

Efek Temperatur terhadap Sifat Tarik Komposit Poliester Berpenguat Serat Daun Gwang

Kristomus Boimau^a, Jefri Bale^a, Richard Putra^a, Jack Pah^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jln. Adisucipto Penfui, Kupang - NTT, 53212, Indonesia
kristomus.boimau@staf.undana.ac.id

Kata kunci:

Serat gwang,
Temperatur,
Komposit,
Polyester,
Kekuatan tarik

ABSTRAK

Penggunaan serat sintetik dalam teknologi komposit selama beberapa dekade terakhir, mulai tergeser oleh hadirnya serat alam. Pemilihan serat alam sebagai *filler* pada material komposit polimer merupakan ide cerdas dalam menjaga lingkungan agar tidak tercemar. Namun, ketahanan komposit polimer berpenguat serat alam pada kondisi temperatur yang tinggi perlu dikaji. Ruang lingkup utama dari penelitian ini adalah mengkaji kekuatan tarik komposit pada kondisi lingkungan bersuhu tinggi. Penelitian ini menggunakan resin polyester sebagai matrik, NaOH sebagai bahan untuk perlakuan kimia dan serat daun gwang. Panjang serat yang digunakan 5 cm dan diberikan perlakuan perendaman alkali 5% selama 1 jam. Rasio perbandingan jumlah serat dan matrik adalah 32%:68%. Spesimen uji dibentuk sesuai standar ASTM D-638. Selanjutnya, dikarakterisasi sifat tariknya dengan alat uji. Sebelum uji tarik, spesimen uji dipanaskan dalam oven listrik dengan variasi temperatur 100°C, 150°C, dan 200°C selama 1 jam. Informasi yang berhasil dihimpun dari penelitian ini adalah kekuatan tarik tertinggi komposit poliester dengan penguat serat daun gwang, diperoleh pada komposit yang dipanaskan pada temperatur 100°C, sedangkan nilai terendah diperoleh pada komposit yang dipanaskan pada temperatur 200°C.

Keyword:

Gwang fiber,
Temperature,
Composite,
Polyester,
Tensile strength

ABSTRACT

The use of synthetic fibers in composite technology over the last few decades has been replaced by the presence of natural fibers. The selection of natural fibers as filler in polymer composite materials is a smart idea in protecting the environment from being polluted. However, the resilience of natural fiber-reinforced polymer composites at high temperature conditions needs to be studied. The main scope of this research is to study the tensile strength of composites in high temperature environmental conditions. This research uses polyester resin as the matrix, NaOH as the material for chemical treatment and gwang leaf fiber. The length of the fiber used was 5 cm and was treated with 5% alkaline immersion for 1 hour. The ratio of the ratio of the amount of fiber and matrix is 32%:68%. The test specimen was shaped according to the ASTM D-638 standard. Furthermore, the tensile properties were characterized by using test equipment. Prior to the tensile test, the test specimen was heated in an electric oven with temperature variations of 100°C, 150°C, and 200°C for 1 hour. The information that has been collected from this research is that the highest tensile strength of the polyester composite with leaf fiber reinforcement was obtained for the composite heated at a temperature of 100°C, while the lowest value was obtained for the composite which was heated at a temperature of 200°C.

1. PENDAHULUAN

Saat ini, serat alam menjadi prioritas paling utama pengganti serat sintesis sebagai bahan penguat dalam aplikasi manufaktur material biokomposit. Ketersediaan serat alam yang dapat diperbaharui dan ketersediannya yang tak terbatas di alam merupakan alasan mengapa serat alam (*bio-fiber*) mendapat bagian penting dalam bidang material komposit [1]; [2]. Di sisi lain, daya tahan material komposit

polimer berpenguat serat alam saat berada dalam lingkungan basah/lembab dan temperatur tinggi menjadi sebuah masalah yang cukup menantang dan mesti ditemukan jawabannya [3]; [4].

Dalam aplikasinya, material komposit berada pada kondisi lingkungan yang tidak menentu, seperti terkena air laut, panas matahari, embun, dan hujan. Hal ini tentu dapat memengaruhi umur pakai dari komposit sehingga perlu dikaji efek dari perubahan temperatur terhadap kekuatan mekanik material komposit [5]; [6]. Berdasarkan kajian pengaruh *hygrothermal* yang dilakukan terhadap komposit *epoxy* berpenguat serat *flax*, diperoleh hasil bahwa komposit yang bekerja pada temperatur 40°C memiliki kekuatan tarik yang rendah jika dibandingkan dengan kondisi pada temperatur 20°C. Dalam penelitian ini, dilaporkan juga bahwa kekuatan tarik cenderung menurun seiring dengan bertambahnya lama waktu perlakuan.

Peneliti lain juga mengemukakan hasil terkait dampak perubahan suhu terhadap kekuatan tarik, *bending* dan geser pada material komposit *epoxy* dengan *fillerfiber glass*. Variabel temperatur yang digunakan pada penelitian tersebut adalah ~20°C, 40°C, 60°C, 80°C, dan 100°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat tarik, *bending* dan geser, cenderung menurun seiring dengan naiknya temperatur perlakuan. Kekuatan *bending* tertinggi diperoleh pada kondisi temperatur ~20°C, sedangkan yang paling rendah kekuatannya adalah material komposit yang diberi perlakuan pada temperatur 100°C [7].

Kajian dampak temperatur terhadap sifat tarik komposit polimer yang diperkuat serat *basalt* dan *fiberglass*, sudah pernah diteliti sebelumnya. Temperatur sebagai variabel bebas pada penelitian ini, yaitu temperatur kamar (25°C), 40°C, 80°C, 120°C, 160°C and 200°C. Spesimen uji dipanaskan dalam oven selama 4 jam kemudian dibiarkan dingin dalam oven dan selanjutnya diuji dalam kondisi suhu kamar [8]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik (*tensile strength*) dan modulus tarik (*tensile modulus*) mengalami degradasi akibat bertambahnya temperatur.

Selanjutnya, telah dilakukan pula kajian sifat tarik komposit *hybrid polyester* dengan *filler* serat daun gewang dan *fiber glass* pada lingkungan dengan temperatur yang berbeda. Spesimen uji dipanaskan dalam oven listrik dengan variasi temperatur 100°C, 150°C dan 200°C. Hasil uji menggambarkan bahwa kenaikan temperatur berakibat pada menurunnya kekuatan tarik komposit *hybrid* [9].

Penelitian ini akan mengkaji bagaimana dampak temperatur terhadap kekuatan tarik komposit polyester berpenguat serat daun gewang. Spesimen uji dipanaskan dalam oven listrik dengan variasi temperatur 100°C, 150°C dan 200°C selama 1 jam. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran terkait penggunaan komposit serat alam untuk aplikasi pada kondisi temperatur tinggi seperti *aerospace*.

2. METODE

Tahapan penelitian ini diawali dengan mempersiapkan bahan-bahan yang digunakan, seperti serat daun gewang, NaOH, resin polyester, katalis, *wax mirror glass*, dan cetakan komposit dari bahan kayu. Serat daun gewang diperoleh dari tunas daun muda pohon gewang yang kemudian diproses menjadi serat. Proses untuk mendapatkan serat diawali dengan memisahkan daun dari lidinya menggunakan pisau. Kemudian daun yang telah terpisah dari lidinya, diserut untuk mendapatkan serat. Tahapan selengkapnya dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. (a) pohon gewang, (b) pucuk/tunas daun gewang, (c) proses pemisahan daun dan lidi, (d) proses serut, dan (e) serat daun gewang

Selanjutnya serat hasil serutan ini dikeringkan, kemudian diberi perlakuan alkali (NaOH) 5%. Perlakuan NaOH dilakukan untuk menghilangkan kotoran dan *lignin* dengan cara merendam serat dalam larutan NaOH agar dapat meningkatkan daya ikat serat-matrik. Proses perlakuan NaOH diawali dengan menghitung banyaknya massa NaOH yang akan digunakan untuk membuat larutan dengan konsentrasi 5%. Selanjutnya, NaOH ditimbang menggunakan timbangan digital dan dicampur dengan air sehingga menjadi larutan NaOH, kemudian serat daun gewang direndam dalam larutan NaOH selama 1 jam. Setelah direndam, kemudian serat dikeluarkan dari larutan NaOH dan dicuci menggunakan air hingga PH air menjadi normal. Hal ini dimaksudkan agar serat terbebas dari molekul NaOH. Proses berikutnya adalah pengeringan serat dengan cara dijemur.



Gambar 2. (a) penimbangan NaOH, (b) perlakuan perendaman NaOH pada serat

Setelah perlakuan, serat dikeringkan dan dipotong menjadi 5 cm kemudian dipakai sebagai penguat komposit polyester. Selain bahan-bahan penelitian, ada juga alat yang digunakan, yaitu timbangan digital, gelas ukur, jangka sorong digital, kamera digital dan alat uji tarik.

2.1. Tahapan fabrikasi komposit polimer dan sampel uji tarik

Material komposit polimer terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material yang berbeda sifat dan menghasilkan material baru yang memiliki sifat yang berbeda dengan material penyusunnya. Proses pembuatan komposit polimer berpenguat serat daun gewang pada penelitian ini diawali dengan perhitungan untuk mencari nilai volume serat dan volume matrik yang akan digunakan, sesuai aturan *Rule of Mixture* [10].

a). Volume serat dihitung menggunakan formula di bawah

$$V_f = \frac{V_{\text{serat}}}{V_c} \quad (1)$$

dimana: V_f = Fraksi volume serat(cm^3)
 V_{serat} = Volume serat (%)
 V_c = Volume komposit (cm^3),

sedangkan untuk volume matriksnya dihitung dengan persamaan berikut,

$$V_m = \frac{V_m}{V_c} \quad (2)$$

dimana: V_m = Fraksi volume matriks(cm^3)
 v_m = Volume matriks (%).
 V_c = Volume komposit (cm^3).

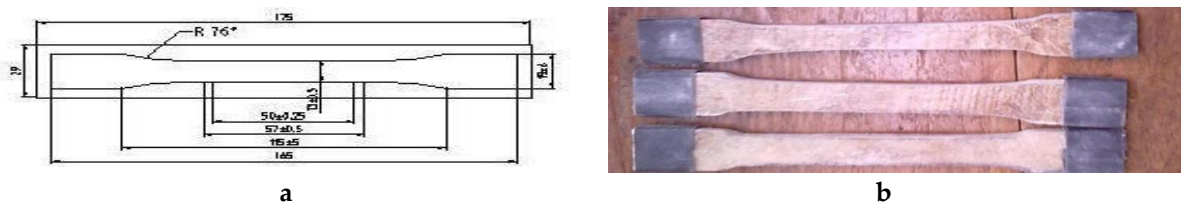
Berdasarkan persamaan di atas, volume serat dan volume matrik yang akan digunakan dihitung.

- b). Setelah diketahui jumlah massa serat dan matriksnya, kemudian ditimbang dengan timbangan digital.
- c). Cetakan kayu diolesi *wax mirror glass* pada bagian dalamnya, kemudian resin dituang ke dalam cetakan dan diikuti dengan memasukan serat ke dalam cetakan. Setelah itu, resin dituang lagi ke atas semua serat secara merata dan dilanjutkan lagi dengan memasukan serat ke dalam cetakan. Proses ini diulangi sampai habisnya serat dan resin. Untuk memperoleh komposit dengan ketebalan yang seragam sesuai yang diinginkan, perlu dilakukan penekanan pada cetakan.



Gambar 3. (a) cetakan diberi *wax mirror glass*, (b) proses cetak *hand ly up*, (c) cetakan yang dipres, dan (d) komposit hasil cetakan

d). Tahapan berikut adalah membuat spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D638 melalui proses pemotongan menggunakan gerinda listrik.



Gambar 4. (a) dimensi spesimen uji dan (b) spesimen uji komposit hasil cetakan

e). Perlakuan temperatur

Spesimen uji komposit dipanaskan dalam oven listrik dengan variasi temperatur 100°C, 150°C dan 200°C selama 1 jam, kemudian dibiarkan dalam oven dan diuji pada kondisi suhu kamar.



Gambar 5. Spesimen uji komposit dipanaskan dalam oven listrik

f). Pengujian Tarik

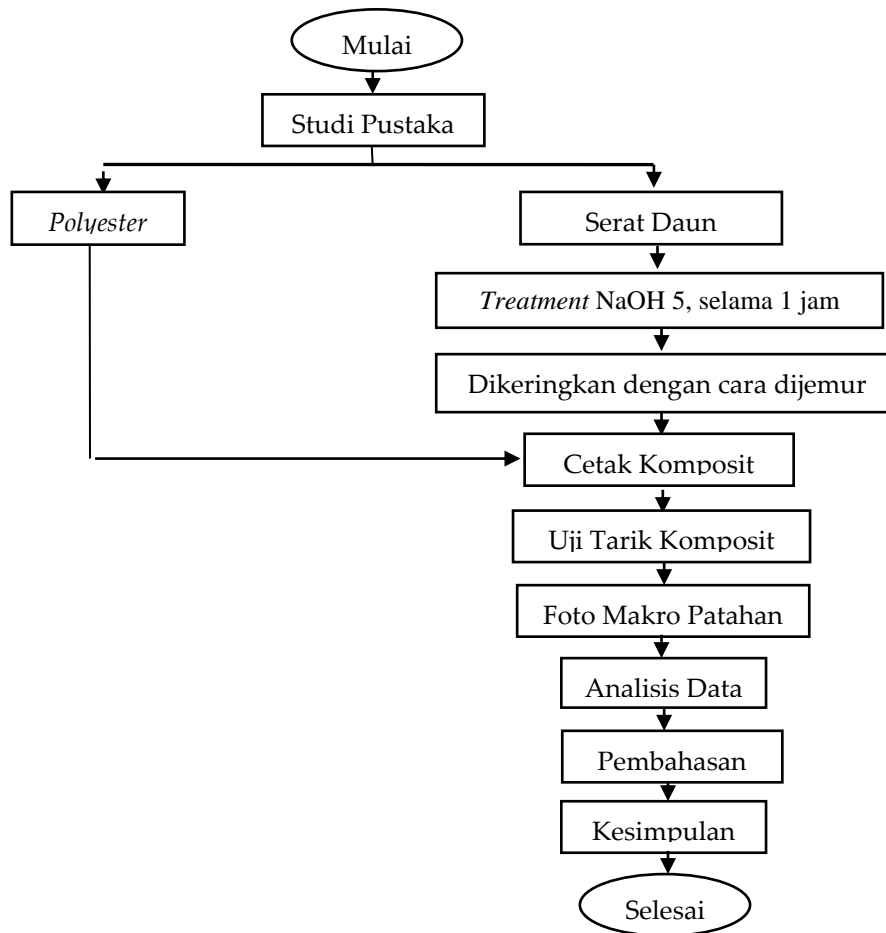
Sesaat setelah spesimen uji dikeluarkan dari oven listrik, dilanjutkan dengan pengujian tarik menggunakan alat uji tarik *servo pulserdi* bawah ini.



Gambar 6. Alat uji tarik

2.2. Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Diagram alir penelitian

2.4. Analisa Data

Data hasil penelitian berupa nilai beban dalam satuan Newton (N), selanjutnya digunakan untuk menghitung tegangan tarik dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad . (3)$$

dimana:

σ = tegangan (MPa)

F = gaya tarik (N)

A_0 = luas penampang (mm^2)

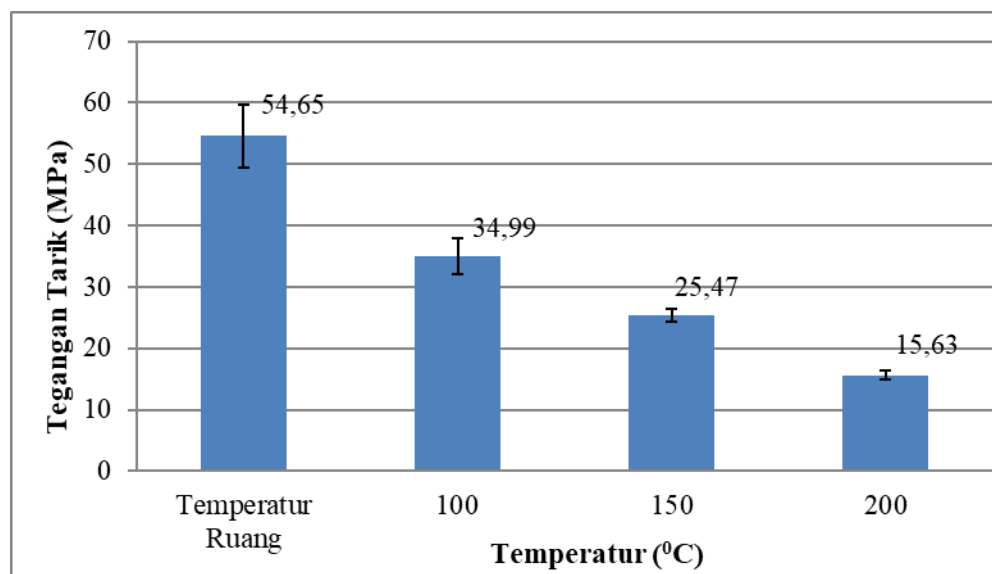
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil ujitarik dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Data Hasil UjiTarik

Perlakuan Temperatur (°C)	Waktu Pengovenan (jam)	Kode Spesimen	Beban (N)	Rata-Rata (N)	ΔL (mm)
Suhu Kamar (25°C)	0	A1	5672	5560,8	1,2
		A2	6133		1,3
		A3	5267		1,3
		A4	4856		1,2
		A5	5876		1,1
100	1	A1	2983	3490,6	1
		A2	3634		1,2
		A3	3747		1
		A4	3405		0,9
		A5	3684		0,9
150	1	D1	2649	2530,8	0,9
		D2	2584		0,8
		D3	2475		0,7
		D4	2538		0,8
		D5	2408		0,7
200	1	G1	1491	1552,8	0,5
		G2	1472		0,5
		G3	1591		0,55
		G4	1538		0,5
		G5	1672		0,6

Nilai beban yang ditampilkan pada tabel di atas merupakan gambaran kekuatan tarik komposit berpenguat serat daun gewang. Dari tabel 1 di atas, tampak bahwa beban terbesar diperoleh pada komposit yang dipanaskan pada temperatur 100°C, sedangkan beban terkecil diperoleh pada spesimen uji yang dipanaskan pada temperatur 200°C. Data beban uji ini kemudian dikonversi menjadi tegangan tarik menggunakan persamaan 3, dan hasilnya seperti terlihat pada Gambar 8.

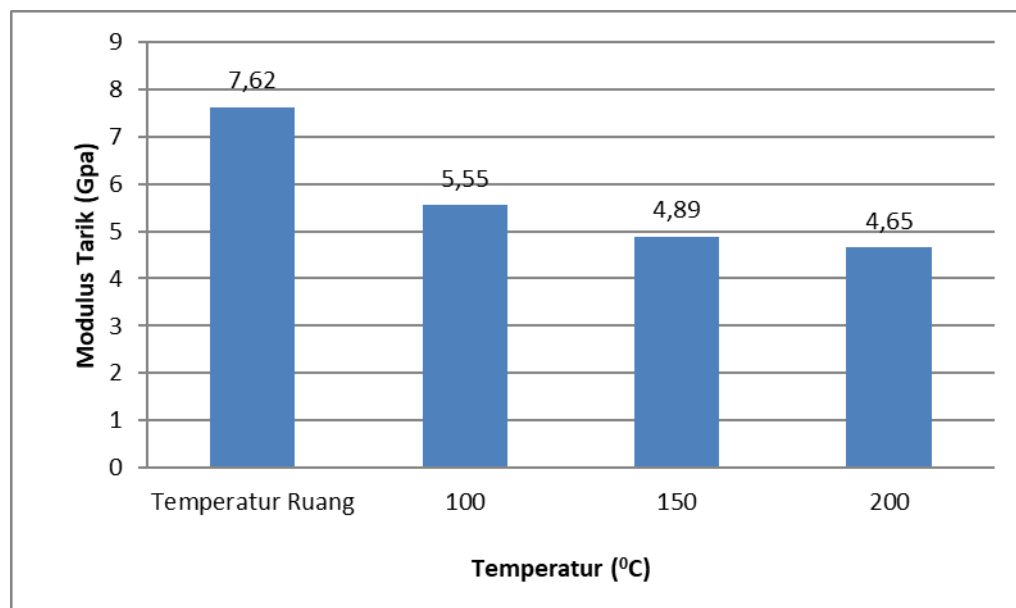


Gambar 8. Kekuatan tarik komposit

Pada Gambar 8, terlihat bahwa komposit yang dipanaskan selama 1 jam pada temperatur yang berbeda mengalami degradasi kekuatan tarik. Hal ini menggambarkan bahwa perubahan temperatur mempengaruhi sifat tarik dari komposit poliester yang dipenguat serat daun gewang. Data pada grafik juga mendeskripsikan sebuah fakta bahwa dengan naiknya temperatur, kekuatan tarik komposit cenderung menurun. Semakin tinggi temperatur, kekuatan tarik komposit semakin rendah. Hasil perhitungan diperoleh nilai kekuatan tarik komposit yang tidak diberi perlakuan pemanasan (kondisi suhu kamar) sebesar 54,65 MPa, sedangkan kekuatan tarik komposit yang dipanaskan pada temperatur 200°C adalah sebesar 15,63 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kekuatan tarik sebesar 71,4% dari kondisi suhu kamar ke temperatur 200°C.

Menurunnya nilai kekuatan tarik seiring naiknya temperatur disebabkan oleh nilai *heat distortion temperature* (HDT) resin *polyester* lebih rendah dari temperatur perlakuan sehingga ikatan antar rantai monomernya terlepas. Besaran nilai HDT resin *polyester* berada pada 54°C, di atas temperatur HDT maka sifat resin mulai getas. Suhu yang tinggi menyebabkan putusya ikatan rantai monomer sehingga daya ikat *interface* serat menjadi lemah dan mudah terlepas ketika dikenai beban. Hal ini berakibat pada menurunnya kekuatan tarik komposit.

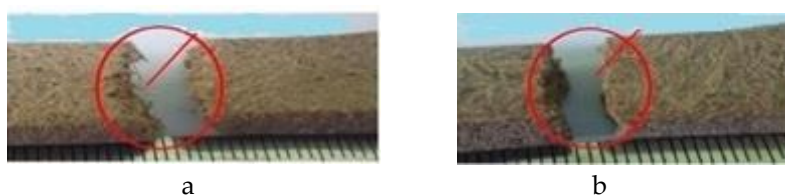
Nilai modulus tarik (E) komposit pun tidak jauh berbeda dengan nilai tegangan tarik, bahwa spesimen uji tanpa pemanasan memiliki nilai modulus tarik tertinggi, dan terendah diperoleh pada spesimen uji yang dipanaskan pada temperatur 200°C. Gambar 9 di bawah ini menggambarkan nilai modulus tarik komposit.



Gambar 9. Modulus tarik komposit

Gambar 9 menunjukkan bahwa komposit pada kondisi temperatur ruang (25°C) memiliki nilai kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit pada temperatur tinggi (200°C). Rendahnya nilai kekakuan tersebut diakibatkan oleh rusaknya ikatan kovalen rantai monomer *polyester* dan komposit lebih bersifat getas.

Hasil foto makro patahan seperti yang ditampilkan pada Gambar 10 menunjukkan bahwa komposit yang dipanaskan pada temperatur 200°C memiliki bentuk patahan getas tanpa ada *fiber pull out*, sedangkan komposit yang dipanaskan pada temperatur 100°C memiliki patahan dengan *fiber pull out*.



Gambar 10. Model patahan komposit yang dipanaskan, (a) temperatur 100°C, (b) temperatur 200°C

Patahan komposit yang dipanaskan pada temperature 200°C tanpa ada *fiber pull out* disebabkan oleh matrik yang berubah menjadi lebih *ductile*. Selain itu, serat pun ikut getas akibat panas sehingga kekuatan tariknya menurun.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Kekuatan tarik komposit cenderung menurun seiring naiknya temperatur, bahwa komposit yang tidak diberi perlakuan pemanasan memiliki kekuatan tarik tertinggi.
2. Komposit yang berada pada kondisi temperatur tinggi memiliki bentuk pantahan getas tanpa adanya *fiber pull out*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sunil Kumar Ramamoorthy, And Anders Persson Mikael Skrifvars. A Review of Natural Fibers Used in Biocomposites: Plant, Animal and Regenerated Cellulose Fibers. *Polymer Reviews*. 2015; Vol. 55:107–162
- [2] Diabor, E.; Funkenbusch, P.; Kaufmann, E.E. Characterization of Cassava Fiber of Different Genotypes as a Potential Reinforcement Biomaterial for Possible Tissue Engineering Composite Scaffold Application. *Fibers Polym.* **2019**, Vol. 20, pages 217–228
- [3] Thomas Cadu, Laetitia Van Schoors, Olivier Sicot, Sandrine Moscardelli, Stéphane Fontaine, Loïc Divet. Cyclic hygrothermal ageing of flax fibers bundles and unidirectionall flax/epoxy composite. Are bio-based reinforced composites so sensitive? *Industrial Crops & Products*. 2019; Vol. 141
- [4] Allan C. Manalo, Evans Wani, Noor Azwa Zukarnain, Warna Karunasena, Kin-tak Lau. Effects of alkali treatment and elevated temperature on the mechanical properties of bamboo fibreepolyester composites. *Composites Part B*. 2015, Vol. 80. Pages 73 – 83.
- [5] Daniel Scida, Mustapha Assarar, Christophe Poilâne, Rezak Ayad. Influence of hygrothermal ageing on the damage mechanisms of flax-fibre reinforced epoxy composite. *Composites Part B: Engineering*. 2013, Volume 48. Pages 51-58
- [6] Mahdi Mejri, Lotfi Toubal, Jean-Christophe Cuillière, Vincent François. Hygrothermal Aging Effects on Mechanical and Fatigue Behaviors of A Short Natural-Fiber Reinforced Composite. *International Journal of Fatigue*, 2021,
- [7] Mehmet Akta,s, Ramazan Karakuz. Determination of Mechanical Properties of Glass-Epoxy Composites in High Temperatures. *Polymer Composites*. 2009
- [8] Zhongyu Lu, Guijun Xian, Hui Li. Effects of Elevated Temperatures on the Mechanical Properties of Basalt fibers and BFRP Plates. *Construction and Building Materials*. 2016; Volume 127. Pages 1029-1036
- [9] Adoniram Sabuin, Kristomus Boimau, Dominggus Adoe. Pengaruh Temperatur Pengovenan Terhadap Sifat Mekanik Komposit Hibrid Poliester Berpenguat Serat Glass dan Serat Daun Gwang. *Lontar Jurnal Teknik Mesin*. 2015; Vol. 02. P69 – 78.
- [10] Ronald F. Gibson, "Principles of Composite Material Mechanics", *Fourth Edition*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Book page (264 -265), 2015.