

Analisis Uji Tarik dan *Bending* Komposit *Hybrid* Serat Nanas dan *Glasswool* Dengan Matriks *Polyester*

Rizki Hidayat, Muhammad*, Nurul Islami, Reza Putra, Abdul Rahman

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Bukit Indah, Lhokseumawe, 24352, Indonesia

*Corresponding Author: muhammad.tm@unimal.ac.id

Abstract – One of the fibers that can be used as a filler in composite products is pineapple fiber and glasswool which are very easy to obtain and environmentally friendly. The aim of this research is to analyze the highest tensile and bending strength in each variation. Test specimens were made using the hand lay up method with tensile testing using ASTM D638-02 and bending ASTM D90. The most optimal tensile strength test results were found in the volume fraction (SN 40% : GW 20%) with an average value of $\sigma = 37.11$ MPa for a yield strength of 29.87 MPa and a tensile strain of $\epsilon = 6.49\%$ in the variation (SN 30% : 30% GW) the average value is $\sigma = 24.48$ MPa for a yield strength of 18.38 MPa and strain of $\epsilon = 6.74\%$, variation (SN 10% : GW 50%) The average tensile strength is $\sigma = 17.05$ MPa with a yield strength of 13.89 MPa and strain increases by $\epsilon = 829\%$. The highest bending test results were found in the variation (SN 40% : GW 20%) with an average bending strength of 115.79 MPa. The yield strength was 5.23 MPa. For the variation (SN 30% : GW 30%) the bending strength was obtained. of 90.19 MPa with a yield strength of 5.23 MPa and variations (SN 10% : 50% GW) obtained a bending strength of 68.13 MPa with a yield strength of 3.11 MPa. The best mixing occurred in specimens with a composition of 40% pineapple fiber and 20% glasswool. The type of fracture that occurs is brittle.

Abstrak – Salah satu serat yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi pada produk komposit yaitu serat nanas dan *glasswool* yang sangat mudah didapatkan serta ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kekuatan tarik dan bending yang tertinggi pada setiap variasinya. Spesimen uji dibuat menggunakan metode *hand lay up* dengan pengujian tarik menggunakan ASTM D638-02 dan *bending* ASTM D90. Hasil pengujian kekuatan tarik yang paling optimal terdapat pada fraksi volume (SN 40% : GW 20%) dengan nilai rata-rata sebesar $\sigma = 37,11$ MPa untuk kekuatan luluh sebesar 29,87 MPa dan regangan tarik sebesar $\epsilon = 6,49\%$ pada variasi (SN 30% : 30% GW) nilai rata-rata sebesar $\sigma = 24,48$ MPa untuk kekuatan luluh sebesar 18,38 MPa dan regangan sebesar $\epsilon = 6,74\%$, variasi (SN 10% : GW 50%) rata-rata kekuatan tarik sebesar $\sigma = 17,05$ MPa dengan kekuatan luluh sebesar 13,89 MPa dan regangan meningkat sebesar $\epsilon = 829\%$. Hasil pengujian bending tertinggi terdapat pada variasi (SN 40% : GW 20%) dengan rata-rata kekuatan bending sebesar 115,79 MPa untuk kekuatan luluh didapatkan sebesar 5,23 MPa untuk variasi (SN 30% :GW 30%) didapatkan kekuatan bending sebesar 90,19 MPa dengan kekuatan luluh 5,23 MPa dan variasi (SN 10% : 50% GW) didapatkan kekuatan bending sebesar 68,13 MPa dengan kekuatan luluh 3,11 MPa. Pencampuran yang terbaik terjadi pada spesimen dengan komposisi 40% serat nanas dan 20% *glasswool*. Jenis patahan yang terjadi berupa getas.

Keywords: Serat Nanas, *Glasswool*, Fraksi Volume, Uji Tarik dan *Bending*.

1 Pendahuluan

Indonesia, salah satu negara dengan sumber daya alam yang melimpah, masih belum

memanfaatkan sumber daya alam dan serat nabatinya secara maksimal. Contohnya seperti serat yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi

pada produk komposit. Dua komponen sering dimasukkan dalam material komposit. Secara khusus serat (filler) berfungsi sebagai bahan pengisi dan matriks sebagai bahan pengikat serat. Selain itu, dua atau lebih komponen logam, organik, atau anorganik juga dapat digabungkan untuk membuat komposit.

Komposit merupakan salah satu material yang dibentuk dari campuran dua atau lebih material sebagai bahan dasarnya, dimana sifat mekanik dari material yang digunakan tidak sama. Dikarenakan karakteristik pembentuknya yang tidak serupa, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai karakteristik dari sifat mekanik yang berbeda dari material pembuatannya. Pada umumnya ada banyak serat yang digunakan sebagai penguat pada material komposit yaitu serat yang dibuat melalui proses kimia seperti serat kaca dan serat karbon, namun ada juga serat yang berasal dari serat alami yaitu salah satunya yang biasa digunakan dan mudah didapatkan adalah serat daun nanas.

Nanas (*Ananas Comusus*) merupakan salah satu tanaman unggulan di Indonesia. Produksi tanaman nanas di Indonesia mengalami kenaikan setiap tahunnya. Oleh karena itu, untuk meningkatkan nilai jual nanas perlu pemanfaatan daun nanas untuk dijadikan serat sebagai bahan penguat komposit yang ramah lingkungan. Pada penelitian (Hadi,2016) melakukan penelitian tentang penggunaan serat daun nanas sebagai substitusi material pembuatan kulit kapal. Hasil penelitian didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi dengan rata-rata 34,8 MPa dan rata-rata modulus elastisitasnya sebesar 6088.16 MPa pada serat dengan arah sudut 45° sedangkan nilai uji *bending* tertinggi dengan rata-rata nilai sebesar 144,08 MPa. pada sudut 22.50° dan nilai uji *impact* tertinggi sebesar rata-rata nilai sebesar 0.0375 joule/mm² pada serat dengan sudut 45°.

Karena serat daun nanas mempunyai kekuatan uji tarik dan dampak yang tinggi, dapat disimpulkan dari pemaparan penelitian di atas bahwa komposisi komposit ini dapat dibuat dari berbagai bahan terbarukan contohnya seperti Pengolahan limbah perkebunan nanas yang produk olahannya belum dimanfaatkan dan dari segi ekonomi belum tercipta dapat memanfaatkan pemanfaatan serat daun nanas sebagai bahan penguat komposit.

Glasswool adalah salah satu jenis bahan isolasi yang terbuat dari serat kaca yang dihasilkan

melalui proses pelelehan pada suhu tinggi dan kemudian ditiup atau ditarik menjadi serat-serat halus.. *Glasswool* terdiri dari serat kaca yang saling terjalin membentuk lapisan yang padat namun tetap ringan. Karena kualitas elastisitasnya, bahan ini mudah dipasang pada permukaan apa pun dan beradaptasi dengan baik pada berbagai bentuk permukaan. Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, penulis akan meneliti tentang kombinasi antara serat nanas dan *glasswool* menjadi satu material yang baru dengan pengujian Tarik dan *Bending* pada variasi fraksi volume yang berbeda-beda.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Landasan Teori

Di dunia sekarang ini, sektor industri mulai lebih sering menggunakan material komposit. Memanfaatkan material komposit yang dapat didaur ulang dan bermanfaat secara ekologis memerlukan teknologi terkini. Salah satu komposit yang kini banyak bermunculan di dunia industri adalah komposit yang mengandung bahan pengisi berupa serat alam atau sintetis. Material komposit, yang dibuat dari beragam kombinasi kualitas atau campuran serat dan matriks, pada dasarnya adalah kombinasi dua atau lebih material terpisah menjadi satu kesatuan kecil. Karena kekuatan dan kekakuannya yang jauh lebih tinggi dibandingkan material teknik secara keseluruhan, material komposit yang diperkuat serat banyak digunakan dalam bidang teknik (Wiratama,2014)

Perpaduan unsur-unsur luar biasa dari masing-masing komponen penyusunnya menjadikan bahan ini keunggulannya. Bahan-bahan ini digabungkan untuk mengungkapkan kualitas perantara dari bagian-bagian komponennya. Hal ini diantisipasi bahwa kualitas bahan gabungan akan menyeimbangkan kekurangan dari bagian-bagian komponennya (Gibson, 1994).

2.2 Teori dasar

Komposit adalah salah satu jenis material yang ada saat ini disamping material lainnya seperti logam, polimer dan keramik. Material komposit merupakan 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. Spesifikasi material penguat harus mampu mempertahankan atau meningkatkan kualitas matriks saat membuat material komposit.

Bahan penguat diberikan dalam bentuk serat sintetis atau alami untuk meningkatkan kekuatan mekanik. Serat, benang, dan butiran sering digunakan sebagai penguat polimer, baik termoplastik maupun termoset. Posisi dan penguatan mempunyai peranan penting dalam menentukan karakteristik mekanik komposit. Di lain pihak, resin memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan cuaca dan untuk menambah kekuatannya maka perlu diberi bahan penguat. Perbandingan antara resin dan penguat merupakan faktor yang sangat penting untuk menentukan sifat struktur komposit.

Sifat material komposit secara umum adalah memiliki ikatan yang bervariasi dengan struktur mikro berupa matriks dan penguat. Keunggulan material ini adalah kuat, kaku, dan beratnya ringan, namun 'kelemahannya' pada harga mahal dan mengalami *delamination*.

2.3 Potensi Bahan Baku Serat

Dua kategori utama serat adalah serat alami dan serat sintetis. Serat alami seperti katun, wol, dan sutera adalah yang paling umum, sedangkan serat sintetis meliputi nilon, rayon, poliester, dan akrilik. Setiap serat sintetis terbuat dari rantai polimer, dan karena sebagian besar polimer kristalin, karakteristik kimia serat sintetis ditentukan oleh struktur rantai polimer. Serat mempunyai bentuk tipis dan panjang.

Tanaman kulit pohon antara lain rami, kenaf, rami, rosella, dan rami, yang semuanya menghasilkan serat. Serat buah seperti kapas, kelapa, dan minyak sawit juga dapat digunakan untuk membuat serat alami. Selain itu, serat daun dari tumbuhan seperti sisal, nanas, dan pandan dapat digunakan untuk membuat serat alami. Keuntungan mendasar dari penggunaan serat alami dibandingkan serat sintetis adalah serat alami dapat terurai secara hayati, yang berarti serat tersebut dapat terurai oleh lingkungan. Keunggulan tersebut yang mendorong peneliti untuk senantiasa meneliti dan mengembangkan pemanfaatan serat alam di berbagai sektor aplikasi.

2.4 Natrium Hidroksida (NaOH)

Larutan NaOH sangat basa dan biasanya digunakan untuk reaksi dengan asam lemah, dimana asam lemah seperti natrium karbamat tidak aktif. NaOH tidak bisa terbakar meskipun reaksinya dengan metal amfoter seperti aluminium, timah,

seng menghasilkan gas nitrogen yang bisa menimbulkan ledakan. Pada penelitian ini NaOH digunakan untuk menghilangkan sisah kotoran pada serat setelah di ekstraksi.

2.5 Tahapan Proses Pembuatan Komposit

Terdapat beberapa tahap dalam proses pembuatan material komposit secara umum, yaitu sebagai berikut :

1. Persiapan Serat

Serat menerima perlakuan awal dalam bentuk perlakuan basa atau disebut (perlakuan alkali) sebelum dicetak. Tujuan perlakuan alkali yaitu menghilangkan zat-zat *hemi selulosa*, *lignin* dan *waxes*. Zat-zat tersebut perlu dihilangkan dari permukaan serat karena dapat mengurangi kekuatan serat daun nanas dan mengurangi daya ikat serat dengan matriks.

2. Pencetakan Komposit

Untuk proses pencetakan ini terdapat beberapa metode dalam pemilihannya untuk membuat komposit berdasarkan kebutuhannya yaitu :

1. *Autoclave*
 2. *Compression Molding*
 3. *Pultrusion*
 4. *Reinforced Reaction Injection Molding (RRIM)*
 5. *Thermoplastic Molding*
 6. *Resin Transfer Molding (RTM)*
 7. *Structural Reaction Injection Molding (SRIM)*
- #### 3. *Post-Curing*

Proses *post-curing* dilakukan terhadap spesimen uji dilakukan prosedur pasca perawatan menggunakan tungku. Ini dilakukan agar meningkatkan kekuatan interface komposit.

2.6 Metode Pembuatan Komposit

Pembuatan komposit memerlukan penggunaan cetakan yang harus halus dan bebas dari serpihan. Kaca, logam, dan kayu semuanya dapat dimanfaatkan sebagai bahan cetakan.

1. *Hand Lay Up*

Teknik ini melibatkan penuangan resin yang dikombinasikan dengan bahan pengisi ke dalam cetakan, yang merupakan proses secara manual.. Setelah itu menggunakan *roller* untuk meratakan hasilnya dan juga bertujuan agar tidak ada udara yang terjebak (void) di dalam cetakan sehingga hasilnya nanti bisa lebih padat.

Pada Penelitian ini digunakan metode pencetakan terbuka jenis *Hand Lay-Up* dengan cara manual Prosedur ini dilakukan dengan perkakas tangan pada suhu kamar. Serat-serat bahan komposit disusun sedemikian rupa sehingga sesuai

dengan bentuk cetakan atau mandril, kemudian resin dimasukkan sebagai pengikat antar setiap lapisan serat. Ada dua cara aplikasi resin yaitu:

- Aplikasi Resin Manual: Aplikasi tangan digunakan untuk mengaplikasikan resin ke serat.
- Aplikasi Resin Mekanis: Metode ini secara terus-menerus mengaplikasikan resin ke serat dengan bantuan mesin.

2.7 Uji Tarik (Tensile Test)

Uji tarik adalah suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui keuletan dan ketangguhan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta pertambahan panjang yang dialami oleh bahan tersebut. Pada uji tarik (Tensile Test) kedua ujung benda uji dijepit, salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat penegang. Terdapat beberapa pengaruh terhadap kekuatan tarik komposit antara lain :

- Temperatur

Apabila temperatur naik, maka kekuatan tariknya akan turun.

- Kelembaban

Peningkatan penyerapan air di bawah pengaruh kelembaban akan meningkatkan regangan patah sekaligus menurunkan tegangan patah dan modulus elastisitas.

- Laju tegangan

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya

rendah. Sedangkan jika laju tegangannya tinggi, maka regangannya turun sedangkan beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat.

Pengujian tarik bertujuan untuk mendapatkan nilai *load* dan *elongation* yang berguna dalam proses perhitungan kekuatan tarik komposit. Selain itu, pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kegagalan makro yang terjadi pada spesimen.

Hubungan antara tegangan dan regangan pada beban tarik ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Catatan :

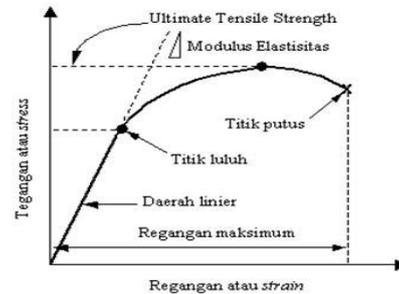
P = Beban (N)

A = Luas penampang (mm^2)

σ = Tegangan (MPa)

Pengujian tegangan dapat digunakan untuk mengetahui sifat mekanik material yang sangat

diperlukan dalam dunia teknik. Dalam pengujian tarik, spesimen uji terdeformasi, biasanya sampai patah dengan peningkatan bertingkat gaya tarikan yang dibebankan secara *uniaxial* pada kedua sumbu spesimen. Diagram tegangan dan regangan dapat kita lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Tegangan dan regangan

Besarnya regangan adalah perbandingan pertambahan panjang yang disebabkan oleh pembebanan terhadap panjang daerah pengukuran (Panjang Pengukur). Angka regangan ini mewakili regangan proporsional yang dihasilkan garis tersebut. Sebanding dengan grafik tegangan hasil uji tarik komposit.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} \quad (2)$$

Dimana :

ε = Regangan (mm/mm)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

l_0 = Panjang daerah ukur (gauge length), (mm)

Pada daerah proporsional yaitu daerah dimana tegangan regangan yang terjadi masih sebanding, defleksi yang terjadi masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum *Hooke*.

2.8 Pengujian Lengkung (Bending)



Gambar 2. Proses Pengujian Bending

Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu material dapat dilakukan dengan pengujian *bending* terhadap material komposit tersebut. Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat

pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat Pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan *bending* pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan *bending* pada sisi bagian bawah. Pengujian dilakukan *three point bending* yang dapat kita lihat pada Gambar 2.

Sehingga kekuatan *bending* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{PL/4 \times 1/2d}{bx d^1/12} \quad (3)$$

$$\sigma_b = \frac{12PLD}{8bd^3}$$

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Pada perhitungan kekuatan *Bending* ini, digunakan persamaan yang ada pada standar ASTM D790, sama seperti pada persamaan di atas, yaitu:

$$S = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (4)$$

Dimana :

S = Tegangan *Bending* (MPa)

P = Beban /Load (N)

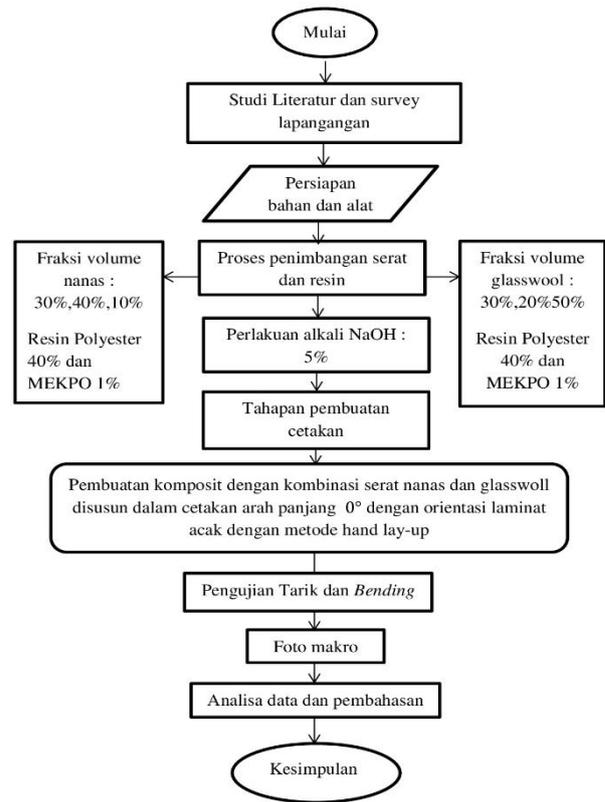
L = Panjang *Span* / Support span(mm)

b = Lebar/ Width (mm)

d = Tebal / Depth (mm)

3. Metode Penelitian

Adapun alur penelitian dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Flowchart

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan setelah proses pembuatan komposit *hybrid* (serat nanas dan *glasswool*) dengan resin *Polyester BQTN 157 EX*, guna untuk mengetahui besarnya kekuatan komposit dengan fraksi volume yang berbeda pada komposit *hybrid*. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* di laboratorium Teknik Mesin Universitas Malikussaleh. Berikut merupakan hasil pengujian spesimen tarik yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Variasi 1 (40% + 20%)



Variasi 2 (30% + 30%)



Variasi 3 (10% + 50%)



Gambar 4. Hasil Pengujian Tarik

4.1.1 Data Hasil Pengujian Tarik

Berdasarkan hasil pengujian tarik yang telah dilakukan menggunakan standart (ASTM D638-02) pada komposit *hybrid* dengan variasi fraksi volume serat nanas (40%, 30%, 10%) dan *glasswool* (20%, 30%, 50%). Berikut hasil data pengujian tarik ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik Fraksi Volume(30%:30%)

| Spesimen | Area (mm ²) | Maks Force (kgf) | Yield strength | | Tensile Strength | | Elongation (%) |
|-----------|----------------------------|------------------------|-------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|
| | | | kgf | MPa | kgf | MPa | |
| 1 | 95 | 227,00 | 1,97 | 19,31 | 2,39 | 23,43 | 8,01 |
| 2 | 95 | 216,00 | 1,89 | 18,53 | 2,27 | 22,26 | 4,76 |
| 3 | 95 | 209,00 | 1,84 | 18,04 | 3,17 | 31,08 | 7,44 |
| 4 | 95 | 205,00 | 1,80 | 17,65 | 2,16 | 21,18 | 6,76 |
| Rata-rata | 95 | 214,25 | 1,87 | 18,38 | 2,49 | 24,48 | 6,74 |

Dari hasil pengujian tarik yang telah dilakukan terhadap 4 spesimen uji tarik dengan fraksi volume (30% serat nanas+30% *glasswool*). Kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen uji nomor 4 dengan nilai 21,18 MPa dengan kekuatan luluh 19,31 MPa. Sedangkan untuk kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen uji nomor 3 dengan nilai 31,08 MPa dengan kekuatan luluh 18,04 MPa. Kekuatan tarik rata-rata dengan nilai 24,48 MPa dan nilai kekuatan luluh rata-rata yaitu 18,38 MPa. . Berikut hasil uji untuk spesimen fraksi volume (50%+10%) dapat kita lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Tarik Fraksi Volume
(10% :50%)

| Spesimen | Area (mm ²) | Maks Force (kgf) | Yield strength | | Tensile Strength | | Elongation (%) |
|-----------|----------------------------|------------------------|-------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|
| | | | kgf | MPa | kgf | MPa | |
| 1 | 95 | 187,00 | 1,59 | 15,59 | 1,97 | 19,31 | 5,76 |
| 2 | 95 | 185,00 | 1,59 | 15,59 | 1,95 | 19,12 | 9,75 |
| 3 | 95 | 167,00 | 1,43 | 14,02 | 1,76 | 17,25 | 5,85 |
| 4 | 95 | 122,00 | 1,06 | 10,39 | 1,28 | 12,55 | 11,80 |
| Rata-rata | 95 | 165,25 | 1,41 | 13,89 | 1,74 | 17,05 | 8,29 |

Dari hasil pengujian tarik yang telah dilakukan terhadap empat spesimen uji dengan fraksi volume (50% *glasswool*+10% serat nanas) kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen uji yang pertama dengan nilai 19,31 MPa dengan kekuatan luluh 15,59 MPa. Sedangkan untuk kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen uji 4 yaitu dengan nilai 12,55 MPa dengan kekuatan luluh 10,39 MPa. Kekuatan tarik rata-rata didapatkan yaitu dengan nilai 17,05 MPa dengan kekuatan luluh rata-rata 13,89 MPa. Berikut hasil uji tarik variasi ketiga dengan fraksi volume (40%+20%) dapat kita lihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tarik Fraksi Volume
(40% : 20%)

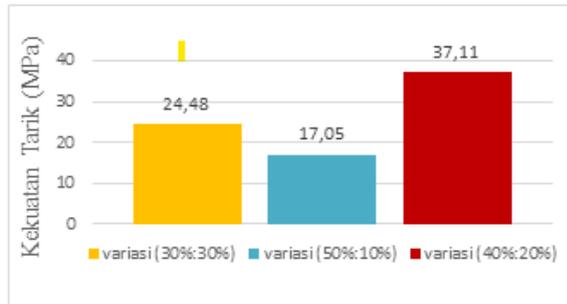
| Spesimen | Area (mm ²) | Maks Force (kgf) | Yield Strength | | Tensile Strength | | Elongation (%) |
|-----------|----------------------------|------------------------|-------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|
| | | | kgf | MPa | kgf | MPa | |
| 1 | 95 | 380,00 | 3,22 | 31,57 | 4,00 | 39,22 | 4,94 |
| 2 | 95 | 366,00 | 3,11 | 30,49 | 3,85 | 37,75 | 7,90 |
| 3 | 95 | 391,00 | 3,32 | 32,55 | 4,12 | 40,40 | 7,23 |
| 4 | 95 | 301,00 | 2,54 | 24,90 | 3,17 | 31,08 | 5,90 |
| Rata-rata | 95 | 359,5 | 3,04 | 29,87 | 3,78 | 37,11 | 6,49 |

Berdasarkan hasil pengujian tarik yang telah dilakukan terhadap 4 spesimen uji dengan fraksi volume (40% serat nanas + 20% *glasswool*) didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada spesimen uji 3 yaitu 40,40 MPa dengan kekuatan luluh 32,55 MPa sedangkan untuk kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen uji 4 yaitu dengan nilai 31,08 MPa dan kekuatan luluh 24,90 MPa. Untuk kekuatan tarik rata-rata didapatkan yaitu dengan nilai 37,11 MPa dan nilai kekuatan luluh rata-rata yaitu 29,87 MPa. Berdasarkan hasil analisis data yang didapatkan dari Tabel 4.1, 4,2 dan 4,3 diketahui semakin banyak serat di dalam spesimen dari pada *glasswool* maka semakin kuat pula spesimen dan kekuatan tariknya semakin besar sedangkan untuk spesimen yang banyak *glasswool* sedikit serta ditambah dengan campuran serat yang sedikit kekuatan tarik dari spesimen tersebut

menurun akan tetapi nilai *elongation* lebih tinggi dari yang banyak serat.

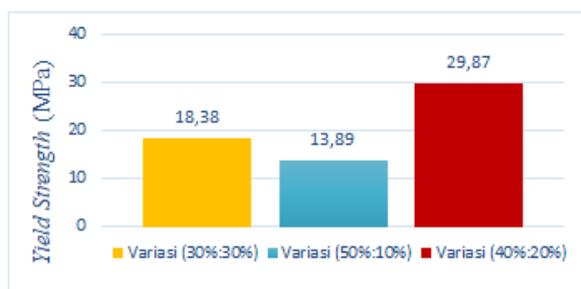
4.1.2 Perbandingan Nilai Kekuatan Tarik Pada Variasi Fraksi Volume

Untuk melihat perbandingan nilai rata-rata kekuatan tarik antara fraksi volume serat nanas dan *glaswool* dengan optimasi fraksi volume (30% serat nanas+30% *glaswool*), (50% *glaswool*+10% serat nanas) dan (40% serat nanas+20% *glaswool*) dapat kita lihat pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram Rata-rata Kekuatan Tarik

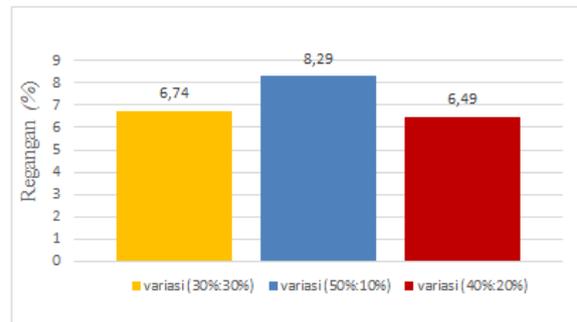
Berdasarkan Gambar 5. dapat kita lihat bahwa nilai rata-rata kekuatan tarik dari 3 variasi persentase antara serat nanas dan *glaswool*. Pada variasi (30% serat nanas+30% *glaswool*) memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik yaitu 24,48 MPa sedangkan untuk variasi persentase (50% *glaswool*+10% serat nanas) memiliki nilai rata-rata 17,05 MPa dan untuk variasi persentase (40% serat nanas+20% *glaswool*) mendapatkan nilai kekuatan tarik rata-rata yaitu 37,11 MPa. Untuk perbandingan diagram kekuatan luluh (40%+20%, 50%+10%, 30%+30%) diperlihatkan pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram Rata-rata Kekuatan Luluh

Berdasarkan Gambar 6. dapat kita lihat bahwa nilai rata-rata kekuatan luluh dari 3 variasi persentase antara serat nanas dan *glaswool*. Pada variasi (30%+30%) memiliki nilai rata-rata kekuatan luluh yaitu 18,38 MPa. Sedangkan untuk variasi (50%+10%) memiliki nilai rata-rata kekuatan luluh yaitu 13,89 MPa, dan untuk variasi ketiga dengan

persentase (40%+20%) mendapatkan nilai rata-rata kekuatan luluh yaitu 29,87 MPa. Pengaruh perbedaan regangan dan kekuatan tarik dapat disebabkan oleh faktor jumlah dari fraksi volume dan kemampuan perekat dari matrix. Berikut untuk melihat perbandingan diagram regangan tarik (*elongation*) dari 3 variasi persentase serat nanas dan *glaswool* (40%+20%, 50%+10%, 30%+30%) diperlihatkan pada gambar 7.



Gambar 7. Diagram Regangan

Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada spesimen komposit *hybrid* (serat nanas dan *glaswool*) dengan nilai fraksi volume (30%+30%, 50%+10%, 40%+20%) menunjukkan kenaikan berdasarkan nilai dari fraksi volume serat. Seperti pada Gambar 4.4 dapat kita lihat bahwa nilai rata-rata pada fraksi volume (40%+20%) dengan besar regangan 6,49%, lebih rendah dibandingkan fraksi volume (30%+30%) yaitu dengan nilai sebesar 6,74%. Sedangkan untuk nilai rata-rata fraksi volume (50+10%) besar regangan yaitu 8,29% yang lebih tinggi dari pada 2 variasi yang sebelumnya.

4.2 Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* dapat dilakukan setelah proses pembuatan spesimen komposit *hybrid* (serat nanas dan *glaswool*) dengan matriks resin *Polyester BQTN 157 EX* telah selesai, berguna untuk mengetahui seberapa besar kekuatan komposit dengan variasi fraksi volume yaitu (30% serat nanas+30% *glaswool*), (50% *glaswool*+10% serat nanas), dan (40% serat nanas+20% *glaswool*). Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Malikussaleh. Untuk spesimen yang akan di uji dapat kita lihat pada gambar 8.



Gambar 8. Spesimen Uji Bending

4.2.1 Hasil Data Pengujian Bending

Berdasarkan hasil pengujian *bending* yang telah dilakukan menggunakan standart (ASTM D790) pada komposit *hybrid* dengan variasi fraksi volume serat nanas (40%, 30%, 10%) dan *glaswool* (20%, 30%, 50%). Berikut hasil data pengujian tarik ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Bending Variasi 1 (50%:10%)

| Spesimen | Area (mm ²) | Max force (kgf) | Max force (N) | Yield Strength | | Bending strength MPa | Elongation (%) |
|-----------|-------------------------|-----------------|---------------|----------------|------|----------------------|----------------|
| | | | | Kgf | MPa | | |
| 1 | 200 | 83,00 | 813,95 | 0,34 | 3,33 | 73,25 | 6,04 |
| 2 | 200 | 113,00 | 1108,15 | 0,46 | 4,51 | 99,73 | 6,00 |
| 3 | 200 | 69,00 | 676,65 | 0,29 | 2,84 | 60,89 | 4,98 |
| 4 | 200 | 75,00 | 735,49 | 0,30 | 2,94 | 66,19 | 4,07 |
| 5 | 200 | 46,00 | 451,10 | 0,20 | 1,96 | 40,59 | 4,55 |
| Rata-rata | 200 | 77,2 | 757,06 | 0,31 | 3,11 | 68,13 | 5,12 |

Hasil pada Tabel 4. mendapatkan nilai beban dan kekuatan *Bending* untuk masing-masing spesimen uji adalah sebagai berikut :

1. Spesimen uji 1 memiliki beban 813,95 N dan nilai kekuatan *bending* yang didapat yaitu 73,25 MPa.
2. Spesimen uji 2 memiliki beban 1108,15 N dan memiliki kekuatan *bending* didapat yaitu 99,73 MPa yang merupakan nilai tertinggi diantara empat spesimen uji.
3. Spesimen uji 5 memiliki beban 451,10 N dan memiliki kekuatan *bending* didapat yaitu 40,59 MPa yang merupakan nilai terendah dari ke empat spesimen uji yang lain.

Untuk hasil data pengujian bending variasi 2 dapat kita lihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Bending Variasi 2 (40%:20%)

| Spesimen | Area (mm ²) | Max force (kgf) | Max force (N) | Yield Strength | | Bending strength MPa | Elongation (%) |
|-----------|-------------------------|-----------------|---------------|----------------|------|----------------------|----------------|
| | | | | Kgf | MPa | | |
| 1 | 200 | 76,00 | 745,30 | 0,31 | 3,04 | 67,07 | 12,42 |
| 2 | 200 | 59,00 | 578,59 | 0,25 | 2,45 | 52,07 | 6,65 |
| 3 | 200 | 116,00 | 1137,57 | 0,47 | 4,60 | 102,38 | 7,54 |
| 4 | 200 | 201,00 | 1971,13 | 0,81 | 7,94 | 177,40 | 5,14 |
| 5 | 200 | 204,00 | 2000,55 | 0,83 | 8,13 | 180,04 | 9,92 |
| Rata-rata | 200 | 131,2 | 1286,62 | 0,53 | 5,23 | 115,79 | 8,33 |

Dari hasil pengujian yang didapatkan pada Tabel 4.5 mendapatkan nilai beban dan kekuatan bending untuk masing-masing spesimen uji dengan fraksi volume (40%+20%). Nilai tertinggi kekuatan *bending* terdapat pada spesimen 5 yaitu dengan nilai 180,04 MPa dan beban maksimum yang digunakan yaitu 204 kgf atau dijadikan ke Newton yaitu 2000,55. Sedangkan untuk nilai kekuatan *bending* terendah terdapat pada spesimen uji 2 dengan nilai 52,07 MPa dan beban maksimum yang digunakan yaitu 578,59 N. dari hasil tersebut dapat kita pahami bahwasannya spesimen uji 5 memiliki ketangguhan yang lebih tinggi dari pada spesimen ke 2, karena spesimen uji 5 mampu menahan beban yang lebih besar sebelum patah. Berikut hasil dari uji bending untuk spesimen variasi volume (30% serat nanas+30% *glaswool*) ditunjukkan pada Tabel 6.

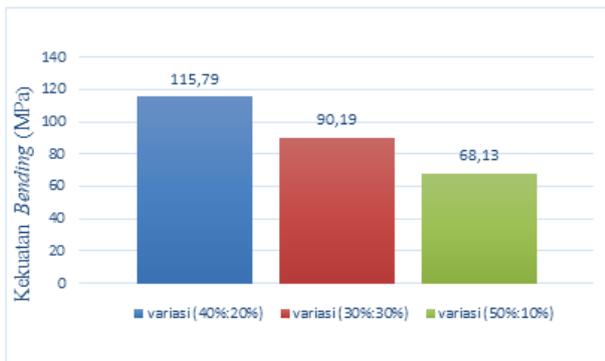
Tabel 6. Hasil Pengujian Bending Variasi 3 (30%:30%)

| Spesimen | Area (mm ²) | Max force (kgf) | Max force (N) | Yield Strength | | Bending Strength MPa | Elongation (%) |
|-----------|-------------------------|-----------------|---------------|----------------|------|----------------------|----------------|
| | | | | Kgf | MPa | | |
| 1 | 200 | 140,00 | 1372,93 | 0,56 | 5,49 | 123,56 | 5,89 |
| 2 | 200 | 108,00 | 1059,11 | 0,45 | 4,41 | 95,31 | 4,04 |
| 3 | 200 | 80,00 | 784,53 | 0,34 | 3,33 | 70,60 | 6,03 |
| 4 | 200 | 90,00 | 882,59 | 0,37 | 3,62 | 79,43 | 6,87 |
| 5 | 200 | 93,00 | 912,01 | 0,38 | 3,72 | 82,08 | 6,56 |
| Rata-rata | 200 | 102,2 | 1002,23 | 0,42 | 4,11 | 90,19 | 5,87 |

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6. diketahui bahwa spesimen uji 1 memiliki beban 1372,93 N dan kekuatan *Bending* 123,56 MPa yang merupakan nilai tertinggi diantara empat spesimen yang lain. Sedangkan untuk kekuatan *bending* terendah terdapat pada spesimen uji 3 yaitu dengan nilai *bending* 70,60 MPa dengan beban maksimum yang digunakan yaitu 784,53 N.

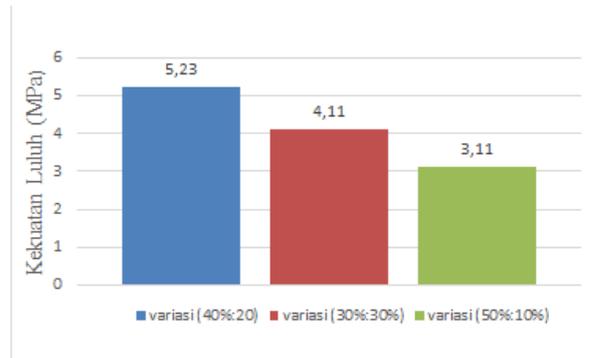
4.2.1 Perbandingan Nilai Kekuatan Bending Terhadap Variasi Fraksi Volume

Untuk melihat diagram perbandingan nilai rata-rata kekuatan *Bending* antara variasi fraksi volume (40%+20%), (30%+30%), (50%+10%) serat nanas dan *glaswool* ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Hubungan Fraksi Volume vs Kekuatan Bending

Berdasarkan Gambar 9. menunjukkan bahwa perbandingan antara fraksi volume serat nanas dan *glaswool* dan kekuatan Bending pada komposit *hybrid* dengan matriks resin *Polyester*. Seperti yang diketahui fraksi volume serat adalah persentase serat yang digunakan dalam satu spesimen komposit, sedangkan untuk kekuatan bending adalah kemampuan komposit dalam menahan gaya lentur yang diberikan pada permukaannya. Dari diagram tersebut dilihat bahwa kekuatan bending dari komposit *hybrid* (serat nanas dan *glaswool*) pada variasinya yaitu semakin tinggi fraksi volume serat nanas maka semakin tinggi pula nilai kekuatan bendingnya begitu pula sebaliknya. Nilai rata-rata kekuatan bending komposit *hybrid* (serat nanas dan *glaswool*) untuk masing-masing variasi fraksi volumenya yaitu, untuk variasi (40% serat nanas + 20% *glaswool*) memiliki nilai rata-rata kekuatan bending 115,79 MPa yang merupakan nilai tertinggi diantara 3 variasi. Sedangkan pada variasi (30% serat nanas + 30% *glaswool*) memiliki nilai rata-rata kekuatan bending 90,19 MPa yang merupakan nilai tertinggi yang kedua dan pada variasi (50% *glaswool* + 10% serat nanas) memiliki nilai rata-rata kekuatan Bending yaitu 68,13 MPa yang merupakan nilai paling terendah dari 3 variasi. Ini menunjukkan bahwa komposit *hybrid* dengan variasi (40%+20%) lebih baik dalam menahan gaya lentur dari pada variasi (30%+30%) dan (50%+10%). Untuk melihat diagram perbandingan nilai rata-rata kekuatan luluh antara variasi fraksi volume (40%+20%), (30%+30%), (50%+10%) serat nanas dan *glaswool* ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Hubungan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Luluh

Berdasarkan Gambar 10. Menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekuatan luluh komposit *hybrid* untuk masing-masing variasi fraksi volume antara serat nanas dan *glaswool*. Diketahui pada variasi (50% *glaswool* + 10% serat nanas) memiliki nilai rata-rata kekuatan luluh 3,11 MPa yang merupakan nilai terendah diantara ketiga variasi. Untuk variasi (30% serat nanas + 30% *glaswool*) memiliki nilai rata-rata kekuatan luluh 4,11 MPa yang merupakan nilai menengah kedua dari ketiga variasi. Sedangkan pada variasi (40% serat nanas + 20% *glaswool*) memiliki nilai paling tinggi diantara ketiga variasi dengan rata-rata kekuatan luluh 5,23 MPa. Ini menunjukkan bahwa komposit *hybrid* dengan variasi fraksi volume (40%+20%) memiliki kinerja yang lebih baik dalam menahan regangan dari pada komposit *hybrid* dengan variasi fraksi volume (30%+30%) dan (50%+10%).

4.3 Foto Makro Patahan

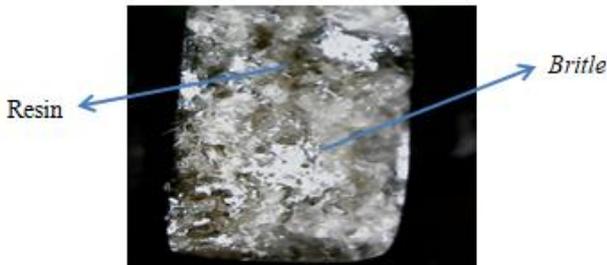
Setelah spesimen dilakukan pengujian tarik selanjutnya akan dilakukan pengambilan foto makro yang berupa hasil patahan dari spesimen komposit tersebut dengan perbesaran 50 kali dengan *pixel* 1280 x 960. Untuk yang menggunakan variasi (40%+20%) dapat ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Foto Makro Variasi (40%:20%)

Pada hasil gambar 11. dimana mekanisme fiber *pull-out* ini terjadi karena ikatan antara serat dan matrik melemah apabila beban yang diberikan terus

beratambah, pada saat matrik mengalami kegagalan serat masih dapat menanggung beban sehingga proses terjadinya patahan tidak langsung secara bersamaan. Ini menandakan bahwa serat komposit semakin ulet dan beban terdistribusi sampai ke serat sehingga yang menyebabkan serat tertarik keluar dan membuat komposit menjadi tangguh dalam menyerap beban.. Untuk spesimen variasi (30%+30%) ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Foto Makro Variasi (30%:30%)

Berdasarkan hasil gambar 12. Terlihat hasil bentuk patahan yang terdapat pada spesimen komposit yang mendominasi adalah patahan getas. Hal ini dikarenakan ikatan antarmuka serat dengan matrik tidak mampu menahan lajunya kenaikan tegangan permukaan, sehingga pada saat matrik mengalami kegagalan, serat tidak bisa menahan beban, sehingga proses terjadinya patahan langsung bersamaan. Untuk spesimen dengan variasi (50%+10%) dapat kita lihat pada gambar 13.



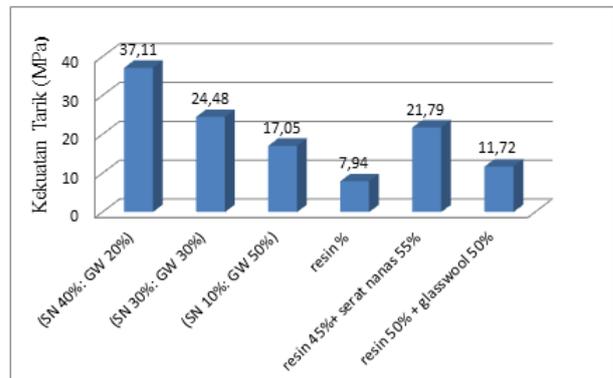
Gambar 13. Hasil Foto Makro Variasi (50%:10%)

4.4 Pembahasan

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil analisis data pengujian uji tarik dan bending pada setiap variasinya yaitu :

1. Pada pengujian tarik variasi fraksi volume (SN 40% : Gw 20%) memiliki kekuatan tarik tertinggi rata-rata dengan nilai 37,11 MPa untuk kekuatan luluh didapatkan 29,87 MPa dan regangan 6,49 %. Pada variasi (SN 30% : GW 30%) kekuatan tarik didapatkan sebesar 24,48 MPa untuk kekuatan luluh 18,38 MPa dan regangan 6,74%. Pada variasi (SN 10% : GW 50%) dengan nilai kekuatan tarik rata-rata

17,05 MPa untuk kekuatan luluh sebesar 13,89 MPa dan regangan 8,29%. Pada pengujian *bending* nilai tertinggi terdapat pada variasi (SN 40% : GW 20%) dengan rata-rata sebesar 115 MPa dan untuk yang terendah terdapat pada variasi (SN 10% : GW 50%) dengan rata-rata *bending* sebesar 68,13 MPa. Dapat disimpulkan dari data yang didapat bahwa peningkatan nilai kekuatan tarik dan bending berpengaruh pada setiap fraksi volumenya serat digunakan sedangkan pada fraksi volume *glasswool* yang digunakan mempengaruhi nilai regangan pada spesimen. Untuk melihat perbandingan hubungan fraksi volume pada nilai pengujian tarik dapat kita lihat pada gambar 14.



Gambar 14. Perbandingan Fraksi Volume Terhadap Kekutan Tarik

Perbandingan pada gambar 14 dapat kita lihat pengaruh fraksi volume terhadap nilai kekuatan tarik terus bertambah pada pertambahan fraksi volume serat nanas dan *glasswool* yang digunakan di dalam spesimen dimana pada persentase serat nanas + resin memiliki kekuatan tarik sebesar 21,79 MPa sedangkan pada resin + *glasswool* didapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 11,72 MPa ini membuktikan pertambahan fraksi volume serat nanas memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dari pada *glasswool*.

2. Penggabungan variasi komposisi serat yang bagus pada pencampuran serat daun nanas dan *glasswool* terdapat pada variasi (40% SN : 20% GW) sesuai dengan hasil data pengujian tarik tertinggi didapatkan sebesar 37,11 MPa dan kekuatan *bending* tertinggi sebesar 115,79 MPa.

3. variasi (40% SN : 20% GW) didapatkan hasil pembebanan maksimum rata-rata yang digunakan yaitu 1286,62 Newton dengan kekuatan *bending* 115,79 MPa. Untuk variasi (30% SN : 30% GW) beban maksimum yang digunakan rata-rata yaitu 1002,23 Newton dengan kekuatan *bending* sebesar 90,19 MPa dan pada variasi (10% SN : 50% GW) beban maksimum rata-rata yang digunakan sebesar

757,06 Newton dengan kekuatan *bending* sebesar 68,13 MPa. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak persentase serat yang digunakan maka diperlukan pembebanan yang lebih besar untuk melengkungkan spesimen hingga patah.

4. Berdasarkan foto makro yang didapatkan jenis patahan pada ketiga variasi spesimen komposit mendominasi patahan getas hal ini dikarenakan ikatan antarmuka serat dengan matrik tidak mampu menahan lajunya kenaikan tegangan permukaan, sehingga pada saat matrik mengalami kegagalan, serat tidak bisa menahan beban, sehingga proses terjadinya patahan langsung bersamaan

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan maka terdapat beberapa kesimpulan yang didapatkan yaitu sebagai berikut :

1. fraksi volume pada spesimen sangat mempengaruhi kekuatan tarik dan bending dikarenakan pada setiap variasinya terdapat susunan serat nanas dan *glasswool* yang digunakan sehingga menghasilkan nilai pengujian kedua tersebut berbeda. Hasil rata-rata pengujian tarik yang didapatkan dari variasi fraksi volume (40% SN : 20% GW) sebesar 37,11 MPa untuk kekuatan luluh didapatkan sebesar 29,87 MPa dan *elongation* 6,49%, pada variasi (30% SN : 30% GW) kekuatan tarik sebesar 24,48 MPa untuk kekuatan luluh 18,38 MPa dan *elongation* 6,74%, dan variasi (50% GW : 10% SN) didapatkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 17,04 MPa untuk kekuatan luluh yaitu 13,89 MPa dan *elongation* 8,29%. Hasil pengujian *bending* yang didapatkan rata-rata pada variasi (40% SN : 20% GW) adalah 115,79 MPa pada variasi (30% SN : 30% SN) sebesar 90,19 MPa dan pada variasi (50% GW : 10% SN) kekuatan *bending* sebesar 68,13 MPa.
2. Hasil analisis data pengujian tarik dan bending didapatkan nilai optimum tertinggi pada variasi fraksi volume (40% SN : 20% GW) dengan nilai kekuatan tarik yang didapatkan sebesar 37,11 MPa dengan kekuatan luluh 29,87 MPa dan *elongation* 6,49%. Untuk hasil pengujian *bending* tertinggi didapatkan sebesar 115,79 MPa pada kekuatan luluh 5,23 MPa dan *elongation* 8,33% ini membuktikan bahwa penggabungan variasi komposisi serat yang bagus pada pencampuran serat daun

nanas dan *glasswool* dengan matriks resin *polyester* terdapat pada variasi 1 (40% SN : 20% GW) dibandingkan variasi 2 dan 3.

3. Berdasarkan variasi (40% SN : 20% GW) didapatkan hasil pembebanan maksimum rata-rata yang digunakan yaitu 1286,62 Newton dengan kekuatan *bending* 115,79 MPa. Untuk variasi (30% SN : 30% GW) beban maksimum yang digunakan rata-rata yaitu 1002,23 Newton dengan kekuatan *bending* sebesar 90,19 MPa dan pada variasi (10% SN : 50% GW) beban maksimum rata-rata yang digunakan sebesar 757,06 Newton dengan kekuatan *bending* sebesar 68,13 MPa. Hasil foto makro pada ketiga variasi spesimen komposit mendominasi patahan getas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM. D 638-02 "Standart test method for tensile properties of plastics". Philadelphia, PA : American Society For Testing And Materials.
- [2] ASTM. D 790-03 "Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials".
- [3] Alfazizi, Muhammad, Boy Rollastin, dan Sukanto (2022). "Studi Eksperimen Pengaruh Kekuatan Material Komposit Hgm, Epoxy Dan Serat Daun Nanas Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impak." *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*. Vol. 2. No. 01.
- [4] Doraiswamy, (1993). Pineapple Leaf Fibres, Textile Progress Vol. 24 Number 1, Textile Institute.
- [5] Fauzia, Tasnim, Zaimahwati Zaimahwati, dan Adriana (2022). "Komposit Hybrid Berpenguat Clay Dan Serat Glasswool Menggunakan Resin Polyester." *Jurnal Riset, Inovasi, Teknologi & Terapan* 1.1: 5-7.
- [6] Gibson, F.R., 1994, Principle of Composite Material Mechanis, International Edition, McGraw- Hill, Inc., New York
- [7] Hadi, Teguh Sulisty, Sarjito Jokosisworo, dan Parlindungan Manik (2016). "Analisa Teknis Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tarik, Bending Dan Impact." *Jurnal Teknik Perkapalan* 4.1.
- [8] Hendrikus Wona, Kristomus Boimau, dan Erich UK Maliwemu (2015). "Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Agave Cantula." *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)* 2.1 : 39-50.
- [9] Jufri, Moh. 2007. Pembuatan Komposit Berbasis Polyester dengan Penguat Serat Alam. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang.
- [10] Marantika, Mohammad Thinora, Ivan Sujana, dan Muhammad Ivanto (2022). "Analisa Uji Tarik Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas Dengan Variasi Susunan Menggunakan Perlakuan Alkali." *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin* 3.1: 62-68.
- [11] Meriatna, M., dan Abubakar, A. (2019). Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Bqtn Type 157-Ex Yang Diperkuat Serat Abaca. In *Seminar Nasional Teknik Industri 2019* (Vol. 4, No. 1). Teknik Industri Universitas Malikussaleh.
- [12] Ojahan, T., Hansen, R., dan Aditia, M. S. (2015). Analisis Fraksi Volume Serat Pelepah Batang Pisang Bermatriks *Unsaturated Resin Polyester* (UPR) Terhadap Kekuatan Tarik dan SEM. *MECHANICAL*, 6(1).
- [13] Ramadoni dkk, (2022). "Pengaruh Fraksi Volume dan Orientasi Serat Pada Komposit Hibrid Berpenguat Serat Gambas serta Eceng

- Gondok Terhadap Kekuatan *Bending*." *Jurnal Teknik Mesin* 15.2 : 84-89.
- [14] Rizaldi, Ferdian Arsa, dan Novi Sukma Drastiawati (2023). "Analisa Pengaruh Perendaman Naoh Dan Fraksi Volume Dengan Resin *Polyester* Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Komposit Serat Sabut Kelapa." *Jurnal Teknik Mesin* 11.03 : 27-34.
- [15] Sari, Nasmi Herlina, dan Sinarep (2011). "Analisa Kekuatan *Bending* Komposit *Epoxy* Dengan Penguatan Serat Nilon." *Dinamika Teknik Mesin* 1.1.
- [16] Schwartz M. M ., 1996. "Composite Meterials Polimers, Ceramics And Metal Matrices ; Prentice-Hall, USA.
- [17] Tjahjanti Prantasi Harmi (2018). "Buku Ajar Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer." *Umsida Press* : 1-24.
- [18] Wiratama, Fachri, (2014). Pengaruh Panjang dan Komposisi Serat Terhadap Komposit *Epoksi* Berpengisi Serat Daun Nanas. Diss. Universitas Sumatera Utara.
- [19] Rizki, M. N., Fikri, A., Faisal, F., & Nanda, R. A. (2023). ANALISIS VON-MISES STRESS, STRAIN, DAN TOTAL DEFORMASI PADA PELAT IMPLAN METATARSOPHALANGEAL (MTP) DENGAN MATERIAL TI-6AL-4V MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT METHOD. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 12(2), 178-189.
- [20] Gultom, A., Safriwardy, F., Rizki, M. N., & Masrullita, M. (2024). Effect of Volume Fraction Variation of Hybrid Composite Reinforced Bamboo Fiber and Fiber-Glass Using Polyyster Resin on Tensile Strength and Impack. *Electronic Journal of Education, Social Economics and Technology*, 5(1), 1-9.