

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN SILIKON KARBIDA TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA KOMPOSIT RESIN EPOXY BERPENGUAT SERAT SISAL (*AGAVE SISALANA*)

I Gede Primantara¹, Sibut²

Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Email: gedepriims11@gmail.com

Abstrak

Tumbuhan sisal di daerah Bali biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan perlengkapan ritual dan kerajinan. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui pengaruh variasi penambahan silikon karbida terhadap komposit serat sisal terhadap kekuatan Tarik dan kekuatan impact. Penelitian yang digunakan merupakan jenis penelitian eksperimental yang digunakan untuk mendapatkan hasil pengaruh variasi penambahan silikon karbida pada komposit resin epoxy yang diperkuat serat sisal. Pengujian dengan uji impact dan uji tarik dengan variasi terdiri dari spesimen 0, 5, 10, dan 15% campuran silikon karbida. nilai harga impact rata-rata dari pengujian impact pada fraksi volume 0% silikon karbida sebesar 0,0122 J/mm², Pada variasi campuran 5% silikon karbida sebesar 0,0155 J/mm², pada variasi campuran 10% silikon karbida sebesar 0,0173 J/mm², dan pada variasi 15% sebesar 0,0071 J/mm². pada pengujian tarik didapatkan rata-rata tegangan max pada variasi silikon 0% sebesar 4,634 MPa, variasi 5% sebesar 5,313 MPa, variasi 10% sebesar 6,385 MPa, dan variasi 15% sebesar 3,728 MPa. Pada variasi 10% silikon karbida menjadi nilai harga impact tertinggi, sedangkan 15% silikon karbida menjadi nilai yang terendah. untuk tegangan maksimal variasi yang memiliki nilai tertinggi yaitu pada variasi 10% silikon karbida dan yang terendah pada variasi 15% silikon karbida.

Kata Kunci: Sisal, Komposit, Uji Tarik, Uji Impact, Silikon Karbida

Paper type Research paper

PENDAHULUAN

Dalam industri jaman sekarang ini komposit merupakan bahan material yang banyak dipakai dikarenakan material komposit memiliki keunggulan dan dapat diperkuat dengan bahan-bahan lainnya. Seperti di daerah saya sendiri terdapat bidang industri yang menghasilkan maupun memakai produk yang memiliki masa pakai yang menurut saya sendiri kurang lama, sehingga disinilah dibutuhkan material komposit yang memiliki kekuatan dan ketahanan yang lebih lama untuk produk tersebut.

Tumbuhan sisal (*Agave sisalana*) lumayan banyak terdapat di daerah Bali dan biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan

perlengkapan ritual dan kerajinan, contohnya barang di Bali. Tanaman sisal (*Agave Sisalana*) tumbuh liar di daerah kering berbatuan seperti di Bali dan penduduk lokal menyebutnya tanaman bagu.

Silikon karbida (SiC) merupakan campuran silikon dengan karbon yang mempunyai ketahanan haus dan ketahanan panas yang tinggi. Silikon karbida merupakan material keramik non-oksida yang paling banyak diaplikasikan. Kekerasan serta ketahanan panas yang tinggi sehingga menjadi abrasif pada peralatan dan kertas gerinda.

Berdasarkan pemaparan di atas, untuk meningkatkan nilai ekonomis, penggunaan, dan

kualitas komposit serat sisal penulis akan melakukan penelitian yang berjudul “Analisa Pengaruh Penambahan Silikon Karbida Terhadap Sifat Mekanik Pada Komposit Resin Epoxy Berpenguat Serat Sisal (Agave Sisalana)”. Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan penggunaan serat sisal (Agave Sisalana) akan banyak digunakan dalam dunia industri, dan tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan silikon karbida terhadap komposit serat sisal terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impact.

KAJIAN PUSTAKA

Komposit

Komposit adalah suatu jenis bahan rekayasa baru yang terdiri dari dua atau lebih bahan, dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lain baik dari segi kimia maupun sifat fisiknya dan tetap terpisah dalam produk bahan akhir (komposit).

Penyusun Komposit

1. Matriks

Matriks adalah fasa senyawa yang memiliki fraksi atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks memiliki fungsi sebagai berikut:

- a) Mentransfer tegangan ke serat.
- b) Membentuk ikatan yang koheren, permukaan matriks/serat.
- c) Melindungi serat.
- d) Pemisahan serat.
- e) Terikat.
- f) Tetap stabil setelah diproduksi.

2. Reinforcement atau Filler atau Fiber

Salah satu bagian utama dari komposit adalah tulangan, yang berperan sebagai pembawa beban utama dari komposit..

Klasifikasi Komposit

komposit dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu berdasarkan klasifikasi bahan

matrik ke dalam kelompok komposit dan klasifikasi bahan penguat ke dalam kelompok komposit.

Matriks sebagai pengikat dan senyawa pelindung berperan penting dalam mentransfer tegangan, melindungi material dari pengaruh lingkungan dan melindungi permukaan material dari erosi. Matriks harus cocok dengan materi.

Penguatan dalam teknologi komposit didefinisikan sebagai bahan penguat utama yang memiliki sifat lebih baik dari bahan pengisi dan merupakan struktur/rangka tempat matriks dilekatkan.

Sisal

Serat alam merupakan bahan pengisi komposit alternatif untuk berbagai komposit polimer karena lebih unggul dari serat sintetis. Serat alami mudah diperoleh dengan biaya rendah, mudah diproses, kepadatan rendah, ramah lingkungan dan dapat terurai secara hayati. Penggunaan serat alam sebagai bahan pengisi komposit akhir-akhir ini telah digunakan di berbagai bidang, seperti industri otomotif dan konstruksi.

Resin Epoxy

Resin epoksi, atau polimer yang umumnya dikenal di pasaran sebagai bahan epoksi, merupakan polimer yang berasal dari kelompok plastik keras. Resin termoset adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat dengan polimerisasi ikatan silang dan secara kimiawi membentuk rantai polimer tiga dimensi. Sifat mekanik tergantung pada unit molekul yang membentuk jaringan padat dan panjang ikatan silang.

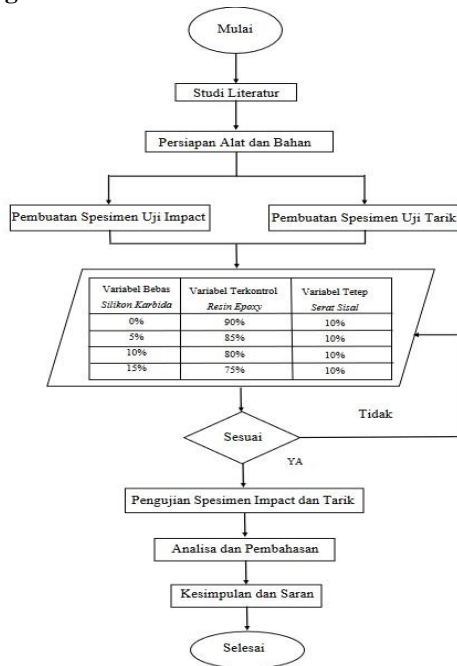
Silikon Karbida

SiC adalah bahan yang paling abrasif setelah berlian karena struktur kristalnya yang seperti berlian mengandung atom Si dan C yang terikat secara kovalen. Patahannya sangat tajam, yang membuat silikon karbida menjadi bahan yang sangat abrasif. Silikon karbida juga digunakan untuk memperkuat serat material komposit matriks logam (MMC) dan komposit matriks keramik (CMC). Piston terbuat dari paduan aluminium die-cast yang diperkuat dengan silikon karbida partikulat. Selain itu, silikon karbida juga tersedia dalam bentuk serat tenun

untuk CMC dengan matriks Al₂O₃ untuk aplikasi suhu tinggi.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian eksperimen, dimana penelitian eksperimen yang relevan adalah kegiatan mengumpulkan dan menganalisis informasi yang ditemukan, yang tujuannya adalah untuk memecahkan masalah variabel bebas dan variabel terikat serta sebab akibat. hubungan dalam studi ini. Studi eksperimental ini digunakan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan silikon karbida pada komposit resin epoksi berpenguat serat sisal dan menganalisis hasil yang diperoleh. Setiap varian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 benda uji impact dan 3 benda uji tarik.

Persiapan Penelitian

Sebelum melakukan tes Siapkan alat dan bahan terlebih dahulu siapkan sampel atau benda uji. Proses persiapan ini menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses produksi untuk

menyelesaikan dan mengukur bahan yang akan digunakan.

Proses Perlakuan Serat Sisal

serat yang dilakukan perlakuan alkali akan membuat permukaan serat yang hasilnya dapat menaikkan kompatibilitas antara serat sisal dan matrik. Dikarenakan ada penelitian terdahulu jadi saya melakukan perlakuan alkali tersebut.

Pengujian Impact

Pengujian impact dilakukan di laboratorium. Pengujian spesimen impact sebanyak 12 spesimen diantaranya terdiri dari 3 spesimen 0% campuran silikon karbida, 3 spesimen 5% campuran silikon karbida, 3 spesimen dari campuran 10% silikon karbida, dan 3 spesimen dari campuran 15% silikon karbida.

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan di laboratorium. Pengujian spesimen tarik sebanyak 12 spesimen diantaranya terdiri dari 3 spesimen 0% campuran silikon karbida, 3 spesimen 5% campuran silikon karbida, 3 spesimen dari campuran 10% silikon karbida, dan 3 spesimen dari campuran 15% silikon karbida.

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

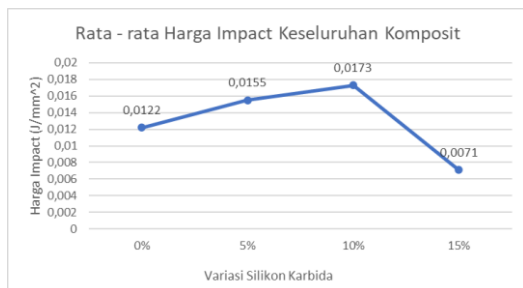
Dalam penelitian ini menggunakan dua pengujian yaitu pengujian impact dan pengujian tarik. Data yang didapat dari pengujian, diolah terlebih dahulu sehingga hasil pengujian dapat ditampilkan dalam bentuk table dan grafik.

Data Hasil Pengujian impact

TABEL DATA PENGUJIAN UJI IMPACT

A. Spesimen dengan presentase penguat silikon karbida 0%									
Spesimen	P (mm)	L (mm)	T (mm)	H (mm)	A (mm ²)	α (°)	β (°)	Energi Impact (J)	Harga Impact (J/mm ²)
1	127	10	12,7	10,16	101,6	40	38	1,082	0,0106
2	127	10	12,7	10,16	101,6	40	38	1,082	0,0106
3	127	10	12,7	10,16	101,6	40	37	1,575	0,0155
Rata – rata									0,0122
B. Spesimen dengan presentase penguat silikon karbida 5%									
Spesimen	P (mm)	L (mm)	T (mm)	H (mm)	A (mm ²)	α (°)	β (°)	Energi Impact (J)	Harga Impact (J/mm ²)
1	127	10	12,7	10,16	101,6	40	37	1,575	0,0155
2	127	10	12,7	10,16	101,6	40	37	1,575	0,0155
3	127	10	12,7	10,16	101,6	40	37	1,575	0,0155
Rata – rata									0,0155
C. Spesimen dengan presentase penguat silikon karbida 10%									
Spesimen	P (mm)	L (mm)	T (mm)	H (mm)	A (mm ²)	α (°)	β (°)	Energi Impact (J)	Harga Impact (J/mm ²)
1	127	10	12,7	10,16	101,6	40	36	2,116	0,0208
2	127	10	12,7	10,16	101,6	40	37	1,575	0,0155
3	127	10	12,7	10,16	101,6	40	37	1,575	0,0155
Rata – rata									0,0173
D. Spesimen dengan presentase penguat silikon karbida 15%									
Spesimen	P (mm)	L (mm)	T (mm)	H (mm)	A (mm ²)	α (°)	β (°)	Energi Impact (J)	Harga Impact (J/mm ²)
1	127	10	12,7	10,16	101,6	40	39	0,541	0,0053
2	127	10	12,7	10,16	101,6	40	38	1,082	0,0106
3	127	10	12,7	10,16	101,6	40	39	0,541	0,0053
Rata – rata									0,0071

Dari hasil pengujian impact yang dilakukan pada material komposit yang terdiri dari serat sisal, silikon karbida dengan matriks resin epoxy dengan variasi silikon karbida sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. nilai harga impact rata-rata dari pengujian impact pada fraksi volume 0% silikon karbida sebesar 0,0122 J/mm². Pada variasi campuran 5% silikon karbida dapat dilihat rata-rata nilai harga impact mengalami kenaikan dengan nilai harga impact sebesar 0,0155 J/mm². variasi campuran 10% silikon karbida memiliki rata-rata nilai harga impact sebesar 0,0173 J/mm² dimana harga impact mengalami penurunan. Dan dapat dilihat bahwa penambahan silikon karbida 15% pada material komposit tersebut mengalami penurunan nilai harga impact dengan nilai harga impact rata-rata sebesar 0,0071 J/mm².



Gambar 4.1 Grafik Nilai Rata – rata Harga Impact

Dari hasil pengujian impact pada material komposit serat sisal, silikon karbida dengan matriks resin epoxy dengan variasi campuran silikon karbida 0%, 5%, 10%, dan 15%,

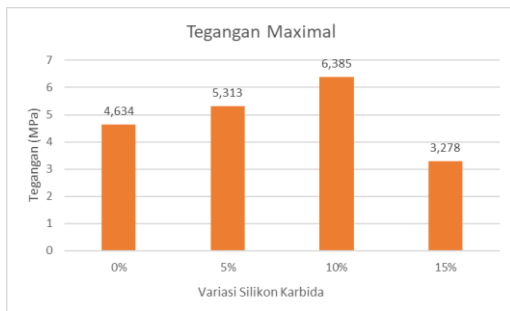
didapatkan rata-rata harga impact tertinggi pada presentase campuran silikon karbida sebanyak 10% dengan hasil 0,0173 J/mm². Didalam gambar 4.1 dapat dilihat bahwa pada variasi silikon karbida 10% memiliki nilai harga impact tertinggi sedangkan variasi 15% memiliki nilai harga impact dibawah variasi yang tidak mengandung silikon karbida, yang dimana variasi 0% silikon karbida memiliki nilai harga impact rata-rata sebesar 0,0122 J/mm² dimana nilai harga impact tersebut berada dibawah variasi 10% dan berada diatas nilai harga impact variasi 15%, hal ini disebabkan karena jumlah presentase silikon karbida yang dipakai sangat banyak, penurunan nilai impact pada variasi 15% silikon karbida pada matriks disebabkan sifat silikon karbida yang keras sehingga ketika digabung dengan epoxy dan dituangkan ke serat sisal yang disusun lurus akan menjadi komposit dengan sifat mekanik yang lebih keras namun mudah patah (Anwar, 2022). Sedangkan pada variasi 10% silikon karbida memiliki nilai harga impact tertinggi disebabkan karena campuran pada komposit memiliki variasi yang pas sehingga sifat mekanik silikon karbida yang tinggi dan sifat resin epoxy yang mekaniknya tinggi tercampur dengan pas sehingga memiliki nilai harga impact yang tinggi.

Data Hasil Pengujian Tarik

TABEL DATA PENGUJIAN UJI TARIK

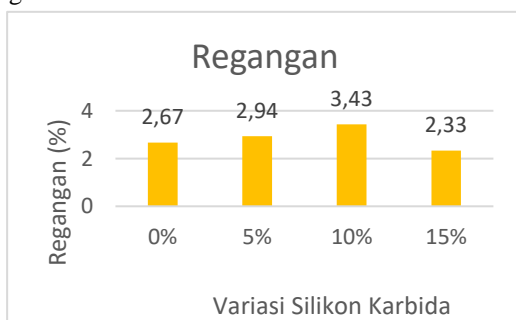
No	Variasi Fraksi Volume	Spesimen	Area (mm ²)	Modulus Elastisitas (MPa)	Beban Max (Kgf)	Tegangan Max (MPa)	Regangan (%)
SPESIMEN KOMPOSIT DENGAN 10% SERAT SISAL							
1	0% Silikon Karbida	1	190	1.759	879,2	4,627	2,63
2	0% Silikon Karbida	2	190	1.718	881,8	4,641	2,70
3	0% Silikon Karbida	3	190	1.736	880,6	4,634	2,67
Rata – rata				1.738	880,5	4,634	2,67
1	5% Silikon Karbida	1	190	1.813	1009,4	5,313	2,93
2	5% Silikon Karbida	2	190	1.795	1009,8	5,314	2,96
3	5% Silikon Karbida	3	190	1.819	1009,3	5,312	2,92
Rata – rata				1.809	1009,5	5,313	2,94
1	10% Silikon Karbida	1	190	1.789	1213,7	6,388	3,57
2	10% Silikon Karbida	2	190	1.837	1214,6	6,392	3,30
3	10% Silikon Karbida	3	190	1.859	1211,4	6,376	3,43
Rata – rata				1.862	1213,2	6,385	3,43
1	15% Silikon Karbida	1	190	1.402	623,4	3,281	2,34
2	15% Silikon Karbida	2	190	1.432	620,8	3,267	2,28
3	15% Silikon Karbida	3	190	1.380	624,2	3,285	2,38
Rata – rata				1.405	622,8	3,278	2,33

Terdapat 4 variasi yang akan diuji yaitu variasi silikon karbida sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15%. Yang masing-masing variasi diuji dilakukan 3 kali penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan data yang akurat.



Gambar 4.2 Grafik Nilai Rata – rata Tegangan Max

Pada gambar 4.2 dengan variasi silikon karbida 0%, 5%, 10%, dan 15%, didapatkan rata-rata tegangan max tertinggi pada presentase campuran silikon karbida sebanyak 10% dengan hasil 6,385 MPa. Pada variasi 0% silikon karbida didapatkan nilai tegangan max sebesar 4,634 MPa, sedangkan pada penambahan 5% silikon karbida mengalami kenaikan nilai tegangan max, dimana didapatkan rata-rata sebesar 5,313 MPa. Pada variasi 15% silikon karbida mengalami penurunan nilai rata-rata tegangan max sebesar 3,278 MPa. Ketika penambahan silikon karbida ditingkatkan ke 15% maka nilai kuat tarik yang diperoleh mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena sifat dari silikon karbida yang keras dan getas ditambah dengan sifat dari resin epoxy yang keras, sehingga menjadi sangat getas.



Gambar 4.3 Grafik Nilai Rata – rata regangan

Berdasarkan gambar 4.3 dapat dijelaskan bahwa rata-rata dari masing-masing variasi silikon karbida yang digunakan, mempunyai nilai rata-rata tegangan yang berbeda. Pada variasi 0% silikon karbida memiliki nilai rata-rata regangan sebesar 2,67%, sedangkan pada variasi 5% silikon karbida mengalami kenaikan nilai regangan sebesar 2,94%. Untuk variasi 10% silikon karbida mengalami kenaikan nilai

tegangan dan menjadi nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 3,43%. Pada variasi 15% silikon karbida mengalami penurunan nilai regangan dengan nilai rata-rata regangan sebesar 2,33%. Berdasarkan data diatas didapatkan bahwa variasi 10% silikon karbida memiliki regangan yang paling baik, dan modulus elastisitas yang paling tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang penulis dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada 0% silikon karbida memiliki harga impact sebesar 0,0122 J/mm², kandungan silikon karbida 5% mengalami kenaikan harga impact sebesar 0,0155 J/mm². Pada variasi 10% silikon karbida menjadi nilai harga impact tertinggi sebesar 0,0173 J/mm², Kenaikan harga impact tersebut disebabkan adanya beberapa senyawa yang ada didalam silikon karbida mengikat dengan baik. Penambahan silikon karbida 15% dapat menyebabkan harga impact komposit semakin menurun dengan harga impact variasi silikon karbida 15% sebesar 0,0071 J/mm². Hal ini disebabkan karena silikon karbida memiliki sifat yang keras namun mudah patah.
2. Hasil dari empat variasi silikon karbida yang memiliki nilai tegangan maximal tertinggi yaitu pada variasi 10% silikon karbida dengan nilai tegangan maximal sebesar 6,385 MPa. Pada variasi 15% silikon karbida mengalami penurunan nilai tegangan maximal dan menjadi yang terendah dengan nilai sebesar 3,278 MPa, penambahan silikon karbida terlalu banyak dapat menyebabkan kekuatan tarik menurun. Hal ini disebabkan karena silikon karbida dan resin epoxy memiliki sifat yang keras namun mudah patah.
3. Pada keempat variasi silikon karbida yang digunakan, variasi yang memiliki nilai regangan tertinggi adalah variasi 10% silikon karbida dengan nilai sebesar 3,43%, dan variasi 15% silikon karbida memiliki nilai regangan terendah dengan nilai sebesar 2,33%

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdillah, F. (2014). Studi Pengaruh Tekanan dan Komposisi Campuran pada Prototipe Piston Komposit dengan Penguat Silikon Karbida (SiC) Menggunakan Metode Squeeze Casting. *Prosiding SNATIF*, 197-204.
- [2] Anggono, J., Kurniawan, E. B., Sulistarihani, N., & Perindustrian, B. B. K. B. D. (2009). Reduksi Ukuran Serbuk Kayu Meranti Dan Serbuk Silikon Untuk Pembuatan Silikon Karbida (SiC) Temperatur < 1500 o C. Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- [3] Anggono, J., Tjitro, S., & Wijaya, E. (2007). Pembuatan Keramik Silikon Karbida Menggunakan Campuran Serbuk Kayu Meranti dan Silikon. In *Seminar Nasional Teknik Mesin ke-2* (pp. 14-15).
- [4] Anwar, A. S. (2022). Analisis sifat mekanik komposit rami epoxy dengan penambahan Silikon karbida (SiC) sebagai bahan plate rompi anti peluru (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- [5] Anwar, A. S. (2022). *Analisis sifat mekanik komposit rami epoxy dengan penambahan Silikon karbida (SiC) sebagai bahan plate rompi anti peluru* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- [6] Astm-D6110-10. (2008). Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics. *Astm*, i, 17.
- [7] Astuti, S., Rastini, F., & Praswanto, D. H. (2019). BLOK KOMPOSIT BUBUR KORAN SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKU PEMBUATAN AKSESORIS KERAJINAN PENGGANTI KERAMIK.
- [8] Azissyukron, M., & Hidayat, S. (2018, October). Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 9, pp. 216-220).
- [9] Daniel, R., & Muslimin, M. (2019, October). Desain Mekanisme Penggerak Compression Molding untuk Biokomposit. In *Seminar Nasional Teknik Mesin* (Vol. 9, No. 1, pp. 717-726).
- [10] Diharjo, K. (2006). Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami-polyester. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), 8-13.
- [11] Fitrayuda, A., Fajrin, J., & Anshari, B. (2020). Analisis sifat mekanis komposit polyester sisal menggunakan metode ANOVA. *Bina Ilmiah*, 14(7), 2817-2824.
- [12] Jatmiko, A., & Handayani, I. P. (2017). Alat Wet Lay Up Terkontrol Sederhana Dan Analisis Pengaruh Proses Lay Up Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit. *eProceedings of Engineering*, 4(1).
- [13] Jones, R.M., 1999, *Mechanics of Composite Material*, Virginia : Taylor & Francis
- [14] Khururoh, I. H. (2019). *Pengaruh Fraksi Volume Bahan Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Sisal Untuk Aplikasi Lambung Kapal* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- [15] Kusumastuti, A. (2009). Aplikasi serat sisal sebagai komposit polimer. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 1(1).
- [16] Nayiroh, N. (2013). Teknologi material komposit. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malang.
- [17] Pramudiana, I. (2020). ANALISA UJI IMPAK KOMPOSIT MATRIKS EPOXY-KARET 30%, 40%, 50% PENGUAT SERAT KARBON, RAMI, DAN KENAF SEBAGAI BODY ARMOR (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).
- [18] Rodiawan, R., Suhdi, S., & Rosa, F. (2017). Analisa Sifat-Sifat Serat Alam Sebagai Penguat Komposit Ditinjau Dari Kekuatan Mekanik. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1).
- [19] Rukini, A. (2019). Analisis Kelayakan Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Gypsum Berpenguat Serat Alam Sisal Sumbawa sebagai Papan Plafon.
- [20] Saputra, A. D., Triono, A., & Sholahuddin, I. (2017). ORIENTASI SUDUT LILITAN BENANG KATUN TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA PIPA KOMPOSIT FILAMENT WINDING. *ROTOR*, 10(1), 1-6.
- [21] Setyanto, R. H. (2012). Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 11(1).
- [22] Siregar, R. A., & Rangkuti, A. R. (2018). Pembuatan Cetakan Kotak Sabun Pada Mesin Injection Molding Plastik. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 1(1), 57-63.
- [23] Siregar, S. M. (2009). Pemanfaatan kulit kerang dan resin epoksi terhadap karakteristik beton polimer. Medan: Tesis USU.
- [24] Suardana, N. P. G., Astika, I. M., & Gusmanto, I. D. (2013). Sifat tarik komposit unsaturated polyester serat sisal local. *Prosiding Konferensi Nasional Engineering IV, Universitas Udayana Bali*, 549-554.
- [25] Sukma, H., Prasetyani, R., Rahmalina, D., & Imanuddin, R. (2015). Peran penguat partikel alumina dan silikon karbida terhadap kekerasan material komposit matriks aluminium. *Prosiding Semnastek*.
- [26] Sunardi, S., Fawaid, M., & Noor, M. F. R. (2015). Variasi campuran fly ash batubara untuk material komposit. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 2(1).
- [27] Surata, I. W., Lokantara, I. P., & Arimbawa, A. P. (2016). Studi sifat mekanis komposit epoxy berpenguat serat sisal orientasi acak yang dicetak dengan teknik hand-lay up. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 9(2).
- [28] Utomo, S. W. E. (2020). ANALISIS PENGARUH TEKanan VACUUM PADA PROSES PEMBUATAN KOMPOSIT CARBON FIBER MENGGUNAKAN METODE VACUUM INFUSION. *Machine: Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 6-11.

- [29] Widodo, B., & Subardi, A. (2019). Pengujian Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Matrix Composite (Amc) Berpenguat Partikel Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (AL₂O₃). *Prosiding SENATI*, 295-303.
- [30] Zamheri, A. (2011). Pengaruh waktu stirring, fraksi volume dan ukuran besar butir partikel sic terhadap kekerasan mmc al 6061–sic dengan sistem stirrcasting. *AUSTENIT*, 3(02).
- [31] Zulkifli, Z., Dharmawan, I. B., & Anhar, W. (2020). Analisa pengaruh perlakuan kimia pada serat terhadap kekuatan impak charpy komposit serat sabut kelapa bermatriks epoxy. *Jurnal Polimesin*, 18(1), 47-52.