

Karakteristik Mekanik (Kekuatan Bending, Tarik, *Impact*) Komposit Serat Kulit Jagung Dengan Matrik Resin SHCP *Polyester BQTN 268*

Rizky Fajar, C.I.P.K Kencanawati, Made Widiyarta

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pada saat ini, kemajuan teknologi sangat pesat, dimana teknologi modern memerlukan bahan dengan kombinasi dari beberapa sifat material dasar. Hal ini menyebabkan peran komposit di era sekarang ini sangat vital dan sering dipakai. Akan tetapi, untuk saat ini produk komposit masih cenderung berasal dari material sintesis yang sangat sulit terurai. Di era penerapan teknologi ramah lingkungan seperti saat ini, hal tersebut menimbulkan masalah yang cukup serius bagi lingkungan, sehingga penggunaan material sintesis saat ini sudah mulai dikurangi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa bagaimana pengaruh fraksi berat dengan variasi 5%, 10% dan 15% kekuatan mekanik terhadap uji bending, Tarik dan impact pada komposit serat kulit jagung dengan resin SHCP Polyester BQTN 268 dengan campuran katalis MEKPO (Methyl Ethyl Ketone Peroxide). Hasil Perhitungan menunjukkan hasil pegujian bending modulus elastisitas tertinggi berada di 5% serat dan 95% resin dengan angka rata-rata sebesar 1,248 GPa dan terendah di 15% serat dan 85% resin dengan rata-rata 0,674 GPa. Perhitungan uji Tarik menunjukkan hasil modulus paling optimal berada di kandungan serat sebanyak 15% dengan 85% resin dengan nilai rata-rata 0,55 GPa sedangkan hasil terendah berada di kandungan 5% serat dengan 95% resin dengan nilai 0,49 GPa. Pengujian kekuatan uji impact terbesar berada di kandungan 15% serat dan 85% resin dengan nilai rata-rata 0,0372 Nm/mm² dan terendah rata-rata sebesar 0,0224 Nm/mm² pada kandungan 5% serat dan 95% resin.

Kata kunci : komposit, resin polyester, serat kulit jagung

Abstract

At this time, technological advances are very growing fast, where modern technology requires materials with a combination of several basic material properties. This causes the role of composites in today's era is very vital and is often used. However, for now composite products still tend to come from synthetic materials which are very difficult to decompose. In the era of the application of environmentally friendly technology: as it is today, this creates serious problems for the environment, so that the use of synthetic materials is now starting to be reduced. This study purpose to analyze how the result of weight fraction with a variation of 5% , 10% and 15% of mechanical strength on bending, tensile and impact tests on the SHCP Polyester BQTN 268 corn skin fiber composite with a mixture of MEKPO (Methyl Ethyl Ketone Peroxide). The calculation results show the results of the bending test of the highest elastic modulus at 5% fiber and 95% resin with an average number of 1,248 GPa and the lowest at 15% fiber and 85% resin with an average of 0,674 GPa. The calculation of the tensile test shows that the most optimal modulus results are in the fibre content of 15% with 85% resin with an average value of 0.55 GPa while the lowest result is in the content of 5% fiber with 95% resin with a value of 0.49 GPa. The largest Impact test strength test is in the content of 15% fiber and 85% resin with an average value of 0.0372 Nm/mm² and the lowest average of 0.0224 Nm/mm² at a content of 5% fiber and 95% resin.

Keywords : composite, polyester resin, corn skin fiber

1. Pendahuluan

Sejak zaman dahulu, proses penggabungan lebih dari satu bahan untuk menghasilkan suatu bahan dengan karakter yang lebih baik, telah dilakukan oleh manusia. Contohnya adalah penggunaan jerami pada batu bata dan pedang samurai yang terdiri dari lapisan oksida besi yang berat dan liat. Hasil dari proses penggabungan material tersebut dinamakan komposit, dimana struktur bahan materialnya masih dapat terlihat secara makroskopis. Komposit yaitu suatu jenis bahan terbaharukan hasil rekayasa dimana sifat dari bahan yang berbeda satu sama lainnya baik sifat kimia ataupun fisiknya dan terus terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut serta dapat dilihat secara makroskopis [1]. Jagung berperan sebagai salah satu makanan pokok yang digemari di Indonesia sehingga memungkinkan memproduksi limbah alami dalam jumlah yang besar. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, produksi kebutuhan jagung selalu meningkat disetiap tahunnya.. Kondisi ini mengindikaasikan bahwa peningkatan konsumsi terhadap jagung semakin meningkat dengan limbah alami yang bertambah banyak pula. Kulit jagung merupakan salah satu bagian dari jagung yang belum dimanfaatkan limbahnya dengan maksimal. Kondisi ini mengindikaasikan bahwa peningkatan konsumsi terhadap jagung semakin meningkat dengan limbah alami yang bertambah banyak pula. Diketahui bahwa dari 100% bagian pada tanaman jagung, 95% diantaranya adalah limbah alami yang tidak dikonsumsi, meliputi : batang, daun, kulit dan tongkol jagung [2]. Biasanya kulit jagung hanya dialihfungsikan sebagai pakan ternak dan bahan dasar kerajinan tangan. Padahal dari sifat mekanik dan fisiknya, kulit jagung dapat dialihfungsikan menjadi produk yang jauh lebih bernilai dari produk tersebut. Untuk saat ini matrik yang sering digunakan adalah polimer, seperti resin *polyester*. Pada dasarnya polyester tahan terhadap asam kecuali asam pengoksida, tetapi lemah terhadap alkali. Bila dilarutkan ke dalam air yang mendidih dalam waktu yang cukup lama (300 jam) maka bahan akan pecah serta retak. Tahan terhadap kelembaban dan sinar UV jika dibiarkan di runag terbuka, tetapi sifatnya yang tembus cahaya rusak dalam kurung waktu beberapa tahun. Bahan ini dapat digunakan secara luas sebagai bahan komposit [3]. Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan diatas, didapat rumusan masalah sebagai seperti berikut:

1. Bagaimana pengaruh fraksi berat terhadap sifat mekanis bending serat kulit jagung resin SHCP *Polyester* BQTN 268 dengan campuran

katalis MEKPO (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*),

2. Bagaimanapengaruh fraksi berat terhadap sifat mekanis tarik serat kulit jagung resin SHCP *Polyester* BQTN 268 dengan campuran katalis MEKPO (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*)
3. Bagaimana pengaruh fraksi berat terhadap sifat mekanis *impact* serat kulit jagung dengan resin SHCP *Polyester* BQTN 268 dengan campuran katalis MEKPO(*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*).

2. Dasar Teori

2.1 Komposit

Secara umum material pembentuk komposit adalah Penguat (Serat) dan pengikat (matrik). Dimana umumnya material Serat memiliki kekuatan yang lebih besar dari matrik sehingga berperan sebagai rangka yang akan saling diikat oleh matrik [4].

2.2 Resin Polyester

Resin polyester ialah resin yang banyak diterapkan dalam pengaplikasi yang menggunakan resin termoset, secara terpisah ataupun dalam wujud material komposit. Jenis resin polyester yang diaplikasikan pada matriks komposit merupakan jenis yang tidak jenuh (unsaturated polyester) yang merupakan termoset yang bisa mengalami pengerasan (curing) dari fasa cair ke fasa padat ketika mendapat perlakuan tepat. Berbeda dengan tipe polyester jenuh (saturated polyester) seperti Terylene, yang tidak dapat mengalami curing [5].

2.2 Serat

Kulit jagung dapat dimanfaatkan menjadi suatu produk agar dapat menambah harga dari limbah kulit jagung tersebut. Kulit jagung memiliki kekuatan tinggi pada arah serat memanjang, tahan gesekan, memiliki daya serap air yang relatif rendah, dan tidak mudah terkontaminasi bakteri. pada penampang membujur memiliki keteguhan tarik sebesar 10,8 Mpa, Modulus elastis sebesar 387,4 Mpa, keteguhan belah 5,03 % dan pada penampang melintang memiliki keteguhan tarik sebesar 4,32 Mpa, Modulus elastis sebesar 169,3 Mpa serta keteguhan belah 3,7% [6].

2.3 Uji Bending

Uji bending atau uji lengkung merupakan bentuk pengujian untuk menunjukkan suatu karakter material secara visual. Kekuatan bending yaitu tegangan bending terbesar yang dapat diterima disebabkan pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan.

Rumus tegangan bending adalah sebagai berikut :

$$\sigma_L = \frac{3P.L}{2b.d^2} \quad (1)$$

Dimana :

σ_L = Tegangan bending (MPa)
 P = Beban (N)
 L = Panjang span (mm)
 b = Lebar benda uji (mm)
 d = Tebal benda uji (mm)

Regangan Bending

$$\epsilon_L = \frac{6\delta \cdot d}{L^2} \quad (2)$$

Dimana :

ϵ_L = Regangan bending (mm/mm)
 δ = Defleksi benda uji (mm)
 L = Panjang span (mm)
 d = Tebal benda uji (mm)

Modulus elastisitas (E_L) adalah nilai yang mempresentasikan ketahanan material uji terhadap deformasi elastis.

$$E_L = \frac{L^3 \cdot m}{4b \cdot d^3} \quad (3)$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas bending (MPa)
 L = Panjang span (mm)
 b = Lebar benda uji (mm)
 d = Tebal benda uji (mm)
 m = Tangen garis lurus pada load deflection curve (N/mm)

2.4 Uji Tarik

Uji tarik ialah pengujian untuk mengetahui sifat pada suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan akan mengetahui sebesar apa bahan dapat bereaksi pada tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material bertambah panjang. Untuk rumus yang digunakan ditunjukkan pada persamaan:

$$\sigma_{maks} = \frac{F}{A_0} \quad (4)$$

Dimana:

σ_{maks} = Tegangan maksimum (MPa)
 F = Gaya (N)
 A_0 = Luas permukaan (mm^2)

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) material uji atau spesimen dibagi dengan panjang awal (L_0) spesimen, seperti yang ditunjukkan:

$$\epsilon_{maks} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (5)$$

Dimana:

ϵ_{maks} = Regangan maksimum (%)
 ΔL = Pertambahan panjang (mm)

Modulus elastisitas (E) adalah kekuatan suatu bahan atau ketahanan material uji terhadap deformasi elastis. Untuk rumus yang digunakan ditunjukkan pada persamaan:

$$E = \frac{\sigma_{elastis}}{\epsilon_{elastis}} \quad (6)$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (MPa)
 $\sigma_{elastis}$ = Tegangan Elastis (MPa)
 $\epsilon_{elastis}$ = Regangan Elastis (%)

2.5 Uji Impact

Uji *impact* yaitu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, dan keuletan pada material. Dengan mengabaikan kehilangan-kehilangan energi yang diakibatkan gesekan bantalan pada titik putar batang pendulum dilakukan perhitungan-perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Energi awal, } E_0 &= W h \\ &= W \cdot l (1 - \cos \alpha) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Akhir, } E_1 &= W h_1 \\ &= W \cdot l (1 - \cos \beta) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{Energi yang diserap} \\ E &= E_0 - E_1 = W(h - h_1) \\ &= W \cdot l (\cos \beta - \cos \alpha) \end{aligned} \quad (9)$$

Dimana :

W = Berat dari pendulum (N)
 α = Sudut Awal
 g = Gravitasi (m/s^2)
 h_1 = Tinggi Awal (m)
 h_2 = Tinggi Akhir (m)
 β = Sudut Akhir

Sedangkan harga kekuatan impact dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I_s = \frac{\Delta E}{t \times l} \quad (10)$$

Dimana:

I_s = kekuatan impact (J/m^2)
 t = tebal spesimen (m)
 l = lebar spesimen (m)

3. Metode Penelitian

Terdapat tiga pengujian yang akan dilakukan, pengujian pertama yang dilakukan adalah uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan, merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan suatu mutu material secara visual. Pengujian kedua yang dilakukan adalah uji tarik, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat sifat suatu bahan. Uji tarik dilakukan dengan cara menarik suatu bahan, agar dapat mengetahui sejauh mana bahan tersebut bereaksi pada tenaga tarikan dan mengetahui seberapa panjang material dapat bertambah panjang. Pengujian ketiga yaitu uji *impact* dilakukan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, dan keuletan dari material. Oleh karena itu uji impak banyak digunakan dalam bidang menguji sifat mekanik yang dimiliki oleh suatu material tersebut.

Pembuatan papan dicetak menggunakan cetakan berbentuk persegi panjang Papan partikel dibuat dengan memvariasikan fraksi berat dari papan partikel. Berikut langkah-langkah proses pencetakan komposit:

1. Ukur serat kulit jagung dan resin SHCP BQTN 268 dengan perbandingan katalis 99:1 lalu sesuaikan dengan fraksi berat yang diinginkan.

2. Campurkan serat kulit jagung dengan resin sesuai dengan fraksi berat yang diinginkan.
3. Ulangi langkah dari awal untuk variasi spesimen uji.
4. Setelah setelah menunggu selama 3 jam barulah spesimen dapat dikeluarkan dari cetakan secara perlahan.
5. Spesimen komposit dapat diuji.



Gambar 1. Pengukuran Resin Polyester



Gambar 2 Pengukuran Serat Kulit Jagung



Gambar 3. Cetakan Yang Telah Dilapisi Aluminium

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian kekuatan bending, Tarik dan impact pada serat kulit jagung dengan resin SHCP polyester BQTN 268 telah dilakukan di Lab. Metalurgi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana.

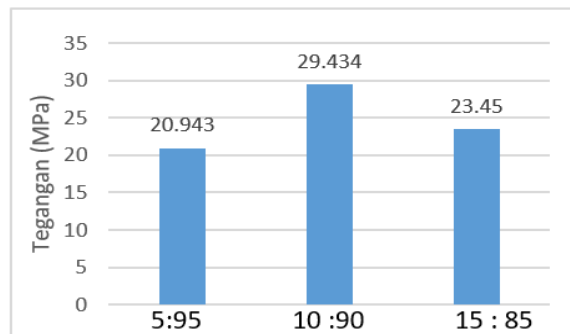
4.1 Pembahasan Hasil Uji Bending

Variasi fraksi berat yang digunakan, pada campuran serat kulit jagung dengan resin SHCP polyester BQTN 268 Adapun penjelasan dari hasil pengujian bending pada campuran serat kulit jagung dengan resin SHCP polyester BQTN 268 adalah sebagai berikut.

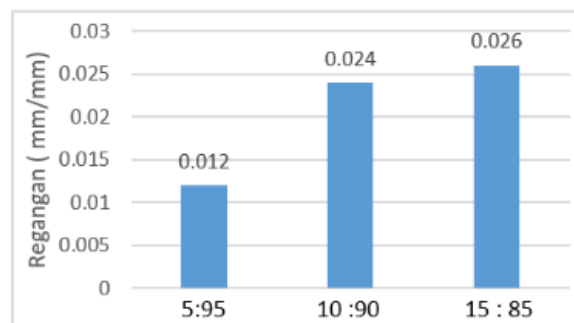
Nilai tegangan dari specimen uji tercatat tegangan bending dengan data variasi fraksi berat

pada spesimen serat kulit jagung dengan resin SHCP Polyester BQTN 268 menunjukkan pada fraksi berat dengan nilai serat 5% memiliki tegangan rata-rata sebesar 20,943 MPa. Spesimen dengan kandungan serat 10% memiliki rata-rata tegangan bending paling tinggi yaitu sebesar 29,434 Mpa. kandungan serat sebesar 15% memiliki nilai tegangan rata-rata sebesar 23,450 Mpa.

Variasi fraksi berat antara serat dan resin sebagai penyusun sangat berpengaruh terhadap nilai tegangan *bending*, dimana semakin besar fraksi berat serat maka tegangan *bending* pun akan semakin tinggi pula, dikarenakan jumlah serat yang tinggi dapat menahan beban *bending* yang besar.

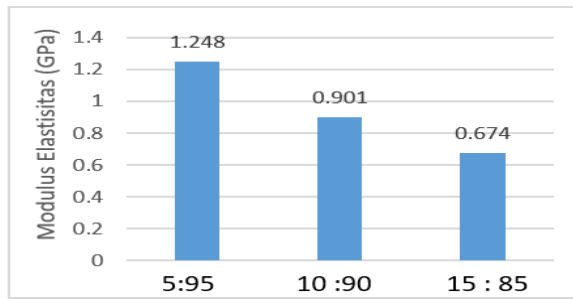


Gambar 4. Diagram Batang Tegangan Bending



Gambar 5. Diagram Batang Regangan Bending

Grafik diatas dapat dilihat hubungan antara variasi fraksi berat pada campuran serat kulit jagung dan resin SHCP polyester BQTN 268 terhadap regangan bending, dimana hasil yang diperoleh pada spesimen variasi fraksi berat serat 15% memiliki nilai regangan rata-rata yang paling tinggi yaitu sebesar 0,026. Spesimen dengan variasi berat serat 10% memiliki regangan rata-rata sebesar 0,024. Sementara nilai regangan paling rendah pada spesimen variasi serat 5% dengan nilai regangan bending sebesar 0,012. Hal ini dapat terjadi akibat jumlah serat yang terlalu banyak dan terlalu sedikit akan memiliki ikatan homogen antar serat dan matriks yang berbeda-beda. Jumlah serat yang terlalu banyak juga mempengaruhi struktur makro maupun mikro dari spesimen, dimana kemungkinan adanya *void* pada spesimen juga semakin tinggi dan akan mempengaruhi nilai defleksi yang bekerja pada spesimen.



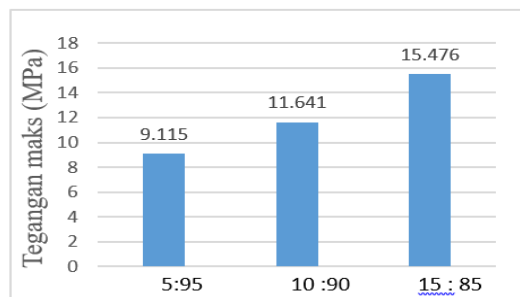
Gambar 6. Diagram Batang Modulus Elastisitas

Pada diagram dapat dilihat hubungan antara variasi fraksi berat pada campuran serat kulit jagung dan resin SHCP polyester BQTN 268 terhadap modulus elastisitas bending, dimana hasil yang diperoleh pada spesimen variasi fraksi berat serat 5% memiliki nilai modulus elastisitas rata-rata yang paling tinggi yaitu 1, 248 GPa. Spesimen dengan variasi berat serat 10% memiliki nilai modulus elastisitas rata-rata sebesar 0,901 GPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas paling rendah ditunjukkan pada spesimen dengan variasi serat 15% dengan nilai modulus elastisitas bending rata-rata sebesar 0,674 GPa.

Hasil pengujian menunjukkan besarnya nilai Modulus Elastis berbanding terbalik dengan besarnya regangan (Elongation). Hal ini menunjukkan jika bahan memiliki nilai modulus elastisitas yang kecil maka bahan akan mengalami regangan yang cukup besar pada saat di uji sampai melewati titik daerah elastik. Ini membuktikan bahwa bahan semakin banyak serat yang diberikan maka spesimen tersebut bersifat lentur. Kemungkinannya pada sisi lain keberadaan pori-pori (void) yang berkurang akan mengurangi kemungkinan akibat retakan awal yang berkembang menjadi perpatahan.

4.2 Pembahasan Hasil Pengujian Tarik

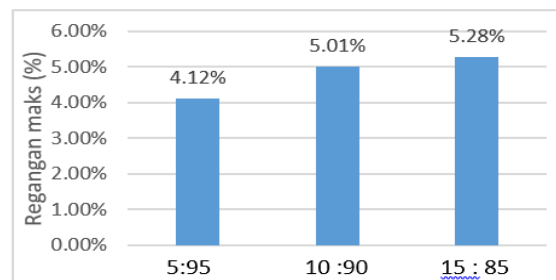
Variasi fraksi berat yang digunakan, pada campuran serat kulit jagung dengan resin SHCP polyester BQTN 268, Adapun penjelasan pada hasil pengujian tarik pada campuran serat kulit jagung dengan resin SHCP polyester BQTN 268 adalah sebagai berikut:



Gambar 7 Grafik Batang Tegangan Maksimum Tarik

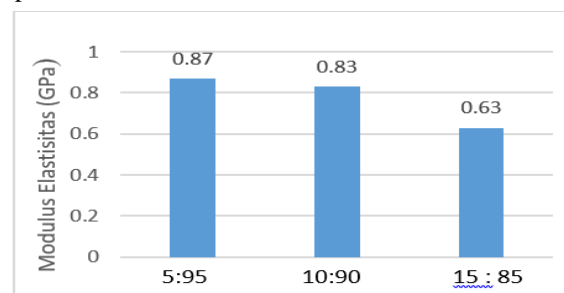
Dari data pengujian tegangan, hasil yang diperoleh pada spesimen dengan variasi berat serat

15% mempunyai nilai tegangan yang paling tinggi yaitu rata-rata sebesar 15,476 MPa. Spesimen dengan variasi serat 10% memiliki nilai rata-rata regangan sebesar 11,641 MPa. Sedangkan nilai regangan yang terendah terbukti pada spesimen dengan variasi berat serat 5% didapat nilai regangan rata-rata bending sebesar 9,511 MPa. Berdasarkan diagram batang di atas dapat dikatakan semakin banyaknya jumlah serat yang ditambah maka tegangan tarik yang dibentuk semakin tinggi. Semakin banyak serat yang digunakan akan lebih kuat untuk menahan beban yang diberikan.



Gambar 8 Diagram Batang Regangan Maksimum

Grafik menunjukkan nilai Regangan yang terendah terdapat di kandungan 5% serat dengan nilai rata-rata regangan sebesar 4,212%. Sedangkan spesimen dengan variasi berat 10% memiliki nilai rata-rata regangan sebesar 5,0116%. Sedangkan nilai regangan yang paling tinggi terdapat di spesimen yang memiliki variasi berat sebesar 15% dengan nilai rata-rata 5,275%. Hal ini disebabkan karena pada spesimen yang memiliki kandungan serat rendah tidak dapat membagi regangan secara maksimal keseluruhan spesimen. Sedangkan spesimen yang diberi serat berlebih dapat menahan beban tarik lebih maksimal dan dapat menambah nilai dari regangan spesimen.



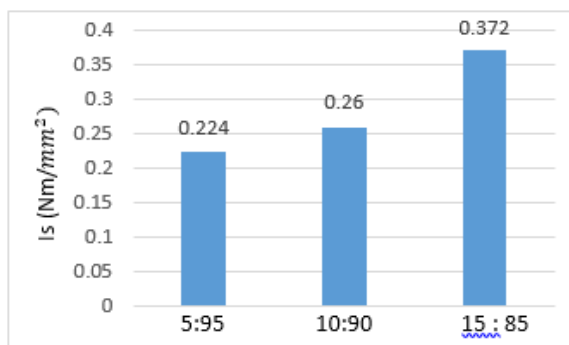
Gambar 9 Diagram batang Modulus Elastisitas

Pada grafik menunjukkan modulus elastisitas dengan variasi serat sebanyak 5% memiliki nilai rata-rata sebesar 0,87 GPa. Spesimen dengan variasi 10% memiliki nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 0,83 GPa. Sedangkan spesimen yang memiliki variasi berat serat sebanyak 15% mempunyai nilai rata-rata modulus elastisitas yang terendah yaitu sebesar 0,63 GPa. Berdasarkan grafik di atas dapat dikatakan bahwa semakin banyaknya jumlah serat maka

tegangan tarik yang dapat dihasilkan semakin tinggi. semakin banyak serat yang digunakan akan lebih kuat untuk menahan beban yang diberikan dikarenakan semakin banyak jumlah serat yang terdistribusi lebih banyak ke bidang serat yang mengakibatkan kekuatan Tarik semakin besar.

Pembahasan Hasil Pengujian Impact

Variasi fraksi berat yang digunakan, pada campuran serat kulit jagung dengan resin polyester SHCP BQTN 268, berpengaruh Energi Serap dan kekuatan impact. Adapun penjelasan dari hasil pengujian:



Gambar 10. Diagram Batang Hasil Uji Impact

Dari pengujian impact serat kulit jagung berpenguat resin polyester SHCP BQTN 268 didapatkan nilai rata-rata pada kandungan 5% serat sebesar 0,224 Nm/mm². Pengujian impact dengan kandungan 10% serat sebesar 0,260 Nm/mm². sedangkan yang terbesar berada pada fraksi berat 15% yaitu sebesar 0,372 Nm/mm². Hasil ini menunjukkan bahwa kekuatan impak maksimal pada variasi fraksi berat diangka 15%. Penambahan jumlah serat menyebabkan peningkatan ketahanan komposit terhadap beban kejut pendulum. Hal ini sesuai dengan teori dasar komposit yaitu serat berfungsi sebagai penguat. Selama matrik mengikat serat dengan maksimal, semakin besar kandungan serat maka semakin besar pula kekuatan dari kompositnya. Ketika serat terputus karena beban kejut, matrik akan meneruskan beban dari ujung serat yang putus ke serat lain yang belum putus.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dari penelitian yang didapat terhadap pengaruh variasi fraksi berat pada serat kulit jagung dengan resin SHCP polyester BQTN 268 terhadap karakteristik kekuatan bending, tarik, dan impact dapat disimpulkan sebagai bahwa :

1. Hasil pengujian bending membuktikan spesimen serat kulit jagung dengan resin SHCP Polyester BQTN 268 variasi fraksi berat memiliki nilai kekuatan bending. Ditunjukkan pada nilai tegangan rata-rata bending terbesar 29,434 MPa , nilai regangan rata-rata bending terbesar 0,026,

dan nilai dari modulus elastisitas rata-rata terbesar 1,248 GPa.

2. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa spesimen serat kulit jagung dengan resin SHCP Polyester BQTN 268 variasi fraksi berat memiliki nilai kekuatan tarik. Dimana nilai tegangan rata-rata bending terbesar 15,476 MPa , nilai regangan rata-rata bending terbesar 5,275%, dan nilai modulus elastisitas rata-rata terbesar 0,55 GPa.
3. Hasil pengujian impact menunjukkan bahwa spesimen serat kulit jagung dengan resin SHCP Polyester BQTN 268 variasi fraksi berat memiliki nilai kekuatan Impact. Dimana nilai kekuatan Impact rata-rata terbesar 0,372 Nm/mm² dengan kandungan 15% serat kulit jagung.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, terdapat saran yang dapat diberikan agar dapat menjadi pedoman pada penelitian berikutnya, yaitu:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaplikasian specimen serat kulit jagung dan resin SHCP polyester BQTN 268 terhadap penambahan jumlah variasi persentase agar didapatkan hasil penelitian pembandingan dan nilai kekuatan yang lebih maksimal.

Daftar pustaka

- [1] Gibson, Ronald F., 1994, *Principles of Composite Material Mechanics*, New York : Mc Graw Hill, INC
- [2] Faesal, 2013, *Pengolahan limbah tanaman jagung untuk pakan ternak sapi potong*. Prosiding seminar nasional inovasi teknologi pertanian, Jakarta.
- [3] Surdia, T, Saito, S., 1992, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Ke-3, Prandya Paramita, Jakarta.
- [4] Schwartz, M.M., 1984, *Composite Materials Handbook*, New York : Mc Graw Hill, INC
- [5] Pradana, A.W, Sumarji, Dwi D., 2014, *Pengaruh Variasi Panjang Serat dan Variasi Fraksi Volume terhadap Kekuatan Mekanik Material Komposit Polyester dengan Penguat Serat Daun Nanas*. Jurnal: Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa, Universitas Jember, Jember.
- [6] Huda, S.N., 2008, *Composites from Chicken Feather and Cornhusk-Preparation and Characterization*. University of Nebraska, Nebraska



Rizky Fajar menyelesaikan studi S1 dan meraih gelar sarjana teknik di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2020. Konsentrasi penelitian yang digemari adalah karakteristik komposit dengan berbagai manfaat, bentuk dan pengaplikasiannya