

**Analisis Sifat Mekanik Pada Komposit Serat Daun Nanas Dengan
Filler Talc $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$**

*Analysis of Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fiber Composites
With Filler Talc $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$*

Dadan Ma'arif¹, Ratna Dewi Anjani², Deri Teguh Santoso³

^{1,2,3}Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

e-mail: ¹1910631150013@student.unsika.ac.i, ²ratna.dewi@ft.unsika.ac.id,
³deri.teguh@ft.unsika.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan material komposit sebagai bahan alternatif dari fiber glass dalam bidang otomotif khususnya pada body kendaraan kini semakin banyak dikenal orang. Hal ini dikarenakan keuntungan bahan dari material komposit berpenguat serat alam ini yaitu ramah lingkungan, beban lebih ringan, harga relatif murah, sifat mekanik yang sangat baik, dan mudah didapat. Maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis sifat mekanik pada komposit serat daun nanas untuk material body mobil listrik Anobrain dengan bermaksud untuk mengetahui karakteristik serat daun nanas dengan filler talk $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ serta pengaruh serat daun nanas terhadap perbandingan matriks fraksi volume 50:50, 60:40, dan 70:30 pada pengujian tarik dan impact. Hasil pengujian tarik tertinggi pada perbandingan fraksi 50:50 yaitu sebesar 34,2 MPa. Sedangkan untuk nilai kekuatan tarik terendah terjadi pada perbandingan fraksi 70:30 sebesar 21,5 MPa. Nilai modulus elastisitas pada pengujian tarik tanpa serat memiliki nilai sebesar 778 MPa dan nilai modulus elastisitas untuk perbandingan fraksi 50:50 sebesar 171 MPa. Dari hasil pengujian impact yang telah dilakukan bahwa energi impact paling tinggi yaitu sebesar 68,33 joule pada perbandingan fraksi 50:50 dan nilai energi impact terendah yaitu sebesar 40 joule pada fraksi tanpa serat (resin dengan katalis).

Kata kunci: Komposit, serat daun nanas, uji tarik, uji impact.

Abstract

The use of composite materials as an alternative material to fiber glass in the automotive sector, especially in vehicle bodies, is now being recognized by more and more people. This is due to the material advantages of this natural fiber reinforced composite material which is environmentally friendly, lighter load, relatively cheap price, excellent mechanical properties, and easy to obtain. So the purpose of this study was to analyze the mechanical properties of the pineapple leaf fiber composite for the Anobrain electric car body material with the intention to determine the characteristics of pineapple leaf fiber with filler talk $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ and the effect of pineapple leaf fiber on the volume fraction matrix ratio of 50:50, 60:40, and 70:30 on tensile and impact testing. The highest tensile test result was at a fraction

ratio of 50:50 which was 34.2 MPa. Whereas the lowest tensile strength value occurs at a fraction ratio of 70:30 of 21.5 MPa. The value of the elastic modulus in the tensile test without fiber has a value of 778 MPa and the value of the elastic modulus for the 50:50 fraction ratio is 171 MPa. From the results of the impact testing that has been done, the highest impact energy is 68.33 joules in the 50:50 fraction ratio and the lowest impact energy value is 40 joules in the fiber-free fraction (resin with catalyst).

Keywords : Composite, impact test, pineapple leaf fiber, tensile test.

1. PENDAHULUAN

Pada dewasa ini perkembangan material komposit saat ini sudah mulai mengalami transisi dari material komposit yang diperkuat dengan serat sintetis menjadi material yang diperkuat serat alam. Dengan berkembangannya industri manufaktur, pemakaian material komposit yang ramah lingkungan dan dapat didaur ulang kembali merupakan tuntutan pada industri manufaktur saat ini. Pemanfaatan material komposit sebagai bahan alternatif dari fiber glass dalam bidang otomotif khususnya pada body kendaraan kini semakin banyak dikenal orang. Hal ini dikarenakan keuntungan bahan dari material komposit berpenguat serat alam ini yaitu ramah lingkungan, beban lebih ringan, harga relatif murah, sifat mekanik yang sangat baik, dan mudah didapat. Terlebih negara Indonesia memiliki kekayaan alam yang sangat melimpah. Serat daun nanas menjadi pengganti yang efektif dari bahan sintetis, membuat serat daun nanas ini cocok untuk diaplikasikan di industri otomotif sebagai penguat untuk polimer komposit matriks (Cheirmakani, Subburaj, & Balasubramanian, 2020). Tanaman nanas merupakan tumbuhan yang banyak dijumpai diseluruh Indonesia, sehingga produksi dari nanas ini sangat melimpah ruah. Pemanfaatan serat daun nanas ini masi jarang digunakan dalam dunia industri. Daun nanas ini hampir bisa dikatakan tidak memiliki nilai jual sama sekali, dikarenakan lebih sering dibuang dari pada dimanfaatkan. Maka dari itu perlu dilakukan inovasi untuk memanfaatkan limbah daun nanas yang sangat melimpah, salah satunya untuk bahan penguat pada komposit serat alam dan dijadikan sebagai body kendaraan mobil listrik sehingga dapat memiliki nilai jual yang sangat tinggi. Serat atau fiber dibedakan menjadi 2 yaitu natural fibers (serat alami) dan man-made fibers (serat buatan manusia atau sintetis). Salah satu serat alam yang banyak ditemukan di Indonesia adalah serat dari daun nanas. Serat daun nanas mengandung selulosa yang tinggi, sekitar 70% - 80% dari berat totalnya sehingga mampu menghasilkan kekuatan mekanis yang baik (Murdiyanto & Kristi, 2020).

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka masalah yang diangkat yaitu penulis bermaksud menganalisis sifat mekanik pada komposit serat daun nanas untuk material body mobil listrik Anobrain. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik serat daun nanas dengan menggunakan filler talc, mengetahui nilai hasil dari perbandingan matriks dengan serat daun nanas fraksi volume 50:50, 60:40, dan 70:30, mengetahui nilai hasil pengujian sifat mekanik uji tarik pada material serat daun nanas dengan resin polester terhadap fraksi volume sertra untuk mengetahui nilai hasil pengujian sifat mekanik uji impak pada material serat daun nanas dengan resin polyester terhadap fraksi volume.

Material Komposit

Komposit dalam konteks ini adalah material multifase yang dibuat secara artifisial dibuat, berbeda dengan yang terjadi atau terbentuk secara alami. Selain itu, konstituen fase harus berbeda secara kimia dan dipisahkan oleh antarmuka yang berbeda. Dalam merancang material komposit, para ilmuwan dan insinyur dengan cerdas menggabungkan berbagai logam, keramik, dan polimer untuk menghasilkan generasi baru bahan yang luar biasa. Kebanyakan komposit telah dibuat untuk meningkatkan kombinasi mekanik karakteristik

seperti kekakuan, ketangguhan, dan kekuatan serta suhu tinggi (Callister Jr. & Rethwisch, 2013). Material komposit adalah material multi fase yaitu suatu material campuran yang terbuat dari dua atau lebih jenis material, dengan pencampurannya tidak terjadi reaksi secara kimia. Sifat material komposit merupakan paduan dari sifat-sifat material penyusunnya, yaitu matriks dan penguat (reinforcement) atau pengisi (filler) dimana keduanya memiliki sifat yang berbeda. Ketentuan untuk material penguat, harus dapat menunjang atau memperbaiki sifat-sifat matriks dalam membentuk material komposit (Tjahjanti, 2018). Komposit adalah material yang tersusun atas campuran dua atau lebih material dengan sifat kimia dan fisika berbeda, dan menghasilkan sebuah material baru yang memiliki sifat-sifat berbeda dengan material-material penyusunnya (Siregar, Umurani, & Mukhlas, 2019). Berikut merupakan penyusun komposit, yaitu matriks, penguat (reinforce), resin polyester, aditif, dan pengisi (filler).

Dalam teknologi komposit, matriks didefinisikan sebagai suatu material yang berfungsi sebagai pengisi dan pengikat yang mendukung, melindungi, dan dapat mendistribusikan beban dengan baik ke material penguat komposit. Matriks mendukung serat dan menahannya pada posisi yang tepat, mentransfer beban ke serat yang kuat, melindungi serat dari kerusakan selama pembuatan dan penggunaan komposit, dan mencegah retak pada serat menyebar ke seluruh komposit (Askeland, Fulay, & Wright, 2010). Penguat (reinforce) dalam material komposit adalah suatu material yang berfungsi sebagai penguat yang mempunyai sifat lebih kuat dari fase matriks. Salah satu bagian utama dari material komposit adalah penguat (reinforce) sebagai penahan beban utama material komposit.

Resin polyester adalah resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin thermoset lainnya, maka tak perlu diberi tekanan untuk pencetakan (Surdia & Saito, 1999). Massa jenis resin polyester adalah 1,215 gr/cm³ (Chawala, 2012). Pemakaian polimer pada komposit memerlukan material lain yang mempunyai fungsi khusus yang biasa disebut aditif. Material tambahan dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu catalyst dan pigment. Pengisi adalah bahan yang banyak digunakan untuk ditambahkan pada bahan polimer untuk meningkatkan sifat-sifatnya dan kemampuan pemrosesan atau untuk mengurangi ongkos. Adapun fungsi dari pengisi adalah sebagai berikut (Surdia & Saito, 1999).

Serat Daun Nanas

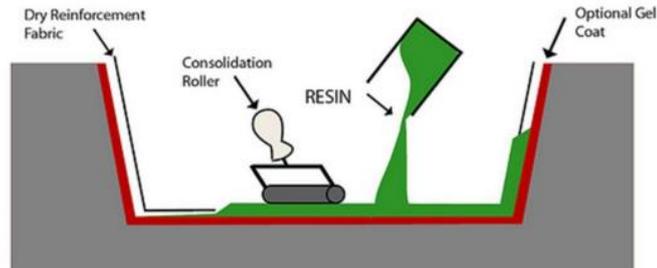
Serat alam merupakan sumber bahan baku yang dapat diperbaharui, memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik, dan ramah lingkungan karena mudah terdegradasi serta mampu menyerap CO₂ cukup besar (Chawala, 2012). Pada penelitian ini yaitu menggunakan serat daun nanas (pineapple-leaf fibres). Serat daun nanas adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu Ananas Cosmosus, (termasuk dalam family bromeliaceae), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim (Suparno, 2020). Serat daun nanas memiliki massa jenis sebesar 1,072 gram/cm³ (Pratiwi, 2015).



Gambar 1. Serat daun nanas.

Metode Hand Lay Up

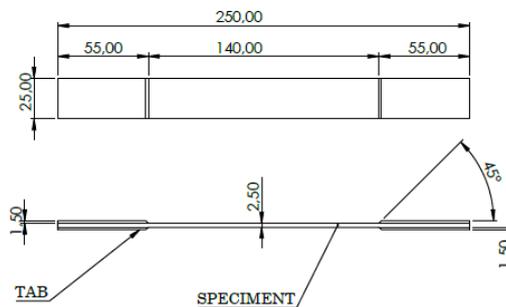
Proses Hand Lay-Up merupakan proses laminasi serat secara manual, dimana merupakan metode pertama dalam pembuatan komposit. Metode Hand Lay-Up lebih ditekankan untuk pembuatan produk yang sederhana dan hanya menuntut satu sisi saja yang memiliki permukaan halus (Suparno, 2020). Hand Lay-Up merupakan metode paling sederhana dengan proses pembuatannya yaitu menuang resin kedalam serat, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga bentuk dan ketebalan yang diinginkan tercapai (Gibson, 1994).



Gambar 2. Metode hand lay up.

Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui nilai dari tegangan, regangan, dan modulus elastisitas suatu material dengan cara menarik specimen hingga putus (Diana, Safitra, & Ariansyah, 2020). Bentuk specimen dibuat mengacu menurut standar ASTM D3039. Dimana model kerja atau desain awal dibentuk sebelum membuat cetakan, sehingga pada akhirnya design cetakan specimen akan berpengaruh terhadap proses pembuatan cetakan. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu benda dan sebagai data pendukung. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinu bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji (Buntarto, 2015).

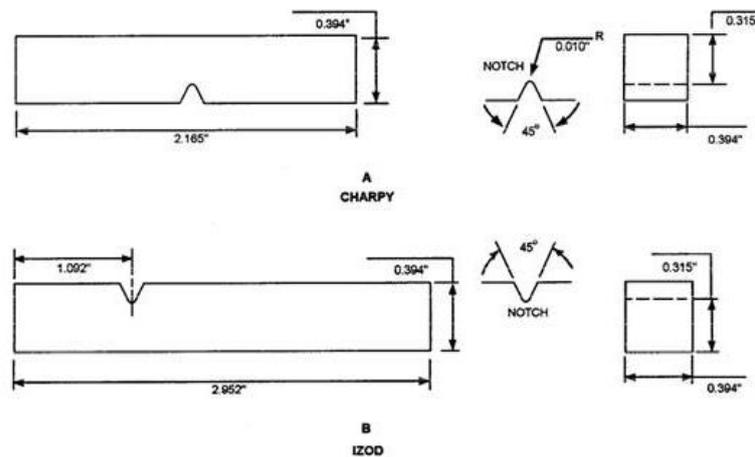


Gambar 3. Standar Pengujian tarik ASTM D3039.

Pengujian Impak

Impact tester adalah uji jangka pendek yang memberikan informasi tentang perilaku kegagalan material atau komponen yang mengalami pemuatan cepat dan pada temperatur yang bervariasi. Sistem pengujian yang digunakan untuk pengujian ini adalah pengujian pendulum atau pengujian drop-weight (Marantika, Sujana, & Ivanto, 2022). Dalam melakukan proses pengujian impact dapat dilakukan dengan menggunakan 2 metode, yaitu metode charpy dan metode izod. Perbedaan dari metode charpy dan izod terletak pada besar ukuran sampel, posisi takik, arah pembebanan, dan peletakan sampel. Batang uji metode charpy memiliki spesifikasi, luas penampang 10 mm x10 mm dan takikan berbentuk V. Proses

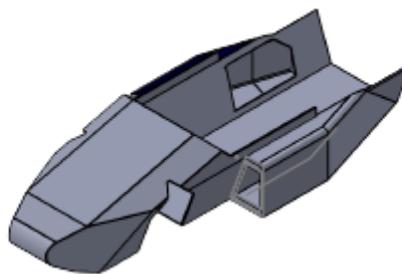
pembebanan uji impak pada metode charpy dan metode izod dengan sudut 45°, kedalaman takik 2 mm dengan radius pusat 0.25 mm (Zwickroell, n.d.).



Gambar 4. Model kerja metode charpy (A) dan metode izod (B).

Aplikasi Body Mobil Listrik Anobrain

Sekitar tahun 1896-1910, bodi kendaraan masih terbuat dari kayu untuk bagian chassis maupun bodinya. Hal ini masih terpengaruh dengan bodi kereta kuda saat itu. Kayu yang digunakan memiliki ketebalan 10 mm. Sambungan antar komponen menggunakan paku yang terbuat dari besi tempa. Sedangkan Untuk bagian atap kendaraan, ada yang menggunakan kain biasa, kain kanvas namun ada juga yang menggunakan kayu dengan tujuan agar bodi bisa kuat (Nuhgraha, Rosa, & Agustian, 2020). Pada penelitian ini, peneliti mengaplikasikan material komposit serat daun nanas untuk body mobil listrik Anobrain. Mobil listrik Anobrain dibentuk dengan tujuan untuk mengikuti perlombaan FESC (Formula Electric Student Competition). Maka dengan itu bodi mobil listrik Anobrain ini mengacu pada regulasi perlombaan FESC yaitu dengan bentuk mobil yang menyerupai mobil Formula One.



Gambar 5. Bodi mobil listrik Anobrain.

2. METODE

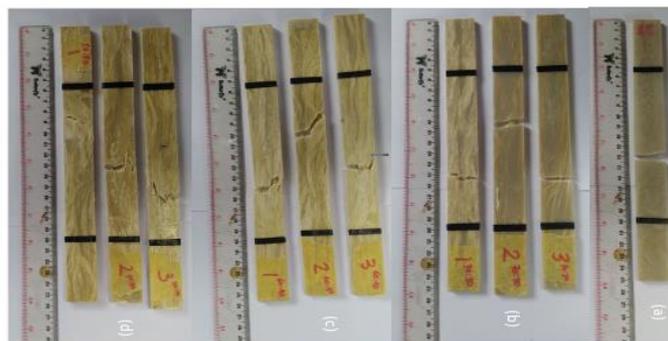
Pendekatan penelitian yaitu suatu cara pengambilan data dalam suatu penelitian untuk memperoleh hasil yang diinginkan. Pada penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental guna untuk mengetahui karakteristik serat daun nanas dengan menggunakan filler talc $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$, mengetahui nilai hasil dari perbandingan serat daun nanas dengan matriks fraksi volume 50:50, 60:40, dan 70:30, mengetahui nilai hasil pengujian sifat mekanik uji tarik pada material serat daun nanas dengan resin polyester terhadap fraksi volume, dan untuk mengetahui nilai hasil pengujian sifat mekanik uji impak pada material serat daun nanas dengan resin polyester terhadap fraksi volume. Dengan perhitungan dalam hasil pengujian tarik, untuk mengetahui nilai regangan, tegangan, dan modulus elastisitas. Sedangkan pada perhitungan dalam hasil pengujian impak yaitu untuk mengetahui kekuatan,

kekerasan, dan keuletan suatu material. Pengaplikasian dari penelitian ini yaitu dijadikan sebagai material untuk body mobil listrik anobrain. Adapun tempat dan waktu penelitian yang dilakukan adalah di Laboratorium Produksi Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang pada bulan february 2023 sebagai tempat peneltiuan pertama, Lab PUTP Politeknik ATMI Surakarta pada bulan february 2023 sebgaai tempat penelitian yang kedua, dan Laboratorium PT. Ditgantara Indonesia pada bulan february 2023 sebagai tempat penelitian yang ketiga.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Tarik

Pengujian Tarik dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan, dan nilai modulus elastisitas dari bahan uji (speciment). Speciment dalam penelitian ini berasal dari serat daun nanas dan resin polyester serta menggunakan filler talc $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$. Pada setiap sampel pengujian menggunakan filler talc dengan resin polyester sebesar 1:1.

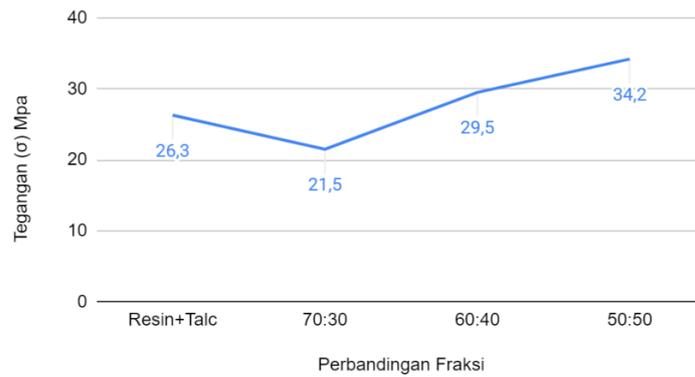


Gambar 7. Speciment hasil pengujian tarik untuk gambar (a) adalah tanpa serat, gambar (b) perbandingan 70:30, gambar (c) perbandingan 60:40 dan untuk gambar (d) adalah perbandingan 50:50.

Tabel 1. Nilai rata-rata hasil pengujian tarik.

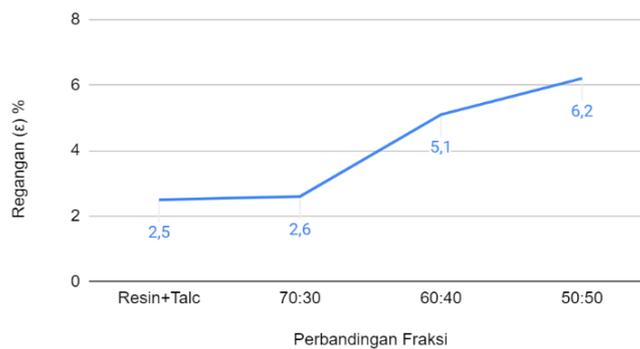
NILAI RATA-RATA UJI TARIK			
Perbandingan Fraksi	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)	Modulus Elastisitas (E)
Tanpa serat	2,5 %	26,3 Mpa	778 Mpa
70:30	2,6 %	21,5 Mpa	530 Mpa
60:40	5,1 %	29,5 Mpa	148 Mpa
50:50	6,2 %	34,2 Mpa	171 Mpa

Pada table 1 adalah merupakan nilai rata-rata dari pengujian tarik dari perbandingan fraksi 50:50, 60:50, 70:30, dan resin dengan talc. Dari data tersebut didapat nilai regangan (ϵ) tertinggi adalah 6,2% pada perbandingan fraksi 50:50 dan nilai regangan (ϵ) paling rendah adalah sebesar 2,5% pada perbandingan resin dengan talc. Kemudian nilai tegangan (ϵ) paling tinggi yaitu sebesar 34,2 Mpa pada perbandingan fraksi 50:50 dan nilai tegangan paling rendah adalah sebesar 21,5 pada perbandingan fraksi 70:30. Sedangkan untuk nilai modulus elastisitas paling tinggi yaitu sebesar 778 Mpa pada perbandingan resin dengan talc dan untuk nilai modulus elastisitas paling rendah yaitu sebesar 148 Mpa.



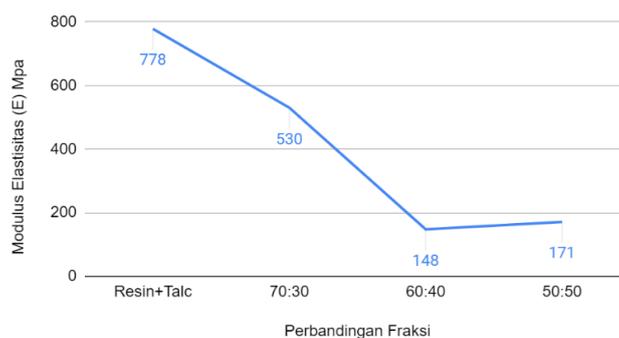
Gambar 8. Grafik nilai rata-rata tegangan pada perbandingan fraksi.

Berdasarkan gambar 8 grafik nilai tegangan tarik perbandingan fraksi 70:30 mengalami penurunan signifikan kekuatan tarik sebesar 21,5 Mpa dan perbandingan fraksi 60:40 mengalami kenaikan kekuatan tarik sebesar 29,5 Mpa serta perbandingan fraksi 50:50 mengalami kenaikan signifikan sebesar 34,2 Mpa. Nilai maksimum tegangan adalah sebesar 34,2 Mpa pada perbandingan fraksi 50:50. Faktor yang mempengaruhi nilai tegangan yaitu resin dengan serat kurang melekat dan adanya void sehingga menyebabkan penurunan kekuatan tarik.



Gambar 9. Grafik nilai rata-rata regangan hasil pengujian tarik.

Pada gambar 9 adalah grafik nilai rata-rata hasil pengujian Tarik yang dimana perbandingan fraksi 70:30 mengalami kenaikan regangan sebesar 2,6% dan perbandingan fraksi 60:40 mengalami kenaikan signifikan sebesar 5,1% serta perbandingan fraksi 50:50 mengalami kenaikan signifikan sebesar 6,2%. Pada dasarnya faktor yang mempengaruhi nilai dari regangan ini adalah volume serat. Semakin tinggi volume serat maka nilai regangannya akan bertambah juga.



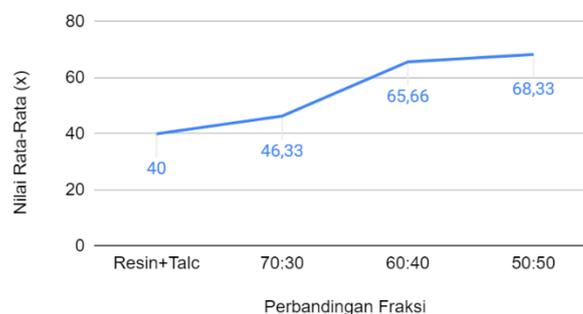
Gambar 10. Grafik nilai rata-rata modulus elastisitas hasil pengujian tarik.

Pada gambar 10 adalah grafik nilai rata-rata modulus elastisitas hasil pengujian Tarik yang dimana nilai paling tinggi yaitu pada campuran resin dengan katalis tanpa serat sebesar 778 Mpa dan menurun secara signifikan sebesar 530 Mpa pada perbandingan fraksi 70:30 serta pada perbandingan fraksi 60:40 adalah 148 Mpa. Kemudian pada perbandingan fraksi 50:50 mengalami kenaikan kembali sebesar 171 Mpa. Jika nilai modulus elastisitas semakin tinggi maka material tersebut memiliki kekakuan yang lebih tinggi. Faktor yang mempengaruhi modulus elastisitas itu sendiri diantaranya adanya void, orientasi serat, dan struktur ikatan atomik yang dimana material dengan ikatan yang lebih kaku dan kuat cenderung memiliki modulus elastisitas tinggi.

Hasil Pengujian Impak

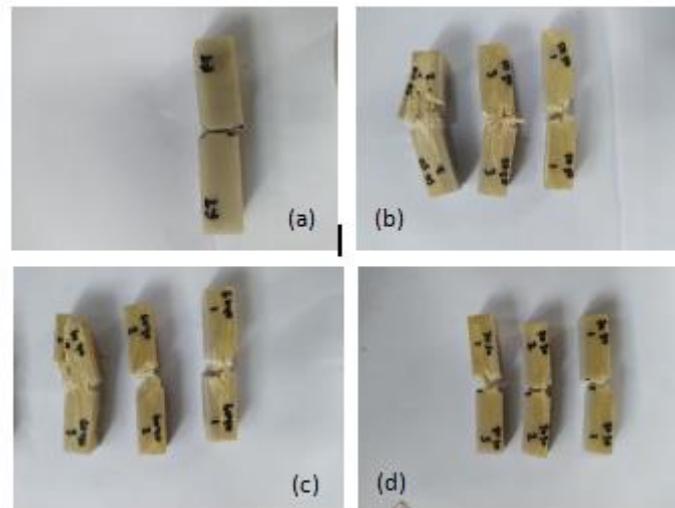
Pada hasil pengujian yang telah dilakukan dengan variasi yang berbeda-beda maka didapatkan nilai impact atau energi impact. Perbandingan fraksi 70:30 mengalami kenaikan signifikan 46,33 joule dan pada perbandingan fraksi 60:40 mengalami kenaikan juga sebesar 65,66 joule serta pada perbandingan fraksi 50:50 mengalami kenaikan 68,33 joule. Dimana nilai energi impact paling tinggi yaitu pada perbandingan fraksi 50:50 yaitu sebesar 68,33 joule dan energi impact paling rendah sebesar 40 joule pada specimen tanpa serat (resin dengan katalis).

Hasil pengujian impact menunjukkan semakin tinggi volume serat maka nilai impactnya semakin meningkat, hal ini dikarenakan gaya yang dialami oleh matrik akan diteruskan ke serat penguatnya. Nilai yang diperoleh ditunjukkan pada gambar 11 grafik nilai rata-rata hasil pengujian impact.



Gambar 11. Grafik nilai rata-rata hasil pengujian impact.

Hasil rata-rata pengujian yang telah dilakukan bahwa komposisi material, penggunaan serat dan filler talc serta kerapatan sangat mempengaruhi nilai energi impact. Hasil patahan dari setiap specimen berbeda-beda, jika takikkan terdapat serat maka patahannya masih menyambung. Dapat dilihat pada gambar 12 specimen hasil pengujian impact yang telah dilakukan.



Gambar 12. Speciment hasil pengujian tarik dimana gambar (a) adalah resin dengan talc atau tanpa serat, gambar (b) adalah perbandingan fraksi 50:50, gambar (c) adalah perbandingan fraksi 60:40, dan gambar (d) adalah perbandingan fraksi 70:30.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian tarik maka dapat diketahui kekuatan tarik tertinggi pada perbandingan fraksi 50:50 yaitu sebesar 34,2 Mpa. Sedangkan untuk nilai kekuatan tarik terendah terjadi pada perbandingan fraksi 70:30 sebesar 21,5 Mpa. Nilai modulus elastisitas pada pengujian tarik tanpa serat memiliki nilai sebesar 778 Mpa, nilai modulus elastisitas perbandingan fraksi 70:30 sebesar 530 Mpa, nilai modulus elastisitas perbandingan fraksi 60:40 sebesar 148 Mpa, dan nilai modulus elastisitas untuk perbandingan fraksi 50:50 sebesar 171 Mpa.

Dari hasil pengujian impact yang telah dilakukan bahwa energi impact paling tinggi yaitu sebesar 68,33 joule pada perbandingan fraksi 50:50 dan nilai energi impact terendah yaitu sebesar 40 joule pada fraksi tanpa serat (resin dengan katalis). Kemudian nilai energi impact pada perbandingan fraksi 60:40 adalah sebesar 65,66 joule dan energi impact pada perbandingan fraksi 70:30 adalah sebesar 46,33 joule.

Penelitian ini jauh dari kesempurnaan, maka saya harap untuk penelitian ini bisa diteruskan dan dikembangkan agar penelitian ini bisa bermanfaat dan berguna untuk kita semua. 2. Sebaiknya perbandingan fraksi lebih bervariasi lagi agar mendapatkan hasil yang lebih baik. 3. Sebaiknya penelitian ini terus dikembangkan baik dari campuran matrik, talc dan juga serat agar menghasilkan produk yang lebih baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Callister Jr., W., & Rethwisch, D. (2013). *Materials Science and Engineering*. New York: Wiley.
- Askeland, D. R., Fulay, P. P., & Wright, M. J. (2010). *The Science and Engineering of Materials*. Stamford: Global Engineering.
- Buntarto. (2015). *Pengenalan Bodi Otomotif*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Chawala, K. K. (2012). *Composite Materials Science and Engineering*. Birmingham USA: Springer.
- Cheirmakani, B. M., Subburaj, B., & Balasubramanian, V. (2020). Exploring the Properties of Pineapple Leaf Fiber and Prosopis Juliflora Powder Reinforced Epoxy Composite. *Journal of Natural Fibers*, 1-12.

- Diana, L., Safitra, A. G., & Ariansyah, M. N. (2020). Analisis Kekuatan Tarik Pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer. *Jurnal Engine Energi, Manufaktur, dan Material*, 59-67.
- Gibson, R. F. (1994). *Principles of Composite Material Mechanics*. New York: McGraw Hill International Book Company.
- Marantika, M. T., Sujana, I., & Ivanto, M. (2022). Analisa Uji Tarik Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas dengan Variasi Susunan Menggunakan Perlakuan Alkali. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 62-68.
- Murdiyanto, D., & Kristi, R. M. (2020). PENGARUH PENAMBAHAN SERAT DAUN NANAS (*Ananas comosus* (L.) Merr) TERHADAP KEKUATAN TEKAN RESIN KOMPOSIT FLOWABLE. *JIKG (Jurnal Ilmu Kedokteran Gigi)*, 5-9.
- Nuhgraha, Y., Rosa, M. A., & Agustian, I. (2020). Perancangan Alat Uji Impak digital dengan Metode Charpy untuk Mengukur Kekuatan Material Polimer. *Jurnal Amplifier*, 15-19.
- Pratiwi, S. (2015). *Pengaruh Variasi Tebal Core dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Sandwich Polyester Berpenguat Serat Daun Nanas (Ananas) Dengan Core Styrofoam*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Siregar, R. A., Umurani, K., & Mukhlas, M. (2019). Studi Ekperimen Terhadap Keausan Pada Roda Gigi Cacing Komposit. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur, dan Energi*, 158-164.
- Suparno, O. (2020). Potensi dan Masa Depan Serat Alam Indonesia Sebagai Bahan Baku Aneka Industri. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 221-227.
- Surdia, T., & Saito, S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Tjahjanti, P. H. (2018). *Buku Ajar Teori dan Aplikasi Material Komposit dan Polimer*. Sidoarjo: MSIDA PRESS.
- Wiranto, A., & Suhardiman. (2021). Analisa Kekuatan Komposit Polimer dengan Penguat Serat Daun Nanas. *Jurnal Teknologi rekayasa material, manufaktur, dan energi.*, 47-55.
- Zwickroell. (n.d.). *Zwickroell*. Retrieved from Uji Impact: [https://www.zwickroell.com/id/industri/pengujian-material/uji-impact/..](https://www.zwickroell.com/id/industri/pengujian-material/uji-impact/)