



## **ANALISA PENGARUH PERLAKUAN ALKALI DAN HYDROGEN PEROKSIDA TERHADAP KEKUATAN MEKANIK KOMPOSIT SERAT SABUT KELAPA BERMATRIKS EPOXY**

Zulkifli<sup>1</sup>, Ida Bagus Dharmawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Politeknik Negeri Balikpapan  
e-mail: zulkifli.as@poltekba.ac.id

### **Abstrak**

Komposit polimer dengan serat alam sangat ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami dan juga harga serat alam pun lebih murah dibandingkan bahan serat sintetis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan NaOH pada serat sabut kelapa terhadap kekuatan mekanik material komposit yang diperkuat serat sabut kelapa. Adapun tahapan pada penelitian ini yaitu (1) perendaman serat sabut kelapa pada larutan NaOH dengan konsentrasi 10%, 15%, dan 20%, selama 2 jam, (2) mencuci serat sabut kelapa yang telah direndam dengan menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan konsentrasi 3% selama 1 jam, (3) serat sabut kelapa dikeringkan di dalam kamar pada temperature kamar sekitar 30<sup>0</sup>C selama 7 hari, (4) pembuatan material komposit dengan metode *press molding*, (5) melakukan pengujian tarik sesuai standar ASTM D-638. Hasil dari penelitian ini yaitu pengaruh perlakuan NaOH dengan konsentrasi larutan 15% pada serat sabut kelapa menunjukkan nilai tegangan tarik yang paling optimal yaitu sebesar 23.497 MPa dan nilai regangannya sebesar 3.918% pada material komposit, hal ini disebabkan oleh ikatan *interface* antara serat dan matrik menjadi lebih kuat sehingga tegangan dapat terjadi secara merata, sebelum terjadi patah pada material komposit.

**Kata kunci:** komposit, serat sabut kelapa, NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, kekuatan mekanik.

### **Abstract**

*Composite polymers with natural fibers are very environmentally friendly because they can be degraded naturally and also the price of natural fibers is cheaper than synthetic fiber. This study aims to determine the effect of NaOH treatment on coconut fiber on the mechanical strength of coco fiber reinforced composite materials. The stages in this study are (1) soaking coco fiber in NaOH solution with a concentration of 10%, 15%, and 20%, for 2 hours, (2) washing coconut coir fibers that have been soaked using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> solution with a concentration of 3% for 1 hour, (3) coconut coir fibers are dried in the room at room temperature around 30<sup>0</sup> C for 7 days, (4) making composite materials using the press molding method, (5) carrying out tensile testing according to ASTM D-638 standard. The results of this research are the effect of NaOH treatment with a concentration of 15% solution on coconut fiber shows the most optimal tensile strength of 23,497 MPa and the strain value is 3,918% in composite materials, this is due to the bonding between fibers and matrices strong so that stress can occur evenly, before a composite material breaks.*

**Keywords:** composite, coconut fiber, NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, tensile strength.

### **1. Pendahuluan**

Penggunaan material komposit polimer dengan serat alam pada dunia otomotif saat ini berkembang pesat hal ini dikarenakan serat alam memiliki beberapa kelebihan seperti biaya produksi yang rendah, densitas rendah, jumlahnya yang banyak dan berkelanjutan, dan keausan abrasif rendah dari pemrosesan mesin[1]. Komposit polimer dengan serat alam sangat ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami dan juga harga serat alam pun lebih murah

dibandingkan bahan serat sintetis. Sebuah mobil yang didesain dengan sebagian besar materialnya terbuat dari komposit polimer dengan serat alam, maka limbah-limbah komponen mobil yang sudah tidak digunakan lagi tersebut hanya tinggal dikuburkan saja tanpa perlu membutuhkan proses daur ulang terlebih dahulu, karena material komposit polimer dengan serat alam tersebut selanjutnya akan dikonsumsi atau diuraikan secara alami oleh bakteri di dalam tanah. Di Amerika Serikat 10-11 juta kendaraan setiap tahunnya

mencapai akhir dari masa fungsionalitasnya. Penyortiran komponen-komponen bekas atau limbah dan pengkoyakan limbah yang sudah tidak terpakai memproses sekitar 96 persen komponen dari mobil-mobil tua, 25 persen komponen dari kendaraan berat, termasuk plastik, serat, kaca, busa dan karet, yang semuanya merupakan limbah dari mobil-mobil tersebut. [2]

Material komposit berpenguat serat alam saat ini sudah banyak digunakan oleh beberapa produsen otomotif dunia, salah satunya seperti produsen otomotif *Daimler Chrysler*, produsen mobil Amerika-Jerman ini mulai meneliti dan menggunakan bahan komposit polimer dengan serat alam. Bahan tersebut akan digunakan sebagai pembungkus head rest, pembungkus kabel, serta beberapa bagian interior mobil seperti doortrim, plafon, pembungkus kursi hingga untuk bahan baku dashboard. Penggunaan komposit polimer dalam produksi komponen-komponen mobil telah terbukti mampu menyeimbangkan fungsi mobil seperti mengurangi berat dan menjaga keselamatan penumpang. [3]

Indonesia memiliki potensi kekayaan serat alam yang sangat berlimpah dan bervariasi macamnya, maka dari itu peluang yang sangat menarik dalam pengembangan komposit polimer dengan menggunakan serat alam. Salah satunya serat sabut kelapa, sebagai serat alami sabut kelapa mempunyai kelebihan seperti kuat, elastisitas, tahan terhadap peruraian mikroba, tahan terhadap salinitas, biodegradable dan banyak tersedia di alam. [4]. Badan Pusat Statistik pada tahun 2015 luas tanaman perkebunan kelapa di Indonesia seluas 3.585.599 hektar dengan total hasil produksi tanaman mencapai 2.920.665 ton. [5]

Kekuatan komposit berpenguat serat alam dipengaruhi oleh penyebaran serat, interaksi antara serat dengan matriks, bagaimana serat itu diperoleh, ukuran serat, dan bentuk serat. Umumnya, kandungan lignin yang tinggi terdapat pada serat sabut kelapa hal ini membuat serat lebih keras dan kaku, dibandingkan dengan serat lainnya serta Lignin ini bersifat *hydrophobic*[6]. Pada table 1 di bawah ini menunjukkan komposisi kimia dari beberapa serat.

Tabel 1. Komposisi kimia dari beberapa serat lignoselulosa. [6]

	Oil Palm Frond	Coconut	Pineapple Leaf	Banana Steam	Soft Wood*
Extractive (%)	4.5	6.4	5.5	10.6	0.2-8.5
Holocellulose (%)	83.5	56.3	80.5	65.2	60-80
$\alpha$ -cellulose (%)	49.8	44.2	73.4	63.9	30-60
Lignin (%)	20.5	32.8	10.5	18.6	21-37

\*Tsoumis 1996

Pada tabel 1 memperlihatkan bahwa serat sabut kelapa memiliki kandungan yang kaya akan lignin dibandingkan dengan serat alami lainnya. Sehingga memerlukan perlakuan alkali untuk memperbaiki bentuk dan sifat serat sabut kelapa, seperti untuk mengurangi sifat hidropobik serat. Karena Lignin tidak terhidrolisis oleh asam, hanya dapat larut di dalam alkali panas, dapat teroksidasi, dan dengan mudah terkondensasi dengan fenol. [7]. Selain itu, perlakuan alkali dapat mengecilkan diameter serat, maka serat tersebut semakin kuat karena cacatnya semakin berkurang. Diameter serat sabut kelapa mengalami pengurangan diameter setelah direndam dalam larutan alkali, diameter terkecil diperoleh pada perlakuan alkali 15% dengan lama perendaman 5 jam yaitu 56.08%. [8].

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh perlakuan NaOH pada serat sabut kelapa terhadap kekuatan mekanik material komposit yang diperkuat serat sabut kelapa bermatriks epoxy.

## 2. Studi Literatur

### 2.1. Komposit

Komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Komposit dan alloy memiliki perbedaan dari cara penggabungannya yaitu apabila komposit digabung secara makroskopis sehingga masih kelihatan serat maupun matriknya (komposit serat) sedangkan pada alloy / paduan digabung secara mikroskopis sehingga tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya.

Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada alloy / paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya. Salah satu keunggulan dari material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut.

Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan dapat saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada masing-masing material penyusunnya[9].

## 2.2. Matriks

Matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matrik yang digunakan dalam komposit adalah harus mampu meneruskan beban sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik artinya tidak ada reaksi yang mengganggu. Jadi syarat pokok matrik yang digunakan dalam komposit adalah matrik harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matriks.

Polimer merupakan bahan matrik yang paling sering digunakan. Adapun jenis polimer yaitu:

- Thermoset, adalah plastik atau resin yang tidak bias berubah karena panas (tidak bisa di daur ulang). Misalnya : epoxy, polyester, phenolic.
- Termoplastik, adalah plastik atau resin yang dapat dilunakkan terus menerus dengan pemanasan atau dikeraskan dengan pendinginan dan bisa berubah karena panas (bisa didaur ulang). Misalnya : Polyamid, nylon, polysurface, polyether.

## 2.3. Serat

Bahan penguat yang banyak digunakan adalah serat (fiber). Serat atau fiber dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material [10].

Bahan penguat serat ini masih terbagi lagi atas jenis serat sintetis dan alam. Salah satu serat alam yang memiliki karakteristik istimewa adalah serat sabut kelapa yang dapat menjadi bahan penguat dengan berbagai keunggulan yang dapat dimanfaatkan.

Serat alami biasanya didapat dari serat tumbuhan seperti serat bambu, serat pohon pisang serat nanas dan lain sebagainya. Keunggulan yang dimiliki oleh serat alam antara lain : non-abrasive, densitas rendah, harga lebih murah, ramah lingkungan, dan tidak membahayakan bagi kesehatan. Penggunaan serat alam sebagai filler dalam komposit tersebut terutama untuk lebih menurunkan biaya bahan baku dan peningkatan nilai salah satu produk pertanian.

Kelapa merupakan tanaman perkebunan/industri berupa pohon batang lurus dari family Palmae. Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L*) merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Seluruh bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan

manusia, sehingga pohon ini sering disebut pohon kehidupan (*tree of life*) karena hampir seluruh bagian dari pohon, akar, batang, daun dan buahnya dapat dipergunakan untuk kebutuhan

kehidupan manusia sehari-hari. Pada Tabel 2 ditunjukkan sifat mekanis berbagai serat termasuk serat kelapa.

Tabel 2. Sifat mekanis beberapa serat [11]

Fibres	Properties					
	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile strength (MPa)	E-Modulus (Gpa)	Spesific (E/d)	Elongation at failure (%)	Moisture absorption (%)
E-glass	2.55	2400	73	29	3	-
Hemp	1.48	550-900	70	47	1.6	8
Jute	1.46	400-800	10-30	7-21	1.8	12
Ramie	1.5	500	44	29	2	12-17
Coir	1.25	220	6	5	15-25	10
Sisal	1.33	600-700	38	29	2-3	11
Flax	1.4	800-1500	60-80	26-46	1.2-1.6	7
Cotton	1.51	400	12	8	3-10	8-25

## 2.4. Perlakuan Alkali ( NaOH )

Sifat alami serat adalah Hyrophilic, yaitu suka terhadap air berbeda dari polimer yang hydrophilic. Untuk memperoleh ikatan yang baik antara matriks dan serat dilakukan modifikasi permukaan serat. Modifikasi permukaan dilakukan untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat alam dengan matriks. Alkalisasi pada serat alam adalah metode yang telah digunakan untuk menghasilkan serat berkualitas tinggi. Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat ke dalam basa alkali.

Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, wetability serat oleh matriks akan semakin baik, sehingga kekuatan antarmuka pun akan meningkat. Selain itu, pengurangan hemiselulosa, lignin atau pektin, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan mechanical interlocking yang lebih baik.[12]

## 2.5. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik dapat diartikan sebagai kekuatan tertinggi material dalam menahan pembebanan yang diberikan sampai material tersebut putus. Pengujian tarik adalah suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta pertambahan panjang yang dialami oleh bahan tersebut.

Pengujian tarik dilakukan dengan mesin menurut standar ASTM D-638. Pengujian dilakukan sampai sampel uji patah, maka pada saat yang sama diamati pertambahan panjang yang dialami sampel uji. Kekuatan tarik atau tekan diukur dari besarnya beban maksimum (Fmaks) yang digunakan untuk

memutuskan/mematahkan specimen dengan luas awal  $A_0$ .

Teori menyatakan bahwa suatu bahan berkelakuan secara elastis dan memperlihatkan suatu hubungan linier antara tegangan regangan yang disebut elastis secara linier. Hubungan linier Antara tegangan regangan untuk suatu batang yang mengalami tarik atau tekan sehingga diperoleh modulus elastisitas material dinyatakan sebagai [12]:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (1)$$

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (gage length). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis. Proporsional pada grafik tegangan-regangan hasil uji tarik komposit.

$$\varepsilon = \Delta l / l_0 \quad (2)$$

Dimana:

- $\varepsilon$  = Engineering Strain (%)
- $\Delta l$  = pertambahan panjang (mm)
- $l_0$  = panjang daerah ukur (gauge length), mm

Pada daerah proporsional yaitu daerah dimana tegangan regangan yang terjadi masih sebanding, defleksi yang terjadi masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum Hooke. Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan:

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (3)$$

Dimana:

- $E$  = Modulus Elastisitas atau Modulus Young (MPa)
- $\sigma$  = Engineering Stress (MPa)
- $\varepsilon$  = Engineering Strain (%)

### 3. Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah seperangkat alat perendaman, gelas ukur 1000 ml, timbangan digital, alat press molding. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu serat sabut kelapa, resin, hardener, naoh,  $H_2O_2$  dan aquadest.

Serat sabut kelapa yang digunakan berasal dari sabut kelapa kering yang berwarna coklat tua. Serat sabut kelapa dipisahkan dari sabutnya dengan menggunakan tangan, dengan cara mengurai satu demi satu. "Gabus" yang masih melekat pada serat dibersihkan atau dilepaskan dengan menggunakan tangan. Serat sabut kelapa yang sudah lepas lalu dibersihkan dengan menggunakan aquades.

Perendaman serat sabut kelapa dilakukan dengan menyiapkan larutan NaOH dengan konsentrasi

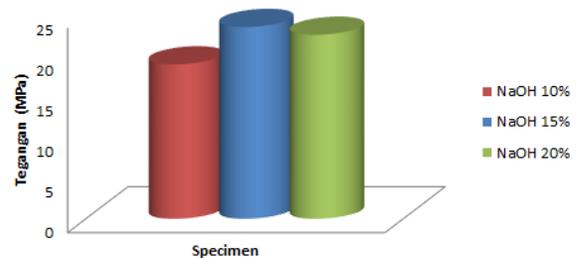
10%, 15%, dan 20%, lalu serat sabut kelapa direndam selama 2 jam dalam larutan NaOH, setelah itu mencuci serat sabut kelapa yang telah direndam dengan menggunakan larutan  $H_2O_2$  dengan konsentrasi 3% selama 1 jam, untuk menghilangkan sisa larutan alkali. Tahapan terakhir serat sabut kelapa dikeringkan di dalam kamar pada temperature kamar sekitar  $30^{\circ}C$  selama 7 hari.

Bahan matrik yang digunakan adalah epoxy, yang disuplai oleh PT. Justus Kimia Raya Jakarta. Komposit dibuat dengan metode press molding dengan perbandingan antara resin dan hardener yaitu 70:30, dengan fraksi volume sebesar 10% sesuai dengan laporan zulkifli dkk 2018[13] yaitu dengan fraksi volume 10% didapatkan kekuatan tarik yang optimal yaitu sebesar 24.06 MPa dan tipe patahan yang terjadi pada material komposit dengan fraksi volume 10% yaitu matrix rich, crack deflection, dan over load, dibandingkan dengan fraksi volume 20% dan 30%.

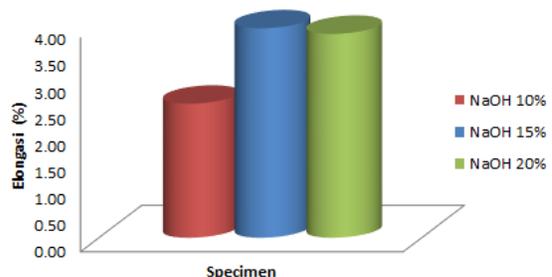
Spesimen uji tarik dibuat dari pelat komposit hasil cetakan, yang dipotong dengan menggunakan *band saw*. Efek pemotongan dieliminasi dengan dihaluskan menggunakan kertas amplas. Spesimen tersebut dibuat sesuai dengan standar ASTM D-638 [14]. Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik HT-9501 Universal Testing Machine dengan kapasitas 500 KN untuk mengetahui kekuatan tarik specimen uji.

## 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

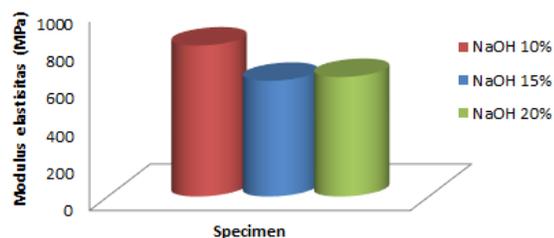
### 4.1. Hasil Uji Tarik



Gambar 1. Diagram Hubungan Larutan Alkali Vs Tegangan Tarik



Gambar 2. Diagram Hubungan Larutan Alkali Vs Elongasi



Gambar 3. Diagram Hubungan Larutan Alkali Vs Modulus Elastisitas

#### 4.2. Pembahasan

Perlakuan NaOH ini bertujuan untuk melarutkan lapisan lignin, hemiselulosa, dan kotoran lainnya, serta mengecilkan diameter serat. Dengan hilangnya lapisan lilin ini dan juga mengecilnya diameter serat maka ikatan *interface* antara serat dan matrik menjadi lebih kuat, sehingga tegangan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Namun, perlakuan NaOH dengan konsentrasi yang lebih besar dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa. Padahal, selulosa itu sendiri sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat [8].

Tegangan tarik dan regangan pada material komposit berpenguat serat sabut kelapa menunjukkan optimasi pada perlakuan NaOH dengan konsentrasi larutan sebesar 15%, dengan tegangan tarik sebesar 23.497 MPa dan reangannya sebesar 3.918% seperti yang diperlihatkan pada gambar 1 dan gambar 2. Pada konsentrasi larutan NaOH 10% pada serat masih terdapat kandungan lilin, maka ikatan interface antara serat dan matriks lemah sehingga terjadi kegagalan *fiber pull out*. Sedangkan pada larutan 20% terjadi kerusakan pada unsur selulosa, maka kekuatan serat sabut kelapa akan menurun. Perlakuan NaOH sebesar 15% pada serat sabut kelapa, memperbaiki sifat serat sabut kelapa dan memperkecil diameter penampang serat, oleh sebab itu ikatan *interface* antara serat dan matrik menjadi lebih kuat sehingga tegangan dapat terjadi secara merata, sebelum terjadi patah. Besarnya tegangan dan regangan yang terjadi akan mengalami peningkatan.

Pada gambar 3 menunjukkan perubahan *trend* yang mana pada perlakuan serat sabut kelapa dengan konsentrasi larutan NaOH 10% menunjukkan nilai yang paling optimal yaitu sebesar 801.783 MPa dibandingkan dengan konsentrasi larutan 15% dan 20%. Penurunan nilai modulus elastisitas pada perlakuan alkali pada serat sabut kelapa dengan konsentrasi 15% dan konsentrasi 20%, hal ini dikarenakan semakin baiknya ikatan antara serat dan matriks, maka perlakuan alkali pada serat sabut kelapa dengan konsentrasi larutan yang makin tinggi menurunkan sifat elastisitas pada serat sabut kelapa,

bahkan perlakuan tersebut dapat menyebabkan serat menjadi rapuh.

#### 5. Kesimpulan

Sebagaimana telah dikemukakan pada pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan NaOH sebesar 15% dapat menyebabkan ikatan *interface* antara serat dan matrik menjadi lebih kuat sehingga tegangan dapat terjadi secara merata, sebelum terjadi patah, sehingga pengaruh perlakuan NaOH sebesar 15% pada serat sabut kelapa menunjukkan nilai tegangan tarik yang paling optimal yaitu sebesar 23.497 MPa dan regangannya sebesar 3.918% pada material komposit.

#### Daftar Pustaka

- [1] Alves, C., et al., *Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites*. Vol. 18. 2010. 313-327.
- [2] Drzal, L.T., A. Mohanty, and M. Misra, *Bio-composite materials as alternatives to petroleum-based composites for automotive applications*. Magnesium, 2001. **40**(60): p. 1.3-2.
- [3] Ezekwem, D., *Composite Materials Literature review for Car bumper*. 2016.
- [4] Khan, M.A., et al., *Improvement of mechanical properties of Coir fiber (Cocus nucifera) with 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA) by photocuring*. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2003. **42**(2): p. 253-267.
- [5] Pertanian, D.J.P.K., *Statistik Perkebunan Indonesia Tahun 2015-2017* 2016, Jakarta: Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian.
- [6] Khalil, H.S.A., M.S. Alwani, and A.K.M. Omar, *Chemical composition, anatomy, lignin distribution, and cell wall structure of Malaysian plant waste fibers*. BioResources, 2007. **1**(2): p. 220-232.
- [7] Bismarck, A., S. Mishra, and T. Lampke, *Plant fibers as reinforcement for green composites*. Natural fibers, biopolymers and biocomposites, 2005. **2**: p. 37-108.
- [8] Arsyad, M. and A. Salam, *Analisis Pengaruh Konsentrasi Larutan Alkali Terhadap Perubahan Diameter Serat Sabut Kelapa*. Journal INTEK, 2017. **4**(1): p. 10-13.
- [9] Jones, R.M., *Mechanics of composite materials*. 1975: Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.
- [10] Diharjo, K., *Triyono T. 2000*, "Material Teknik, Buku Pegangan Kuliah.
- [11] Beukers, A. and E. Van Hinte, *The Inevitable Renaissance Of Minimum Energy Structures*. 1999, Rotterdam.

- [12]Maryanti, B., A. As'ad Sonief, and S. Wahyudi, *Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik*. Jurnal Rekayasa Mesin, 2011. **2**(2): p. 123-129.
- [13]Zulkifli, Z., H. Hermansyah, and S. Mulyanto, *Analisa Kekuatan Tarik dan Bentuk Patahan Komposit Serat Sabuk Kelapa Bermatriks Epoxyterhadap Variasi Fraksi Volume Serat*. JTT (Jurnal Teknologi Terpadu), 2018. **6**(2): p. 90-95.
- [14]ASTM, *D 638 Standard Test Method For Tensile Properties of Polymer Matriks Composite Material*. 2002, American Society for Testing and Materials: Philadelphia.