ANALISA KETANGGUHAN KOMPOSIT SERAT DAUN NANAS BERMATRIKS POLYESTER MENGGUNAKAN METODE PENGUJIAN IMPAK UNTUK APLIKASI BUMPER MOBIL

Muhammad Haidar Nasya[1], Sariyusda[2]*, Marzuki[2]
[1]Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur,
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe
[2]Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280 Buket Rata
*Penulis Koresponden: sariyusday@gmail.com

Abstract

Penelitian ini membahas ketangguhan komposit serat daun nanas (Pineapple Leaf Fiber/PALF) bermatriks poliester untuk aplikasi bumper mobil melalui metode uji impak Charpy. Tujuan utama penelitian adalah menganalisis pengaruh variasi fraksi volume serat terhadap nilai ketangguhan impak, mekanisme kegagalan material, serta potensi aplikasinya sebagai material alternatif yang ramah lingkungan. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode cetak tuang menggunakan variasi fraksi serat 20% dan 25%. Pengujian impak menunjukkan bahwa peningkatan fraksi serat berbanding lurus dengan peningkatan energi serap dan nilai ketangguhan impak. Rata-rata energi serap pada fraksi 20% adalah 5,83 J dengan ketangguhan impak 0,043 J/mm², sedangkan pada fraksi 25% meningkat menjadi 7,57 J dengan ketangguhan impak 0,056 J/mm². Hasil pengujian SEM memperlihatkan mekanisme kegagalan berupa fiber pull-out, crack deflection, fiber breakage, void, dan debonding. Fenomena tersebut mendukung sifat patah ulet yang dihasilkan, sehingga material mampu menyerap energi lebih besar sebelum patah. Secara keseluruhan, komposit serat daun nanas bermatriks poliester menunjukkan potensi signifikan sebagai material alternatif bumper mobil yang kuat, ringan, dan ramah lingkungan.

Kata kunci: komposit, serat daun nanas, uji impak, polyester, bumper mobil.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi manufaktur dan tuntutan akan material yang ringan, kuat, serta ramah lingkungan mendorong pemanfaatan material komposit berbasis serat alam. Salah satu material yang potensial adalah komposit serat daun nanas (Pineapple Leaf Fiber/PALF). Serat daun nanas memiliki kandungan selulosa tinggi dan bobot yang ringan, menjadikannya kandidat penguat yang baik untuk matriks polimer seperti resin epoxy. [1]

Komposit serat daun nanas (*Pineapple Leaf Fiber*/PALF) merupakan salah satu jenis biokomposit yang dikembangkan dari serat alami daun nanas yang dikombinasikan dengan matriks polimer, seperti epoxy maupun resin poliester. Serat daun nanas memiliki kandungan selulosa yang tinggi, yaitu sekitar 70–80%, serta struktur kristalin yang baik. Karakteristik ini menjadikan PALF memiliki sifat mekanik yang menonjol, termasuk kekuatan tarik yang cukup tinggi, ketahanan terhadap beban lentur, serta kemampuan menyerap energi benturan. Di samping itu, densitasnya yang rendah membuat komposit PALF jauh lebih ringan dibandingkan material konvensional seperti logam atau fiberglass, sehingga dapat meningkatkan efisiensi struktur tanpa mengorbankan kekuatan[2]

Komposit serat daun nanas memiliki potensi besar sebagai material bumper mobil karena ringan
namun kuat, dengan kekuatan lentur mencapai 5,74 MPa pada massa serat 0,7 g[3]. Selain itu, material ini tahan korosi, ramah lingkungan, dan mampu meningkatkan kekuatan tarik hingga 40% serta daya impak hingga 50,8%, sehingga lebih aman dan awet digunakan pada industri otomotif[4].

Di industri otomotif, bumper mobil menjadi salah satu komponen penting yang harus mampu menyerap energi benturan untuk melindungi kendaraan dan penumpang. Saat ini, sebagian

besar bumper masih dibuat dari material sintetis berbasis minyak bumi yang kurang ramah lingkungan dan sulit terurai. Oleh karena itu, pengembangan komposit serat daun nanas sebagai material alternatif bumper mobil memiliki potensi besar untuk menjawab kebutuhan akan material yang berkelanjutan, ringan, dan memiliki ketangguhan impak memadai[5].

Karakteristik bumper mobil mencerminkan perannya sebagai pelindung utama kendaraan dari benturan sekaligus elemen desain eksterior. Secara umum, bumper berfungsi melindungi komponen vital seperti radiator, mesin, lampu, dan sensor dari kerusakan akibat tabrakan kecepatan rendah hingga sedang. Karakteristik penting lain adalah variasi material yang digunakan, mulai dari baja dan aluminium yang kokoh namun berat, hingga polimer seperti ABS atau PP yang ringan dan fleksibel, serta komposit serat karbon atau serat kaca yang lebih kuat dan ringan meski biayanya lebih tinggi. Dari sisi desain, bumper modern memanfaatkan struktur rekayasa seperti *honeycomb*, berlapis, atau *metamaterial* untuk meningkatkan kemampuan menyerap energi benturan secara efisien. Selain itu, bumper tidak hanya fungsional, tetapi juga berkontribusi pada estetika dan aerodinamika kendaraan, sehingga memengaruhi tampilan visual dan efisiensi bahan bakar[6].

Penelitian ini difokuskan pada pembuatan komposit serat daun nanas dengan metode molding, serta pengujian ketangguhan impaknya menggunakan metode uji impak Charpy[7]. Selain itu, dilakukan pengamatan struktur mikro menggunakan SEM untuk memahami mekanisme kegagalan dan distribusi serat dalam matriks. Hasil penelitian inidiharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan material bumper mobil yang tidak hanya kompetitif secara teknis, tetapi juga mendukung kelestarian lingkungan[8].

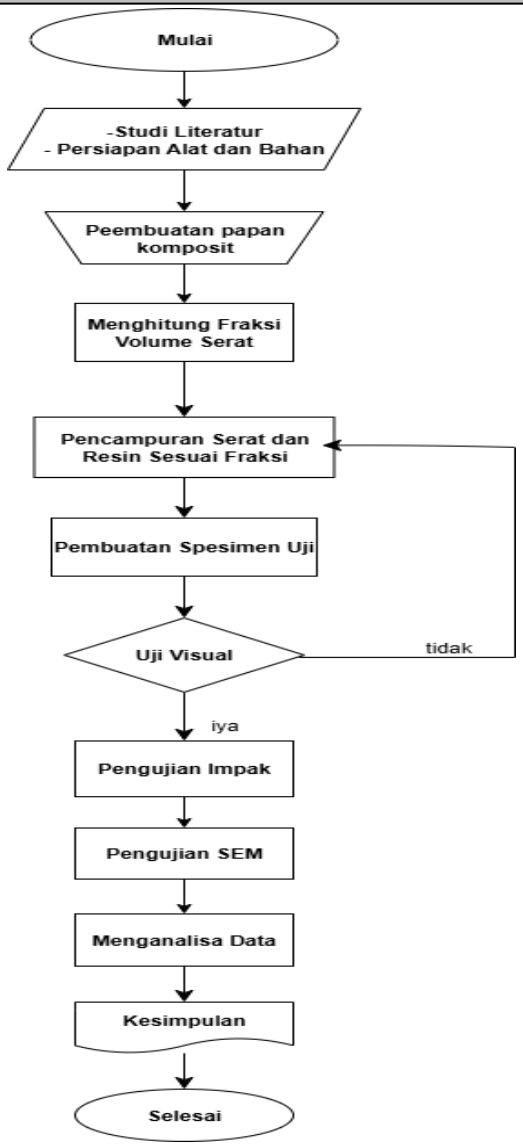
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama kurang lebih 16 minggu dan berlokasi di Laboratorium Manufaktur Plastik Komposit dan Pengecoran, serta Laboratorium Uji Material dan Karakteristik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe. Bahan utama yang digunakan adalah serat daun nanas sebagai penguat dan resin polyester sebagai matriks, ditambah katalis untuk membantu proses pengerasan. Selain itu, beberapa alat pendukung digunakan, seperti cetakan spesimen berlapis aluminium foil, mesin uji impak, timbangan digital, jangka sorong, gunting, gergaji, kertas pasir, serta alat bantu lainnya.

Tahapan penelitian diawali dengan pembuatan cetakan spesimen yang sesuai standar uji impak. Selanjutnya, dilakukan pencampuran serat daun nanas dan resin epoxy dengan perbandingan volume tertentu, yaitu 60% serat dan 40% resin. Campuran tersebut kemudian dituangkan ke dalam cetakan dan diratakan agar distribusi serat lebih merata, lalu dibiarkan mengeras pada suhu ruang hingga membentuk komposit yang siap diuji. Setelah komposit mengeras sempurna, dilakukan pemotongan spesimen sesuai dimensi standar menggunakan alat potong yang tersedia.

Langkah berikutnya adalah pengujian ketangguhan material dengan metode impak Charpy, untuk mengetahui seberapa besar energi benturan yang dapat diserap oleh komposit. Sebagai pelengkap, dilakukan juga pengamatan struktur mikro menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk menganalisis distribusi serat di dalam matriks, kualitas ikatan antara serat dan resin, serta melihat lebih detail mekanisme kegagalan material seperti fiber pull-out dan crack deflection. Secara keseluruhan, metode ini dirancang untuk mengevaluasi potensi komposit serat daun nanas sebagai material alternatif bumper mobil yang kuat, ringan, dan ramah lingkungan.

Peneliti telah menjabarkan alur penelitian ke dalam bentuk diagram alir yang disusun secara sistematis dan runtut, sehingga setiap tahap penelitian dapat dipahami dengan lebih jelas. Penyajian diagram alir ini dimaksudkan untuk memudahkan pembaca dalam memahami urutan tahapan yang dilakukan, mulai dari persiapan hingga pengujian, serta memastikan proses penelitian berjalan sesuai rancangan, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Bentuk Spesimen

Berikut merupakan wujud spesimen komposit serat daun nanas yang telah dibuat dengan menggunakan fraksi volume serat daun nanas sebesar 25%, di mana proses pembuatan dilakukan agar serat dapat terdistribusi merata di dalam matriks polyester. Setelah itu, spesimen komposit akan dilakukan pengujian impak untuk mengetahui ketangguhan material serta pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) guna menganalisis struktur mikro komposit. Adapun spesimen uji impak diberi kode "I" sebagai penanda untuk komposit berbasis serat daun nanas, sedangkan Gambar 2 memperlihatkan hasil bentuk spesimen yang telah diproduksi.

Gambar 2 Sampel Uji Impak

3.2 Hasil Uji Impak

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal 21 Agustus 2025 di Laboratorium Impact Test Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui serta menganalisis nilai ketangguhan komposit serat daun nanas dengan variasi fraksi volume serat 20% dan 25% terhadap matriks polyester. Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat sejauh mana peningkatan kandungan serat dapat memengaruhi kemampuan komposit dalam menyerap energi benturan dan memperlambat perambatan retak, sehingga diperoleh gambaran mengenai pengaruh variasi fraksi volume serat terhadap sifat mekanik komposit berbasis polyester, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3a dan 3b.

Gambar 3 (a) Sampel Pengujian Komposit Serat Daun Nanas dengan Fraksi Volume 20%

Gambar 3(b) Sampel Pengujian Komposit Serat Daun Nanas dengan Fraksi Volume 25%

Adapun langkah-langkah untuk perhitungan impak pada spesimen I1 adalah sebagai berikut:
E= G. g. R (cos β – cos α).....(4.1)
E = 0,71 x 9,81 x 0,2238 (cos 85 – cos 150)
E = 1,486 Joule.
Untuk mendapatkan nilai harga impak pada spesimen I1 adalah sebagai berikut:
HI=E/A.....(4.2)
HI = 1,486 Joule/0,000143 m^2
HI = 10391,608 J/m^2
Adapun untuk perhitungan harga impak pada spesimen lainnya dengan langkah perhitungan diatas sebagaimana dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian Impak

No	Fraksi Volume Serat	Kode Spesimen	E (Joule)	HI (J/M2
1		I1	5.8	0,043
2	SN 20%	I2	6.0	0,044
3		I3	5.7	0,042
	Rata-Rata		5,83	0,043
1		I4	8.0	0,059
2	SN 25%	I5	7.1	0,052
3		I6	7.6	0,056
	Rata-Rata		7,57	0.056

3.3 Analisa Nilai Impak Terhadap Pengujian Impak

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan nilai impak dari komposit serat daun nanas dengan variasi fraksi volume serat 20% dan 25%. Untuk melihat variasi pengujian serat daun nanas dapat dilihat pada gambar 4.

Gambar 4. Variasi Pengujian Nilai Harga Impak

Berdasarkan gambar 4 diatas dapat dilihat bahwa hasil pengujian impak untuk matriks *Polyester* dari komposit serat daun nanas yang dilakukan dengan variasi fraksi volume 20% dan 25% serat daun nanas. Diperoleh nilai impak dengan fraksi volume serat 20% yaitu 43.000 J/m^2, 44.000 J/m^2, dan 42.000 J/m^2 sedangkan dengan fraksi volume serat 25% yaitu 59.000 J/m^2, 52.000 J/m^2, dan 56.000 J/m^2. Nilai ketangguhan tertinggi diperoleh pada spesimen komposit serat daun nanas dengan fraksi volume 25%, yaitu sebesar 59.000 J/m², yang menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan fraksi volume 20%. Hal ini disebabkan oleh jumlah serat daun nanas yang lebih banyak, sehingga mampu memperkuat ikatan dengan matriks polyester, meningkatkan penyerapan energi benturan, serta menjadikan komposit lebih kuat dan lebih tahan terhadap perambatan retak dibandingkan fraksi lainnya.

3.4 Analisa Energi Yang Diserap Terhadap Variasi Pengujian Impak

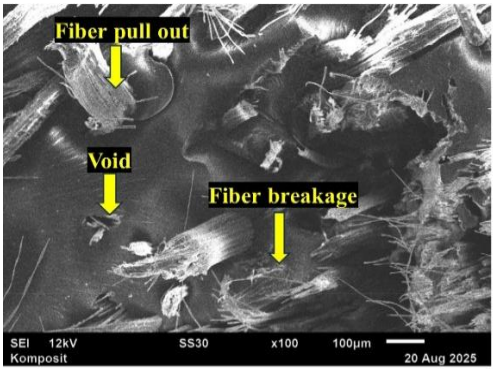
Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan energi yang diserap dari komposit serat daun nanas dengan fraksi volume serat 25%. Dari fraksi volume serat daun nanas 20% dan 25% terhadap komposit dapat dilihat hubungan energi yang diserap. Sebagaimana dapat dilihat pada gambar 5.

Gambar 5 Energi yang Diserap

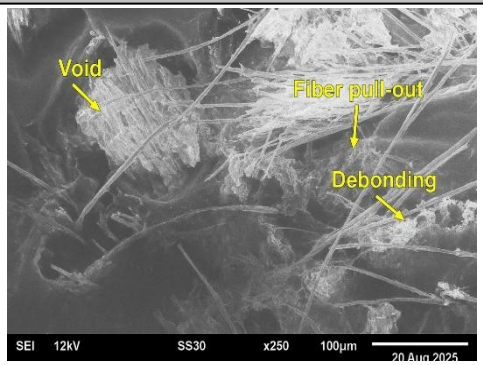
Dari gambar 4.4 diatas dapat dilihat bahwa hasil pengujian impak untuk energi yang diserap pada komposit serat daun nanas dengan menggunakan matriks *Polyester* terhadap fraksi volume serat daun 20% dan 25%. Maka diperoleh energi yang diserap untuk serat 20% yaitu 5.8 Joule, 6 Joule dan 5.7 Joule sedangkan energi yang diserap untuk serat 25% yaitu 8 Joule, 7,1 Joule, dan 7.6 Joule, lebih kuat dibandingkan daripada fraksi 20%.

3.5 Analisa Morfologi PatahanBerdasarkan Pengujian SEM

Setelah dilakukan pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada spesimen uji dengan fraksi volume serat daun nanas sebesar 20% pada tanggal 21 Agustus 2025, diperoleh hasil pengamatan yang ditunjukkan pada gambar-gambar berikut. Hasil analisis mikrostruktur tersebut memberikan informasi mengenai distribusi serat di dalam matriks polyester, tingkat kualitas ikatan antar muka serat dan matriks, serta indikasi adanya cacat mikro seperti retakan, pori, maupun *fiber pull-out* yang dapat memengaruhi sifat mekanik komposit. Data hasil pengamatan kemudian ditampilkan secara visual untuk memperkuat penjelasan mengenai perilaku material terhadap beban dinamis. Dengan demikian, gambar-gambar yang ditampilkan berfungsi sebagai acuan penting dalam memahami keterkaitan antara struktur mikro komposit dengan nilai ketangguhan impak yang diperoleh. Sebagaimana dapat dilihat pada gambar 6a dan 6b.



Gambar 6 (a) Hasil Pengujian SEM dengan Pembesararan 100x



Gambar 6 (b) Hasil Pengujian SEM dengan Pembesaran 200x

Secara umum, citra SEM pada patahan impak dengan fraksi volume 25% memperlihatkan bahwa mekanisme patahan pada komposit lebih banyak didominasi oleh terjadinya fiber pull-out dan crack deflection, yang menunjukkan adanya interaksi kuat antara serat dan matriks. Dengan demikian, jenis patahan yang terbentuk dapat dikategorikan sebagai patahan ulet (*ductile fracture*). Hal ini juga sejalan dengan hasil uji impak yang memperlihatkan nilai energi serap cukup tinggi, di mana energi benturan yang terjadi lebih banyak terserap melalui mekanisme deformasi plastis dan penyaluran gaya pada serat, dibandingkan hanya melalui proses patah getas semata.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh variasi serat pada komposit terhadap ketangguhan impak, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai ketangguhan impak komposit menunjukkan peningkatan seiring meningkatnya fraksi 20% menjadi 25%. Sampel I1 memiliki energi serap sebesar 5,8 Joule, I2 sebesar 6 Joule, dan I3 sebesar 5,7 Joule. Sementara itu, sampel I4 mencapai 8 Joule, I5 sebesar 7,1 Joule, dan I6 sebesar 7,6 Joule. Nilai ketangguhan impak tertinggi terdapat pada sampel I4 dengan energi serap 8 Joule.

2. Hasil pengamatan SEM menunjukkan adanya mekanisme kegagalan berupa *fiber pull-out*, *crack deflection*, dan *matrix cracking*. Mekanisme ini membuktikan bahwa penyerapan energi impak pada komposit terjadi melalui interaksi serat dan matriks.

3. Dibandingkan dengan penelitian terdahulu, hasil ini sejalan dengan tren bahwa semakin

besar fraksi serat atau semakin baik ikatan serat–matriks, maka semakin tinggi pula nilai ketangguhan impak komposit.

4. Komposit yang diteliti menunjukkan sifat patah ulet, yang lebih diinginkan pada material pelindung karena mampu menyerap energi lebih besar sebelum mengalami kegagalan total.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit dengan variasi serat yang diteliti memiliki sifat impak yang cukup baik dan menunjukkan perilaku patah ulet. Karakteristik ini merupakan hal penting bagi material bumper mobil yang berfungsi untuk menyerap energi benturan. Namun, dibandingkan dengan bumper mobil komersial (misalnya penelitian Pambudi & Yudiono, 2020, yang menunjukkan bumper Toyota Avanza memiliki energi serap rata-rata 1,42 J dan ketangguhan impak 0,0388 J/mm²), nilai ketangguhan impak pada penelitian ini yaitu 0,0563 J/mm² terbukti jauh lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa komposit yang diteliti memiliki kemampuan serap energi yang sangat baik dan berpotensi untuk digunakan sebagai bahan alternatif bumper mobil. Meskipun demikian, penelitian lanjutan tetap diperlukan berupa optimasi fraksi serat, variasi jenis matriks, serta pengujian sifat mekanik lainnya agar komposit benar-benar memenuhi standar kekuatan dan keamanan otomotif.

5 Daftar Pustaka

[1] T. S. Hadi, S. Jokosisworo, and P. Manik, "Analisa Teknis Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tarik, Bending Dan Impact," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 1, pp. 323–331, 2016.

[2] A. D. Zaidan, A. E. Latief, and N. D. Anggraeni, "Analisa Karakterisasi Material Produk Slide Piece CVT Berbahan Komposit Berpenguat Serat Nanas dengan Fraksi Volume 10%," *J. Rekayasa Energi dan Mek.*, vol. 3, no. 1, p. 77, 2023, doi: 10.26760/jrem.v3i1.77.

[3] H. Firman, Muris, and Suaberr, "Studi Sifat Mekanik Dan Morfologi Komposit Serat Daun Nanas-Epoxy Ditinjau Dari Fraksi Massa Dengan Orientasi Serat Acak," *J. Sains dan Pendidik. Fis.*, vol. 11, no. 2, pp. 185–191, 2015.

[4] A. E. Latief, N. D. Anggraeni, and D. Hernady, "Karakterisasi Mekanik Komposit Matriks Polipropilena High Impact Dengan Serat Alam Acak Dengan Metode Hand Lay Up Untuk Komponen Automotive," *J. Rekayasa Hijau*, vol. 3, no. 3, pp. 241–247, 2020, doi: 10.26760/jrh.v3i3.3434.

[5] M. Asrofi *et al.*, "Penigkatan Kualitas Produk Material Komposit Fiberglass Menggunakan Vaccum Assisted Resin Infusion di Industri Wangi Fiberglass Banyuwangi," *Medani J. Pengabdi. Masy.*, vol. 2, no. 3, pp. 73–77, 2023, doi: 10.59086/jpm.v2i3.366.

[6] R. L. Pambudi and H. Yudiono, "Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pandan Duri Terhadap Ketangguhan Impact Komposit Sebagai Material Alternatif Bumper Mobil," *J. Kompetensi Tek.*, vol. 12, no. 2, pp. 21–29, 2020, doi: 10.15294/jkomtek.v12i2.23329.

[7] L. F. Aoladi *et al.*, "Analisis Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Impak Komposit dari Serat Lidah Mertua (Sansevieria Trifasciata) dengan Matrik Polyester," *Mer-C*, vol. 2, no. 2, pp. 22–31, 2019.

[8] A. Toto, "Tugas akhir – tl 141584 studi aplikasi," 2015.