

# Pengaruh Pembebanan Tekan Terhadap Kekuatan Material Komposit Diperkuat Serat Ampas Tebu

Zainal Arif<sup>1,2</sup>, Husaini<sup>2</sup>, Nurdin Ali<sup>2</sup>, Sri Mulyati<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Samudra, Meurandeh - Langsa 24416, Aceh

<sup>1,2)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala - Darussalam- Banda Aceh 23111, Aceh

<sup>3)</sup> Program Studi Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala - Darussalam- Banda Aceh 23111, Aceh

## INFORMASI ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Dikirim 10 Mei 2018

Direvisi dari 20 Mei 2018

Diterima 31 Juli 2018

### Kata Kunci:

Komposite *Polymeric foam*, serat Ampas Tebu, beban Tekan

## ABSTRAK

Pemanfaatan ampas tebu menjadi produk material berkompetensi tinggi masih terbatas dalam penggunaannya. Serat ampas tebu ini dapat diolah menjadi bahan atau struktur lain. Dengan demikian, nilai ekonomi dari bahan limbah dapat dihasilkan dan pada saat yang sama dapat memberikan solusi untuk menangani produk limbah. Limbah ampas tebu ini tidak dimanfaatkan maka akan mengganggu kebersihan lingkungan. Limbah ini dicampur dengan Resin, *blowing agent* dan katalis untuk menghasilkan material komposit busa polimer baru yang diperkuat oleh serat limbah ampas tebu yang ringan serta kekuatan. Tujuan penelitian ini untuk menyelidiki tegangan dan regangan tekan material busa polimer komposit yang diperkuat oleh limbah tebu akibat uji tekan dengan menggunakan *Universal Testing Machine*. Standar uji mengikuti standar D-1021. Variasi komposisi diaplikasikan pada uji spesimen berdasarkan berat masing-masing komposisi, dan mesh 40. Dari hasil pengujian diperoleh tegangan dan regangan rata-rata adalah sebesar 13599,25 kN, 0,021 m/m.

© 2018 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

## 1. Pendahuluan

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi telah menyebabkan peningkatan permintaan untuk material komposit, fungsi dan utilitas (Technology & 2006, n.d.), (Yudo & Jatmiko, 2008). Penggunaan komposit sebagai bahan dalam struktur karena komposit memiliki sifat kekakuan dan kekuatan yang sangat spesifik (Eshkoo et al., 2015). Komposit adalah bahan rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan (Yang, Gupta, Dudley, & Lawrence, 2005), di mana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lain baik sifat kimia dan fisik (Krevelen & Nijenhuis, 2009), yang dicampur makroskopis dan menghasilkan bahan baru di mana sifat asli materi tetap nyata (Lemaitre & Chaboche, 1994).

Keuntungan utama dari material komposit yang diperkuat serat adalah kekuatan spesifik yang sangat tinggi dan kekakuan spesifik yang dapat dicapai (Arif et al., 2017). Selain itu, dengan komposit, perancang dapat bervariasi antara serat dan matriks, serta orientasi serat untuk menghasilkan komposit dengan sifat material yang ditingkatkan. Selain perspektif berat badan berkurang, fleksibilitas desain dan biaya fabrikasi rendah (Robinson, Ioannidis, & Carruthersb, 1997), dan mudah diproduksi dalam jumlah besar (Esat & Anlas, 2011).

Bahan komposit polimer yang diperkuat serat adalah bahan rekayasa yang umum digunakan karena elastisitas dan kemudahan bentuknya lebih unggul daripada kain logam. Penambahan *blowing agent* ke komposit polimer untuk menghasilkan komposit busa polimerik. Komposit busa polimer lebih disukai karena murah, ringan dan mudah diproduksi dalam jumlah besar (Fu, Wang, & Wang, 2009). Polimer banyak digunakan dalam komponen teknik. Ini membutuhkan pengetahuan detail tentang cara mereka merespons untuk beban mekanik (Kishimoto, 2016).

Pada tahun 2013, pasar global busa polimer adalah sekitar 19,1 juta ton menurut laporan "Masa depan busa polimer sampai 2019". Pasar ini mewakili sekitar \$ 87 miliar, termasuk busa yang digunakan dalam kemasan, konstruksi, otomotif, dan aplikasi kenyamanan. Selanjutnya, diharapkan bahwa pasar ini terus berkembang mencapai 25,1 juta ton pada 2019. (Arif et al., 2017). Sebagian besar busa polimer ini digunakan dalam aplikasi konstruksi, karena sifat termal dan mekanisnya yang baik. Misalnya, busa poliuretan padat (PU) terutama digunakan sebagai insulator termal dalam konstruksi (Notario & Pinto, 2015).

Penggunaan serat dalam material komposit merupakan inovasi dalam rekayasa material untuk menghasilkan material komposit yang memiliki kekuatan lebih baik. Aplikasi komposit busa polimer secara luas digunakan

dalam konstruksi, karena ketahanan panas yang sangat baik dan sifat mekanik (Ramsteiner, Fell, & Forster, 2001a). Busa polimer juga banyak digunakan dalam desain ringan dan aplikasi penyerap panas dalam industri otomotif dan pesawat terbang (Fu et al., 2009), (Kabir, Saha, & Jeelani, 2006), (Yen, Ratnam, & Akil, 2010). Serat yang digunakan dapat berasal dari bahan sintesis dan serat alami. Serat alami adalah serat organik seperti serat yang berasal dari hewan, tumbuhan, dll. Penggunaan serat alami selain mudah didapat, murah, dan mudah dilakukan, juga merupakan upaya untuk memanfaatkan limbah yang terbuang (Arif et al., 2017).

Produksi tebu di seluruh Indonesia berdasarkan data statistik pada tahun 2013 adalah 2.517.374 ton (Clareyna & Mawarani, 2013). Dalam proses pembuatan gula, tebu yang dipanen diperas dengan mesin peras (press machine). Dari proses pembuatan gula tebu akan menghasilkan 5% gula, 90% limbah ampas tebu dan sisanya berupa tetes (molasses) dan air. Dari persentase ini, akan menghasilkan banyak limbah ampas tebu yang masih banyak digunakan sebagai pupuk organik atau dibuang begitu saja atau dibakar. Jadi untuk meningkatkan nilai ekonomi yang tinggi, ampas tebu masih membuka kemungkinan untuk direkayasa untuk menghasilkan produk bahan baru.

Limbah baggase ini diolah menjadi serat yang kemudian dipadukan dengan produk lain (resin) untuk menghasilkan produk komposit yang kuat dan kompetitif, murah dan mudah diproduksi. Komposisi bahan komposit polimer berbasa ini didasarkan pada fraksi berat bahan penyusun dari masing-masing bahan pendukung dengan variasi resin, *blowing agent*, serat ampas tebu dan katalis. Variasi adalah untuk membentuk bahan busa polimer yang memiliki kekuatan yang lebih baik dan dapat menurunkan berat akhir dari produk yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki tegangan dan regangan tekan material busa polimer komposit yang diperkuat oleh ampas tebu. Metode uji yang akan dilakukan oleh Universal Testing Machine

## 2. Tinjauan Literatur

### 2.1 Komposit

Bahan komposit terdiri dari dua atau lebih unsur kimia yang berbeda, pada tingkat makroskopis, memiliki antarmuka yang berbeda yang memisahkannya. Satu atau lebih fase terputus-putus, oleh karena itu tertanam dalam fase countinue untuk membentuk komposit. Fase discountinue biasanya lebih keras dan lebih kuat daripada fase countinue dan disebut penguatan, sedangkan fase countinue disebut matriks (Yogeshha, 2017). Bahan matriksnya bisa berupa

logam, polimer dan keramik. Bila matriksnya adalah polimer, kompositnya disebut Polymer Matrix Composite (PMC). Fase penguat dapat bersifat berserat atau tidak berserat (partikulat) dan jika serat berasal dari tumbuhan atau beberapa jenis makhluk hidup lainnya, serat tersebut disebut serat alami.

Matriks berfungsi sebagai penyokong, pengikat fasa/penguat. Penguat serat merupakan unsur penguat kepada matriks. Sedangkan Komposit merupakan gabungan atau campuran dua atau lebih bahan bahan yang terpisah menghasilkan material baru dengan sifat yang lebih kuat dari material matrik dan penguat.

Material komposit telah mulai digunakan sejak tahun 1960 untuk aplikasi aerospace. Hal ini disebabkan karena ringan, biaya proses pembuatan yang mahal, struktur komposit biasanya tipis, sehingga penelitian sifat mekanik masih terbatas. Dengan pengembangan metode baru dalam proses pembuatannya, seperti cetakan resin, ketebalan komposit dapat dihasilkan dengan harga yang relatif murah, yang membuat komposit lebih praktis, digunakan secara luas dalam aplikasi termasuk dalam struktur kapal laut (Eshkoor et al., 2015), (Ajayan, Nature, & 2007, n.d.).

Keunggulan komposit dapat dilihat dari sifat-sifat bahan pembentuknya serta ciri-ciri komposit itu sendiri, antara lain: (a). Bahan ringan, kuat dan kaku, (b). Struktur mampu berubah mengikuti perubahan keadaan sekitarnya, (c). Unggul atas sifat-sifat bahan teknik yang diperlukan; kekuatan yang tinggi, keras, liat/kenyal, ringan serta tahan terhadap goresan dan pukulan (impak). Data karakteristik mekanik material polyester seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Mekanik Polyester Resin tak Jenuh (Arif, 2013)

Sifat Mekanik	Satuan	Besaran
Berat Jenis ( $\rho$ )	kg.m <sup>-3</sup>	1,2 s/d 1,5
Modulus Young ( E)	Gpa	2 s/d 4,5
Kekuatan Tarik ( $\sigma_T$ )	(MPa)	40 s/d 90

Beberapa dekade terakhir telah terlihat penggunaan serat alami dalam material komposit, dimana serat ini dapat dikombinasikan dengan polimer termoset atau Termoplastik untuk menciptakan sifat alami komposit serat, yang telah diidentifikasi secara khusus untuk atribut keberlanjutannya (Bambach, 2017), (Summerscales, Virk, & Hall, 2013).

Komposit serat alami juga diklaim menawarkan keuntungan lingkungan seperti mengurangi ketergantungan pada sumber energi/sumber energi tak terbarukan, emisi polutan yang lebih rendah, emisi gas rumah kaca yang lebih

rendah, energi yang disempurnakan pemulihan, dan akhir hayati biodegradabilitas komponen (Joshi, Drzal, Mohanty, & Arora, 2004).

Serat alami berasal baik secara langsung dari sumber pertanian atau sebagai residu pengolahan atau produksi saat panen diproses untuk kegunaan utama, seperti nutrisi (Bassyouni, 2015). Serat alami yang diambil dari tanaman, hewan atau mineral. Semua serat tumbuhan terdiri dari selulosa sementara hewan Serat terdiri dari protein (rambut, sutra, dan wol). Serat tanaman meliputi serat pohon atau batang (misalnya: Rami, Rami, Rami, Kenaf, Roselle, Rami), serat daun atau keras (misal: abaca, pisang, Cantala, Caroa, Curaua, kurma, Henequen, nanas, Sisal), biji (misalnya: Kapas), buah (misalnya: Coir, Kapuk, Kelapa Sawit, labu spons), kayu, jerami sereal, dan serat rumput lainnya (misalnya: Bagasse, Bambu) (Taneli, 2017). Bahan matriks NFPC dapat diklasifikasikan menjadi termoset dan Termoplastik, dan selanjutnya menjadi polimer yang tidak dapat terdegradasi dan dapat terurai (Ramsteiner, Fell, & Forster, 2001b).

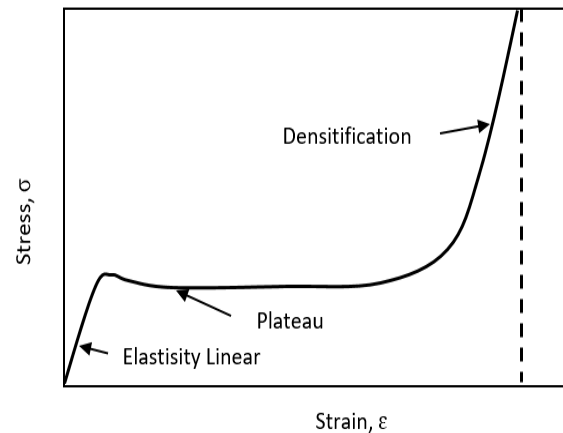
## 2.2 Beban Tekan Statik Aksial

Pada umumnya material komposit dibentuk dalam dua jenis fasa, yaitu fasa matriks dan fasa penguat. Fasa matriks adalah material dengan fasa kontinu yang selalu tidak kaku dan lemah. Sedangkan fasa penguat selalu lebih kaku dan kuat, tetapi lebih rapuh. Penggabungan kedua fasa tersebut yang dilakukan secara makroskopik menghasilkan material yang dapat mendistribusikan beban yang diterima disepanjang penguat, sehingga material menjadi lebih tahan terhadap pengaruh beban tersebut (Robinson et al., 1997)

Respon dapat didefinisikan sebagai suatu reaksi yang timbul akibat dari adanya suatu aksi atau gangguan. Sebagai contoh salah satu gangguan yang diberikan terhadap suatu material adalah gaya, dan respon yang ditimbulkan akibat gaya yang diberikan tersebut adalah berupa tegangan, regangan, retak, patah, dan lain-lainnya. Respon yang dihasilkan tentunya dapat memberikan informasi mengenai sifat dan karakteristik suatu material tersebut. Penyelidikan respon dinamik suatu material atau struktur merupakan rangkaian kegiatan dalam mempelajari perubahan bentuk dan kerusakan akibat pembebanan tertentu. Kegiatan tersebut merupakan tindakan dasar untuk menanggulangi terjadinya kegagalan material dalam aplikasi teknik. Salah satu kegiatan yang paling dasar adalah melakukan pengujian dengan pembebanan tertentu terhadap sejumlah sampel. Setelah respon material secara kualitatif diperoleh dari hasil pengujian atau data yang tersedia, maka kesempatan untuk berhasil dalam mendesain suatu struktur tertentu dapat dievaluasi (Eshkoor et al., 2015). Respon dinamik material disebabkan beberapa

faktor bukan hanya dibatasi dengan tekanan statik dan dinamik saja melainkan tingkat kapasitas pembebanan segala arah dan beberapa impuls kondisi pembebanan (Lau, Hung, Zhu, & Hui, 2018).

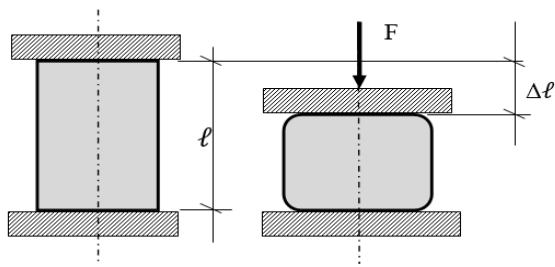
Untuk beban statik aksial, tipikal kurva tegangan-regangan ditunjukkan pada Gambar 1. Disepanjang garis kurva terdapat tiga tingkat respon, yaitu: perilaku elastis (linear-elastic respon), plastisitas (plateau), dan densification yang ditandai dengan peningkatan tegangan yang sangat cepat (Ajayan et al., n.d.).



Gambar 1. Tipikal kurva respon tegangan-regangan terhadap material foam akibat beban tekan (L.J. Gibson, 1997)

Pada fasa pertama (linear-elastic respon) tegangan bertambah secara linear dengan perubahan bentuk dan regangan yang terjadi. Fasa kedua (plateau) adalah karakteristik yang ditandai dengan perubahan bentuk yang kontinu pada tegangan yang relatif konstan yang dikenal dengan stress atau collapse plateau. Dan fasa ketiga deformasi adalah densifikasi, dimana tegangan (stress) meningkat tajam dan foam mulai merespon dengan pemadatan solid. Pada fasa ini struktur sel material foam mengalami kegagalan dan deformasi, selanjutnya menerima penekanan dari material foam padat tersebut. Mekanisme yang dikaitkan dengan collapse plateau adalah berbeda-beda tergantung pada sifat dinding sel (Esat & Anlas, 2011).

Untuk foam yang fleksibel, *collapse plateau* terjadi karena tekuk elastik (*elastic buckling*) dari dinding sel. Untuk kekakuan dan kegetasan foam, *plastic yield* dan *brittle crushing* dinding sel adalah mekanisme utama kegagalan yang berulang-ulang. Secara skematis, pengujian beban tekan statik diilustrasikan pada gambar 2.



Gambar 2. Uji Tekan (Notario & Pinto, 2015)

Nilai modulus elastisitas bahan dapat diketahui melalui slope garis elastis linear. Sehingga secara matematis, nilai modulus elastisitas akibat beban statik dapat ditulis dengan menggunakan persamaan (1) (Notario & Pinto, 2015).

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (1)$$

dimana: E = Modulus elastisitas (Pa).  $\sigma$  = Tegangan normal (Pa).  $\epsilon$  = Regangan (mm/mm).

Tegangan normal akibat beban tekan aksial dapat ditentukan dengan persamaan (2).

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

dimana: F = Beban tekan (N), A = Luas penampang yang dikenai beban tekan (m<sup>2</sup>).

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} \dots \dots \dots (3)$$

dimana:  $\Delta l$  = perubahan panjang yang terjadi (m),  $l$  = Panjang awal (mula-mula) (m).

Dengan mensubsitisi persamaan (1) dan persamaan (2) ke persamaan (3), maka diperoleh persamaan (4).

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{A \cdot E} \dots \dots \dots (4)$$

**2.2 Tegangan dan Regangan**

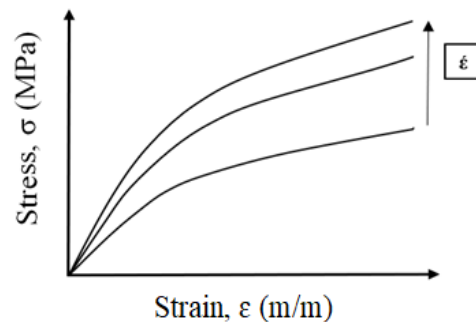
Sebuah batang lurus yang dikenai beban tarik akan mengalami perubahan panjang yang disertai pengurangan luas penampang batang. Perubahan panjang ini disebut juga dengan regangan teknik ( $\epsilon_{eng}$ ), yang didefinisikan sebagai perubahan panjang yang terjadi ( $\Delta L$ ) terhadap panjang batang mula-mula ( $L_0$ ). Tegangan yang dihasilkan pada proses ini disebut dengan tegangan teknik ( $\sigma_{eng}$ ), dimana didefinisikan sebagai nilai pembebanan yang terjadi (F) pada suatu luas penampang awal ( $A_0$ ). Teori tersebut diatas dapat dituliskan dalam persamaan  $\sigma_{eng} = F/A_0$ , dan  $\epsilon_{eng} =$

$\Delta L/L_0$ , dimana  $\Delta L = (L_1 - L_0)$ .  $L_1$  merupakan panjang akhir batang pada suatu pengujian tarik, sebelum beban dihilangkan kembali.

Tegangan sebenarnya ( $\sigma_{true}$ ) didefinisikan sebagai nilai beban yang diberikan terhadap luas penampang batang ( $A_i$ ) yang berubah akibat tarikan. Sementara regangan sebenarnya ( $\epsilon_{true}$ ) didefinisikan sebagai logaritmik perubahan panjang batang akhir terhadap panjang awal batang. Kedua istilah tersebut dapat dituliskan dalam bentuk persamaan  $\sigma_{true} = F/A_i$ , dan  $\epsilon_{true} = \ln(L_1/L_0)$ .

Pada prakteknya nilai hasil pengukuran tegangan pada suatu pengujian tarik dan tekan pada umumnya merupakan nilai teknik. Hal ini disebabkan sulitnya untuk mendapatkan nilai perubahan luas penampang sebenarnya akibat beban tarik yang diberikan. Selain itu perbahan yang terjadi juga sangat kecil, sehingga dapat dianggap sama dengan  $A_0$ .

Secara teotik grafik pengujian tarik dapat digambarkan seperti grafik pada Gambar 3, sebagai sebuah fungsi dari tegangan dan regangan untuk model material non-linear model dibawah pembebanan uniaksil.

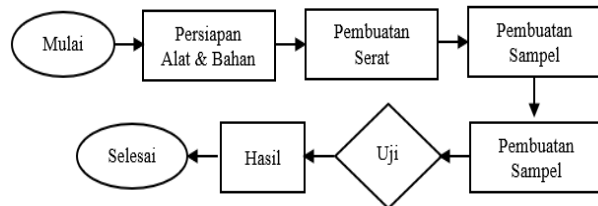


Gambar 3. Grafik Tegangan dan Regangan Material non Linier (Hoang & Santiuste, 2016)

Robert Hooke (1689), telah mengamati sebuah fenomena hubungan antara tegangan dan regangan pada daerah elastis suatu material tertentu dan menyimpulkan bahwa dalam batas-batas tertentu tegangan pada suatu material ialah proporsional terhadap regangan yang dihasilkan. Teori ini kemudian lebih dikenal dengan istilah hukum Hooke (Hoang & Santiuste, 2016). Namun teori ini hanya berlaku pada batas elastis material, dimana besarnya tegangan akan berbanding lurus terhadap pertambahan regangan yang terjadi, dan bila beban dihilangkan, maka sifat ini akan menyebabkan material kembali kedalam bentuk dan dimensi aslinya.

### 3. Metodologi

Metodologi penelitian dimulai dengan persiapan alat dan bahan. Langkah selanjutnya adalah proses pembuatan serat dan pembuatan spesimen uji. setelah spesimen dibentuk, lanjutkan dengan tes untuk mendapatkan kekuatan tekan. Ini dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Proses Penelitian

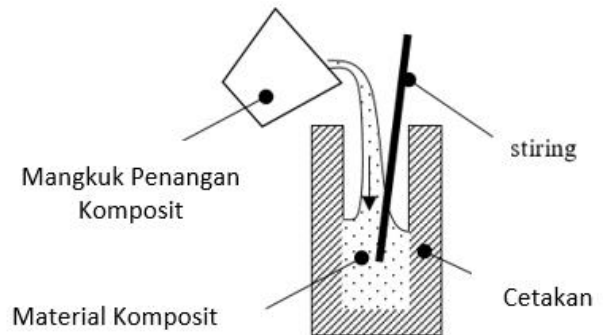
Komposisi material komposit busa polimerik diambil berdasarkan fraksi berat dari konstituen. Tabel 1 adalah bahan pendukung dengan variasi untuk resin, baggase tebu, zat peniup, dan katalis. Variasinya adalah untuk membentuk material komposit busa polimerik yang memiliki kekuatan tekan yang lebih baik dan dapat mengurangi berat akhir dari produk bahan yang dihasilkan.

Table 1: Spesifikasi Material

No	Material Name	Material Type
1	Polyester Resin	BQTN 157-EX
2	Limbah Ampas Tebu	Serat
3	Katalis	MEKPO
4	Blowing Agent	Polyurethane
5	Delignisifikasi	NaOH, 1M
6	Pelumasan	Wax

Teknik pembuatan bahan komposit busa polimerik dalam penelitian ini menggunakan metode pengecoran ke dalam cetakan setelah diaduk secara merata menggunakan pengaduk dalam wadah pencampur. Proses pengecoran dilakukan untuk menghasilkan struktur busa polimerik komposit dalam arah serat acak dan tidak kontinu seperti pada Gambar 2. Jadi itu tidak dapat dilakukan dengan tangan *lay up*, di mana metode ini digunakan pada serat panjang dan berkelanjutan. Serat yang digunakan diperoleh dari ampas tebu, yang sangat mudah diperoleh dengan proses perawatan yang sederhana. Variabel yang diukur adalah komposisi komposisi volume berdasarkan berat jenis resin dengan serat dan komposisi bahan tetap lainnya.

Untuk mendapatkan hasil terbaik maka diperlukan beberapa pengujian sampel dengan tiga komposisi berbeda. Setiap komposisi adalah label dengan A, B, C. Dan jumlah spesimen yang akan diuji untuk setiap komposisi adalah 6 spesimen uji.

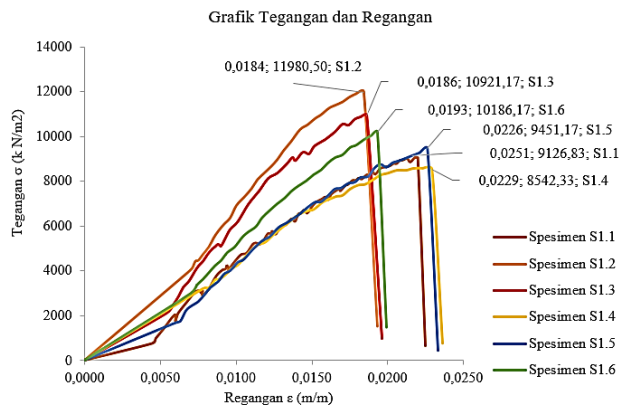


Gambar 2. Proses Penuangan Komposit

Tanggapan kekuatan tekan busa polimer komposit yang diperkuat oleh bagasse tebu diuji di bawah beban kompresi-statis. uji kompresi-statis dilakukan pada mesin uji universal (UTM) menurut ASTM D-1021. Jumlah spesimen yang diuji adalah 6 masing-masing komposisi. Uji tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan dan elongasi material busa polimerik komposit yang diperkuat oleh ampas tebu. Langkah uji prosedur uji tarik adalah: (i). Pemasangan Spesimen uji pada mesin uji chuck, (ii). Siapkan peralatan uji dengan beban 2 kN, (iii). Mulai pengujian, (iv). Rekam hasil tes

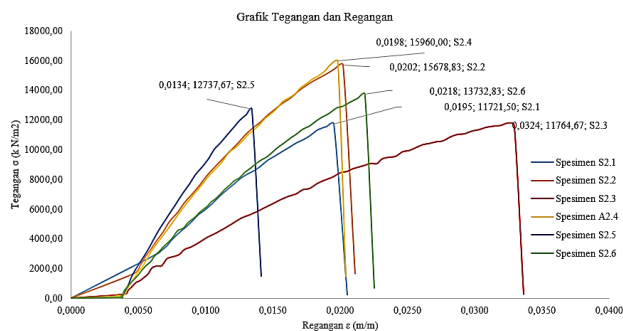
### 4. Hasil dan Pembahasan

Spesimen uji dengan komposisi diberi Label A telah diuji oleh mesin uji tekan seperti Gambar 3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan dan regangan maksimum terjadi pada spesimen S1.2 dengan nilai masing-masing 11980.50kN dan 0,0184m/m. Sedangkan tegangan dan regangan minimum terjadi pada spesimen S1.4 dengan nilai masing-masing 8542.33kN dan 0,0229m/. Untuk tegangan dan regangan rata-rata pada sampel S1 masing-masing adalah 10034,70 kN dan 0,022 m/m.



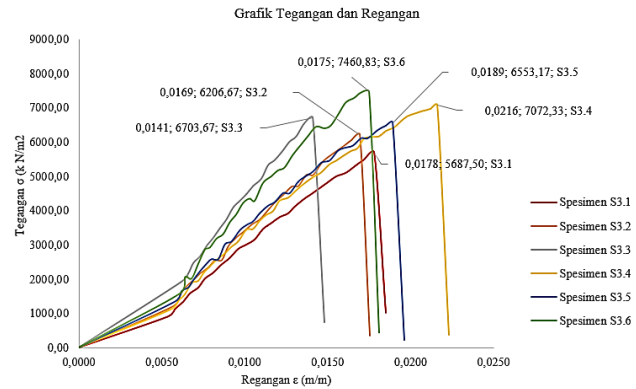
Gambar 3. Grafik Tegangan dan Regangan S1

Untuk spesimen uji dengan komposisi diberi Label S2 telah diuji oleh mesin uji tekan dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan dan regangan maksimum terjadi pada spesimen S2.4 dengan nilai masing-masing 15960,00 kN dan 0,0175 m/m. Sedangkan tegangan dan regangan minimum terjadi pada spesimen S2.3 dengan nilai masing-masing 11764,67 kN dan 0,0324 m/m. Untuk tegangan dan regangan rata-rata pada sampel S1 masing-masing adalah 13599,25 kN dan 0,021 m/m.



Gambar 4. Grafik Tegangan dan Regangan S2

Sedangkan untuk spesimen uji dengan komposisi diberi Label S3 telah diuji oleh mesin uji tekan seperti Gambar 5. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan dan regangan maksimum terjadi pada spesimen S3.6 dengan nilai masing-masing 7460,83 kN dan 0,0175 m/m. Sedangkan tegangan dan regangan minimum terjadi pada spesimen S3.1 dengan nilai masing-masing 5687,50 kN dan 0,0178 m/m. Untuk tegangan dan regangan rata-rata pada sampel S3 masing-masing adalah 6612,53 kN dan 0,018 m/m.



Gambar 5. Grafik Tegangan dan Regangan S3

Perbandingan Tegangan dan regangan rata-rata untuk masing-masing variasi sampel S1, S2, dan S3 dilihat pada Tabel 2. Dari hasil Tabel 2 dapat dilihat bahwa tegangan dan regangan maksimum terjadi pada komposisi sampel dengan Label S2 yaitu sebesar 13599,25 kN dan 0,021 m/m.

Tabel 2. Tegangan dan regangan rata-rata

sample	$\sigma$ (kN)	$\epsilon$ (m/m)
S1	10034,70	0,022
S2	13599,25	0,021
S3	6612,53	0,018

## 5. Kesimpulan

Hasil uji tekan telah dilakukan pada setiap spesimen dengan variasi campuran material komposit busa polimer diperkuat limbah ampas tebu. Hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa tegangan dan regangan rata-rata adalah sebesar 13599,25 kN, dan 0,021 m/m.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajayan, P., Nature, J. T., & 2007, undefined. (n.d.). Materials science: nanotube composites. *Nature.Com*. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/4471066a>
- Arif, Z. (2013). Analisa Kekuatan Maksimum Struktur Parking Bumper Bahan Komposit Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Uji Tekan Statik. *MEKINTEK*, 4(2), Page 287-292.
- Arif, Z., Adlie, T. A., Amir, F., Thalib, S., Ali, N., Nazaruddin, N., & Mustafa, M. (2017). Tensile Loading on Composite

- Polymeric Foam Reinforced by Empty Fruit Bunch Waste (EFB). *International Conference on Science, Technology and Modern Society*, 1(1), 168–171. Retrieved from <http://ejurnalunsam.id/index.php/icstms/article/view/584>
- Bambach, M. R. (2017). Thin-Walled Structures Compression strength of natural fibre composite plates and sections of flax, jute and hemp. *Thin Walled Structures*, 119(November 2016), 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2017.05.034>
- Bassyouni, W. U. H. (2015). The use of rice straw and husk fibers as reinforcements in composites. *Biofiber Reinforcement in Composite Materials*, 385–422.
- Clareyna, E. D., & Mawarani, L. J. (2013). Pembuatan dan Karakteristik Komposit Polimer Berpenguat Bagasse. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), F208–F213. <https://doi.org/10.12962/J23373539.V2I2.4295>
- Esat, U., & Anlas, G. (2011). Hydrostatic compression of anisotropic low density polymeric foams under multiple loadings and unloadings. *Polymer Testing*, 30, 737–742. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2011.06.002>
- Eshkooor, R. A., Ude, A. U., Sulong, A. B., Zulki, R., Arif, A. K., & Azhari, C. H. (2015). Energy absorption and load carrying capability of woven natural silk epoxy triggered composite tubes. *Composites Part B*, 77, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.03.017>
- Fu, S., Wang, Y., & Wang, Y. (2009). Tension testing of polycarbonate at high strain rates. *Polymer Testing*, 28(7), 724–729. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2009.06.002>
- Hoang, T., & Santiuste, C. (2016). Constitutive model to predict the viscoplastic behaviour of natural fibres based composites, 155, 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2016.08.001>
- Joshi, S. V., Drzal, L. T., Mohanty, A. K., & Arora, S. (2004). Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 35, 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2003.09.016>
- Kabir, E., Saha, M. C., & Jeelani, S. (2006). Tensile and fracture behavior of polymer foams. *Materials Science & Engineering A*, 429(May), 225–235. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2006.05.133>
- Kishimoto, K. (2016). CRACK INITIATION BEHAVIOR OF ABS RESIN UNDER MODE I AND MIXED MODE LOADING ARTICLE in MATERIALS SCIENCE RESEARCH INTERNATIONAL · SEPTEMBER 1997 OF ABS RESIN I AND MIXED MODE LOADING, (SEPTEMBER 1997). <https://doi.org/10.2472/jsms.46.9Appendix>
- Krevelen, D. Van, & Nijenhuis, K. Te. (2009). Properties of polymers: their correlation with chemical structure; their numerical estimation and prediction from additive group contributions. Retrieved from <https://www.google.com/books?hl=id&lr=&id=bzRKwjZeQ2kC&oi=fnd&pg=PP1&dq=composite+has+the+properties+of+each+material+different+from+each+other+both+chemical+and+physical+properties&ots=wZN9W4iBUg&sig=tO4gvBlbnaj44Fyt5Do9DuCRbSs>
- L.J. Gibson, M. F. A. (1997). *Cellular Solids: Structure and Properties* (second ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lau, K., Hung, P., Zhu, M., & Hui, D. (2018). Properties of natural fibre composites for structural engineering applications. *Composites Part B*, 136(September 2017), 222–233. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.10.038>
- Lemaitre, J., & Chaboche, J. (1994). Mechanics of solid materials. Retrieved from <https://www.google.com/books?hl=id&lr=&id=YfHTNHfjqXoC&oi=fnd&pg=PR11&dq=the+composite+polymer+is+made+by+mixed+macroscopically+to+produce+a+new+material+in+which+the+properties+of+the+origin+of+the+material+remain+real&ots=kvSVFnZ-uv&sig=rFpbq7N0uK-3fOhj5ilNFv40U>
- Notario, B., & Pinto, J. (2015). Towards a new generation of polymeric foams: PMMA nanocellular foams with enhanced physical properties. *Polymer*, 63, 116–126.
- Ramsteiner, F., Fell, N., & Forster, S. (2001a). Testing the deformation behaviour of polymer foams. *Polymer Testing*, 20, 661–670.
- Ramsteiner, F., Fell, N., & Forster, S. (2001b). Testing the deformation behaviour of polymer foams. *Polymer Testing*, 20(6), 661–670. [https://doi.org/10.1016/S0142-9418\(00\)00090-8](https://doi.org/10.1016/S0142-9418(00)00090-8)
- Robinson, A. G. M. M., Ioannidis, D. E. M. G. A. D. M. B., & Carruthers, J. (1997). Review Crashworthy capability of composite material structures p. *Composite Structures*, 37, 109–134.
- Summerscales, J., Virk, A., & Hall, W. (2013). A review of bast fibres and their composites: Part 3 - Modelling. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 44(1), 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2012.08.018>
- Taneli, V. (2017). A review on new bio-based constituents for natural fibre-polymer composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 149, 582–596. <https://doi.org/10.1016/j.jap.2017.02.132>
- Technology, M. R.-J. of M. P., & 2006, undefined. (n.d.). Ceramic and metal matrix composites: Routes and properties. *Elsevier*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092401360500419X>
- Yang, Y., Gupta, M. C., Dudley, K. L., & Lawrence, R. W. (2005). Novel Carbon Nanotube–Polystyrene Foam Composites for Electromagnetic Interference Shielding. *Nano Letters*, 5(11), 2131–2134. <https://doi.org/10.1021/nl051375r>
- Yen, K. S., Ratnam, M. M., & Akil, H. M. (2010). Measurement of flexural modulus of polymeric foam with improved

method accuracy using moire. *Polymer Testing*, 29, 358–368. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2009.12.011>

*Kapal*, 5(2),  
<https://doi.org/10.14710/KPL.V5I2.3197>

95–101.

Yogesha, B. (2017). ScienceDirect Studies on Natural / Glass Fiber Reinforced Polymer Hybrid Composites : An Evolution. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 2739–2747. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.02.151>

Yudo, H., & Jatmiko, S. (2008). ANALISA TEKNIS KEKUATAN MEKANIS MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU (BAGGASE) DITINJAU DARI KEKUATAN TARIK DAN IMPAK.

□TAR