

# ANALYZE ON VARIATION COMPOSITION OF COMPOSITE POLYMER FOAM POLYURETHANE REINFORCED BY BAGASSE WASTE DUE TO STATIC COMPRESSIVE LOADING

Aidi Sutikno<sup>1</sup>, Zainal Arif<sup>1\*</sup>, Taufan Arif Adlie<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Universitas Samudra, Langsa, Indonesia, 24416

## INFORMASI ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Dikirim 20 Mei 2022  
Direvisi dari 20 Juni 2022  
Diterima 30 Juni 2022

### Keyword:

Composite Polymer, Compressive loading, Bagasse Waste Due, Composition.

## ABSTRAK

At this time, the discovery in the field of composites continues to grow. Using foamed polymer composites reinforced with natural fibers continues to be researched and developed to obtain alternative materials to replace metals. Composite materials have unique characteristics and are lighter in weight. Natural fibers from bagasse fiber can function as reinforcement in polymer composites. This study aimed to obtain the effect of variations in bagasse fiber on composite polymer foam materials due to compressive strength loads. This polymer composite material was made by varying bagasse fiber with a mesh fiber size of 300, 400, and 500. Three variations of the constituent materials were measured based on the density ratio of the materials. The constituent materials consist of resin, polyurethane, and fiber, respectively are: label A = (85%, 15%, 0%); label B = (84%, 15%, 1%); Label C = (83%, 15%, 2%); and label D = (82%, 15%, 3%). Specimens, for each composition, are three specimens. The technique for making specimens uses the method of pouring into molds concerning ASTM D-638. The testing machine for compressive strength of this polymer composite material using the Tensilon RTF-1350 tool. From the data obtained from the results of the maximum compressive strength test occurs in the fiber size of the specimen labeled D (500 Mesh) with a compressive stress of 5.674 MPa and a strain of 0.186 mm/mm. From these data, it can be concluded that the smaller the size of the bagasse fiber, the better the tensile strength of the polymer foam composite material.

© 2022 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

## PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang industri mulai sulit untuk menemukan bahan konvensional seperti logam yang untuk digunakan keperluan pembuatan alat atau aplikasi baru, seperti industri mobil, sepeda motor, pesawat, hingga peralatan medis, saat ini semuanya memanfaatkan bahan-bahan yang tahan terhadap karat atau korosi, tahan terhadap kehausan, serta yang lebih ekonomis, bahan yang dipakai yaitu material komposit [1-5].

Komposit merupakan pencampuran dari dua material atau lebih yang dicampur secara molekul partikel dari campuran tersebut akan menghasilkan material komposit baru yang memiliki sifat mekanik dan karakteristiknya yang berbeda dari material

sebelumnya, dan kemudian direkayasa menjadi bahan yang bernilai tinggi. Hasil rekayasa ini terdiri dari dua bahan bahkan lebih yang dimana sifat masing-masing dari bahan berbeda satu sama lainnya, baik sifat kimia maupun fisiknya tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut [6-9].

Material komposit dibuat bertujuan untuk menggantikan material logam yang pada saat ini mulai susah didapat. Hal ini disebabkan karena material komposit memiliki sifat yang lebih ringan dibandingkan logam dan juga tidak kalah kuat [10-11].

Komposit memiliki dua bagian berupa pengikat dan penguat berupa serat atau partikel. Penguat dapat berupa dari serat alami, seperti serat ampas tebu. Indonesia, memiliki perkebunan tebu yang salah satunya di pulau Sumatra. Indonesia memiliki produksi tebu yang melimpah, baik dikelola oleh

Negara maupun swasta. Berdasarkan data statistik produk tebu seluruh Indonesia menurut provinsi dan status pengusaha tahun 2016. Indonesia menghasilkan 2,5 ton tebu dalam setahun, untuk pulau Sumatra menghasilkan 900 ribu ton tebu [12].

Produksi tebu di Indonesia dan khususnya di provinsi Sumatra, mempunyai limbah ampas tebu yang belum dimanfaatkan secara maksimum. Selama ini Limbah ampas tebu diusahakan untuk digunakan semaksimal mungkin dengan dibakar sebagai bahan bakar *reboiler*. Ampas tebu yang tidak dimanfaatkan dapat merusak lingkungan dan apabila dibakar tentunya menimbulkan masalah baru yaitu polusi udara. Untuk itu perlu untuk menjadikan serat ampas tebu (*bagasse*) bernilai lebih tinggi [13].

Ampas tebu (*bagasse*) adalah salah satu sumber biomassa dari penggilingan gula yang pemanfaatannya sebagai bahan bakar, padahal jumlah produksi tiap tahunnya cukup melimpah, mudah didapat, dan harganya murah. Pengguna serat dalam material komposit untuk menghasilkan material komposit yang lebih kuat merupakan suatu inovasi dalam rekayasa material [14,15].

Melihat dari potensi tersedianya bahan baku ampas tebu yang tidak dimanfaatkan, maka penelitian ini di arahkan untuk memanfaatkan serat tebu dari limbah ampas tebu sebagai serat penguat material komposit. Maka dari itu perlu dilakukan pengujian lebih lanjut. Metode yang akan digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen, metode penguangan komposit, dan metode uji tekan.

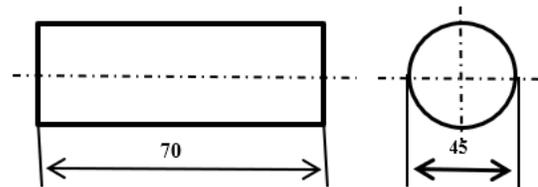
Penelitian ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti antara lain, Zainal arif, Husaini, Nurdin Ali, Dan Sri Mulyati 2018. Pengaruh Pembebanan Tekan Terhadap Kekuatan Material Komposit Diperkuat Serat Ampas Tebu [13]. Hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa tegangan dan regangan rata-rata adalah sebesar 13599,25 kN, dan 0,021m/m. Penelitian selanjutnya adalah Hartono Yudo, dan Sukanto Jadmiko, 2008. Analisa teknik kekuatan mekanis material komposit berpenguat serat ampas tebu (*bagasse*) ditinjau dari kekuatan tarik dan impact [6].

Berdasarkan dari perbandingan dari beberapa peneliti tersebut maka masih sangat perlu dikembangkan penelitian yang mengembangkan kekuatan komposit *polymeric foam* dengan paduan serat ampas tebu (*bagasse*) akibat gaya yang diberikan dan dilakukan penyelidikan terhadap material komposit tersebut. Kualitas dan karakteristik dari material komposit polimer merupakan hal yang harus diamati pada pembuatan material komposit

dengan melakukan pengujian impact [6]. Dari beberapa penelitian tersebut belum ada peneliti yang berkenaan dengan penelitian analisa variasi komposisi pada material komposit berbusa berpenguat serat ampas tebu terhadap kekuatan tekan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat percobaan (eksperimental) dengan cara melakukan pembuatan sampel spesimen dengan mesh serat ampas tebu 300, 400, 500 dan komposisi bahan yang berbeda-beda untuk mendapatkan hasil kekuatan maksimum yang terbaik. Percobaan yang dilakukan adalah pembuatan spesimen komposit, bentuk spesimen uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan cetakan spesimen Uji Tekan yang dibuat berdasarkan standar uji American Standard Testing dan Material ASTM D-1021 (Gambar 1).



Gambar 1 Standar Uji Tekan ASTM D-1021.

Dengan menggunakan limbah serat ampas tebu sebagai serat penguat dengan mesh 300, 400, dan 500 yang kemudian divariasikan dengan 3 variasi perbandingan komposisi bahan dan kemudian dilakukan pengujian tekan untuk mendapatkan hasil serapan maksimum material komposit. Pengujian tekan ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan maksimum. Sedangkan untuk proses pengerjaan dari spesimen uji dikerjakan dengan metode penguangan kedalam cetakan.

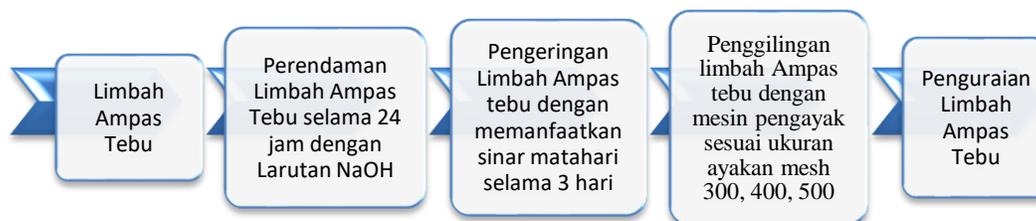


Gambar 2. Metode Penguangan Komposit.

Proses pengecoran dilakukan untuk menghasilkan struktur busa polimeri komposit [17], dengan arah serat acak dan tidak kontinu [18], seperti pada Gambar 2. Teknik pembuatan bahan komposit busa polimeri dalam penelitian ini menggunakan metode suntikan pengecoran ke dalam cetakan setelah diaduk secara merata menggunakan pengaduk dalam wadah pencampur [19]. Jadi tidak dapat dilakukan dengan tangan *lay up*, di mana

metode ini digunakan pada serat panjang dan berkelanjutan.

Komponen material dasar ini terutama terdiri dari serat penguat (serat ampas tebu), resin (polyester) sebagai pengikat dan beberapa zat tambahan. Dalam proses pembuatan serat ampas tebu sesuai dengan mesh 300, 400, 500 tentu perlu dilakukannya langkah-langkah yaitu dapat di uraikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Pembuatan Serat Ampas Tebu.

Dalam proses pembuatan spesimen komposit dengan serat alam (limbah ampas tebu) dibutuhkan alat sebagai pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan Penelitian

Alat	Keterangan
Cetakan	Menggunakan cetakan yang dibentuk sesuai geometri spesimen uji tekan yang berdiameter 45 mm dan panjang 70 mm merujuk pada ASTM A-1081 untuk mencetak komposit.
Timbangan digital	Mengukur massa pada resin, poliuretan dan serat ampas tebu (bagasse).
Gergaji besi	Untuk memotong spesimen sesuai ukuran
Cup Plastik	Wadah untuk menempatkan bahan
Suntikan	Untuk menuang bahan komposit
Mixer	Untuk mengaduk bahan-bahan
Pisau	finishing geometri spesimen uji
Alat uji tekan	<i>Universal Testing Machine</i>

Limbah ampas tebu (Bagasse) yang digunakan dalam penelitian ini, dibentuk menjadi serbuk dengan mesh 40, 60 dan 80. Material resin polyester berupa BQTN 157 BQTN-Ex series, katalis jenis MEKPO, pelumas cetakan berupa WAX dan blowing agent jenis polyol dan isocyanat.

Penentuan komposisi bahan merupakan hal penting dalam pembuatan komposit. Perubahan jenis ukuran bahan yang diubah yaitu volume berat jenis resin, serat dan polyurethane. Adapun jumlah spesimen yang akan di uji untuk setiap komposisi

adalah 3 spesimen uji. Adapun Tabel 2, merupakan komposisi bahan-bahan yang berbeda dalam pembuatan komposit.

Tabel 2. Bahan komposisi spesimen uji.

Jenis Bahan	Komposisi (% Berat Jenis)			
	1	2	3	4
Resin 157 BQTN-Ex seies	85	84	83	82
Polyurethane	15	15	15	15
Serat	0	1	2	3
Jumlah	100	100	100	100

Variasi komposisi bahan spesimen uji yang dilakukan dalam pengujian ini adalah 4 jenis variasi rasio berat serat. Adapun jumlah masing-masing sampel tiap komposisi adalah 3. Untuk mendapatkan hasil komposit yang terbaik maka diperlukan beberapa sampel uji dengan komposisi yang berbeda-beda.

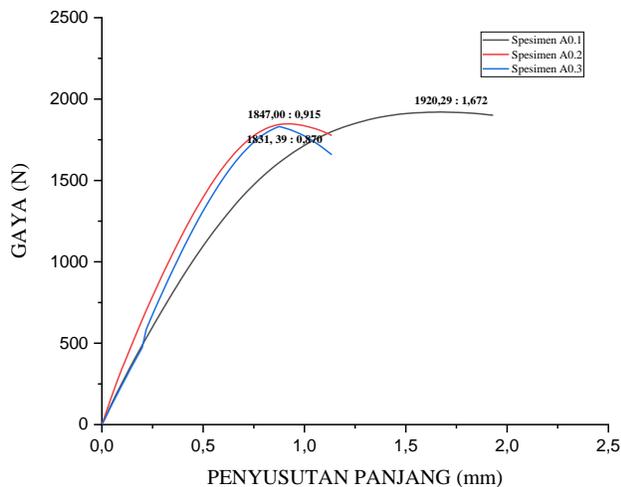
Sampel tersebut diuji secara mekanis struktur komposit serat yang dilakukan mencakup Uji Tekan ASTM D-1021 Pengujian ini dilakukan untuk mengkaji sifat yang dihasilkan oleh bahan, dan apa pengaruh komposisi terhadap sifat mekanik bahan. Dalam penelitian ini hanya akan dilakukan satu pengujian yaitu pengujian tekan. Dari pengujian ini akan didapatkan kekuatan tekan dan regangan tekan dari bahan. Kekuatan dapat diukur dengan cara menguji material tersebut dan selanjutnya akan diubah menjadi data grafik tegangan-regangan [18-20].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian tekan spesimen komposit *polymeric foam* diperkuat variasi serat ampas tebu menggunakan alat uji tekan mengacu pada American Standar Tensile dan material (ASTM) A-1081.

### Pengujian Sampel Spesimen Tanpa Serat Dengan Label A0

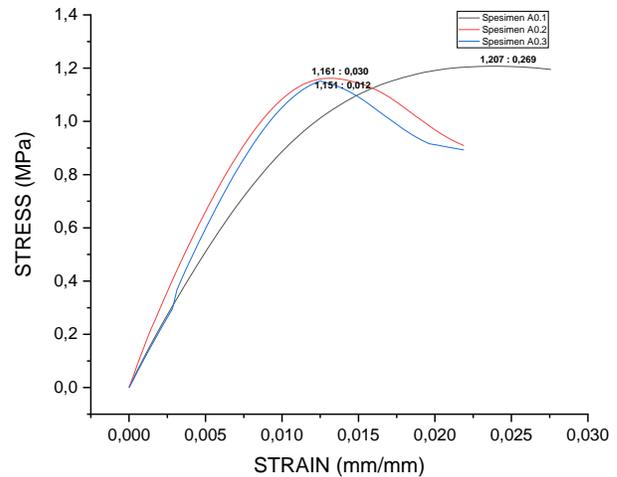
Pengujian tekan pada sampel spesimen A0 dilakukan pengujian sampai spesimen uji tersebut patah. Komposisi sampel label A0 diberi tanda untuk membedakan perbedaan antar spesimen. Komposisi dengan label A0 memiliki 3 sub sampel spesimen yang diuji diantaranya A0.1, A0.2 dan A0.3.



Gambar 4. Grafik gaya dan penyusutan panjang spesimen A0

Dari hasil pengujian tekan spesimen A0 (Tanpa Serat) dapat dibentuk grafik untuk ketiga sampel pengujian yang menjelaskan gaya dan penyusutan panjang dari masing-masing spesimen. Grafik terlihat pada Gambar 4.

Pada gambar 4 pengujian spesimen A0 (Tanpa Serat) nilai gaya maksimum yang diperoleh dari hasil pengujian tersebut adalah pada spesimen A0.1 yaitu 1920,29 N dan penyusutan panjang yang terjadi adalah 1,672 mm. Sedangkan nilai gaya minimum yang terjadi pada spesimen A0.3 sebesar 1851,39 N dan penyusutan panjang sebesar 0,870 mm. Sehingga dari hasil tersebut didapatkan nilai tegangan dan regangan dari masing-masing spesimen. Nilai tegangan dan regangan dapat dibentuk pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Tegangan Vs Regangan Spesimen A0

Pada gambar 5 menunjukkan hasil pengujian tekan pada spesimen A0 (Tanpa Serat) bahwa nilai tegangan tekan tertinggi diperoleh dari hasil pengujian spesimen A0.1 adalah sebesar 1,207 MPa dan regangan yang terjadi sebesar 0,269 mm/mm. Sedangkan nilai tegangan minimum terjadi pada spesimen A0.3 yaitu sebesar 1,151 MPa dengan regangan sebesar 0,012 mm/mm.

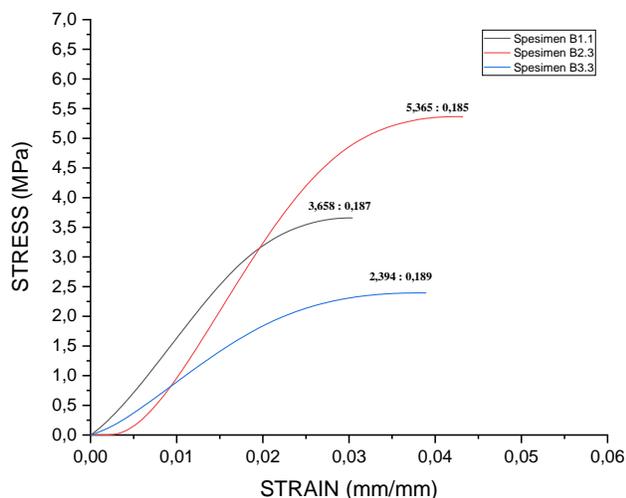
### Perbandingan Hasil Tertinggi Pada Spesimen Label B Mesh 300.

Berdasarkan hasil pengujian dan data yang didapat dari setiap spesimen yaitu B1 spesimen B2, dan spesimen B3 dengan mesh 300, didapatkan perbandingan nilai-nilai tegangan tertinggi, dan regangan serta nilai gaya dari setiap sampel spesimen material komposit. Adapun nilai hasil uji dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Tertinggi Pada Hasil Uji Tekan Spesimen B

Kode Label Spesimen	Kuat Tekan Statik		Gaya (N)	Penyusutan Panjang (mm)
	Tegangan (MPa)	Regangan (mm/mm)		
B1.3	3,658	0,187	5817,30	2,110
B2.1	5,365	0,185	8532,55	2,976
B3.3	2,394	0,189	3808,12	2,670

Dari tabel perbandingan tersebut dapat pula dibentuk grafik perbandingan hasil uji tekan tegangan dan regangan spesimen B1.3, B2.1, dan B3.3 dengan (mesh 300). Grafik dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan Maksimum Spesimen B1.3, B2.1, dan B3.3

Pada gambar 4 menunjukkan hasil pengujian tekan pada spesimen bahwa nilai tegangan tekan tertinggi diperoleh dari hasil pengujian spesimen B2.3 adalah sebesar 5,365 MPa dengan regangan yang terjadi sebesar 0,185 mm/mm serta menghasilkan nilai gaya sebesar 8532,55 N dan penyusutan panjang sebesar 2,976 mm Sedangkan nilai tegangan minimum terjadi pada spesimen B3.3 yaitu sebesar 2,394 MPa dengan regangan sebesar 0,189 mm/mm serta menghasilkan nilai gaya sebesar 3808,12 N dan penyusutan panjang sebesar 2,670 mm.

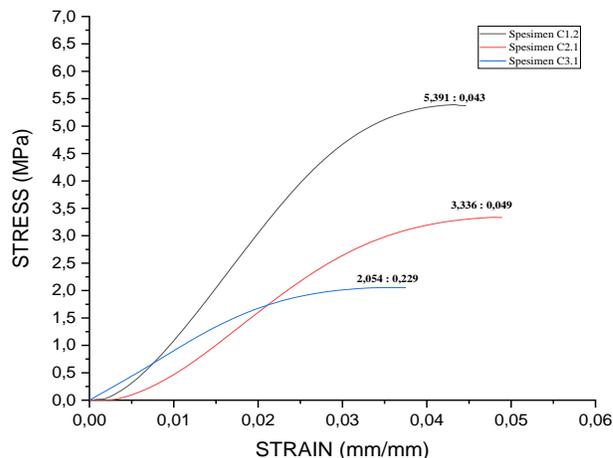
**Perbandingan Hasil Tertinggi Pada Spesimen Label C Mesh 400.**

Berdasarkan hasil pengujian dan data yang didapat dari setiap spesimen yaitu C1 spesimen C2, dan spesimen C3 dengan mesh 400, didapatlah perbandingan nilai-nilai tegangan tertinggi, dan regangan serta nilai gaya dari setiap sampel spesimen material komposit. Maka dibentuklah tabel perbandingan hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Tertinggi Hasil Uji Tekan Spesimen C

Kode Label Spesimen	Kuat Tekan Statik		Gaya (N)	Penyusutan Panjang (mm)
	Tegangan (MPa)	Regangan (mm/mm)		
5,391	0,043	8532,55	2,976	5,391
3,336	0,049	5305,34	3,364	3,336
2,054	0,229	3267,60	2,510	2,054

Dari tabel perbandingan tersebut dapat pula dibentuk grafik perbandingan hasil uji tekan tegangan dan regangan spesimen C1.3, C2.1, dan C3.1 dengan (mesh 400). Grafik dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan Maksimum Spesimen C1.3, C2.1, dan C3.1

Pada gambar 7 menunjukkan hasil pengujian tekan pada spesimen bahwa nilai tegangan tekan tertinggi diperoleh dari hasil pengujian spesimen C1.2 adalah sebesar 5,3391 MPa dengan regangan yang terjadi sebesar 0,043 mm/mm serta menghasilkan nilai gaya sebesar 8573,96 N dan penyusutan panjang sebesar 3,026 mm Sedangkan nilai tegangan minimum terjadi pada spesimen C3.1 yaitu sebesar 2,054 MPa dengan regangan sebesar 0,229 mm/mm serta menghasilkan nilai gaya sebesar 3267,60 N dan penyusutan panjang sebesar 2,510 mm.

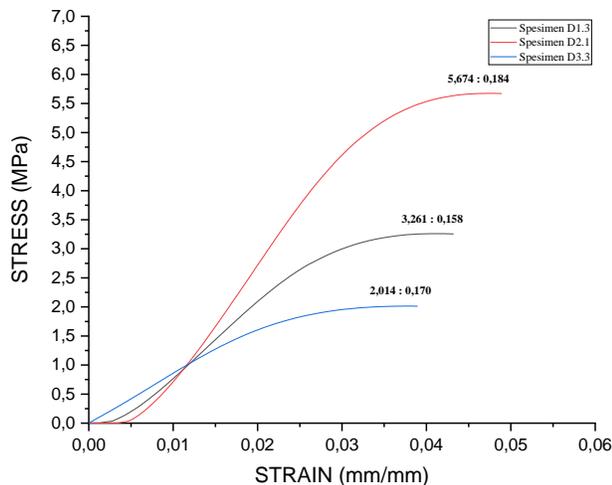
**Perbandingan Hasil Tertinggi Pada Spesimen Label D Mesh 500.**

Berdasarkan hasil pengujian dan data yang didapat dari setiap spesimen yaitu D1 spesimen D2, dan spesimen D3 dengan mesh 500, didapatlah perbandingan nilai-nilai tegangan tertinggi, dan regangan serta nilai gaya dari setiap sampel spesimen material komposit. Maka dibentuklah tabel perbandingan hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Tertinggi Hasil Uji Tekan Spesimen D

Kode Label Spesimen	Kuat Tekan Statik		Gaya (N)	Penyusutan Panjang (mm)
	Tegangan (MPa)	Regangan (mm/mm)		
D1.1	3,261	0,158	5168,24	2,906
D2.1	5,674	0,184	9024,81	3,324
D3.3	2,014	0,170	3202,95	2,637

Dari tabel perbandingan tersebut dapat pula dibentuk grafik perbandingan hasil uji tekan tegangan dan regangan spesimen D1.1, D2.1, dan D3.3 dengan (mesh 500). Grafik dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan Maksimum Spesimen D1.1, D2.1, dan D3.3

Pada gambar 8 menunjukkan hasil pengujian tekan pada spesimen bahwa nilai tegangan tekan tertinggi diperoleh dari hasil pengujian spesimen D2.1 adalah sebesar 5,674 MPa dengan regangan yang terjadi sebesar 0,184 mm/mm serta menghasilkan nilai gaya sebesar 9024,81 dan penyusutan panjang sebesar 3,324 mm. Sedangkan nilai tegangan minimum terjadi pada spesimen D3.3 yaitu sebesar 2,014 MPa dengan regangan sebesar 0,170 mm/mm serta menghasilkan nilai gaya sebesar 3202,95 N dan penyusutan panjang sebesar 2,637 mm.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada spesimen uji tekan statik dengan ukuran serat mesh 300,400, dan 500 dapat disimpulkan bahwa ukuran serat semakin kecil, mempengaruhi kekuatan tekan material komposit. Nilai kekuatan tekan tertinggi terjadi pada Spesimen label D (Mesh 500) dengan nilai tegangan 5,674 MPa dan regangan 0,184 mm/mm. Masih dengan serat ampas tebu dengan ukuran mesh yang berbeda pada spesimen label B dan C yang merupakan serat ampas tebu mesh 300, dan 400 mengalami penurunan kuat tekan statik sebesar 5,365 MPa dan regangan 0,185 mm/mm, dan 5.391 MPa dan regangan 0,043 mm/mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. J. Hartono Yudo, "Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit," *Kapal*, vol. 5, no. 2, pp. 95–101, 2008.
- [2] C. Pramono, S. Widodo, and muhamad galih arditanto, "karakteristik kekuatan tarik komposit berpenguat serat ampas tabu dengan matriks epoksi," *Mech. engineering*.
- [3] J. T. Fisika and F. T. Industri, "Pembuatan dan Karakteristik Komposit Polimer," vol. 2, no. 2, 2013.
- [4] Harini and S. E. Susilowati, "Universitas 17 Agustus 1945," *Pengaruh Kekuatan Bend. Dan Tarik Bahan Komposit Berpenguat Sekam Padi Dengan Matrik Urea Formaldehyde*, vol. 1, p. 6, 2017.
- [5] H. Fahmi and H. Hermansyah, "Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester/ Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 46–52, 2011
- [6] A. Fiqri, H. Yudo, and U. Budiarto, "Analisa Teknis Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas (*Smooth Cayenne*) Dan Serat Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum L*) sebagai Alternatif Komponen Kapal Ditinjau dari Kekuatan Bending dan Impact," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, pp. 408–420, 2017.

- [7] J. Teknik, M. Universitas, and S. Ageng, "Issn 2407-7852 90," vol. I, no. April, pp. 90–102, 2015.
- [8] Z. I. Basyarahil, D. Pembimbing, H. Nurdiansah, D. T. Material, and F. T. Industri, "PROSES," 2017.
- [9] J. Oroh, F. P. Sappu, and R. Lumintang, "Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Dari Serat Sabut Kelapa," *J. Tek. Mesin Univ. Sam Ratulangi*, vol. d, pp. 1–10, 2013.
- [10] Perbandingan Kekuatan Tekan Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks) Dengan Serat Glass Fiber Reinforced Plastic (Gfrp) Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar Tahun 2014," 2014.
- [11] H. Fahmi, S. Hadi, and F. M. Kapur, "Analisis Kekuatan Komposit Resin diperkuat Serat Pinang," vol. 6, no. 2, pp. 86–91, 2016.
- [12] D. P. Kementerian Pertanian RI, "*Tebu*," no. December 2015, pp. 10–14, 2016.
- [13] Z. Arif, N. Nasruddin, T. A. Adlie, and S. Bahri, "Analisa Kekuatan Mekanik Material Komposit Polymeric Foam Diperkuat Serat Ampas Tebu Akibat Beban Statik," *J. Ilm. Tek. Mesin "MEKANIK"*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2016.
- [14] S. A. Tebu, Z. Arif, N. Ali, and S. Mulyati, *Pengaruh Pembebanan Tekan Terhadap Kekuatan Material Komposit Diperkuat Pengaruh Pembebanan Tekan Terhadap Kekuatan Material Komposit Diperkuat Serat Ampas Tebu*, no. July. 2018.
- [15] S. L. Suban and M. Farid, "Pengaruh Panjang Serat terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Sifat Mekanik Komposit Serat Ampas Tebu dengan Matriks," *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 101–105, 2015.
- [16] R. Polypropylene, M. Composites, and I. N. Injection, "Pengaruh persentase massa serat terhadap sifat mekanis komposit matriks polipropilen dengan penguat serat ampas tebu pada proses."
- [17] K. Terhadap, S. Polyurethane, S. Anisah, and Y. M. Sakti, "Pengaruh Penggunaan Blowing Agent Methylene Chloride dan Pengaruh Penggunaan Blowing Agent Methylene Chloride dan Karbondioksida Terhadap Struktur Polyurethane Foam," no. August 2015, 2013.
- [18] T. A. Adlie, Z. Arif, F. Amir, S. Rizal, N. Ali, and S. Thalib, "Pengaruh Beban Tarik Terhadap Variasi Ukuran Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Komposit Polymeric Foam," 2018.
- [19] Z. Arif, Husaini, N. Ali, and S. Mulyati, "Study on *Mechanical Properties of Composite Polymeric Foams Reinforced by Bagasse Fibers*," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 536, no. 1, p. 12023, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/536/1/012023.