

Analisis Material Komposit Berbasis Serat Tebu Dan *Matriks Polyester* Sebagai Bahan Pembuatan Helm

Cahyo Nugroho¹, Diah Wulandari^{2*}, Arya Mahendra Sakti³, Andita Nataria Fitri Ganda⁴

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: *diahwulandari@unesa.ac.id

Abstrak: Pemanfaat serat tebu di Indonesia yang belum banyak dimanfaatkan menyebabkan limbah serat tebu hanya terbuang dan akan dibakar dengan begitu saja. Dengan potensi serat tebu yang melimpah di Indonesia tentu membuka peluang untuk memanfaatkan limbah serat tebu. Peneliti melakukan pemanfaatan limbah serat tebu untuk dijadikan sebagai salah satu bahan dasar dalam pembuatan cangkang helm. Bahan pendukung lainnya matriks polyester dan katalis dengan perbandingan 10:1 yang berfungsi sebagai perekat dan pengeras dari limbah serat tebu yang akan dicampurkan dan dijadikan cangkang helm. Penulis menggunakan metode Hand lay-up dengan variasi arah serat 0°, 45° dan 90° yang dilakukan pengujian impak. Peneliti menggunakan jenis kualitatif untuk menyajikan data dan jenis kuantitatif untuk penelitian eksperimen. Perbandingan yang digunakan 60% serat dan 40% resin dan katalis serta melakukan perendaman serat dengan NaOH 5% selama 2 jam. Spesimen terbaik dari setiap pengujian dihasilkan dari variasi arah serat 0° dengan menghasilkan nilai spesimen meliputi, uji impak dengan nilai 0.093 J/mm².

Kata kunci: Helm Serat Tebu, Matriks Polyester, Variasi Arah Serat.

Abstract: The utilization of sugarcane fiber in Indonesia which has not been widely used causes sugarcane fiber waste to be wasted and will be burned just like that. With the abundant potential of sugarcane fiber in Indonesia, it certainly opens up opportunities to utilize sugarcane fiber waste. Researchers make use of sugarcane fiber waste to be used as one of the basic materials in making helmet shells. Other supporting materials are polyester matrix and catalyst in a ratio of 10: 1 which functions as an adhesive and hardener of sugarcane fiber waste which will be mixed and made into helmet shells. The author uses the Hand lay-up method with variations in fiber direction of 0 °, 45 ° and 90 ° which are carried out impact testing. Researchers use qualitative types to present data and quantitative types for experimental research. The ratio used was 60% fiber and 40% resin and catalyst and soaking the fiber with 5% NaOH for 2 hours. The best specimens from each test were produced from the 0° fiber direction variation by producing specimen values including, impact test with a value of 0.093 J/mm².

Keywords: Fiber Direction Variation, Polyester Matrix, Sugarcane Fiber Helmet.

© 2024, JRM (Jurnal Rekayasa Mesin) dipublikasikan oleh ejournal Teknik Mesin Fakultas Vokasi UNESA.

PENDAHULUAN

Penggunaan helm bisa mengurangi resiko dari cedera fatal akibat kecelakaan saat berkendara sepeda motor. Kepala yang terlindungi dengan baik bisa mempunyai peluang lebih untuk bertahan dari dampak yang akan mengancam keselamatan pengendara sepeda motor. Helm adalah perlengkapan yang dipakai sebagai perlindungan di kepala dan helm dibuat dari bahan metal atau bahan keras lainnya, seperti serat resin ataupun plastik. Helm termasuk industri otomotif saat ini membutuhkan material yang memiliki sifat kuat dan ringan, seperti material komposit. Material komposit kini banyak digunakan pada komponen atau bagian otomotif. Material komposit adalah material yang terbentuk dari dua bahan atau lebih, hal tersebut dapat memperoleh material baru dengan karakteristik yang berbeda dari

material pembentuknya. Alasan utama penggunaan material komposit adalah kepadatannya yang rendah, sifat mekanik yang tinggi, kinerja yang sebanding dengan logam, ketahanan terhadap korosi dan pembuatannya yang mudah.

Bahan matriks untuk komposit serat dapat diklasifikasikan sebagai polimer, logam, dan keramik. Matriks polimer dibagi menjadi dua bagian, yaitu termoplastik dan termoset. Resin polyester adalah bahan matriks dari kelompok polimer termoset. Resin polyester adalah resin yang paling banyak digunakan, mulai dari proses pembuatan tangan (*Hand Lay-Up*) yang paling sederhana dan termudah hingga proses permesinan dan pencetakan yang rumit. Dalam penelitian ini, polyester digunakan sebagai matriks dengan metode *Hand Lay-Up*. Material komposit yang diperkuat dengan serat alam memiliki

kelebihan yaitu murah, ringan dan ramah lingkungan. Tetapi juga memiliki kelemahan yaitu kekuatan dan berat tarik spesifik tergantung pada jenis serat anyaman dan proses produksi serat alam tersebut. Penggunaan serat alam dalam pembuatan komposit salah satunya adalah serat tebu. Tanaman tebu memiliki kekuatan yang cukup tinggi dan sifat ramah lingkungan untuk digunakan dalam material komposit. Menurut Sulaiman Mochamad dan Rahmat Hudan melakukan penelitian kajian potensi pengembangan material komposit polimer dengan serat alam untuk produk otomotif.

Dalam produksi komposit serat alam yang mengandung matriks resin, serat pertama mengalami proses alkalisasi, yang meningkatkan sifat mekanik dari serat yang digunakan. Selama perlakuan pada serat alami, beberapa komponen serat dapat larut dalam larutan basa. Unsur lignin dan hemiselulosa, serta zat lain seperti lilin, abu dan pengotor lainnya dapat hilang karena perlakuan basa pada serat. Helm biasanya terbuat dari plastic ABS, kevlar, fiberglass atau serat karbon. Sifat standar penyangga diperoleh melalui beberapa pengujian mekanik yaitu uji tarik, uji lentur dan uji impak. Salah satunya seperti Standar Nasional Indonesia (2007) menyatakan kekuatan impak helm SNI yang hanya sebesar 0,3125 Joule dan 0,00972 J/mm² (Mulyo & Yudiono, 2018). Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa komposit serat ijuk, serat sabut kelapa dapat digunakan sebagai bahandasar pengganti plastik dalam pembuatan helm SNI. (Muradin et al., 2019).

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis melakukan pengujian impak. Serta komposit serat tebu sebagai penguat untuk mengetahui nilai material. Matriks komposit menggunakan polyester yang akan digunakan sebagai bahan pembuatan helm. Penelitian ini diharapkan bisa menghasilkan material yang murah, ringan dan ramah lingkungan untuk dunia industri otomotif.

DASAR TEORI

Komposit

Pengertian material komposit adalah material yang tersusun dari dua atau lebih material yang berbeda. Bahan-bahan tersebut mempunyai keunggulan yang berbeda-beda dan dapat digabungkan untuk membentuk bahan baru dengan sifat yang berbeda dari bahan awal. Menurut Mukhmad (2010), material komposit dapat dianggap sebagai suatu produk tunggal, meskipun terbuat dari dua atau lebih material yang berbeda. Matriks dan filler mempunyai fungsi yang saling tumpang tindih dan sulit dipisahkan. Penguat komposit adalah serat atau partikel dan matriksnya terbuat dari polimer, logam. Serat yang baik memiliki modulus elastisitas yang tinggi, kekuatan putus yang lebih besar dari kekuatan putus matriks, setiap serat memiliki kekuatan yang sama, serat stabil dan mempertahankan kekuatannya selama pembuatan, luas dan diameter. Serat memiliki beberapa sifat

seperti ukuran serat yang seragam. Material komposit umumnya terdiri dari serat karbon yang diikat lapis demi lapis dengan polimer sehingga membentuk lapisan. Material komposit banyak digunakan dalam industri otomotif, termasuk pada pesawat terbang, interior mobil, serta eksterior mobil dan kapal. Industri otomotif membutuhkan struktur yang ringan, namun memiliki kekuatan lentur dan tarik yang tinggi serta ketahanan benturan yang baik.

Bahan komposit didefinisikan sebagai campuran makroskopis serat dan matriks. Serat memperkuat matriks karena serat lebih kuat dari matriks. Matriks tersebut kemudian melindungi serat dari pengaruh lingkungan dan kerusakan akibat benturan dan benturan. Bahan komposit digunakan di berbagai bidang. Hal itu karena sifat material komposit yang memungkinkan produsen dan konsumen menentukan sifat material yang diinginkan menjadi alasan utama mengapa material komposit begitu populer. Bahan-bahan ini memberikan peneliti ruang lingkup yang luas untuk mengembangkan desain dengan menggunakan bahan pendukung. Menurut Kavelin (2005), komponen yang terbuat dari serat alami lebih ringan 15% dibandingkan fiberglass.

Hand Lay-Up

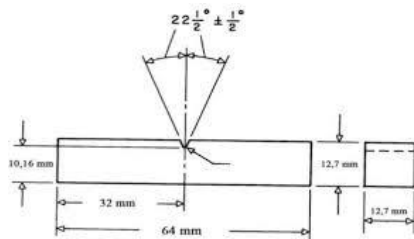
Hand lay-up adalah salah satu cara termudah untuk membuat material komposit dengan tangan. Metode konstruksi ini merupakan metode konstruksi terbuka pada proses pembuatan material komposit. Untuk membuatnya, resin dan katalis dicampurkan dengan serat sesuai kebutuhan dan diaplikasikan dengan roller atau kuas hingga ketebalan yang diinginkan. Selama proses ini, resin bersentuhan langsung dengan udara dan pencetakan biasanya dilakukan pada suhu kamar.

Keuntungan metode ini adalah volumenya yang kecil, kemudahan penerapannya dan kesesuaian untuk komponen berukuran besar. Metode pembuatan komposit manual ini biasanya digunakan untuk material dan komponen berukuran sangat besar seperti bak mandi, perahu, lambung kapal, bilah turbin angin dan body kendaraan.

Uji Impak

Uji Impak adalah uji tegangan tinggi standar yang dapat digunakan untuk mengukur jumlah energi yang diserap oleh suatu material saat patah. Energi yang diserap adalah alat untuk mengukur keuletan suatu material tertentu. Karena mudah dibuat dan diterapkan, uji impak sering digunakan di industri yang kritis terhadap keselamatan. Hasil tes tersedia dengan cepat dan hemat biaya.

Tujuan dari uji impak adalah untuk mengukur kekuatan atau elastisitas bahan uji (sampel) dengan memberikan beban mendadak pada benda uji statis. Benda uji mengalami takikan awal sesuai standar ASTM D 5942-96 dan bentuknya berubah tergantung kelenturan atau kerapuhan benda uji, seperti yang ditunjukkan oleh hasil pengujian bengkok atau patah.



Gambar 1. Spesimen Uji Impak (Aswan,2018)

Serat

Kekuatan material komposit sangat bergantung pada kekuatan serat pembuatnya, karena serat dalam komposit berperan sebagai bagian penahan beban utama. Menurut Diharjo (2003), semakin kecil bahan yaitu semakin dekat diameter serat dengan ukuran kristal, maka semakin kuat bahan tersebut karena cacat pada bahan semakin sedikit. Serat alami adalah serat yang berasal dari alam, bukan buatan atau buatan. Serat atau ijuk alam ini bisa diperoleh dari serat-serat tumbuhan berkayu seperti bambu, palem, pohon pisang, dan tumbuhan lain yang mengandung serat pada batang atau daunnya. Serat ini banyak dikembangkan karena kaya akan limbah dan ramah lingkungan.

Serat sintetis adalah serat yang dibuat melalui proses sintesis kimia, dan berbeda dengan serat alami yang diperoleh dari organisme hidup seperti kapas atau bulu hewan. Keuntungan lain dari penggunaan serat ampas tebu sebagai penguat tambahan adalah ketersediaannya yang melimpah, mudah diperoleh, dan harganya terjangkau. Menurut Purnawan et al. (2012), ampas tebu mengandung 30% dari berat serat tumbuhan dan dapat menjadi sumber yang kaya akan serat alami. Kekurangan dari penggunaan serat tebu adalah mudah terserang jamur dan serangga, serta serat tebu mudah terbakar.

Matriks

Pada komposit serat, matriks mempunyai fungsi penting sebagai pengikat serat dan sebagai bahan pemindah beban antar serat. Perpanjangan matriks lebih besar dibandingkan dengan perpanjangan serat. Matriks yang biasa digunakan dalam produksi komposit FRP (Fiber Reinforced Plastic) adalah resin. Umumnya, resin adalah bahan yang diperkuat serat. Resin adalah cairan dengan viskositas rendah yang mengeras setelah proses polimerisasi. Resin berperan sebagai pengikat antar serat dan membentuk ikatan yang kuat sehingga menghasilkan material komposit yang homogen, yaitu material dengan kekuatan ikatan yang tinggi.

Resin poliester memiliki sifat yang sangat unik seperti: transparan, kaku atau fleksibel, dan dapat dicat. Selain itu, resin tahan terhadap air, pelapukan, penuaan, dan berbagai bahan kimia, serta memiliki tingkat penyusutan 4-8%. Resin poliester dapat digunakan hingga suhu 79°C (157°F). Poliester dipadatkan dengan menambahkan katalis. Kecepatan proses pendinginan ditentukan oleh banyaknya katalis

yang ditambahkan. Suhu distorsi panasnya lebih rendah dibandingkan resin termoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya sekitar 110-140°C. Ketahanan dingin relatif baik. Sifat listriknya lebih baik daripada resin termoset, tetapi diperlukan penghilangan air yang cukup saat bercampur dengan kaca. Resin poliester kuat terhadap asam kecuali asam pengoksidasi, tetapi lemah terhadap basa. Jika dibiarkan dalam air mendidih dalam waktu lama (300 jam), akan terjadi keretakan dan retakan. Ketahanan cuaca yang sangat baik. Tahan terhadap kelembapan luar ruangan dan sinar UV. Poliester adalah sejenis resin yang biasa digunakan sebagai matriks untuk lambung kapal, mobil, dan akuarium.

NaOH

Perendaman NaOH merupakan perendaman serat yang membantu menghilangkan noda dan lignin dari serat yang memiliki sifat alami. Serat tebu juga dapat digambarkan sebagai serat yang menyukai air atau hidrofilik. Pengaruh perlakuan alkali pada sifat permukaan serat selulosa alami telah dipelajari. Dalam hal ini, kadar air optimal dapat dikurangi sehingga sifat alami serat (hidrofilisitas) menjamin ikatan antar muka yang optimal dengan matriks.

Menurut Maryanti et al. (2011), perendaman dalam NaOH dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit serat. Pada komposit yang diperkuat serat tanpa alkalisasi, ikatan antara serat dan resin tidak sempurna karena terhalang oleh lapisan lilin pada permukaan serat. Ikatan serat-matriks tidak optimal, karena perendaman singkat dalam NaOH tidak sepenuhnya menghilangkan lapisan lilin pada serat. Namun jika perendaman alkali dilakukan terlalu lama maka nilai regangannya akan menurun.

METODE

Pendekatan yang akan digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian berdasarkan filosofi positivism yang mempelajari populasi atau sampel tertentu. Penelitian kuantitatif terbagi menjadi penelitian eksperimen, deskripsi korelasional dan evaluasi. Menurut Sugiyono (2016) Penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang akan mengkaji pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi terkendali.

Metode penelitian kualitatif akan disusun dengan menggunakan cara menggambarkan data yang telah dihasilkan sebagaimana adanya dan akan disajikan dengan tabel dan grafik. Data yang dihasilkan dari eksperimen akan disajikan dengan tabel dan diolah menjadi grafik dan dilakukan perhitungan. Sehingga akan muncul sebuah perbandingan yang hasil akhir terhadap hasil persamaan yang dibuat dengan bantuan program Microsoft excel.

Metode Perancangan Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Analisa Data Penelitian

Data yang diperoleh dalam penelitian kemudian diolah dan dianalisa. Tahapan pengolahan dan analisa data adalah sebagai berikut, data yang didapatkan dari hasil melakukan pengujian akan digunakan untuk mengetahui nilai komposit yang sudah dibuat dan diuji kemudian data hasil eksperimen yang sudah dianalisa dibandingkan satu sama lain dengan data hasil eksperimen untuk menyimpulkan hasil penelitian. Teknik analisa data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif deskriptif.

Hasil disusun dengan cara menyajikan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya dan disajikan melalui tabel dan grafik. Data hasil eksperimen yang sudah didapatkan, selanjutnya diolah menjadi grafik dan dilakukan perhitungan secara teoritis sehingga muncul nilai perbandingan hasil akhirnya terhadap hasil persamaan yang dibuat dengan menggunakan bantuan program microsoft excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Pengujian dilakukan di Laboratorium Perlakuan Dan Pengujian Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang pada 23 Mei 2024. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan material spesimen dalam menyerap energi impact setelah dilakukan uji impact dengan variasi arah serat.

TABEL I
Hasil Uji Impact

No	Kode Material	E	HI
1.	0-1	1.7	0.04
2.	0-2	7.9	0.16
3.	0-3	4.1	0.08
4.	45-1	3.2	0.07
5.	45-2	0.8	0.02
6.	45-3	4.0	0.08
7.	90-1	4.7	0.10
8.	90-2	4.0	0.08
9.	90-3	2.1	0.04

Untuk memperoleh data kekuatan impact, terlebih dahulu dilakukan perhitungan masing-masing variasi arah serat menggunakan cara perhitungan. Untuk mendapatkan nilai energi serap spesimen (E) dengan satuan Joule dapat dihitung menggunakan rumus:

$$E = m.g.h1 - m.g.h2$$

Untuk mendapatkan harga impact (HI) dengan satuan J/mm^2 menggunakan rumus:

$$HI = E/A$$

Keterangan:

E = Energi serap spesimen

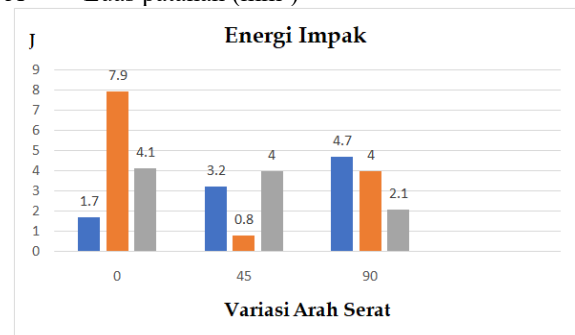
m = Massa Pendulum (Kg)

g = Gravitasi (m/s^2)

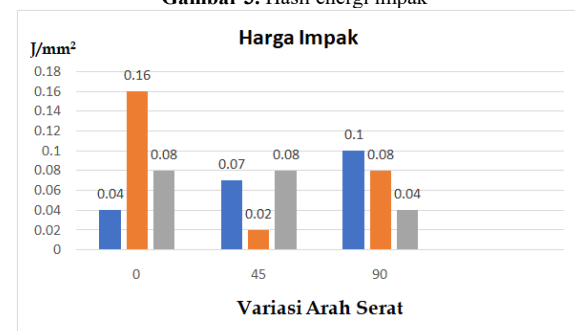
h1 = Jarak awal pendulum (m)

h2 = Jarak akhir pendulum (m)

A = Luas patahan (mm^2)



Gambar 3. Hasil energi impact



Gambar 4. Hasil harga impact

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 hasil pengujian impact yang diperoleh dari spesimen yang seratnya diberi variasi arah serat 0° , 45° dan 90° memperlihatkan bahwa terdapat perbedaan nilai kekuatan impact yang cukup signifikan antara

spesimen. Hasil pengujian uji impact spesimen komposit menggunakan variasi arah serat tebu menunjukkan perbedaan nilai antar spesimen.

Variasi arah serat mempengaruhi nilai kekuatan spesimen dari setiap uji yang dilakukan. Setelah dilakukan pengujian dari spesimen komposit menggunakan variasi arah serat, didapatkan data bahwa variasi arah serat 0° mempunyai nilai kekuatan tertinggi. Oleh karena itu penggunaan variasi arah serat 0° bisa diaplikasikan untuk digunakan dalam pembuatan bahan dasar cangkang helm. Nilai rata-rata kekuatan spesimen terbaik dari uji impact adalah 4.56 untuk energi impact (J) dan 0.093 untuk harga impact (J/mm^2). Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Mulyo & Yudiono, 2018) menuliskan sesuai Standar Nasional Indonesia (2007) menyatakan bahwa kekuatan impact helm SNI sebesar 0.3125 Joule dan $0.00972 J/mm^2$.

Mekanisme Kegagalan Uji Impact

Untuk mengamati mekanisme patahan pada setiap spesimen setelah dilakukan pengujian impact maka dilakukan pengamatan visual (makro).



Gambar 5. Patahan Impact



Gambar 6. Patahan Impact

Berdasarkan Gambar 5 dan 6 pola patahan pada spesimen uji impact menggunakan variasi arah serat menghasilkan patahan fiber pull out. Variasi arah serat memperlambat retak yang terjadi akibat beban impact sehingga kerusakan yang terjadi menyebabkan serat keluar dan putus. hal ini menandakan bahwa spesimen termasuk dalam patahan ulet. Sifat ulet tersebut ditandai dengan adanya pelepasan ikatan antara matrik dan serat yang diteruskan dengan adanya pemunculan ujung serat yang patah pada permukaan patah (fiber pull out). Ini menandakan bahwa beban terdistribusi sampai ke serat sehingga yang menyebabkan serat tertarik keluar. Sehingga membuat komposit menjadi semakin tangguh dalam menyerap beban.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang sudah dilakukan dari pengujian impact, maka

bisa dituliskan kesimpulan spesimen terbaik dari variasi arah serat 0° , 45° dan 90° dengan perbandingan resin dan katalis 10:1 menggunakan perbandingan serat 60% dan resin 40% serta melakukan perendaman serat dengan NaOH selama 2 jam didapatkan hasil setiap pengujian dihasilkan dari variasi arah serat 0° dengan menghasilkan nilai spesimen Nilai rata-rata kekuatan spesimen terbaik dari uji impact adalah 4.56 untuk energi impact (J) dan 0.093 untuk harga impact (J/mm^2).

REFERENSI

1. Maryanti, B., Sidabutar, S. N. S., & Suwandy. (2021). Pengaruh Waktu Perendaman Serat dalam Larutan Alkali terhadap Kekuatan Impact Komposit Serat Tebu. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy*, 1(2), 42–45. <https://doi.org/10.52158/jamere.v1i2.223>
2. Mulyo, B. T., & Yudiono, H. (2018). Analisis Kekuatan Impact Pada Komposit Serat Daun Nanas Untuk Bahan Dasar Pembuatan Helm SNI. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(2), 1–8.
3. Sabarudin, A., Respati, S. M. B., & Dzulfikar, M. (2019). Pengaruh Arah Serat Pada Serat Ampas Tebu Polymer Composites. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 15(2). <https://doi.org/10.36499/jim.v15i2.3082>
4. Sulaiman, M., & Rahmat, M. H. (2018). Kajian Potensi Pengembangan Material Komposit Polimer Dengan Serat Alam Untuk Produk Otomotif. *Sistem*, 4(1), 9–15.
5. Wijaya Dodi, Hidayat Syarif. (2022). Pengaruh Fraksi Volume Serat Pada Komposit Hibrid Serat Tebu Dan Serabut Kelapa Terhadap Kekuatan Tarik. Jurusan Teknik Mesin. Bandung : Politeknik Negeri Bandung.
6. Wahyudi, Yulianto Dody. (2021). Analisa Kekuatan Material Komposit Berpenguat Serat Kulit Tebu Dengan Matriks Resin Polyester Di Tinjau Dari Kekuatan Bending Dan Impact. Program Studi Teknik Mesin. Pekanbaru : Universitas Islam Riau.
7. Rahmanto Heru, Palupi Endah. (2019). Analisa Kekuatan Tarik Dan Impact Komposit Berpenguat Serat Kelapa Dan Tebu Dengan Perendaman Naoh Dan Menggunakan Resin Polyester. Jurusan Teknik Mesin. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
8. Wijayanto Okky, Bayuseno. (2014). Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 Pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian : Mikrografi Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 2, No. 1 : Universitas Diponegoro.

9. Harmi Prantasi. (2018). Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer. Buku Ajar : Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
10. Fithriatusshalihah Rizka. (2016). Pengaruh Penambahan Serat Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Terhadap Kekuatan Tekan Resin Komposit Nanofil. Publikasi Ilmiah : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
11. Henrique Gustavo Et Al. (2023). Bio-Polyethylene Composites Based On Sugar Cane And Curauá Fiber: An Experimental Study. *Polymers* 2023, 15, 1369.
12. Agunsoye, Aigbodion. (2013). Bagasse Filled Recycled Polyethylene Bio-Composites: Morphological And Mechanical Properties Study. 2211-3797 2013 The Authors. Published By Elsevier B.V.
13. Setyanto Hari. (2012). Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya. *Performa* Vol.11, No. 1. Universitas Sebelas Maret.
14. Muradin Et Al. (2019). Studi Sifat Mekanis Biokomposit Serat Ijuk dan Serat Sabut Kelapa Untuk Aplikasi Helm Kendaraan Roda Dua. *ETHALPY: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin* Vol. 4 (2). Universitas Halu Oleo.