



Pengaruh Penambahan Serat Pohon Bambu Ampel (*Bambusa Vulgaris*) pada Komposit *Hybrid* untuk Material Bumper Kendaraan Bermotor

Gito Mulyo Inggit Bagus Satria^{1*}, Sri Hastuti², Ikhwan Taufik³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Tidar, Indonesia

Alamat: Jl. Kapten Suparman No.39, Potrobangsari, Kec. Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah 56116

*Korespondensi penulis: gitosatrio1@gmail.com

Abstract. Technological developments continue to increase in line with the times, producing various innovations that provide benefits to society, especially in the material sector. The use of a mixture of natural and synthetic fibers in composites (hybrid) has produced a stronger material, which can function as an alternative material for car bumpers. This research was carried out with the aim of determining the values of impact toughness, tensile strength, and failure patterns that occur in the fracture cross section of the specimen through macro photographs. In this research, a hybrid composite was formed by combining ampelous bamboo fiber, fiberglass, and polyester resin. Variations in volume fraction applied include: 5%:25%:70%, 10%:25%:65%, and 15%:25%:60%. The specimens were formed according to ASTM E23 standards for impact tests and ASTM D638 for tensile tests. The results of the impact and tensile tests showed that the lowest value of impact toughness was 0.0744 J/mm² and tensile stress was 120.29 MPa. Meanwhile, the highest value for impact toughness was 0.0986 J/mm² and the tensile stress value was 147.65 MPa. Macro photo analysis of the fracture cross section is categorized as splitting in multiple areas and the fracture cross section also shows debonding and fiber pull out after the fracture occurred.

Keywords: Composite hybrid, car bumpers, impact test, tensile test.

Abstrak. Perkembangan teknologi terus meningkat sejalan dengan perkembangan zaman, menghasilkan berbagai inovasi yang memberikan manfaat bagi masyarakat, terutama dalam bidang material. Pemanfaatan campuran serat alami dan serat sintesis dalam komposit (*hybrid*) telah menghasilkan material yang lebih kuat, yang dapat berfungsi sebagai alternatif bahan untuk bumper mobil. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai ketangguhan impak, kekuatan tarik, serta pola kegagalan yang terjadi pada penampang patahan spesimen melalui foto makro. Dalam penelitian ini, komposit *hybrid* dibentuk dengan menggabungkan serat bambu ampel, *fiberglass*, dan resin *polyester*. Variasi fraksi volume yang diterapkan, mencakup: 5%:25%:70%, 10%:25%:65%, dan 15%:25%:60%. Spesimen dibentuk sesuai dengan standar ASTM E23 untuk uji impak dan ASTM D638 untuk uji tarik. Hasil uji impak dan tarik diperoleh bahwa nilai terendah ketangguhan impak sebesar 0,0744 J/mm² dan tegangan tarik sebesar 120,29 MPa. Sementara nilai tertinggi ketangguhan impak sebesar 0,0986 J/mm² dan nilai tegangan tarik sebesar 147,65 MPa. Analisis foto makro dari penampang patahan dikategorikan sebagai patahan *splitting in multiple area* dan penampang patahan juga menunjukkan terjadinya *debonding* serta *fiber pull out* setelah terjadinya patahan.

Kata kunci: Komposit *hybrid*, bumper mobil, uji impak, uji tarik.

1. LATAR BELAKANG

Kemajuan teknologi saat ini telah berkembang pesat. Berbagai inovasi diciptakan untuk membantu kehidupan masyarakat, khususnya dibidang material. Misalnya di sektor industri otomotif saat ini membutuhkan material yang memiliki sifat kuat dan ringan seperti halnya dari material komposit. Material komposit pada saat sekarang ini banyak digunakan dalam komponen atau sparepart otomotif seperti halnya untuk pembuatan bumper mobil, tameng motor, dan bagian lainnya. Faktor pendorong utama dalam penggunaan bahan komposit adalah

densitasnya yang rendah, sifat mekanik spesifik yang tinggi, kinerja yang sebanding dengan logam, tahan terhadap korosi dan mudah untuk difabrikasi. Material komposit merupakan material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah, yang menghasilkan suatu bahan yang memiliki sifat-sifat lebih baik dari bahan dasar penyusunnya.

Komposit merupakan bahan dengan banyak keunggulan diantaranya ringan, kuat, tidak korosi, dan ekonomis. Komposit dengan kualitas unggul material penyusunnya berupa serat alam, hal ini disebabkan karena serat alam memiliki kelebihan dibandingkan bahan sintetis diantaranya ramah lingkungan, densitas yang rendah, kemampuan mekanik tinggi dan ekonomis sehingga sesuai untuk digunakan dalam bidang industri. Berdasarkan berbagai kelebihan yang dimiliki maka serat alam merupakan solusi bahan penguat dalam pembuatan material komposit yang memiliki berbagai kualitas. Dipercayai bahwa penggunaan komposit campuran (*hybrid*) antara serat alami dan serat buatan (sintetis) dapat menghasilkan komposit yang lebih baik. Komposit *hybrid* adalah campuran dari setidaknya dua serat dari berbagai jenis dan karakteristiknya. Sifat mekanik komposit dapat ditingkatkan dengan menggunakan campuran serat dari berbagai jenis dan karakteristiknya.

Dibidang otomotif, khususnya pelindung kendaraan (bumper), bumper bertujuan untuk melindungi pengemudi dan mesin di dalam kendaraan ketika terjadinya kecelakaan. Bumper dimaksudkan untuk menyerap energi dari benturan ketika terjadi tabrakan. Bumper terbuat dari bahan yang mengandung FeCr namun masih memiliki kekurangan, yaitu memiliki harga yang relatif mahal. Kekurangan FeCr dapat digantikan oleh material komposit sebagai bahan pembuatan bumper, karena material komposit memiliki harga yang relatif murah dan sifat mekanik yang baik. Harga produk komponen yang terbuat dari komposit dapat turun hingga 60% dibandingkan dengan produk logam.

Bambu salah satu tanaman yang seratnya dapat dijadikan bahan dasar komposit yang berbahan alami. Tanaman bambu dapat berdiri dengan tegak karena tersusun atas serat-serat panjang yang beruas-ruas. Hal tersebut membuat bambu dapat menjadi salah satu bahan alami material komposit yang kuat, kokoh, dan ringan. menyatakan bahwa bambu cenderung memiliki panjang serat yang mirip dan stabilitas dimensi yang lebih baik dari kayu.

Karakteristik standar bumper didapatkan dengan beberapa pengujian mekanik yaitu salah satunya uji tarik seperti penelitian bahwa kekuatan tarik standar dari bumper mobil sebesar 8,09 MPa yang mengacu pada standar *Society of Automotive Engineering* (SAE) J 1717.

2. KAJIAN TEORITIS

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan impak serat bambu yang mengacu pada setandar ASTM D256, telah dibuat sample komposit polimer dengan penguat serat bambu apus dengan fraksi volume masing-masing yaitu 5%, 10%, 15% dan 20% kemudian dilakukan pengujian. Setelah pengujian impak diperoleh dapat disimpulkan bahwa untuk uji impak komposit serat bambu apus dengan komposisi resin 95% serat 5% serat didapat hasil kekuatan impak yang paling rendah yaitu 3,28 kJ/m² karena pengaruh serat yang terlalu sedikit, untuk komposisi resin 90% serat 10%, resin 85% serat 15% hasil yang didapat yaitu 12,64 kJ/m², 18,77 kJ/m² dan komposisi resin 80% serat 20% didapat hasil kekuatan impak yang tertinggi yaitu sebesar 27,44 kJ/m².

Penelitian terdahulu tentang kekuatan tarik komposit yaitu ketika komposit *hybrid* mendapatkan penambahan serat alam akan meningkatkan nilai ketangguhan impaknya tetapi saat penambahan serat alam yang terlalu banyak menyebabkan ketangguhan impaknya menurun. Penurunan nilai ketangguhan impak dikarenakan fraksi volume resin yang kurang. Penurunan harga impak dapat terjadi karena kurangnya *interface bonding* antara matrik dan penguat ketika persentase resin berkurang.

3. METODE PENELITIAN

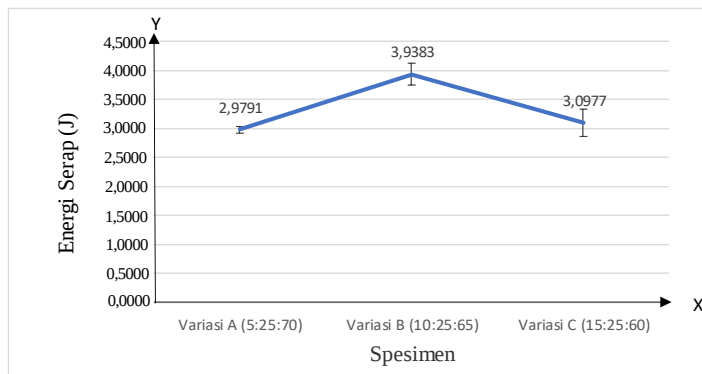
Metode penelitian yang digunakan dalam eksperimen ini adalah metode penelitian eksperimen langsung. Hal ini dikarenakan perlunya data hasil percobaan untuk mendukung penelitian. Penelitian ini menggunakan matriks berupa resin *unsaturated polyester* dengan katalis MEPOXE, serta serat bambu ampel dan *fiberglass Chopped Strandt Mat* (CSM) sebagai seratnya. Serat bambu ampel mengalami perlakuan alkalisasi berupa perendaman ke dalam larutan 5% NaOH selama 3 jam untuk menghilangkan kotoran pada serat. Proses pembuatan komposit dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Tidar. Variasi yang diujikan melibatkan penambahan serat bambu ampel sebanyak 5%, 10%, dan 15% dengan volume *fiberglass* tetap pada 25%. Cetakan yang digunakan terbuat dari besi yang telah diolesi pelumas agar tidak lengket, dan proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode *Hand Lay-Up*. Langkah-langkahnya mencakup penentuan fraksi volume antara serat dan matriks, pencampuran resin dengan katalis, penuangan resin ke cetakan, proses press selama 24 jam untuk pengeringan resin dalam cetakan, dan pembukaan cetakan untuk mendapatkan komposit. Pengujian dilakukan di Laboratorium Manufaktur Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Depok Sleman Yogyakarta. Dua jenis pengujian dilakukan, yaitu Pengujian impak yang mengacu pada Standar ASTM E23 dan pengujian tarik yang mengacu pada standar

ASTM D638.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

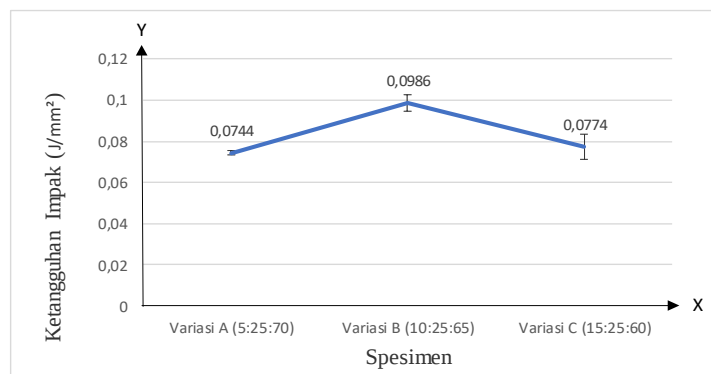
Uji Impak

Rata-rata energi serap dan ketangguhan impact disajikan dalam grafik untuk mengetahui pengaruh varian fraksi volume serat bambu ampel dan *fiberglass* ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik nilai energi serap

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa komposit dengan variasi fraksi volume 5% serat bambu ampel dan 25% fiberglass memiliki energi serap paling rendah, sebesar 2,9791 J. Variasi fraksi volume 10% serat bambu ampel dan 25% fiberglass memiliki energi serap paling besar, sebesar 3,9383 J. Pada Gambar 2 menyajikan grafik nilai ketangguhan impact.



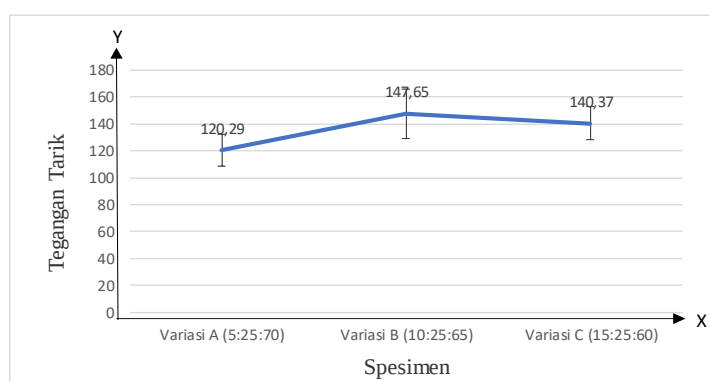
Gambar 2. Grafik nilai ketangguhan impact

Berdasarkan Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa komposit dengan variasi fraksi volume serat bambu ampel 5% dan 25% fiberglass memiliki ketangguhan impact paling kecil, sebesar 0,0744 J/mm². Variasi fraksi volume 10% serat bambu dan 25% fiberglass memiliki ketangguhan impact paling besar, sebesar 0,0986 J/mm².

Pada Gambar 2 dapat diketahui nilai ketangguhan impact mengalami kenaikan dari variasi A hingga variasi B. Nilai ketangguhan impact pada variasi volume serat bambu ampel 5% sebesar $0,0744 \text{ J/mm}^2$, kemudian mengalami peningkatan pada variasi volume serat bambu ampel 10% sebesar $0,0986 \text{ J/mm}^2$ namun nilai ketangguhan impact mengalami penurunan pada variasi volume serat bambu ampel 15% sebesar $0,0774 \text{ J/mm}^2$. Hal tersebut memiliki kesamaan dari penelitian sebelumnya yaitu ketika komposit fiberglass mendapatkan penambahan serat alam yang terlalu banyak maka ketangguhan impactnya akan menurun. Penurunan nilai ketangguhan impact dikarenakan fraksi volume resin yang kurang. Penurunan harga impact dapat terjadi karena kurangnya interface bonding antara matrik dan penguat ketika presentase resin berkurang.

Uji Tarik

Hasil pengolahan data pengujian tarik untuk nilai rata-rata tegangan tarik pada setiap spesimen dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik nilai tegangan tarik

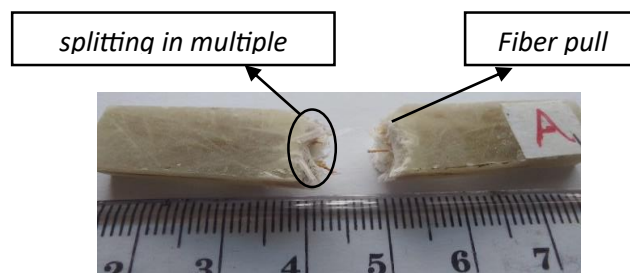
Nilai tegangan tarik pada variasi volume serat bambu ampel 5% tercatat sebesar 120,29 MPa. Selanjutnya, pada variasi volume serat bambu ampel 10%, terjadi peningkatan nilai tegangan tarik sebesar 147,65 MPa. Namun, pada variasi volume serat bambu ampel 15%, terdapat penurunan nilai tegangan tarik sebesar 140,37 MPa. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat bambu ampel pada komposit *hybrid* dapat meningkatkan nilai tegangan tariknya. Penurunan nilai tegangan tarik pada variasi volume serat bambu ampel 15% disebabkan oleh fraksi volume serat yang terlalu besar. Fraksi volume serat yang berlebihan dapat mengurangi tegangan tarik karena komposisi serat akan lebih padat sehingga menyulitkan resin/matrik masuk ke dalam sela-sela, sehingga resin tidak dapat mengikat seluruh bagian serat secara optimal. Hasil pengujian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh priyanto, dimana penambahan serat bambu ampel menghasilkan nilai

tegangan tarik yang lebih tinggi dibandingkan penambahan *clay filler* terhadap komposit *hybrid*. Nilai tegangan tarik pada penambahan *clay filler* 5% adalah 55,001 MPa, sementara nilai tegangan tarik pada penambahan serat bambu ampel 5% sebesar 120,29 MPa.

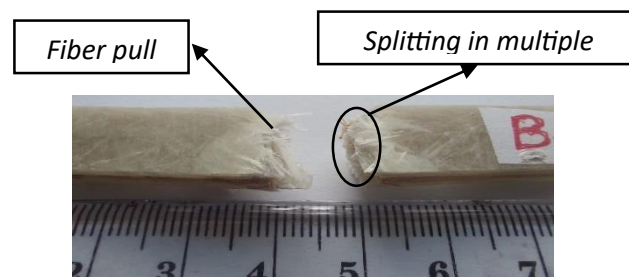
Foto Pengamatan Patahan

a) Foto Penampang Patahan Hasil Uji Impak

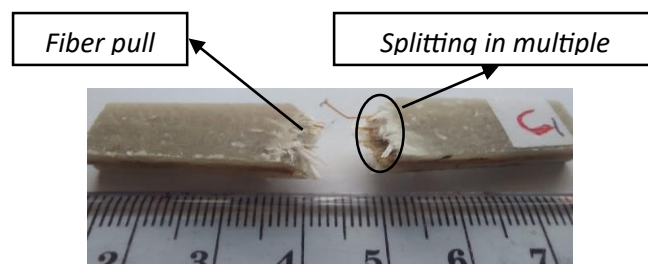
Foto penampang patahan pengujian komposit setelah dilakukan pengujian impak dapat dilihat pada Gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 4. Penampang patahan variasi serat bambu 5% Uji Impak



Gambar 5. Penampang patahan variasi serat bambu 10% Uji Impak



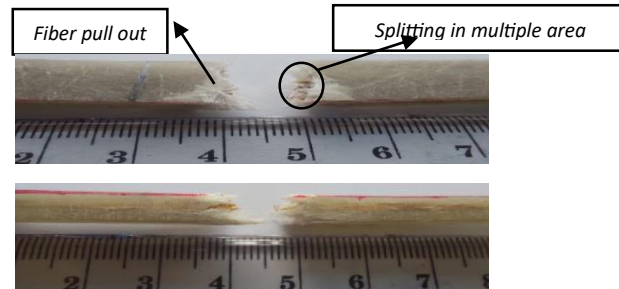
Gambar 6. Penampang patahan variasi serat bambu 15% Uji Impak

Penampang patahan pada uji impak komposit, seperti yang terlihat pada gambar di atas, menunjukkan bahwa setiap variasi menunjukkan keberadaan *fiber pull out*, yang dapat disebut sebagai patahan ulet. Hal ini dinyatakan dengan banyaknya *fiber pull out* yang terlihat. Keberadaan *fiber pull out* mengidentifikasi bahwa beban terdistribusi hingga ke serat, yang

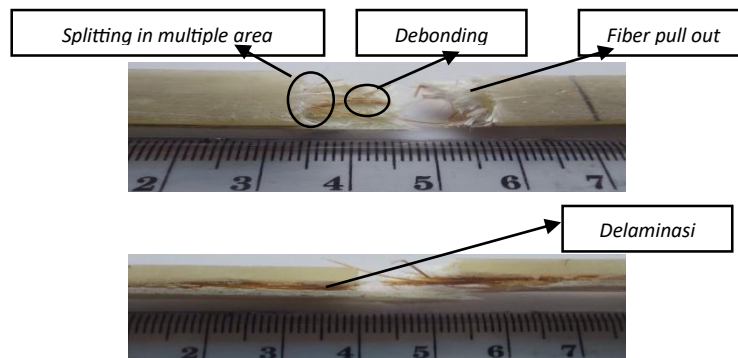
menyebabkan serat tertarik keluar. Patahan *fiber pull out* ini meningkatkan ketangguhan komposit dalam menyerap beban.

b) Foto Penampang Patahan Hasil Uji Tarik

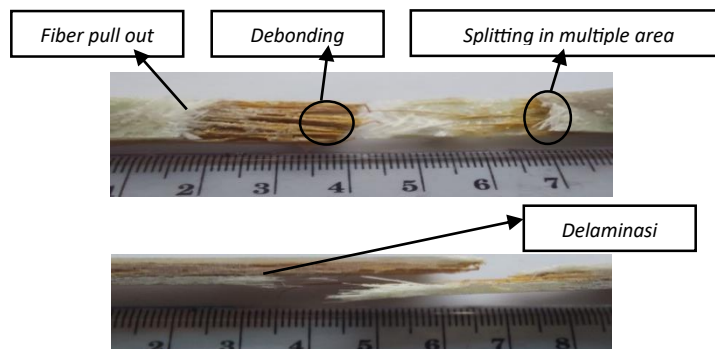
Foto penampang patahan pengujian komposit setelah dilakukan pengujian tarik dapat dilihat pada gambar 7, 8, dan 9.



Gambar 7. Penampang patahan variasi serat bambu 5% Uji Tarik



Gambar 8. Penampang patahan variasi serat bambu 10% Uji Tarik



Gambar 9. Penampang patahan variasi serat bambu 15% Uji Tarik

Penampang patahan yang muncul dari uji tarik pada setiap variasi menunjukkan adanya patahan *Splitting in multiple area*. Terjadinya patahan *Splitting in multiple area* mengidentifikasikan bahwa beban terdistribusi hingga ke serat, menyebabkan serat tertarik keluar. Proses patahan tidak terjadi secara serentak, patahan ini menyebabkan adanya *fiber pull out* ini juga menandakan bahwa sifat ulet serat komposit semakin meningkat, dan beban

terdistribusi hingga ke serat, sehingga komposit menjadi lebih tangguh dalam menyerap beban. *Fiber pull out* pada spesimen terjadi karena matriks tidak mampu menahan beban dengan baik, sehingga serat terlepas kemudian patah akibat gaya searah yang diterimanya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan beberapa pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ketangguhan impak yang paling optimal pada komposit *hybrid* yaitu pada variasi penambahan 10% serat bambu ampel dengan fraksi volume *fiberglass* 25%, dengan nilai ketangguhan impak rata-rata 0,0986 J/mm², melebihi standar ketangguhan bahan bumper AIS E 102 (0,01348 J/mm²), sedangkan untuk variasi 15% serat bambu ampel mempunyai nilai ketangguhan impak rata-rata sebesar 0,0774 J/mm², namun pada variasi 5% serat bambu ampel mengalami penurunan dengan nilai ketangguhan impak rata-rata sebesar 0,0744 J/mm². Dalam hal tegangan tarik, penambahan 10% serat bambu ampel dengan fraksi volume *fiberglass* 25% juga menunjukkan nilai optimal sebesar 147,65 MPa, serta variasi 5% mencapai 120,29 MPa dan variasi 15% sebesar 140,37 MPa, ketiganya memenuhi standar kekuatan tarik bumper SAE J 1717 (8,09 MPa). Pengamatan penampang patahan dari uji impak dan tarik menunjukkan karakteristik patahan yang dominan berupa patahan ulet, ditandai dengan fenomena *fiber pull out* akibat distribusi beban yang merata.

DAFTAR REFERENSI

- Abdullah, G., & Handiko, G. W. (2000). Aplikasi komposit GFRP untuk front end KRL-Nas dan KRLI. *INKA*, Madiun.
- Chaowana, P., & Barbu, M. C. (2017). Bamboo: Potential material for biocomposites. In *Lignocellulosic fibre and biomass-based composite materials* (pp. 259–289). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100959-8.00013-5>
- Diharjo, K. (2006). Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami-polyester. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), 8–13. Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Hanifi, R., Dewangga, G., & Widiyanto, E. (2019). Analisis material komposit berbasis serat pelepah kelapa sawit dan matriks polypropylene sebagai bahan pembuatan bumper mobil. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 2(2), 15–23.
- Hariyanto, A. (2015). Peningkatan kekuatan tarik dan impak pada rekayasa dan manufaktur bahan komposit hybrid berpenguat serat E-glass dan serat kenaf bermatrik polyester untuk panel interior automotive. *Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang*, 6(1), 1–6.

- Lutfi, F. (2018). Pembuatan model papan selancar komposit serat bambu menggunakan metode vacuum bagging.
- Nugraha, A. A., Diharjo, K., & Raharjo, W. W. (2020). Pengaruh kandungan serat dan perlakuan alkali terhadap sifat tarik, bending, dan dampak bahan komposit serat aren-polyester. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 15(2), 34–38.
- Pratama, Y. Y., Setyanto, R. H., & Priadythama, I. (2014). Pengaruh perlakuan alkali, fraksi volume serat, dan panjang serat terhadap kekuatan tarik komposit serat sabut kelapa-polyester.
- Priyanto, K., Purwono, A. H., & Cristanto, D. A. (2019). Ketangguhan dampak dan kekuatan tarik komposit fiberglass/clay filler bermatriks unsaturated polyester Bqtn-Ex 157. *Teknika*, 6(2), 45–53.
- Riyanto, A., & Irfa'I, M. A. (2018). Pengaruh fraksi volume serat komposit hybrid berpenguat serat bambu acak dan serat E-glass anyam dengan resin polyester terhadap kekuatan bending. *Jurnal Teknik Mesin*, 06(02), 55–60.
- Rochim, M. N., & Ningsih, T. H. (2021). Penggunaan serat jerami padi dalam pembuatan material komposit sebagai alternatif bahan bumper mobil. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(3), 1–6.
- Saidah, A., Sri Endah, S., & Yos, N. (2018). Pengaruh fraksi volume serat terhadap volume dan orientasi serat terhadap kekuatan tarik komposit berbahan serat rami epoxy sebagai bahan alternatif komponen otomotif. In *Seminar Nasional Teknik Mesin* (Vol. 3, pp. 191–197).
- Wahyudi, F. A., & Yuono, L. D. (2017). Pengaruh komposisi serat terhadap kekuatan dampak komposit yang diperkuat serat bambu. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 4(2), 72–78.
- Wirawan, W. A., Setyabudi, S. A., & Widodo, T. D. (2017, October). Pengaruh jenis matrik terhadap sifat tarik pada natural fiber komposit. In *Seminar Nasional Teknologi Terapan (MESIN)* (Vol. 3, No. 01, pp. 29–34).