman, M., Sahadat Hossain, M., Razzak, M., Uddin, M. B., Chowdhury, A. M. S., & Khan, R. A. (2019). Effect of dye and temperature on the physico-mechanical properties of jute/PP and jute/LLDPE based composites. *Heliyon*, 5(6), e01753. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01753>
- Ovlaque, P., Foruzanmehr, M., Elkoun, S., & Robert, M. (2020). Milkweed floss fiber/PLA composites: effect of alkaline and epoxy-silanol surface modifications on their mechanical properties. *Composite Interfaces*, 27(5), 495–513. <https://doi.org/10.1080/09276440.2019.1655316>
- Sutomo, T. D., & Juwono, A. L. (2019). Effect of Subang Pineapple Leaf Fiber Loading on Flammability and Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fiber Reinforced Polypropylene Composites. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 599(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/599/1/012015>
- Wypych, G. (2016). Handbook of Polymer. In *Handbook of Thermoplastics: Second Edition* (second edi).
- Zaman, H. U., & Khan, R. A. (2022). Surface Modified *Calotropis Gigantea* Fiber Reinforced Polypropylene Composites. *International Journal of Advanced Science and Engineering*, 9(1), 2477–2487. <https://doi.org/10.29294/ijase.9.1.2022.2477-2487>