



Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Proses Hot Pressing Komposit Hybrid Serat Bambu dan Serat Daun Nanas Bermatriks HDPE

Analysis of the Effect of Temperature on Tensile and Bending Strength in the Hot Pressing Process of Bamboo Fiber and Pineapple Leaf Fiber Hybrid Composites with HDPE Matrix

Fajar Paundra^{1,a)}, Angga Jihan Pratama¹, Eko Pujiyulianto¹, Abdul Muhyi¹, Hadi Teguh Yudistira¹, Sena Maulana², Puguh Elmiawan³

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera

²Prodi Rekayasa Kehutanan, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera

³Prodi Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal

^{a)}Corresponding author: fajar.paundra@ms.itera.ac.id

Abstrak

Temperatur merupakan salah satu parameter yang sangat berpengaruh terhadap komposit HDPE. Penelitian ini bertujuan mengamati dan menganalisis pengaruh temperatur terhadap kekuatan tarik dan tekuk pada proses *hot pressing* komposit *hybrid* serat bambu dan serat daun nanas bermatriks HDPE. Material yang digunakan yaitu plastik HDPE, serat bambu dan serat daun nanas. Proses pembuatan dengan metode *hot pressing* bertekanan 25 bar dengan variasi temperatur 170°C, 180°C, 190°C, 200°C, dan 210°C selama *holding time* 25 menit. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian tarik dan pengujian tekuk yang merujuk pada standar ASTM D 3039 dan ASTM D 790. Nilai kekuatan tarik maksimal komposit HDPE tertinggi terdapat pada temperatur 170°C dengan nilai sebesar 514,489 MPa dan nilai kekuatan tarik maksimal terendah terdapat pada temperatur 210°C dengan nilai sebesar 383,349 MPa. Nilai kekuatan tekuk maksimal tertinggi juga terdapat pada temperatur 170°C dengan nilai sebesar 97,322 MPa dan nilai kekuatan tekuk terendah terdapat pada temperatur 210°C dengan nilai sebesar 74,081 MPa.

Kata Kunci: komposit *hybrid*; HDPE, *hot pressing*; serat bambu; serat daun nanas

Abstract

Temperature is one of the parameters that greatly influences HDPE composites. This study aims to observe and analyze the effect of temperature on tensile and buckling strength in the hot pressing process of a hybrid composite of bamboo fiber and pineapple leaf fiber with HDPE matrix. The materials used are HDPE plastic, bamboo fiber and pineapple leaf fiber. The manufacturing process uses the hot pressing method with a pressure of 25 bar with temperature variations of 170°C, 180°C, 190°C, 200°C, and 210°C for a holding time of 25 minutes. The tests carried out in this study were tensile testing and bending testing referring to ASTM D 3039 and ASTM D 790 standards. The highest maximum tensile strength value of HDPE composites was found at 170°C with a value of 514.489 MPa and the lowest maximum tensile strength value was found at temperature of 210°C with a value of 383.349 MPa. The highest maximum bending strength value is also found at a temperature of 170°C with a value of 97.322 MPa and the lowest bending strength value is found at a temperature of 210°C with a value of 74.081 MPa.

Keywords: Hybrid composite, HDPE, hot pressed, bamboo fiber, pineapple leaf fiber

PENDAHULUAN

Komposit adalah material yang tersusun dari dua atau lebih material yang memiliki sifat ringan, kaku, tahan korosi, dan keuletan [1] [2]. Material komposit mulai banyak digunakan oleh industri untuk keperluan

manufaktur. Material komposit itu sendiri memiliki keuntungan yaitu, ketahanan terhadap korosi, mudah dicetak, ringan, kekuatan dan kekakuan yang lebih baik untuk beberapa jenis komposit tertentu jika dibandingkan dengan material logam. Material penyusun komposit ada 2 yaitu penguat *reinforced* dan matriks [3]. *Reinforced* adalah salah satu unsur penyusun komposit yang berfungsi

sebagai penguat dan menjadi bahan utama untuk menentukan karakteristik suatu material komposit. Serat penguat untuk komposit terbagi menjadi 2 serat yaitu serat alami dan serat sintetis. Material komposit terdapat beberapa serat yang digunakan dalam pembuatan komposit serat alami yaitu serat daun nanas, serat bambu, serat rami, serat batang tebu, serat pelepah pisang, serat eceng gondok, dan ada beberapa serat lainnya. Penggunaan serat alam sebagai pengganti serat sintetis merupakan salah satu langkah bijak dalam meningkatkan nilai ekonomis serat alam [4]. Beberapa penelitian terkait dengan komposit serat alam sudah banyak dilakukan seperti jenis serat yang digunakan, pengaruh fraksi volume, pengaruh perlakuan alkali dan penambahan dua jenis serat penguat [5] [3].

Penelitian terkait pengaruh variasi fraksi volume terhadap kekuatan tarik komposit *hybrid* berpenguat serat pelepah pisang dan serat daun nanas bermatriks poliester [6]. Hasil penelitian menggunakan variasi persentase perbandingan fraksi volume serat pelepah pisang dan serat daun nanas adalah 10 : 20, 12,5 : 17,5, 15 : 15, 17,5 : 12,5, dan 20 : 10. Proses pembuatan komposit ini dengan menggunakan *compression molding* yang dilakukan dengan pengovenan serat pelepah pisang dan serat daun nanas selama 45 menit pada temperatur 110 °C. Hasil uji tarik menunjukkan nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada variasi fraksi volume 20 : 10 sebesar 26,55 MPa.

Penelitian selanjutnya adalah karakteristik komposit serat bambu bermatriks *High Density Polyethylene* (HDPE) daur ulang [7]. Penelitian tersebut menggunakan plastik HDPE baru dan bekas sebagai matriks dan serat bambu sebagai penguatnya. Plastik HDPE dan serat bambu diletakkan pada cetakan dan dimasukkan pada mesin *hot press*, kemudian dipanaskan dengan variasi temperatur 160 °C sampai 175 °C. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kuat tarik dan *Modulus Young* komposit HDPE bertulang serat bambu berturut-turut adalah 8,764 MPa dan 52,01 MPa. Sedangkan komposit bambu dengan matriks vHDPE memiliki kuat tarik sebesar 9,3312 MPa dan nilai modulus muda sebesar 94,84 MPa, dengan menggunakan empat pemanas dengan suhu antara 160°C sampai 175 °C. Maka dari itu, komposit yang diperkuat serat bambu dengan matriks HDPE murni memiliki sifat mekanik yang lebih baik daripada komposit bambu dengan matriks HDPE daur ulang.

Komposit polimer memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Serat digunakan sebagai penguat, Matriks polimer dapat berbentuk serat sintetis atau alami, tetapi matriks yang digunakan adalah nilai polimer komersial seperti *High Density Polyethylene* (HDPE). HDPE bersifat padat, *fleksibel*, dan biaya yang relatif rendah [8] [9]. HDPE merupakan salah satu polimer terbesar yang diproduksi guna kebutuhan rumah tangga maupun industri. Selain ringan, mudah dibentuk, cukup

keras, tahan goresan dan dapat didaur ulang, tetapi pada proses pencetakannya memerlukan panas. HDPE yang digunakan merupakan limbah plastik yang tersedia melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal [10].

Sampah plastik menjadi masalah besar di Indonesia, menurut hasil studi dari *University of Georgia* diperkirakan 322 juta ton sampah plastik dibuang setiap tahun ke laut di sekitar Indonesia [9]. Polusi sampah plastik telah menjadi masalah lingkungan dalam beberapa tahun terakhir, dan menarik inisiasi tindakan sektoral pada bagian kontrol dan perawatan. Indonesia diperkirakan menjadi penyumbang terbesar kedua dari 129 negara di dunia mengenai polusi plastik, dengan jumlah rata-rata produksi sampah di Indonesia mencapai 175.000 ton per hari atau setara dengan 64 juta ton per tahun [8].

Dari permasalahan di atas, limbah plastik khususnya HDPE merupakan suatu ancaman tersendiri terhadap lingkungan. Penelitian tentang pemanfaatan limbah HDPE sebagai bahan komposit masih jarang dilakukan. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan limbah HDPE berpenguat serat daun nanas dan bambu terhadap sifat fisik dan mekaniknya.

METODE PENELITIAN

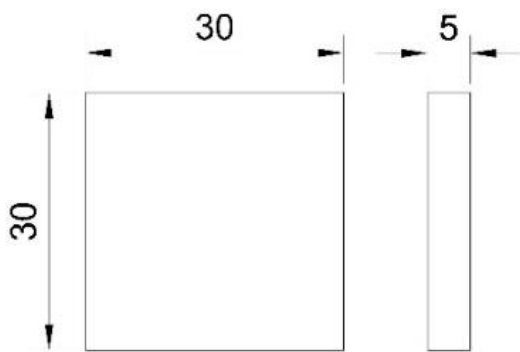
Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol beli oli sebagai HDPE dan serat daun nanas dan serat bambu sebagai penguat (*reinforced*). Perbandingan komposisi yang digunakan adalah 90 % HDPE, 5 % serat nanas dan 5 % serat bambu. Botol bekas dibersihkan dari minyak dan kotoran dengan cara direndam dengan air detergen 5 menit dan disikat sampai bersih, kemudian dipotong dengan ukuran 1 x 1 cm. Serat bambu dipotong dengan ukuran diameter 1 mm dan panjang 250 mm sedangkan serat daun nanas dengan panjang 50 mm. Serat bambu dan serat daun nanas di rendam pada larutan alkali 5 % selama 2 jam. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan minyak dan kotoran yang menempel pada permukaan serat, sehingga *filler* dapat mengikat serat dengan sempurna [11] [12].

Proses pembuatan komposit menggunakan metode *hot press*. Metode *hot press* merupakan metode pembuatan komposit dengan alat tekan panas. Metode ini cocok digunakan untuk komposit berbahan dasar HDPE [10]. Cetakan yang digunakan berukuran 250 x 250 x 5 mm. Tekanan yang digunakan adalah 25 bar. Variasi temperatur yang digunakan adalah 170 °C, 180 °C, 190 °C, 200 °C dan 210°C dengan lama *holding time* 25 menit. Setelah proses pembuatan komposit dilakukan proses pengujian densitas, tarik dan tekuk. [Gambar 1](#) menunjukkan alat *hot press* yang berada di Laboratorium teknik mesin *Institute Teknologi Sumatera*.



Gambar 1. Alat hot press

Pengujian densitas ini bertujuan untuk mendapatkan nilai densitas dari variasi temperatur yang digunakan pada pembuatan komposit serat bambu dan serat daun nanas. Pengujian densitas dengan menimbang massa jenis komposit dan mencari volume aktual komposit [4]. Untuk mencari densitas dapat menggunakan persamaan 1. Pengujian densitas dengan standar ASTM C 271. **Gambar 2** menunjukkan ASTM C 271. Selain itu pengujian densitas juga digunakan untuk memperoleh nilai porositas dapat dilihat pada persamaan (1).



Gambar 2. ASTM C271

$$P = \frac{\rho_{\text{teoritis}} - \rho_{\text{aktual}}}{\rho_{\text{teoritis}}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

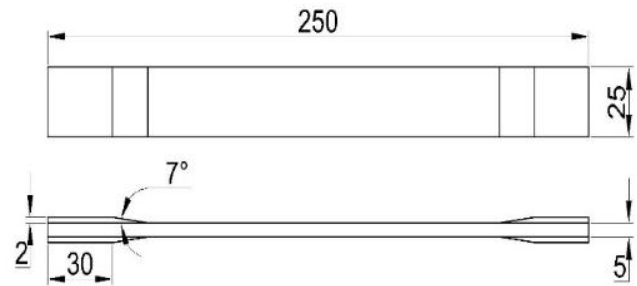
P = Porositas (%)

ρ_{teoritis} = Densitas teoritis (g/cm³)

ρ_{aktual} = Densitas aktual (g/cm³)

Pengujian Tarik bertujuan untuk memperoleh nilai kekuatan tarik maksimum dan elongasi dari komposit. Untuk mencari kekuatan tarik dan elongasi dapat menggunakan persamaan (2) dan (3). Pengujian Tarik

mengacu pada standar ASTM D3039. ASTM D039 ditunjukkan pada **Gambar 3**.

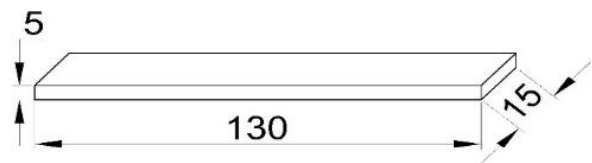


Gambar 3. ASTM D3039

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad (3)$$

Spesimen pengujian tekuk dibuat dengan standar ASTM D 790 untuk mendapatkan nilai kekuatan tekuk dari pengaruh variasi temperatur terhadap komposit *hybrid* serat bambu dan serat daun nanas bermatriks HDPE. Data yang dihasilkan dari pengujian tekuk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4). **Gambar 4** menunjukkan ASTM D790.



Gambar 4. ASTM D790

$$\sigma_{fs} = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (4)$$

Keterangan:

σ_{fs} = Kekuatan tekuk maksimum (MPa)

F = Gaya (N)

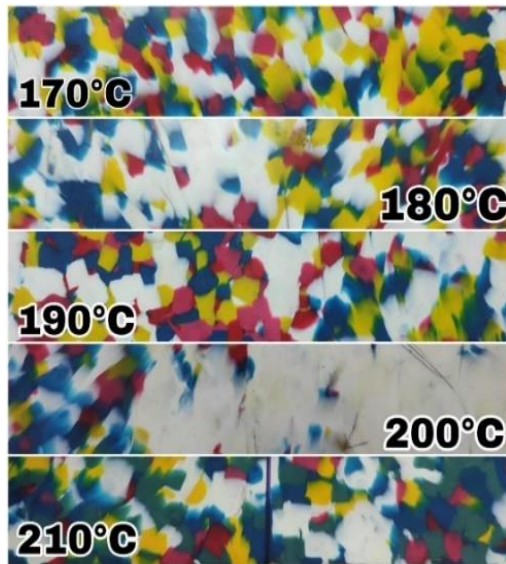
L = Panjang spesimen (mm)

B = Lebar spesimen (mm)

H = Tebal spesimen (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pengujian terhadap kekuatan tarik dan kekuatan tekuk pada komposit serat bambu dan serat daun nanas dengan menggunakan metode *hot pressing* dengan variasi temperatur. Berikut spesimen hasil pembuatan komposit dapat dilihat pada Gambar 5.

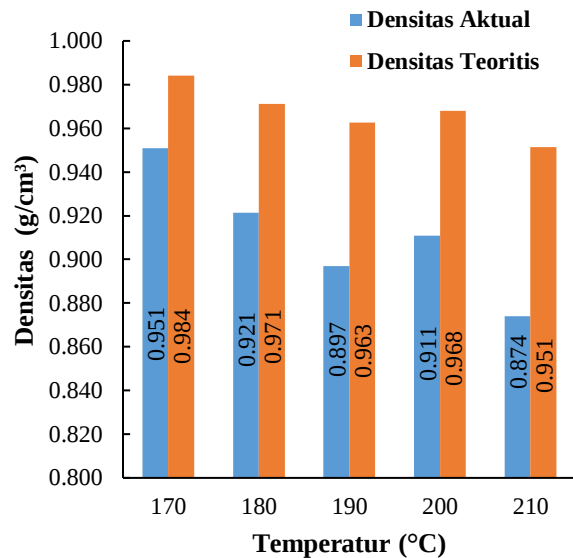


Gambar 5. Spesimen Hasil Pembuatan Komposit

Gambar 5 menunjukkan hasil dari komposit serat bambu dan serat daun nanas bermatriks HDPE pada temperatur 170 °C sampai 210 °C. Gambar 5 mempunyai perbedaan bentuk fisik secara visual antara variasi satu dengan yang lainnya. Penggunaan variasi temperatur ini memberikan hasil pengamatan dan analisis dari kelima spesimen komposit yang berbeda. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari lelehan plastik HDPE nya. Pada temperatur 170 °C meunjukkan plastik HPDE sudah mulai mencair dan merekat sempurna dengan HDPE yang lain. Pada temperatur 180 °C lelehan HDPE sudah mulai menyebar dan menyatu dengan yang lainnya. Sedangkan pada temperatur 190 °C, 200 °C dan 210 °C seiring dengan meningkatnya temperatur terlihat lelehan HDPE sudah mulai tidak teratur dan terlihat serat sudah mulai gosong. Dari hasil pengujian visual secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan maka akan semakin meleleh plastik HDPE yang digunakan dan juga dapat membuat serat hangus. Begitu pula sebaliknya pada temperatur rendah plastik HDPE tidak begitu meleleh dikarenakan kurang meratanya panas yang dihasilkan dan juga tidak membuat serat hangus [10]. Hal ini akan berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik komposit tersebut [8].

Uji Densitas

Pembuatan komposit HDPE yang kuat dan memiliki kerapatan yang tinggi adalah yang terpenting untuk mendapatkan hasil terbaik. Pengujian densitas bertujuan untuk mengetahui tinggi atau rendahnya massa jenis komposit tersebut. Pembuatan suatu komposit HDPE akan menjadi lebih baik saat komposit HDPE tersebut massa jenisnya memiliki kerapatan yang tinggi, sehingga akan memiliki kekuatan yang tinggi terhadap tegangan dan regangan.



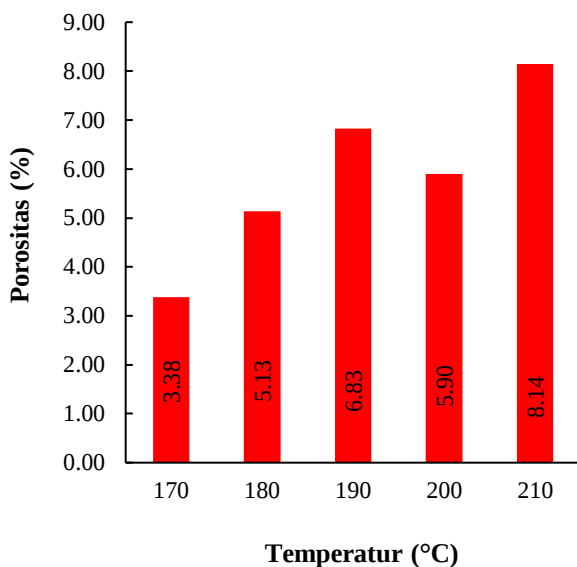
Gambar 6. Grafik Densitas Terhadap Temperatur

Gambar 6 menunjukkan perbedaan hasil densitas teoritis dan densitas aktual pengujian densitas terhadap 5 variasi temperatur, nilai densitas aktual pada temperatur 170 °C memiliki densitas paling tinggi dengan nilai 0,951 g/cm³. Nilai densitas aktual paling rendah terdapat pada temperatur 210 °C dengan nilai 0,874 g/cm³. Nilai densitas teoritis pada temperatur 170 °C memiliki densitas paling tinggi dengan nilai 0,984 g/cm³. Nilai densitas teoritis paling rendah terdapat pada temperatur 210 °C dengan nilai 0,951 g/cm³. Densitas yang tinggi akan memiliki kekuatan yang tinggi juga, apabila pada komposit HDPE memiliki densitas berbeda setiap sampelnya yang disebabkan oleh tidak meratanya dimensi serat dan ketebalan yang tidak seragam [13].

Faktor variasi temperatur pada komposit HDPE sangat berpengaruh terhadap pengujian densitas, terutama terhadap seluruh pengujian. Semakin tinggi temperatur semakin rendah densitas yang didapatkan dikarenakan saat temperatur tinggi plastik HDPE yang dijadikan sebagai matriks dapat mengurangi kekuatan serat karena terjadi degradasi berlebih pada plastik HDPE dan juga dapat merusak plastik [14]. Nilai densitas aktual dan densitas teoritis dipengaruhi oleh nilai massa sampel dan massa gantung saat melakukan pengujian densitas. Untuk mendapatkan nilai porositas maka diperlukan nilai densitas aktual dan densitas teoritis tersebut.

Porositas

Porositas adalah rongga atau celah pada komposit yang disebabkan karena adanya udara yang terjebak saat proses kompaksi [15]. Gambar 7 menunjukkan grafik pengaruh *temperature* terhadap porositas komposit.



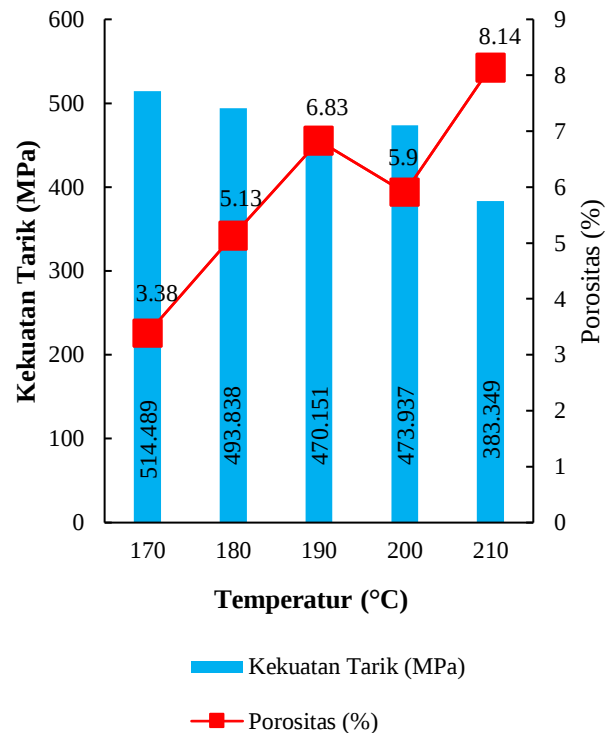
Gambar 7. Pengaruh temperature terhadap komposit

Gambar 7 menunjukkan nilai porositas terhadap temperatur bahwa semakin tinggi variasi temperatur maka akan semakin tinggi juga persentase dari porositas spesimen komposit tersebut. Semakin tinggi temperatur maka semakin berkurang densitas karena densitas atau kerapatan berkurang maka semakin rendah kekuatan tarik dan tekuknya. Hubungan antara densitas dan porositas yaitu berbanding terbalik dimana jika nilai densitas lebih besar, maka nilai porositas akan lebih kecil. Hal ini dikarenakan densitas merupakan nilai kerapatan partikel dalam komposit, sedangkan untuk porositas merupakan tingkat banyaknya rongga di antara partikel penyusun komposit [16].

Nilai porositas tertinggi terdapat pada temperatur 210°C dengan nilai 8,14 % sedangkan nilai porositas terendah terdapat pada temperatur 170 °C dengan nilai 3,38% kemudian diikuti temperatur 180 °C, 190 °C, 200 °C dengan nilai 5,13 %, 6,83 %, 5,90 %. Nilai porositas pada temperatur 190 °C lebih tinggi dibandingkan dengan nilai porositas pada temperatur 180 °C dan 200 °C dikarenakan densitas teoritis pada temperatur 190 °C lebih rendah dengan nilai 0,963 g/cm³, sehingga nilai densitas teoritis berpengaruh terhadap nilai porositas temperatur 190 °C.

Pengujian Tarik

Data yang dihasilkan dari pengujian tarik dapat dihitung dengan menggunakan membagi gaya dengan luas penampang [17]. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik ini dapat dilihat pada gambar 8.



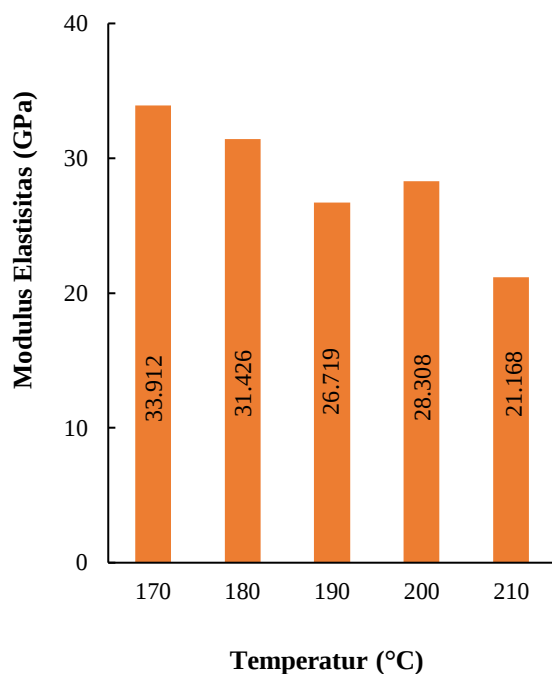
Gambar 8. Grafik Kekuatan Tarik dan Porositas Terhadap Temperatur

Gambar 8 menunjukkan nilai kekuatan tarik dan porositas terhadap temperatur, nilai porositas sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik dengan bertambahnya temperatur. Nilai porositas mengalami peningkatan yang signifikan pada temperatur 170 °C, 180 °C, 190 °C, kemudian terjadi penurunan nilai porositas pada temperatur 200 °C lalu meningkat kembali pada temperatur 210 °C. Nilai densitas berpengaruh pada komposit HDPE sehingga mengalami densitas berbeda setiap sampelnya yang disebabkan oleh tidak meratanya dimensi serat, serat halus, dan plastik HDPE yang terdegradasi dan ketebalan yang tidak seragam.

Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai tertinggi kekuatan tarik maksimal terhadap temperatur pada komposit HDPE terdapat pada temperatur 170 °C dengan nilai kekuatan tarik sebesar 514,489 MPa. Nilai kekuatan tarik maksimal cenderung menurun secara signifikan dengan bertambahnya temperatur, dapat dilihat pada temperatur 180 °C dan 190 °C dengan nilai kekuatan tariknya sebesar 493,838 MPa dan 470,151 MPa. Namun, pada temperatur 200 °C nilai kekuatan tarik mengalami kenaikan sebesar 473,937 MPa kemudian menurun pada temperatur 210 °C sebesar 383,349 MPa dikarenakan semakin tinggi temperatur yang digunakan maka kekuatan tarik yang dihasilkan akan semakin rendah. Nilai kekuatan tarik terendah pada temperatur 210 °C dengan nilai kekuatan tarik sebesar 383,349 MPa.

Saat temperatur lebih tinggi plastik HDPE yang dipakai sebagai matriks, serat bambu dan serat daun nanas yang

digunakan sebagai penguat mengalami hangus dan plastik terdegradasi yang berpengaruh terhadap sifat HDPE sehingga mengurangi kekuatan pada serat yang berfungsi sebagai penguat dan kenaikan temperatur berpengaruh terhadap kondisi struktur papan komposit. *Heater* atau pemanas yang tidak merata juga akan membuat kekuatan tarik menjadi tidak optimal sehingga komposisi matriks yang rendah menyebabkan rendahnya ikatan dan interaksi antar plastik HDPE dan serat. Pada temperatur 190 °C terjadi penurunan nilai kekuatan tarik dibandingkan dengan temperatur 200 °C terjadi karena matriks yang tidak merata saat proses pencampuran serat bambu dan serat daun nanas dengan plastik HDPE, sehingga membuat kekosongan matriks pada serat bambu dan serat daun nanas yang berpengaruh terhadap densitas teoritis dan densitas aktual komposit tersebut. Selain nilai kekuatan tarik terhadap temperatur diatas pada penelitian ini juga terdapat nilai modulus elastisitas terhadap temperatur. Grafik modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 9.



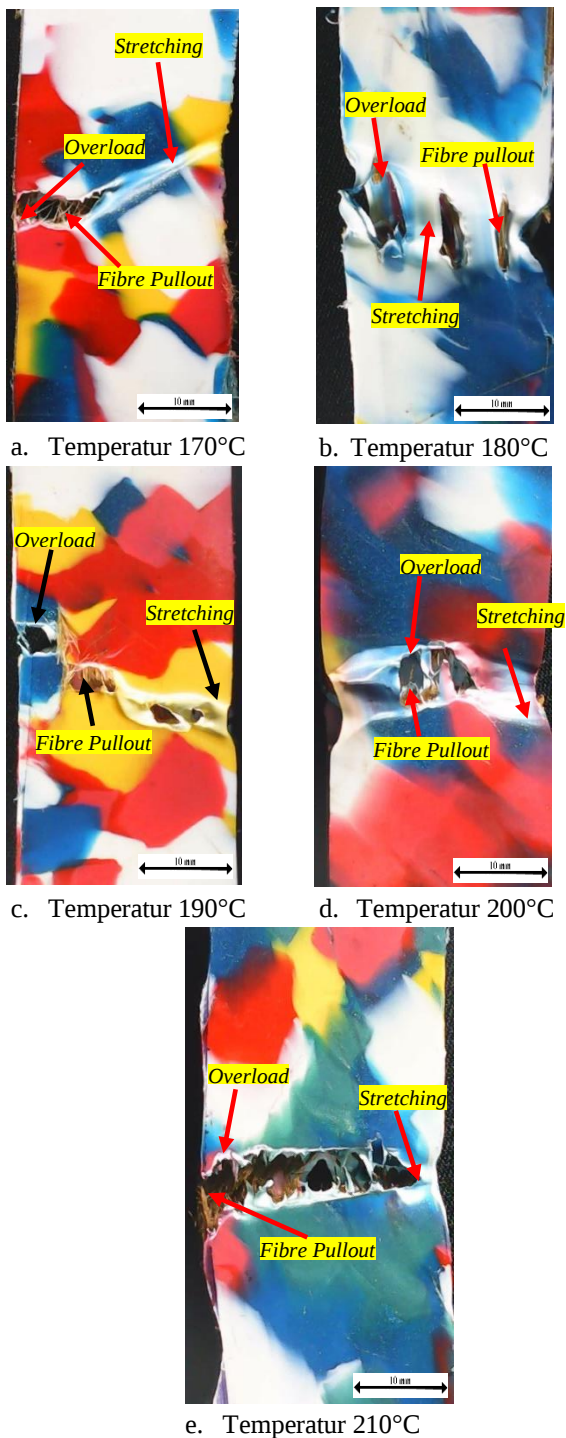
Gambar 9. Grafik Modulus Elastisitas Terhadap Temperatur

Gambar 9 menunjukkan nilai dari modulus elastisitas terhadap temperatur pada komposit HDPE. Pada temperatur 170 °C menunjukkan nilai modulus elastisitas tertinggi sebesar 33,912 GPa, kemudian diikuti dengan temperatur 180 °C, 190 °C, dan 200 °C yang masing-masing memiliki nilai sebesar 31,426 GPa, 26,719 GPa, dan 28,308 GPa. Nilai modulus elastisitas terendah terdapat pada temperatur 210 °C dengan nilai modulus elastisitas sebesar 21,168 GPa.

Komposit dengan pemanasan temperatur 170 °C, 180 °C, dan 190 °C mengalami penurunan nilai modulus elastisitas yang signifikan tetapi pada temperatur 200 °C nilai modulus elastisitas lebih tinggi dibandingkan pada temperatur 190 °C. Nilai modulus elastisitas pada temperatur 190 °C lebih rendah dibandingkan dengan temperatur 200 °C disebabkan oleh kurang meratanya penyebaran serat dan plastik HDPE sehingga ikatan antara serat dan plastik HDPE kurang optimal dan juga nilai kekuatan tarik yang didapat pada temperatur 190 °C lebih rendah dibandingkan dengan temperatur 200 °C, karena nilai kekuatan tarik berpengaruh terhadap nilai modulus elastisitas. Nilai kekuatan tarik berbanding lurus terhadap nilai modulus elastisitas [10].

Faktor yang disebabkan dari peningkatan variasi temperatur yang mempengaruhi ikatan matriks dan serat dari tiap komposit HDPE. Banyaknya serat renggang dan hangus dari tiap komposit serta plastik HDPE yang terdegradasi mempengaruhi penurunan nilai kekuatan tarik komposit tersebut. Gambar 10 menunjukkan hasil foto makro patahan spesimen pengujian tarik pada komposit HDPE. Foto makro patahan pada spesimen merupakan patahan bersifat ulet (*ductile*) yang ditandai dengan adanya deformasi plastis yang cukup besar, sehingga permukaan patahannya kasar dan berserabut.

Jenis patahan pada tiap-tiap sampel cukup bervariasi dalam hal bentuk patahannya. Analisa patahan terdiri dari *void*, *fiber pullout*, dan *overload* yang paling banyak terjadi. *Overload* adalah patahan yang terjadi karena putusannya serat disebabkan oleh kuatnya batas serat dan kuatnya ikatan antara serat dan matriks. Pada patahan ini terlihat bahwa patahan sedikit lebih rata di permukaan dan memiliki serat-serat putus yang terlihat. *Fiber pullout* adalah sambungan antara serat dan matriks yang tidak kuat, sehingga serat ditarik keluar dari sambungan matriks, pada saat yang sama tiap-tiap spesimen terjadi *void*. *Void* adalah udara yang terperangkap pada saat pembuatan spesimen komposit HDPE, sehingga terjadi rongga yang menunjukkan ikatan yang lemah antara serat dan matriks [12].

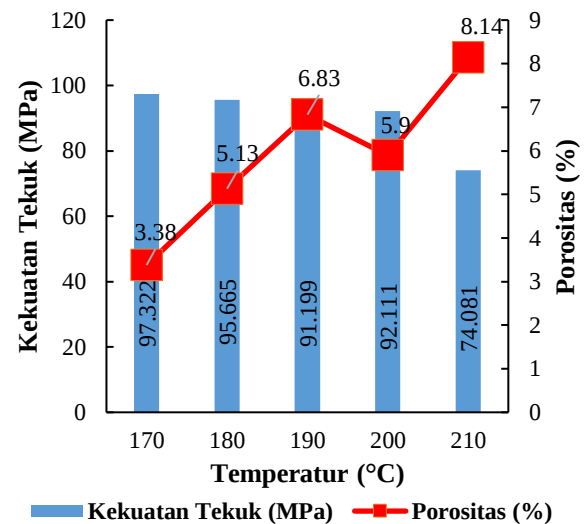


Gambar 10. Patahan uji Tarik

Selain void, fiber pullout, dan overload terdapat juga patahan crack deflection dan bonding pada sampel ([Gambar 10](#)). Patahan crack deflection disebabkan oleh letak serat pada permukaan patahan yang miring setelah zona patahan yang mengarah ke retakan yang mengikuti alur dari lapisan serat yang miring dan bonding disebabkan oleh terlepasnya serat dari matriks sehingga menimbulkan lubang pada matriks [18]. Stretching pada tiap-tiap sampel disebabkan karena terjadi peregangan pada plastik HDPE yang di pakai sebagai matriks pada saat pengujian.

Uji Tekuk

Kekuatan tekuk merupakan ketahanan material komposit terhadap pembebanan tekan yang diberikan oleh alat pengujian terhadap sampel tersebut hingga mengalami patahan (*failure*). Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil dari pengujian ialah porositas yang terdapat pada sampel pengujian [4]. Grafik pengaruh temperatur terhadap porositas dan kekuatan tekuk terhadap dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Temperatur Terhadap Kekuatan Tekuk dan Porositas

[Gambar 11](#) menunjukkan nilai kekuatan tekuk dan porositas terhadap temperatur, nilai porositas sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tekuk dengan bertambahnya temperatur. Nilai porositas mengalami peningkatan yang signifikan pada temperatur 170 °C, 180 °C, 190 °C, kemudian terjadi penurunan nilai porositas pada temperatur 200 °C lalu meningkat kembali pada temperatur 210 °C. Nilai densitas berpengaruh pada komposit HDPE sehingga mengalami densitas berbeda setiap sampelnya yang disebabkan oleh tidak meratanya dimensi serat, serat hangus, dan plastik HDPE yang terdegradasi dan ketebalan yang tidak seragam. Sedangkan pada nilai kekuatan tekuk berbanding terbalik dengan nilai porositas, nilai kekuatan tekuk semakin menurun dengan bertambahnya temperatur dan nilai porositas [18] [19]. Grafik nilai kekuatan tekuk maksimal terhadap temperatur dapat dilihat pada [Gambar 11](#).

[Gambar 11](#) menunjukkan bahwa nilai tertinggi kekuatan tekuk maksimal terhadap temperatur pada komposit HDPE terdapat pada temperatur 170 °C dengan nilai kekuatan tekuk sebesar 97,322 MPa. Nilai kekuatan tekuk maksimal cenderung menurun secara signifikan dengan bertambahnya temperatur, dapat dilihat pada temperatur 180 °C dan 190 °C dengan nilai kekuatan tekuknya sebesar 95,665 MPa dan 91,199 MPa. Namun, pada temperatur 200 °C nilai kekuatan tekuk mengalami

kenaikan sebesar 92,111 MPa kemudian menurun pada temperatur 210 °C sebesar 74,081 MPa dikarenakan semakin tinggi temperatur yang digunakan maka kekuatan tekuk yang dihasilkan akan semakin rendah. Nilai kekuatan tekuk terendah pada temperatur 210 °C dengan nilai kekuatan tarik sebesar 74,081 MPa.

Hal ini disebabkan spesimen uji komposit yang terdiri dari matriks HDPE merupakan polimer termoplastik yang memiliki ikatan bercabang antar ikatan polimernya. Plastik HDPE yang dipanaskan dengan temperatur tertentu akan terdekomposisi dan mengalami pemutusan ikatan pada temperatur tersebut sehingga plastik kehilangan massa yang disebabkan oleh putusannya ikatan-ikatan senyawa polimer yang terkandung dalam plastik HDPE. Semakin tinggi temperatur semakin terdegradasi, akibat terdegradasi tersebut maka material komposit tidak kuat menahan beban yang diberikan sehingga nilai yang didapat semakin menurun [20].

Kesimpulan

Setelah dilakukan pengambilan data dan analisis pada penelitian tugas akhir ini maka dapat disimpulkan bahwa ;

Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada temperatur 170 °C dengan nilai kekuatan tariknya sebesar 514,489 MPa dan kekuatan tarik terendah terdapat pada temperatur 210 °C dengan nilai kekuatan tariknya sebesar 383,349 MPa. Selanjutnya nilai modulus elastisitas tertinggi pada pengujian tarik terdapat pada temperatur 170 °C dengan nilai sebesar 33,912 GPa, dan nilai modulus elastisitas terendah terdapat pada temperatur 210 °C dengan nilai sebesar 21,168 GPa.

Kekuatan tekuk tertinggi terdapat pada temperatur 170 °C dengan nilai kekuatan tekuknya sebesar 97,322 MPa dan kekuatan tekuk terendah terdapat pada temperatur 210 °C dengan nilai kekuatan tekuknya sebesar 74,081 MPa. Selanjutnya nilai modulus elastisitas tertinggi pada pengujian tekuk terdapat pada temperatur 170 °C dengan nilai sebesar 17,80 GPa, dan nilai modulus elastisitas terendah terdapat pada temperatur 210 °C dengan nilai sebesar 13,55 GPa.

Peningkatan variasi temperatur yang mempengaruhi ikatan matriks dan serat dari tiap komposit HDPE. Banyaknya serat renggang dan hangus dapat mengurangi kekuatan serat dari tiap komposit serta plastik HDPE yang terdegradasi mempengaruhi penurunan nilai kekuatan tarik dan tekuk komposit tersebut. Semakin tinggi temperatur semakin terdegradasi, akibat terdegradasi tersebut maka material komposit tidak kuat menahan beban yang diberikan sehingga nilai yang didapat semakin menurun. Hal ini disebabkan spesimen uji komposit yang terdiri dari matriks HDPE merupakan polimer termoplastik yang memiliki ikatan bercabang antar ikatan polimernya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Kartini, H. Darmasetiawan, A. K. Karo, and Sudirman, "Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam," *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 3, no. 3, pp. 30–38, 2002.
- [2] A. J. Adeyi, O. Adeyi, E. O. Oke, O. A. Olalere, S. Oyelami, and A. D. Ogunsola, "Effect of varied fiber alkali treatments on the tensile strength of Ampelocissus cavaucalis reinforced polyester composites: Prediction, optimization, uncertainty and sensitivity analysis," *Adv. Ind. Eng. Polym. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 29–40, 2021, doi: 10.1016/j.aiepr.2020.12.002.
- [3] F. Paundra, A. Naufal, A. Muhyi, F. P. Nurullah, and P. Elmiawan, "Effect of Webbing Angle on Tensile and Bending Strengths in Human Hair Fiber Reinforced Composites," vol. 24, no. 1, pp. 30–35, 2022.
- [4] F. Paundra, A. D. Setiawan, A. Muhyi, and F. Qalbina, "Analisis Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Batang Pisang Kepok dan Serat Pinang," *Nozzle J. Mech. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 9–13, 2022.
- [5] F. Paundra *et al.*, "Pengaruh Variasi Fraksi Volum Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Serat Ampas Tebu Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Bermatrik Polyester," *J. Foundry Politek. Manufaktur Ceper 12 J. Foundry*, vol. 5, no. 1, p. 2022, 2022.
- [6] F. Paundra, Z. Z. Muttaqin, F. P. Nurullah, E. Pujyulianto, F. Budi, and R. Artikel, "PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUM TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT HYBRID BERPENGUAT SERAT PELEPAH PISANG DAN SERAT," pp. 6–8, 2022.
- [7] R. Azizi, Y. E. Prawatya, and R. A. Wicaksono, "Karakterisasi Pengaruh Orientasi Serat terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit," vol. 2, no. 1, pp. 28–35, 2021.
- [8] L. Diana, A. G. Safitra, and M. N. Ariansyah, "Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer," vol. 4, no. 2, pp. 59–67, 2020.
- [9] D. Ariawan, T. S. Rivai, E. Surojo, S. Hidayatulloh, H. I. Akbar, and A. R. Prabowo, "Effect of alkali treatment of Salacca Zalacca fiber (SZF) on mechanical properties of HDPE composite reinforced with SZF," *Alexandria Eng. J.*, vol. 59, no. 5, pp. 3981–3989, 2020, doi: 10.1016/j.aej.2020.07.005.
- [10] R. Waluyo, A. R. Ahmad, and ..., "Pengaruh Tekanan Pengepresan Terhadap Sifat Mekanis

Wood Plastic Composite (WPC) Campuran Recycle HDPE Dan Serbuk Gergaji Kayu,” *Pros. Lppm Uika ...*, 2020.

Roving – Resin Polyester Bqtn R157 Yang Diproduksi Dengan Metode Vacuum Bagging Untuk Aplikasi Pesawat Tanpa Awak,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, pp. 1–10, 2018.

- [11] “2022 11 paundra Effect of Alkali Treatment on Tensile Strength of Teki Grass Fiber Composite Materials.pdf.” .
- [12] S. Sakuri, E. Surojo, D. Ariawan, and A. R. Prabowo, “Investigation of Agave cantala-based composite fibers as prosthetic socket materials accounting for a variety of alkali and microcrystalline cellulose treatments,” *Theor. Appl. Mech. Lett.*, vol. 10, no. 6, pp. 405–411, 2020, doi: 10.1016/j.taml.2020.01.052.
- [13] N. Islamuddin and W. Soedarmadji, “Analisa Uji Tekan, Kerapatan Densitas Dan Mikrostruktur Terhadap Komposit Bahan Baku Teakwood Serbuk Gergaji Kayu,” *J. Mech. Manuf. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 58–65, 2020.
- [14] I. Permanadewi, A. C. Kumoro, D. H. Wardhani, and N. Aryanti, “Analysis of Temperature Regulation, Concentration, and Stirring Time at Atmospheric Pressure to Increase Density Precision of Alginate Solution,” *Teknik*, vol. 42, no. 1, pp. 29–34, 2021, doi: 10.14710/teknik.v42i1.35994.
- [15] J. M. Mesin, F. P. Nurrullah, F. Paundra, A. Maulana, and A. Muhyi, “THE EFFECT OF WEBBING ANGLE ORIENTATION ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BOEHMERIA NIVEA FIBER,” vol. 24, no. 1, pp. 25–34.
- [16] N. Nuryati, R. R. Amalia, and N. Hairiyah, “PEMBUATAN KOMPOSIT DARI LIMBAH PLASTIK POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) BERBASIS SERAT ALAM DAUN PANDAN LAUT (*Pandanus tectorius*),” *J. Agroindustri*, vol. 10, no. 2, pp. 107–117, 2020, doi: 10.31186/j.agroindustri.10.2.107-117.
- [17] F. U. Putra, F. Paundra, A. Muhyi, F. Hakim, L. Triawan, and A. Aziz, “Pengaruh Variasi Tekanan Dan Fraksi Volume Pada Hybrid Composite Serat Sabut Kelapa Dan Serat Bambu Bermatriks Resin Polyester Terhadap,” vol. 6, no. 1, pp. 8–15, 2023.
- [18] M. R. Yanhar and D. Musryady, “KUAT TARIK, MODULUS ELASTISITAS, DAN MAKROSTRUKTUR KOMPOSIT SERAT ALAM DENGAN PARTIKEL RUMPUT TEKI (CYPERUS ROTUNDUS) SEBAGAI PENGUAT Muhammad,” pp. 65–70, 2012.
- [19] T. Djunaedi and B. Setiawan, “Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Variasi Arah Serat
- [20] H. Wona, K. Boimau, E. U. K. Maliwemu, J. T. Mesin, and U. N. Cendana, “Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Agave Cantula atau lebih gabungan konstituen yang dan tidak larut dalam satu sama lain . Salah,” vol. 02, no. 01, pp. 39–50, 2015.