

Analisis Pengaruh Variasi *Temperature Curing* Terhadap Kekuatan Tarik dan *Bending* Komposit Hybrid Serat *Fiber Glass* Dengan Tipe *Woven* dan *Mat*

Muhammad Hario Wijaya, Fajar Paundra*, Muhammad Syaokani, Fajar Perdana Nurullah

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365

*Email: fajar.paundra@ms.itera.ac.id

Revisi 3 Oktober 2024; Diterima 12 November 2024,; publikasi Online 30 Desember 2024

Abstrak Material komposit adalah material yang tersusun dari dua atau lebih material yang memiliki sifat ringan, kaku, tahan korosi dan keuletan. Penelitian ini bertujuan mengamati dan menganalisis pengaruh temperatur curing terhadap kekuatan tarik dan bending hybrid komposit fiberglass dengan tipe woven dan mat. Material yang digunakan yaitu resin, serat woven dan serat mat dengan metode vacuum bagging bertekanan 14 Psi dan dilakukan proses curing pada temperatur 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C dengan waktu curing selama 2 jam. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian tarik dan pengujian bending yang merujuk pada standar ASTM D 638 dan ASTM D 790. Nilai kekuatan tarik maksimal komposit fiberglass tertinggi terdapat pada temperatur 60°C dengan nilai sebesar 152,67 MPa dan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada temperatur 40°C dengan nilai sebesar 76,40 MPa. Nilai kekuatan bending maksimal tertinggi juga terdapat pada temperatur 60°C dengan nilai sebesar 547,70 MPa dan nilai kekuatan bending terendah terdapat pada temperatur 40°C dengan nilai sebesar 310,30 MPa.

Kata kunci : Bagging, Curing, Komposit Hybrid, Kekuatan Tarik, Kekuatan Bending, Resin, Serat Mat, Temperatur, Vacuum Serat Woven,

1. Pendahuluan

Kemajuan pesat dalam ilmu pengetahuan dan teknologi telah membawa manusia ke era baru di mana kebutuhan dapat dipenuhi dengan menggunakan peralatan yang lebih maju daripada sebelumnya. Namun, kemajuan ini juga menimbulkan tantangan dalam industri, khususnya dalam memenuhi kebutuhan aplikasi baru karena keterbatasan bahan konvensional seperti logam. Oleh karena itu, penggunaan material komposit menjadi solusi utama dalam mengatasi hambatan tersebut pada zaman ini.

Material komposit adalah hasil dari penggabungan dua atau lebih bahan yang berbeda untuk membentuk material baru. Biasanya, material komposit terdiri dari komponen yang bertindak sebagai penguat serta komponen pengikat. Pengembangan material komposit terus berlanjut hingga saat ini karena penelitian dalam bidang sains material memiliki cakupan yang luas, terutama dalam konteks material komposit yang diperkuat oleh serat seperti *Fiber Reinforced Composite (FRP)* [1].

Fiber serat, yang sering disebut sebagai *fiberglass*, merupakan material yang terbuat dari kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan diameter sekitar 0,005 mm - 0,01 mm. Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain, kemudian direndam dengan resin untuk membentuk material yang kuat dan tahan terhadap korosi. Material ini sering digunakan dalam pembuatan badan mobil dan struktur kapal, serta sebagai agen penguat dalam berbagai produk plastik. Material komposit yang dihasilkan dari serat *fiberglass* dikenal sebagai plastik diperkuat-gelas (GRP) atau epoxy diperkuat *glass-fiber (GRE)*, yang umumnya disebut sebagai "*fiberglass*" [2]. Salah satu metode untuk meningkatkan sifat material komposit ini adalah melalui proses penguatan (*curing*).

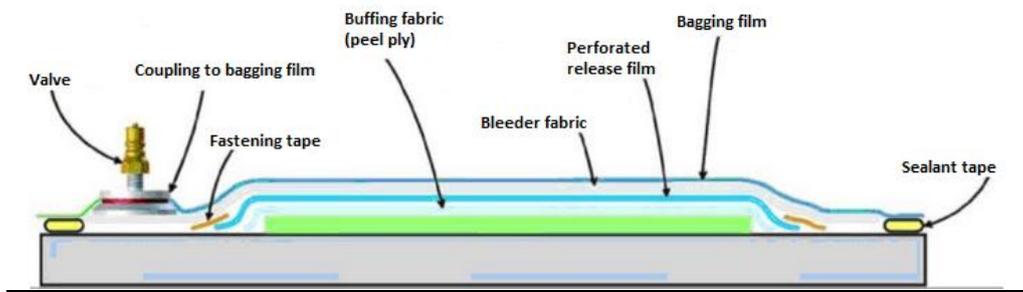
Curing adalah proses pemanasan material komposit pada suhu ruang untuk meningkatkan daya ikat resin pada serat [3]. Peningkatan suhu curing dapat mempercepat proses pengikatan resin pada serat, namun dapat mengurangi kekakuan material [3]. Secara umum, dalam mekanisme *curing* material *thermoset*, terjadi proses *cross-linking*. Dalam aplikasinya, proses *curing* atau *crosslinking* dapat terjadi pada suhu tinggi, seperti pada proses *pressure molding*, atau pada suhu ruang, seperti pada proses *hand lay-up*. Proses curing mengakibatkan molekul-molekul dengan ukuran sedang berikatan satu sama lain untuk membentuk ikatan molekul yang lebih besar. Akibatnya, material yang telah mengalami proses *curing* menjadi lebih padat dan meningkatkan kekuatan, kekakuan, serta kekerasan [28].

Dari penjelasan tersebut, untuk mencapai hasil yang terbaik, penelitian tentang pengaruh suhu *curing* terhadap komposit *fiberglass* perlu dilakukan. Dengan variasi suhu *curing*, diharapkan dapat diperoleh sifat kekuatan yang optimal, sehingga kekuatan tarik dan *bending* dari material dapat meningkat secara signifikan.

2. Metode

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *fiberglass* dengan tipe serat *woven* dan serat *mat* sebagai penguat, sedangkan matriknya menggunakan *Polyester Resin Yukalac C-108B*. Serat *woven* dan serat *mat* dipotong sesuai dengan cetakan.

Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *vacuum bagging* dengan bentuk komposit serat. Adapun proses pembuatannya diawali dengan pengolesan *wax* pada cetakan agar komposit tidak menempel saat dikeluarkan dari cetakan. Setelah itu resin dalam bentuk cair dicampurkan dengan serat *fiberglass* yang telah digabungkan sesuai dengan komposisi masing-masing, setelah itu plastik *vacuum* direkatkan dengan *sealant tape*, kemudian mesin *vacuum* dihidupkan untuk menghilangkan udara pada komposit dengan tekanan 14 Psi. Setelah melakukan *vacuum bagging* dilakukan proses *curing* yaitu proses pemanasan kembali pada komposit untuk resin yang sudah mulai mengeras, tujuan proses *curing* agar resin merata dengan baik dengan dilakukan proses *curing* selama 2 jam dengan variasi *temperature* 40°C, 50°C, 60°C, 70°C dan 80°C. Gambar 1 menunjukkan ilustrasi proses *vacuum bagging*.



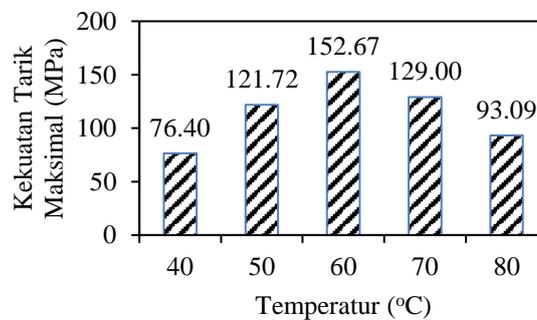
Gambar 1. Ilustrasi *vacuum bagging*

Material komposit *fiberglass* dengan tipe serat *woven* dan serat *mat* setelah dilakukan *curing* yang dihasilkan akan dilakukan pengujian tarik dan *bending*. Pengujian tarik mengacu pada ASTM D3039 dan pengujian *bending* mengacu pada ASTM D790. Kemudian hasil patahannya diamati untuk mengetahui karakteristik patahan komposit tersebut.

3. Hasil dan Diskusi

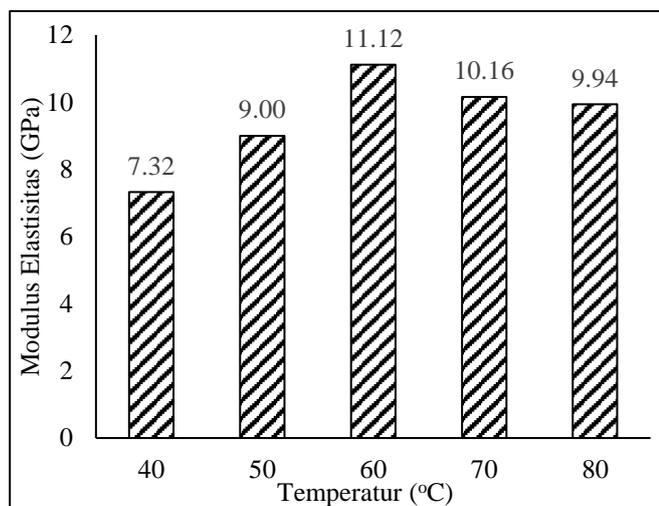
3.1 Pengujian Tarik

Tujuan dilakukannya pengujian tarik merupakan untuk mencari pengaruh dari variasi *temperature curing* mengacu dan jenis-jenis mekanik pada komposit yang mengacu pada standar ASTM D3039. Gambar 2 merupakan kekuatan tarik maksimal komposit



Gambar 2. Grafik Kekuatan Tarik Maksimal

Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai tertinggi kekuatan tarik maksimal terhadap temperature pada komposit *fiberglass* terdapat pada 60°C dengan nilai kekuatan tarik sebesar 152,67 MPa. Nilai kekuatan tarik maksimal meningkat secara signifikan dengan bertambahnya temperatur, dapat dilihat pada temperature 40°C dan 50°C dengan nilai kekuatannya sebesar 76,40 MPa dan 121,72 MPa. Pada suhu 70°C dan 80°C nilai kuat tariknya mengalami penurunan masing-masing sebesar 129,00 MPa dan 93,09 MPa. Hal ini disebabkan nilai kekuatan tarik menurun seiring dengan meningkatnya suhu [28]. Saat suhu berada pada titik terendah yang dapat dicapai, yaitu 40 derajat Celcius, nilai kuat tariknya turun menjadi 76,40 MPa. Saat temperature mengalami kenaikan maka pada campuran resin dan katalis mengalami kematangan serta menambah kekuatan ikatan antara serat *woven* dan serat *mat* seiring bertambahnya temperature yang digunakan. Pada temperatur awal hingga temperature tertentu akan mengalami peningkatan kekuatan tarik pada komposit namun mengalami penurunan kekuatan pada temperatur atas yang akan mendekati temperatur *cross-link* [3]. Selain nilai kekutan tarik terhadap temperature diatas pada penelitian inu juga terdapat nilai modulus elastisitas terhadap temperatur. Grafik modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 3.

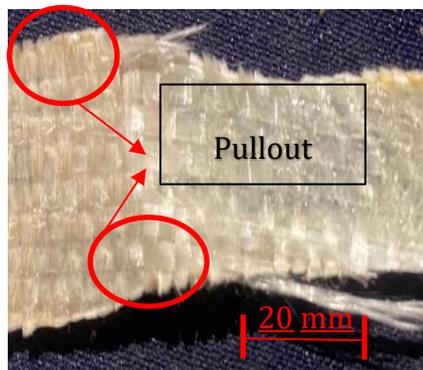


Gambar 3. Grafik Modulus Elastisitas

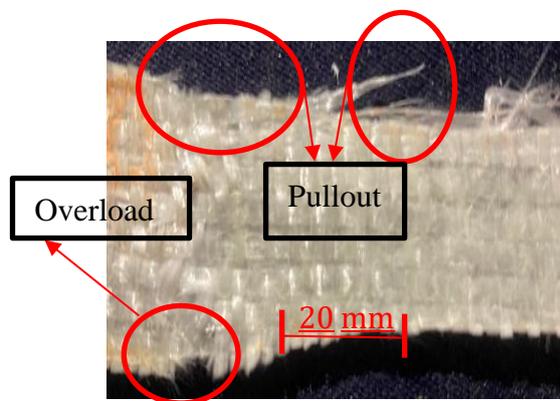
Gambar 3 menunjukkan nilai dari modulus elastisitas terhadap temperature pada komposit *hybrid* serat *woven* dan serat *mat* yang didapatkan dengan rumus $E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$. Pada temperature 60°C menunjukkan nilai modulus elastisitas tertinggi sebesar 11,12 GPa, kemudian diikuti dengan temperatur 50°C, 70°C dan 80°C yang masing-masing memiliki nilai sebesar 9,00 GPa, 10,16 GPa dan 9,94 GPa. Nilai modulus elastisitas terendah terdapat pada temperatur 40°C dengan nilai modulus elastisitas sebesar 7,32 GPa. Pada temperature 40°C, 50°C dan 60°C mengalami peningkatan nilai modulus elastisitas yang signifikan tetapi pada temperatur 70°C dan 80°C nilai modulus elastisitas mengalami penurunan. Nilai modulus elastisitas mengalami peningkatan pada temperatur awal hingga temperature tertentu dikarenakan kurangnya merata resin dan tingkat kematangan dan mengalami penurunan nilai modulus elastisitas dikarenakan temperature mendekati peristiwa *crosslinking* pada komposit *hybrid* serat *woven* dan serat *mat*, karena nilai kekuatan tarik berpengaruh terhadap nilai modulus elastisitas. Nilai kekuatan tarik berbanding lurus terhadap nilai modulus elastisitas [21].

Gambar 4 menunjukkan hasil foto makro patahan spesimen pengujian tarik pada komposit *hybrid fiberglass*. 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 [11]. Jenis patahan pada tiap-tiap sampel memiliki beberapa bentuk patahannya. Patahan dengan jenis *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 dipermukaan 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 [12]. Patahan yang terjadi pada spesimen terdapat jenis *pullout* dan *overload* yang disebabkan oleh peningkatan temperatur *curing* yang meningkat secara signifikan mengakibatkan spesimen

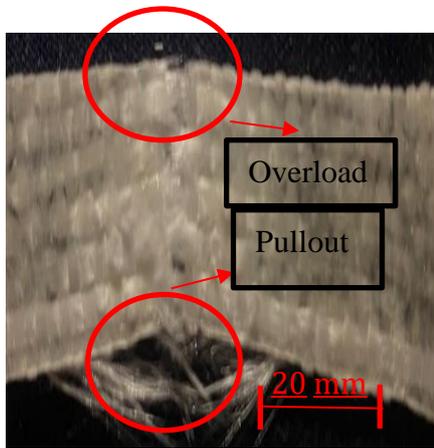
mengalami peningkatan kekuatan dan penurunan kekuatan yang menyebabkan terjadinya patahan *pullout* dan *overload*.



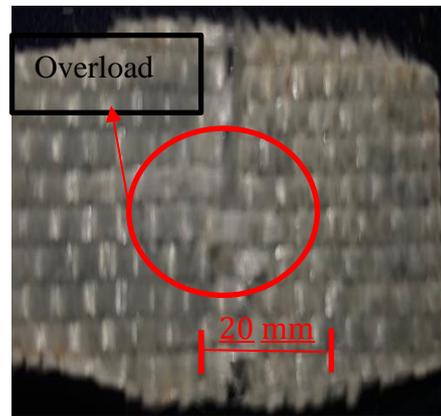
a. Temperatur 40°C



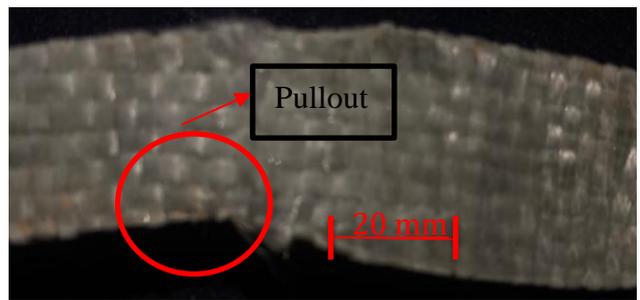
b. Temperatur 50°C



c. Temperature 60°C



d. Temperature 70°C

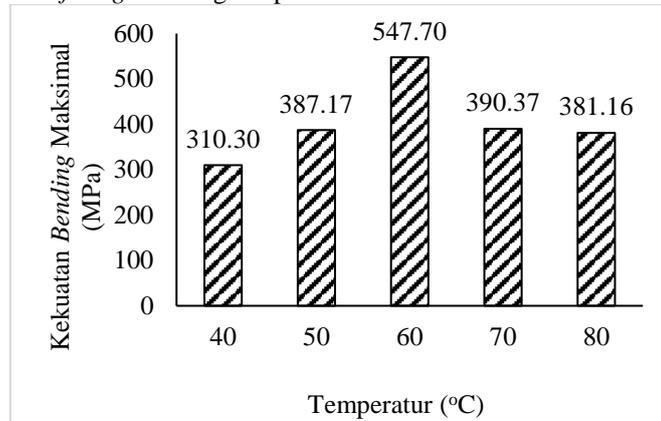


e. Temperatur 80°C

Gambar 4. Hasil Patahan Pengujian Tarik

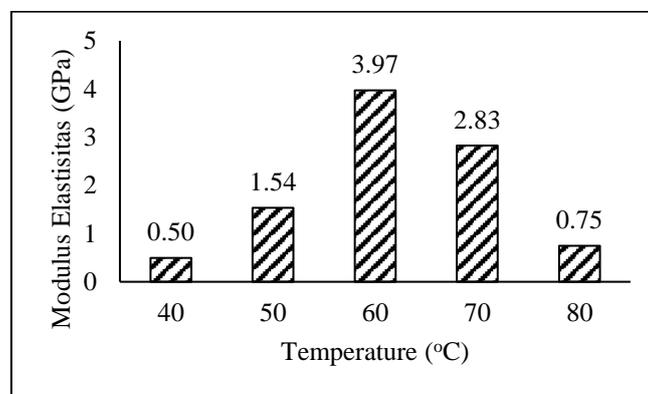
3.4 Pengujian Bending

Kekuatan *bending* maksimum *three-point bending* dihasilkan dari data yang didapatkan dari pengujian spesimen dengan kombinasi *fiberglass* dengan tipe serat *woven* dan serat *mat*.



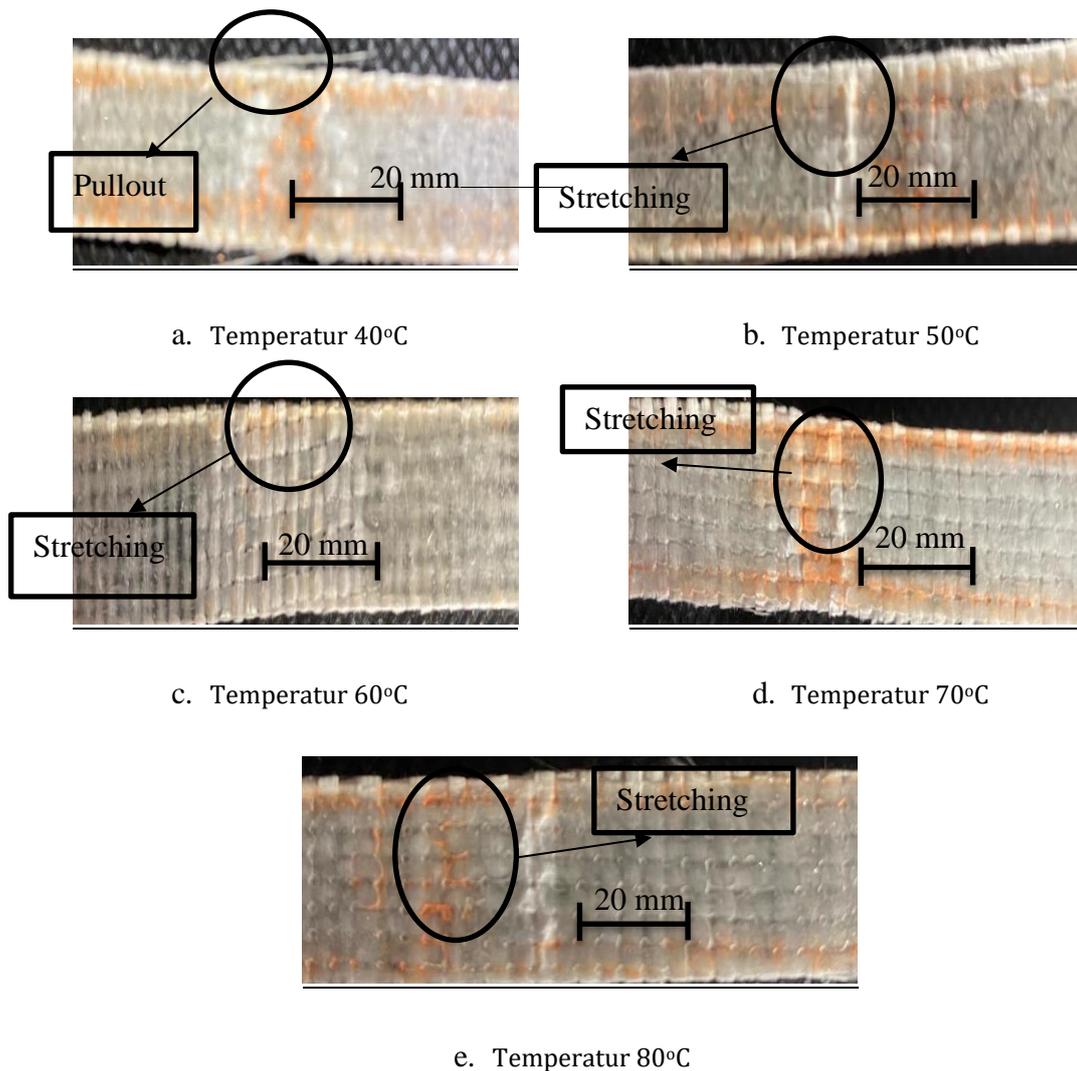
Gambar 5. Grafik Kekuatan *Bending* Maksimal

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai tertinggi kekuatan *bending* maksimal terhadap *temperature* pada komposit *fiberglass* terdapat pada *temperature* 60°C dengan nilai 547,70 MPa. Nilai kekuatan *bending* maksimal cenderung meningkat secara signifikan dengan bertambahnya *temperature*, dapat dilihat pada *temperature* 40°C dan 50°C dengan nilai kekuatan *bending* sebesar 310,30 MPa dan 387,17 MPa. Namun, pada *temperature* 70°C dan 80°C mengalami penurunan sebesar 390,37 MPa dan 381,16 MPa dikarenakan semakin tinggi *temperature* yang digunakan maka kekuatan *bending* yang dihasilkan akan semakin meningkat dan akan menurun apabila mendekati *temperature* 100°C [28]. Nilai kekuatan *bending* terendah pada *temperature* 40°C dengan nilai kekuatan *bending* sebesar 310,30 MPa. Penyebab pada spesimen uji komposit yang terdiri dari matriks resin merupakan matriks yang memiliki ikatan bercabang antar ikatan polimernya. Resin yang dipanaskan dengan *temperature* tertentu akan terdekomposisi dan mengalami pemutusan ikatan pada *temperature* tersebut. Semakin tinggi *temperature* semakin terdegradasi, akibat terdegradasi tersebut maka material komposit tidak kuat menahan beban yang diberikan sehingga nilai yang didapat semakin menurun [29]. Selain nilai kekuatan *bending* terhadap *temperature* diatas pada penelitian ini juga terdapat nilai modulus elastisitas terhadap *temperature*. *Temperature* 40°C memiliki nilai kekuatan *bending* sebesar 310,30 MPa dan memiliki karakteristik sangat kaku yang disebabkan oleh kurang meratanya resin dan kurang matang pada saat proses *curing*, *temperature* 50°C memiliki nilai kekuatan *bending* sebesar 389,84 MPa dan memiliki karakteristik sedikit lebih kaku yang disebabkan oleh sedikit kurang pemerataan pada resin dan resin sedikit kurang matang pada saat proses *curing*, *temperature* 60°C memiliki nilai kekuatan sebesar 547,70 MPa dan memiliki karakteristik lebih lentur yang disebabkan oleh lebih meratanya resin dan mendekati matang optimal pada saat proses *curing*, *temperature* 70°C memiliki nilai kekuatan sebesar 390,37 MPa dan memiliki karakteristik sedikit lentur yang disebabkan oleh sedikit kurang meratanya resin. Grafik modulus elastisitas dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Modulus Elastisitas

Gambar 6 menunjukkan nilai dari modulus elastisitas terhadap temperature pada komposit hybrid yang didapat dengan rumus $E = \frac{FL^3}{48 \Delta L I}$. Pada temperature 60°C menunjukkan nilai modulus elastisitas tertinggi sebesar 3,97 GPa, kemudian diikuti dengan temperature 50°C, 70°C dan 80°C yang masing-masing memiliki nilai sebesar 1,54 GPa, 2,83 GPa dan 0,75 GPa. Nilai modulus elastisitas terendah terdapat pada temperatur 40°C dengan nilai modulus elastisitas sebesar 0,50 GPa. Temperatur 40°C, 50°C dan 60°C mengalami peningkatan nilai modulus elastisitas yang signifikan tetapi pada temperature 70°C dan 80°C nilai modulus elastisitas mengalami penurunan. Nilai modulus elastisitas pada temperature 70°C dan 80°C lebih rendah dibandingkan dengan temperature 60°C disebabkan oleh kurang meratanya penyebaran serat *woven* dan serat mat serta kurang meratanya penyebaran resin sehingga ikatan antar lapisan serat kurang optimal dan juga nilai kekuatan *bending* yang didapat pada temperatur 70°C dan 80°C lebih rendah dibandingkan dengan temperatur 60°C, karena nilai kekuatan *bending* berpengaruh terhadap nilai modulus elastisitas. Nilai kekuatan *bending* berbanding lurus terhadap nilai modulus elastisitas [21].



Gambar 7. Hasil Patahan Pengujian *Bending*

Gambar 7 menunjukkan foto makro dari sampel pengujian *bending* yang memiliki sifat ulet (*ductile*) sehingga terjadi *springback*. *Springback* adalah gaya balik yang ditimbulkan saat pengujian *bending* akibat pengaruh elastisitas pada sampel komposit *hybrid fiberglass* [31]. Jenis patahan pada tiap-tiap sampel memiliki beberapa bentuk patahanya. Patahan dengan jenis *pullout* dan *stretching* yang paling banyak terjadi, *fiber pullout* adalah sambungan antara serat dan matriks yang tidak kuat, sehingga serat ditarik

keluar dari sambungan matriks [12]. *Stretching* pada tiap-tiap sampel disebabkan karena terjadi peregangan pada resin yang dipakai sebagai matriks pada saat pengujian. Patahan yang terjadi pada spesimen terdapat jenis *pullout* dan *stretching* yang disebabkan oleh peningkatan temperatur *curing* yang meningkat secara signifikan mengakibatkan spesimen mengalami peningkatan kekuatan dan penurunan kekuatan yang menyebabkan terjadinya patahan *pullout* dan *stretching*.

4. Kesimpulan

Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada temperatur 60°C dengan nilai kekuatan tariknya sebesar 152,67 MPa dan kekuatan tarik terendah terdapat pada temperature 40°C dengan nilai kekuatan tariknya sebesar 76,40 MPa. Selanjutnya modulus elastisitas tertinggi pada pengujian tarik terdapat pada temperatur 60°C dengan nilai sebesar 11,12 GPa dan modulus elastisitas terendah terdapat pada temperatur 40°C dengan nilai sebesar 7,32 GPa.

Kekuatan *bending* tertinggi terdapat pada temperatur 60°C dengan nilai kekuatan *bending* sebesar 547,70 MPa dan kekuatan *bending* terendah terdapat pada temperatur 40°C dengan nilai kekuatan *bending* sebesar 310,30 MPa. Selanjutnya nilai modulus elastisitas tertinggi pada pengujian *bending* terdapat pada temperatur 60°C dengan nilai sebesar 3,97 GPa dan nilai modulus elastisitas terendah terdapat pada temperatur 40°C dengan nilai sebesar 0,50 GPa.

Daftar Pustaka

- [1] R. S. Aritonang, "Sifat Kuat Tarik Mekanik Komposit FRP Serat *E-Glass Polyester* dengan Metode Manufaktur Handlay-up," 2020.
- [2] B. A. Setyawan, M. R. Hatuwe, Marsudi, "Kualitas Karaktometri Material Kevlar Substitusi Fiberglass pada kapal ikan nelayan Indonesia," *Jurnal Ilmiah GIGA*, Vol 2, 1 Jun. 2019
- [3] J. P. Rahmani, "Studi Pengaruh Jenis Perekat dan Variasi Suhu Curing Terhadap Kekuatan Bending Komposit Sandwich Menggunakan Core 3D Printing," 2022.
- [4] Anggrainy Rani, Wirawan Riza, And Dwiwati Titik Siska, "Pengaruh Konsentrasi Naoh Terhadap Sifat Termal Komposit Eceng Gondok Dan Carbon Nanotube (Cnt) Dalam Matriks HDPE," *Jurnal Perancangan, Manufaktur, Material, Dan Energi (Jurnal Permadi)*, Vol. 3, No. Pengaruh Konsentrasi Naoh Terhadap Sifat Termal Komposit Eceng Gondok Dan Carbon Nanotube (Cnt) Dalam Matriks HDPE, Pp. 1–11, 2021.
- [5] E. Mahmuda, S. Savetlana, And D. Sugiyanto, "Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk Dengan Matrik Epoxy," 2013.
- [6] F. Paundra Dkk., "Analisis Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Batang Pisang Kepok Dan Serat Pinang," *Journal Mechanical Engineering (Njme)*, Vol. 11, No. 1, 2022.
- [7] A. Palan, R. Pappang, L. Salam, And S. Salu, "Prosiding Seminar Nasional," 2018.
- [8] R. A. Fachrozi, F. Paundra, And E. Pujiyulianto, "Pengaruh Variasi Tekanan Pada Proses Pembuatan Hybrid Composite Serat Eceng Gondok Dan Serat Rami Bermatriks Resin Polyester Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending," *Original Article JournalOf ScienceAnd Applicative Technology*, Vol. Xx, Pp. Xx–Xx, 2022, Doi: 10.35472/X0xx0000.
- [9] B. Margono and L. Widodo, "Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Plastik HDPE Berpenguat Serat Ampas Tebu Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Dan Bending," 2020. [Online]. Available: [Http://Ejournal.Uika-Bogor.Ac. Id/Index.Php/Ame/Index](http://Ejournal.Uika-Bogor.Ac.Id/Index.Php/Ame/Index)
- [10] U. Budi Suro, "Prosiding Seminar Nasional Xi "Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi," 2016.
- [11] H. Sutanto, "Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Kekuatan Bending Dan Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Eceng Gondok–Tebu Dengan Matrik Epoxy," 2020.
- [12] A. K. Kaw, *MechanicsOfComposite Materials*. Taylor & Francis, 2006.
- [13] F. K. Khotimah, "Analisis Serat Eceng Gondok Dan HDPE (High Density Polyethylene) Sebagai Material Alternatif Pada Lambung Kapal," 2018.
- [14] A. Prayoga, "Penggunaan Serat Pelepah Pohon Pisang Sebagai Bahan Alternatif Dalam pembuatan Kampas Rem Tromol Sepeda Motor (Non Asbes)," 2016. [Online]. Available: [Http://Jurnal.Ubl.Ac.Id/Index.Php/Jtm](http://Jurnal.Ubl.Ac.Id/Index.Php/Jtm).
- [15] L. Kristianto, "Pengaruh Persentase Serat Fiberglass Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Matriks Polimer Polyester," 2018.
- [16] D. F. Rochman, "Pengaruh Konsentrasi Larutan Koh Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Komposit Hibrid Serat Rami Dan Serat Bambu," *Jurnal Teknik Mesin Unesa (Jtm)*, Vol. 8, 2020.

- [17] T. Mishra, P. Mandal, A. K. Rout, And D. Sahoo, "A State-Of-The-Art Review On Potential Applications of Natural Fiber-Reinforced Polymer Composite Filled with Inorganic Nanoparticle," *Composites Part C: Open Access*, Vol. 9. Elsevierb. V., Oct.01,2022. Doi: 10. 1016/J. Jcomc. 2022. 10029
- [18] T. S. Hadi, S. Jokosisworo, P. Manik, And T. Perkapalan, "Analisa Teknis Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tarik, Bending Dan Impact," 2016.
- [19] M. Rafandi, "Rancang Bangun Sudu Turbin Air dengan Menggunakan Bahan Dasar Komposit *Fiberglass*", 2022
- [20] D. Erlangga, F. Setiawan, Sehonon, "Eksperimen Pembuatan Komposit Berbahan Dasar Tanaman Mendong Menggunakan Metode *Vaccum Bagging* Terhadap Uji Tarik". Vol 2. No 2 Agustus 2022, 36-41, 2022.
- [21] K. Karyanik and N. Herlina Sari, "Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Ecenggondok Berbahan Filler Ampas Singkong Dengan Matrik Polyester," *Rekayasa Energi Manufaktur*, Vol. 1, No. 1, Jul. 2016, Doi: 10.21070/R.E.M. V1i1.170.
- [22] M. Mulyadi, "Pengaruh Model Speciment Uji Tarik Pada Pengelasan Besi Fc-30 Di Lihat Dari Kekuatan Tarik Pengelasan," *Rekayasa Energi Manufaktur*, Vol. 1, No. 2, P. 29, Dec. 2016, Doi: 10.21070/R.E.M. V1i2.658.
- [23] R. S. Aritong, "Sifat Kuat Tarik Mekanik Komposit Frp Serat E-Glass- Polyester Dengan Metode Manufaktur Handlay-Up," 2020.
- [24] H. Budiman, "Analisis Pengujian Tarik (Tensile Test) Pada Baja St37 Dengan Alat Bantu Ukur Load Cell," 2016.
- [25] O. Dwi Nata, M. Hidayat, S. Ali Rohman, P. Studi Teknik Mesin, F. Teknik, And U. Teknologi Sumbawa, "Analisis Kekuatan Uji Bending Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Material Ss400 Menggunakan Kawat Las E6013 Berbagai Variasi Arus Listrik," Vol. 2, No. 1, 2022
- [26] N. Herlina Sari, "Analisa Kekuatan Bending Komposit Epoxy Dengan Penguatan Serat Nilon," 2020.
- [27] M. Fawaid, F. M. Rasyid Noor, and J. Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Jl Jendral, "VARIASI CAMPURAN FLY ASH BATUBARA UNTUK MATERIAL KOMPOSIT," vol. 1,2015.
- [28] A. Fahmi Johari and D. Teguh Santoso, "Pengaruh Temperatur Terhadap Pembuatan Papan Komposit Sekam Padi Berbasis Limbah HDPE menggunakan Metode Hot Press," 2021. [online].
- [29] K. Boimau, "PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP SIFAT BENDING KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT SERAT DAUN GEWANG," *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, vol. 6, no. 2, 2021.
- [30] V. Malau, "KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIS DAN FISIS KOMPOSIT *E-GLASS* DAN RESIN ETERNAL 2504 DENGAN VARIASI KANDUNGAN SERAT, TEMPERATUR DAN LAMA *CURING*," *Jurnal Teknik Mesin dan Industri- Fakultas Teknik UGM*, vol. 8, no 2, 2020.
- [31] M. A. Suyuti Dkk., "39 Suyuti, Muhammad Arsyad., dkk; Rancang Bangun Press Tool Untuk Alat Bending Pelat Tipe Die-V Air Bending," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 6, no 1, 2020.