

Analisa Kekuatan Komposit *Woven Roving Mat* Dengan Resin, Kalsium, Aerosil Melalui Pengujian Tarik, Impact, Dan Struktur Makro

M. Amin Prasetyo^{1,*}, I Komang Astana Widi¹, Rosadila Febritasari¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Insititut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Komposit
Woven Roving Mat
Laminasi
Aerosil

ABSTRAK

Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yang tidak seragam. Setiap komponen memiliki sifat mekanik yang berbeda sesuai dengan fungsi dan kebutuhannya. Serat *Woven Roving Mat (fiberglass)* adalah salah satu jenis serat sintetis yang berguna sebagai penguat dalam komposit. Keunggulan serat *fiberglass* meliputi ketahanan terhadap korosi, kemampuan penyesuaian sesuai kebutuhan, serta kekuatan yang lebih tinggi dan berat yang lebih ringan dari pada logam. Dengan demikian, penggunaan *woven roving mat (fiberglass)* dapat menjadi alternatif untuk polimer yang biasanya digunakan sebagai penguat serat sintetis. Apabila proses pembentukan atau penggabungan bahan- bahan tersebut dilakukan dengan benar, laminasi *fiberglass* sebagai bagian dari komposit akan memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi, serta ketahanan yang baik terhadap pengaruh air dan kelelahan. Dalam penelitian ini, metode *hand lay up* digunakan dengan berbagai variasi laminasi 3, 5, dan 7 lapisan untuk menciptakan komposit menggunakan serat *fiberglass* sebagai penguat. Komposit yang terbentuk mengandung matriks resin, kalsium, dan aerosil, bertujuan untuk meningkatkan kekerasan, keuletan, serta mengatasi deformasi termal. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan tarik, ketahanan terhadap impact, dan struktur makro komposit. Hasil uji menunjukkan bahwa laminasi 7 lapisan menghasilkan komposit dengan kekuatan tarik tertinggi, mencapai 20,81 kgf/mm² dengan beban maksimal 682,73 kgf. Sedangkan laminasi 3 lapisan menunjukkan kekuatan tarik terendah, yaitu 8,006 kgf/mm² dengan beban maksimal 266,53 kgf. Komposit dengan laminasi 7 lapisan juga menunjukkan ketahanan terhadap impact yang lebih tinggi, dengan nilai impact sebesar 0,0176 Joule/mm dan energi yang diserap sebesar 1,7613 Joule. Patahan pada spesimen dengan laminasi 7 lapisan menunjukkan sifat patahan yang ulet, ditandai dengan permukaan patahan yang kasar dan peningkatan kristal.

Muhammad Amin Prasetyo (email: aminwales96@gmail.com)

Diterima: 14 Juni 2024

Disetujui: 22 September 2024

Dipublikasikan: 31 Oktober 2024

1 Pendahuluan

Pertumbuhan teknologi dan industri global, termasuk dalam ilmu material, sedang berlangsung dengan cepat saat ini. Industri otomotif, sebagai salah satu sektor yang mengalami pertumbuhan paling cepat, ikut dalam arus ini. Seiring dengan peningkatan populasi, penggunaan transportasi juga meningkat, yang pada gilirannya

meningkatkan konsumsi bahan bakar fosil. Oleh karena itu, industri otomotif melakukan inovasi dengan mengembangkan kendaraan yang lebih efisien dalam penggunaan bahan bakar, dengan strategi mengurangi berat kendaraan tanpa mengorbankan kekuatan komponen [1]

Material komposit telah digunakan dalam berbagai produk otomotif, terutama dalam pembuatan bodi mobil, karena kombinasi kekuatan dan ringannya. Penerapan material komposit juga terlihat dalam pembuatan rangka sepeda, di mana setiap jenis material memiliki keunggulan dan kelemahan yang unik, karena properti material yang berbeda-beda, yang akan berdampak pada kekuatan keseluruhan sepeda [2]

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kekuatan komposit dari serat *fiberglass* melalui metode pengujian tarik, kekuatan impact, dan analisis struktur makro. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up* yang dianggap sebagai pendekatan yang mudah dan sederhana karena keberadaan alat yang mudah ditemukan. Fokus penelitian ini adalah variasi susunan laminasi serat *fiberglass* dalam komposit, dengan mengatur laminasi pada 3, 5, dan 7 lapisan. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental. Hanya aspek kekuatan mekanis yang diperkuat oleh serat *fiberglass* dan resin *polyester* yang dibahas dalam penelitian ini, yang dicampur dengan aerosil dan kalsium karbonat. Harapannya, penelitian ini akan memberikan kontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang ilmu material dan komposit, serta dapat digunakan sebagai referensi bagi industri. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kekuatan komposit meningkat seiring dengan peningkatan jumlah susunan serat [3]

2 Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium pengelasan Institut Nasional Malang, yang dimulai pada tanggal 26 September 2023, pengujian kekuatan Tarik, Impact, Struktur Makro dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Serat *Woven Roving Mat*, resin *polyester*, kalsium karbonat, aerosil. Untuk alat yang digunakan diantaranya cetakan, gelas ukur, timbangan digital, mistar, jangka sorong palu/martil, gunting, kamera digital, kertas gosok, gerinda potong.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini penulis menerapkan metode kuantitatif, yang merupakan pendekatan penelitian yang terstruktur dan bertujuan untuk menguji hipotesis yang sudah dirumuskan. Hipotesis dalam penelitian ini adalah pengaruh jumlah laminasi (3, 5, dan 7) komposit serat woven roving mat dengan matriks resin polyester, kalsium karbonat, dan aerosil terhadap kekuatan Tarik, impact, dan struktur makro.

Prosedur penelitian ini yaitu dengan proses pengumpulan referensi terkait topik melibatkan pencarian berbagai sumber di perpustakaan Institut Teknologi Nasional Malang, perpustakaan online, dan buku yang berkaitan dengan material komposit. Langkah ini dianggap wajib karena berperan sebagai dasar pijakan untuk memperoleh dan membangun landasan teoritis, serta membentuk asumsi awal. Hal ini penting agar dapat mengklasifikasikan, mengorganisasi, dan menggunakan literatur-literatur yang relevan dalam bidangnya.

3 Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini fokus pada analisis kekuatan komposit woven roving yang menggunakan matriks resin polyester, kalsium, dan aerosil, dengan variasi jumlah laminasi yang berbeda. Jumlah laminasi woven roving yang digunakan adalah 3 lapisan, 5 lapisan, dan 7 lapisan, dengan menggunakan metode *hand lay-up*. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi Kekuatan Tarik, Kekuatan Impact, dan Struktur Makro. Data yang terkumpul dari pengujian tersebut kemudian dianalisis untuk mencapai hasil yang optimal.



(a) 3 Layer



(b) 5 Layer

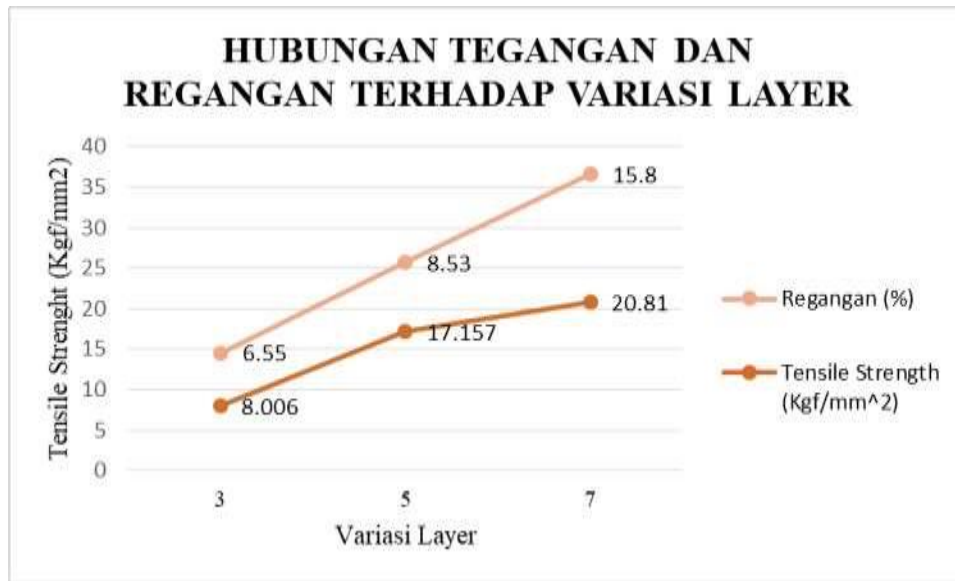


(c) 7 Layer

Gambar 1. Spesimen Uji Tarik

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Variasi Layer	Sampel	Area (mm ²)	Max Force (Kgf)	Tensile Stres (Kgf/mm ²)	Regangan (%)
3 Layer	1	190	143.8	6.913	6.35
	2	190	156.2	7.509	6.54
	3	190	199.6	9.596	6.75
	Rata-rata		266.53	8.006	6.55
5 Layer	1	190	455.3	17.081	7.26
	2	190	475.8	17.105	8.74
	3	190	489.5	17.283	9.61
	Rata-rata		473.53	17.157	8.53
7 Layer	1	190	605.8	20.317	13.52
	2	190	706.6	20.355	13.47
	3	190	735.8	20.759	14.43
	Rata-rata		682.73	20.810	15.80



Gambar 2. Grafik Regangan Terhadap Variasi Layer Komposit

Berdasarkan hasil analisis dari uji tarik material komposit woven roving mat dengan matriks resin, kalsium, dan aerosil dengan variasi layer 3, 5, dan 7 menghasilkan grafik perbandingan rata-rata tensile strength seperti pada grafik diatas. Nilai rata-rata kekuatan tarik komposit woven roving mat dengan matriks resin, kalsium dan aerosil mengalami peningkatan signifikan pada semua variasi. Rata-rata peningkatan kekuatan tarik sebesar 9,1% dengan nilai kekuatan tarik 8,006 kgf/mm² dengan regangan 6,55 menggunakan variasi 3 layer. Lalu pada variasi 5 layer sebesar 12% dengan nilai kekuatan tarik 17,157 kgf/mm² dan regangan sebesar 8,53 %. Sedangkan peningkatan kekuatan tarik tertinggi pada variasi 7 layer dengan kekuatan tarik sebesar 20,81 kgf/mm² dan regangan sebesar 15,8 %.

Pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan tiga kali percobaan pada setiap variasi komposit, yaitu 3 layer, 5 layer, dan 7 layer. Data dari tabel 1. menunjukkan bahwa penambahan jumlah laminasi sangat memengaruhi kekuatan tarik. Semakin banyak lapisan serat, kekuatan tarik komposit juga semakin meningkat. Hasil tes menunjukkan bahwa komposit serat woven roving mat dengan matriks resin, kalsium, dan aerosil mencapai kekuatan tarik tertinggi pada variasi 7 layer, sementara nilai terendah terjadi pada variasi 3 layer. Hal ini menegaskan bahwa penggunaan woven roving mat sebagai penguat, bersama dengan matriks resin, kalsium, dan aerosil, dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit.

Pada pengujian tarik, terjadi patahan pada spesimen. Ini disebabkan oleh adanya rongga udara (void) yang terperangkap selama proses pencampuran atau karena kurangnya distribusi merata selama proses pembentukan, termasuk saat pencetakan dan persiapan spesimen. Keberadaan void juga dapat mempengaruhi ikatan antara serat woven roving mat dan matriks resin, kalsium, dan aerosil. Ketidakefektifan bentuk serat atau celah dalam serat dapat mengakibatkan matriks tidak mampu mengisi ruang kosong dalam cetakan komposit, sehingga tegangan terfokus pada void dan mengurangi kekuatan tarik komposit.

Penelitian sebelumnya [4] menyatakan bahwa jumlah laminasi serat memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik, karena jumlah laminasi serat dengan matriks dapat menahan lebih banyak beban tarik. Penelitian ini konsisten dengan temuan sebelumnya, di mana variasi dengan 7 layer memiliki kekuatan tarik tertinggi, sementara variasi 3 layer memiliki kekuatan tarik terendah.



(a) 3 Layer



(b) 5 Layer

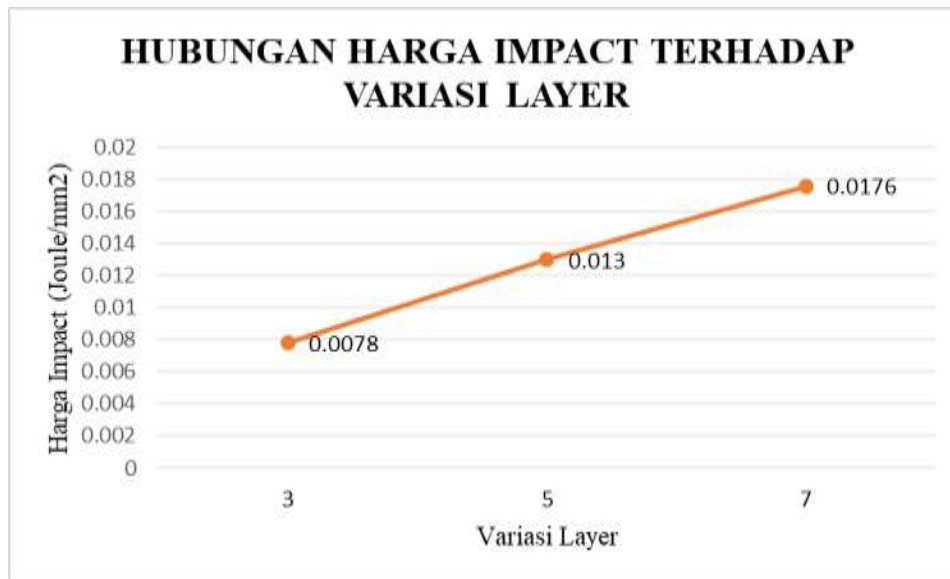


(c) 7 Layer

Gambar 3. Spesimen Uji Kekuatan Impact

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kekuatan Impact

Variasi Layer	Sampel	Luas Penampang Takik (mm ²)	α (°)	β (°)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm)
3 Layer	1	100	45	41.5	1.0263	0.0112
	2	100	45	42	0.8838	0.0088
	3	100	45	43.5	0.4480	0.0044
		Rata-rata			0.7861	0.0078
5 Layer	1	100	45	40	1.4454	0.0144
	2	100	45	41	1.1674	0.0130
	3	100	45	40/5	1.3071	0.0131
		Rata-rata			1.3066	0.0130
7 Layer	1	100	45	39	1.7177	0.0717
	2	100	45	39.5	1.5822	0.0158
	3	100	45	38	1.9841	0.01984
		Rata-rata			1.7613	0.0176



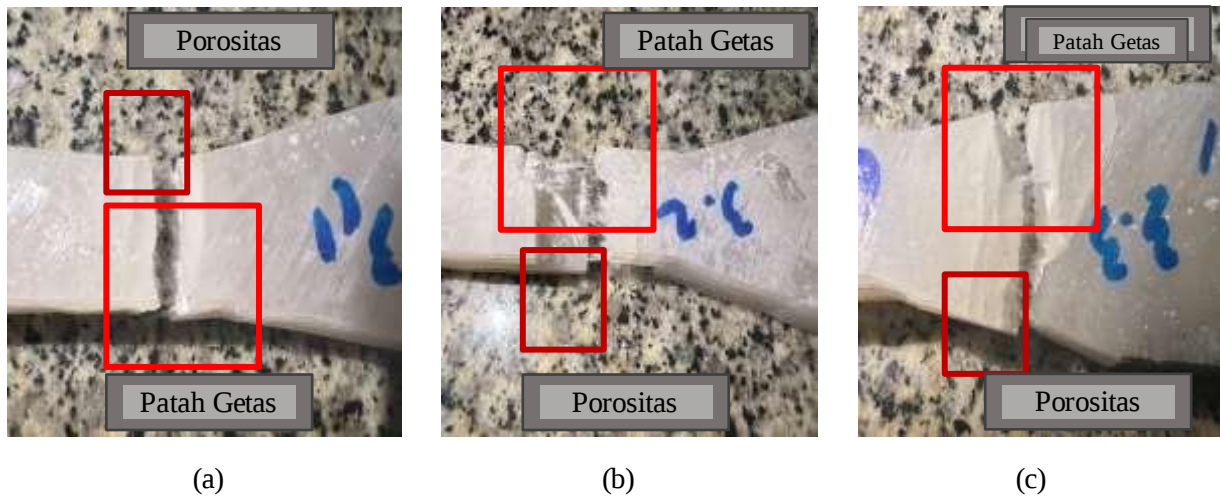
Gambar 4. Grafik Hubungan Harga Impact Terhadap Variasi Layer Komposit

Berdasarkan hasil analisis dari uji impact, material komposit woven roving mat dengan matriks resin, kalsium, dan aerosil dalam variasi layer 3, 5, dan 7 menunjukkan grafik perbandingan rata-rata harga impact seperti yang terlihat pada grafik di atas. Nilai rata-rata harga impact komposit tersebut mengalami peningkatan yang signifikan pada semua variasi. Terjadi peningkatan rata-rata kekuatan tarik sebesar 0,052% dengan nilai harga impact mencapai 0,0076 Joule/mm menggunakan variasi 3 layer. Pada variasi 5 layer, peningkatan mencapai 0,064% dengan nilai harga impact sebesar 0,013 Joule/mm. Sedangkan peningkatan harga impact tertinggi terjadi pada variasi 7 layer dengan nilai sebesar 0,0176 kgf/mm.

Data dari tabel 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian impact pada komposit woven roving mat dengan matriks resin, kalsium, dan aerosil menunjukkan peningkatan nilai energi yang diserap dan harga impact seiring dengan penambahan jumlah lapisan, yakni 3 layer, 5 layer, dan 7 layer. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak lapisan woven roving mat, semakin tinggi nilai energi yang diserap untuk mematahkan benda uji.

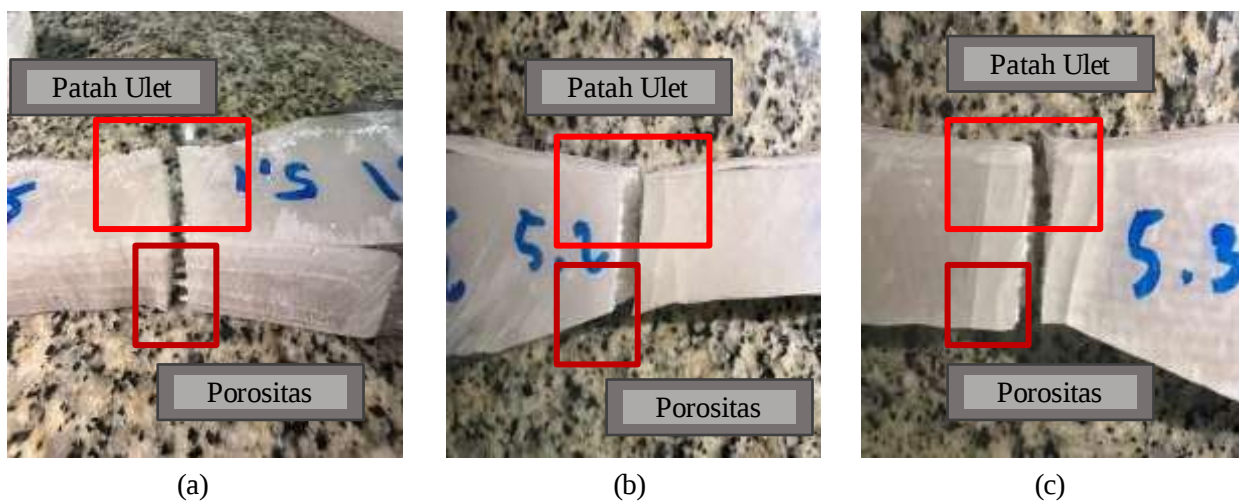
Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [5] dalam penelitiannya bahwa semakin banyak lapisan serat maka akan meningkatkan kekuatan impact komposit tersebut, dikarenakan semakin banyak serat yang tersusun maka beban yang tersalurkan akan secara luas. Bisa disimpulkan pada penelitian ini berbanding lurus dengan penelitian sebelumnya dikarenakan komposit serat woven roving mat dengan matriks resin, kalsium, dan aerosil mendapatkan kekuatan impact tertinggi dengan susunan 7 layer dan terendah pada susunan 3 layer.

Dari variasi 3 layer, 5 layer, dan 7 layer pengujian struktur makro maka disimpulkan bahwa terdapat perubahan patahan yang disebabkan porositas atau (void) pada specimen uji. Perbedaan patahan ini menyebabkan kekuatan Tarik dan harga impact akan mengalami kenaikan.



Gambar 5. Spesimen Hasil Uji Struktur Makro 3 Layer

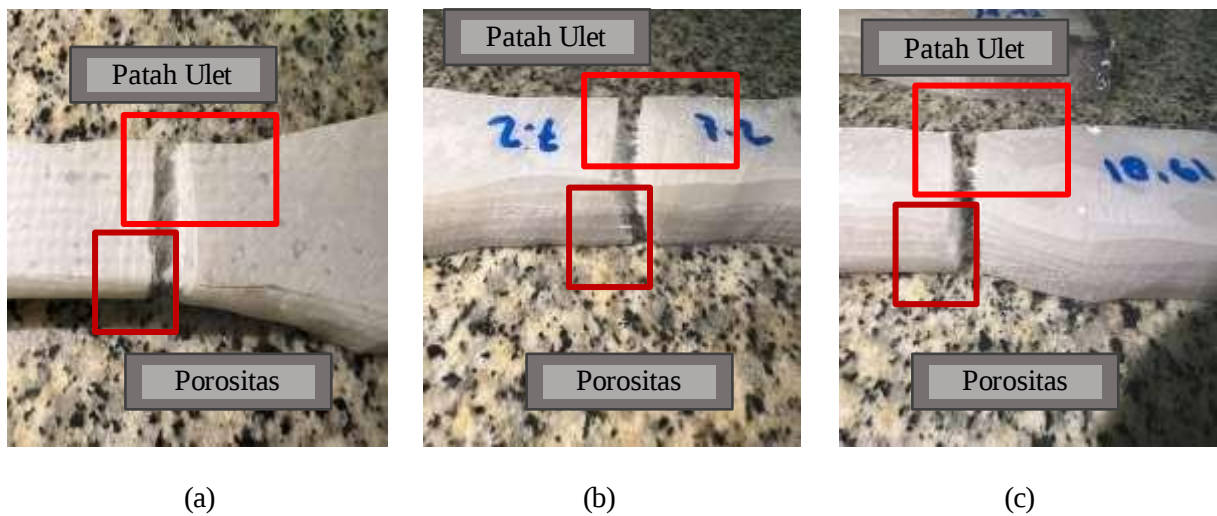
Pada variasi komposit serat woven rofing mat dengan laminasi 3 layer setelah dilakukan uji Tarik dapat kita amati dimana specimen dengan 3 layer ini mengalami patahan saat uji Tarik, dapat diamati kebanyakn serat mengalami patah dan putus setelah diuji. Dapat dilihat juga pada patahan specimen mengalami putus dan patah, porositas yang terjadi pada variasi 3 layer komposit woven rofing mat ini dikarenakan adanya gelembung udara (void) dalam matriks specimen, yang mempengaruhi kekuatan Tarik yang di dapat. Patah getas pada specimen komposit woven rofing mat dengan matriks aerosil, kalsium dikarenakan campuran penguat perlahan lebih banyak, sehingga kandungan pada specimen semakin tinggi mengakibatkan bahan menjadi keras dan berkurangnya kekuatan Tarik pada komposit woven rofing mat.



Gambar 6. Spesimen Hasil Uji Struktur Makro 5 Layer

Pada variasi komposit serat woven rofing mat dengan laminasi 5 layer setelah dilakukan uji Tarik dapat kita amati dimana specimen dengan 5 layer ini mengalami patahan saat uji Tarik, dapat diamati kebanyakn serat mengalami patah ulet setelah diuji. Dapat dilihat juga pada patahan specimen mengalami patah ulet, porositas yang terjadi pada variasi 5 layer komposit woven rofing mat ini dikarenakan adanya gelembung udara (void) dalam matriks specimen, yang mempengaruhi kekuatan Tarik yang di dapat. Patah ulet pada specimen komposit woven rofing mat dengan matriks aerosil, kalsium dikarenakan campuran penguat perlahan lebih banyak, sehingga kandungan pada specimen

semakin tinggi mengakibatkan bahan menjadi keras dan bertambah kekuatan Tarik pada komposit woven rofing mat.



Gambar 7. Spesimen Hasil Uji Strukt Makro

Pada variasi komposit serat woven rofing mat dengan laminasi 7 layer setelah dilakukan uji Tarik dapat kita amati dimana specimen dengan 7 layer ini mengalami patahan saat uji Tarik, dapat diamati kebanyakn serat mengalami patah dan putus setelah diuji. Dapat dilihat juga pada patahan specimen mengalami patah getas, porositas yang terjadi pada variasi 7 layer komposit woven rofing mat ini dikarenakan adanya gelembung udara (void) dalam matriks specimen, yang mempengaruhi kekuatan Tarik yang di dapat. Patah getas pada specimen komposit woven rofing mat dengan matriks aerosil, kalsium dikarenakan campuran penguat perlahan lebih banyak, sehingga kandungan pada specimen semakin tinggi mengakibatkan bahan menjadi keras dan bertambah kekuatan Tarik pada komposit woven rofing mat.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tarik dan ketahanan impact, dan foto struktur makro terhadap komposit serat woven rofing mat dengan matriks resin, kalsium, dan aerosil variasi 3 layer, 5 layer, dan 7 layer maka di dapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekuatan Tarik tertinggi pada variasi 7 layer yang menghasilkan kekuatan tarik sebesar 20,81 kgf/mm² dengan beban maksimal 682.73 kgf sedangkan paling rendah pada variasi 3 layer dengan menghasilkan kekuatan tarik sebesar 8.006 kgf/mm² dengan beban maksimal 266.53 kgf.
2. Ketahanan impact terbesar di dapat pada variasi 7 layer yang menghasilkan harga impact sebesar 0,0176 Joule/mm dengan energi energi yang diserap sebesar 1.7613 Joule sedangkan pada variasi 3 layer paling rendah menghasilkan harga impact sebesar 0,0078 Joule/mm dengan energi yang diserap sebesar 0.7861 Joule.
3. Patahan pada specimen dengan variasi 7 layer ialah patahan ulet ditandai dari permukaan patahan yang kasar dan peningkatan kristal.

5 Referensi

- [1] Ainur Rosyidin. 2021. Pengaruh Jumlah Lapisan Dengan Penguat Serat Karbon Fiber Dan Resin 1011 Dengan Proses Vacum Infusion. (Skripsi Sarjana Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang).
- [2] Alamsyah. 2021. Pengaruh Perbandingan Resin Dan Katalis Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass-Polyester Untuk Bahan Pembuatan Kapal. Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan Institut Teknologi Kalimantan.
- [3] Ari Wahyu Gunandar. 2021. Analisis Kekuatan Tarik Dan Impak Bahan Komposit Hibrid Berpenguat Serbuk Kayu Akasia Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit. (Tugas Akhir D III, Universitas Islam Riau).
- [4] Alif Basharudin. 2019. Analisa Patahan Komposit Polyester Berpenguat Serat Karbon, Agave, Rami Dengan Metode SEM Dan XRD. (Skripsi Sarjana Teknik, Institut Teknologi Nasional Malang).
- [5] Ahmad Fahrul Umam., Mochammad Arif. 2019. Studi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Karbon. Jurnal Teknik Mesin Vol. 07 No. 01 Universitas Negri Surabaya.
- [6] Agung Widhi Kurniawan., Zarah Puspitaningtyas. 2016. Metode Penelitian Kuantitatif. Yogyakarta : Pandiva Buku.
- [7] Abdullah., Ma'ruf. 2015. Metode Penelitian Kuantitatif. Yogyakarta :
- [7] Aswaja Pressindo. Armory B. Lovins. 2013. Reinventing Fire Bold Business Solutions For The New Energy Era. Vermont USA : Chelsea Green Publishing.
- [8] Dedhe Jumriladin Putra Susila. 2021. Pengaruh Serat Karbon Terhadap Sifat Mekanik Dan Topografi Pada Komposit Bermatriks Polyester BQTN 157. (Tugas Akhir D IV, Politeknik Manufaktur Bangka Belitung).
- [9] Ervan Hidayat. 2016. Pengaruh Filler Nano Partikel White Karbon Kulit Bambu Terhadap Struktur Dan Kekuatan Tarik Komposit Polyester. (Skripsi Sarjana Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [10] Fahrizal Farikhin. 2016. Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester Dengan Filler Karbon Aktif Dan Karbon Non Aktif (Skripsi Sarjana Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [11] Hartono., Mochammad Rifai., dkk. 2016. Pengenalan Teknik Komposit. Yogyakarta : CV Budi Utama.
- [11] Made Oka Sucita Anggayana. 2020. Analisa Uji Impact Komposit Matriks EpoxyKaret 30%, 40%, 50% Penguat Serat Rami, Anyaman Kawat, Dan Karbon Sebagai Body Armor. (Skripsi Sarjana Teknik, Institut Teknologi Nasional Malang).
- [12] Jefri S Bale. 2022. Material Komposit Polimer Berpenguat Serat .Yogyakarta : Deep Publish.
- [13] John Evangelical Matheos. 2019. Analisis Jumlah Lapsian Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Fiberglass wr 200. (Skripsi Sarjana, Universitas Sanata Dharma).
- [13] Kurniawan Robiansyah., Mochammad Arif Irfa'i. 2021. Pengaruh Orientasi Arah Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Karbon Dengan Matriks Epoxy. Jurnal Teknik Mesin Vol. 09 No. 03 Universitas Negri Surabaya.
- [14] Kaleb Priyanto. 2019. Ketangguhan Impak Dan Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass/Clay Filler Bermatriks Unsaturated Polyester Bqtn-Ex 157. Jurnal Teknika Vol. 22 Akademi Teknologi Warga Surakarta.
- [15] Lohdy Diana. 2020. Analisis Kekuatan Tarik Pada Material Komposit Dengan Serat Penguat Polimer. Jurnal Engine Vol. 4 No. 2 Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta.
- [16] Muhammad Thinora Marantika. 2022. Analisa Uji Tarik Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas Dengan Variasi Susunan Menggunakan Perlakuan Alakali. Jurnal Teknologi Rekayasa Vol. 3 No. 1 Universitas Tanjungpura Pontianak.
- [17] Sofyan Djamil. 2014. Karakteristik Mekanik Komposit Serat Bambu Kontinyu Dengan Perlakuan Alkali. Jurnal Teknik Mesin Universitas Tarumanegara Jakarta.
- [18] Syahrums., Salim. 2012. Metodologi Penelitian Kuantitatif. Bandung : Citapustaka Media.
- [18] Sulistijono. 2012. Mekanika Material Komposit. Surabaya : ITS Press.
- [18] Handbook.
- [19] Wulandari, F., Komang, I., Widi, A., & Febritasari, R. (2023), Analisa Sifat Mekanis Pada Material Serat Karbon Dan Resin Epoxy Dengan Variasi