

## Pengaruh Komposisi Serat Kenaf dan Serbuk $\text{CaCO}_3$ Terhadap Kekuatan Tekuk dan *Water Absorption* Komposit *Hybrid*-Poliester

Alfian Hudan Laksana<sup>1</sup>, Marhadi Budi Waluyo<sup>2</sup>  
Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pawayatan Daha<sup>1</sup>  
Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan<sup>2</sup>  
ah.laksana@gmail.com<sup>1\*</sup>, yo2.tarakan@gmail.com<sup>2</sup>

### ABSTRACT

*The reinforcing composition in hybrid composite can affect the material properties. Kenaf fiber (Hibiscus Cannabinus L.) can be used as a reinforcement for hybrid composites with high advantage. Calcium carbonate serves as a reinforcement for composite materials and was useful for increasing stiffness. The purpose of this study was to analyze the effect of variations in the composition of the addition of kenaf fiber and  $\text{CaCO}_3$  powder on the flexural strength and water absorption properties of the calcium carbonate reinforced kenaf fibers/polyester hybrid composites (PTJ/SK/ $\text{CaCO}_3$ ) made by hand layup method. Hybrid composites were made with various compositions of  $\text{CaCO}_3$  (0%, 2.5%, 5%, 10%, and 20% by weight). The results showed that the PTJ/SK/ $\text{CaCO}_3$  (5%wt) hybrid composite had the highest flexural strength with a value of 74.87 MPa. The increase in the amount of  $\text{CaCO}_3$  powder composition showed a decrease in the water absorption of the PTJ/SK/ $\text{CaCO}_3$  hybrid composite.*

**Keywords:** Hybrid Composite, Kenaf Fiber,  $\text{CaCO}_3$ , Flexural Strength, Water Absorption

### ABSTRAK

Komposisi penguat dalam material komposit *hybrid* dapat mempengaruhi sifat materialnya. Serat kenaf (*Hibiscus Cannabinus L.*) dapat menjadi penguat komposit *hybrid* dengan potensi manfaat yang tinggi. Kalsium karbonat berfungsi sebagai penguat material komposit dan bermanfaat untuk meningkatkan kekakuan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi komposisi penambahan serat kenaf dan serbuk  $\text{CaCO}_3$  terhadap kekuatan tekuk dan sifat daya serap air komposit *hybrid* poliester tak jenuh/serat kenaf/ $\text{CaCO}_3$  (PTJ/SK/ $\text{CaCO}_3$ ) yang dibuat dengan metode hand layup. Komposit *hybrid* dibuat dengan variasi komposisi  $\text{CaCO}_3$  (0%, 2,5%, 5%, 10%, dan 20% berat). Hasil penelitian menunjukkan komposit *hybrid* PTJ/SK/ $\text{CaCO}_3$  (5%wt) memiliki kekuatan tekuk tertinggi dengan nilai 74,87 MPa. Peningkatan jumlah komposisi serbuk  $\text{CaCO}_3$  menunjukkan hasil daya serap air yang menurun pada komposit *hybrid* PTJ/SK/ $\text{CaCO}_3$ .

**Kata kunci:** Komposit *Hybrid*, Serat Kenaf,  $\text{CaCO}_3$ , Kekuatan Tekuk, *Water Absorption*

Diterima Redaksi: 24-06-2021 | Selesai Revisi: 25-08-2021 | Diterbitkan Online: 31-08-2021

### 1. Pendahuluan

Komposit adalah material yang tersusun dari kombinasi dua atau lebih unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan [1]. Komposit yang diperkuat serat alami banyak diminati sebagai pengganti komposit polimer berpenguat serat kaca atau serat karbon baru-baru ini. Beberapa

keuntungan yang terkait dengan penggunaan serat alami karena penguatan pada polimer adalah sifat non-abrasif dan konsumsi biaya rendah. Di samping manfaat biaya dibandingkan dengan serat sintesis, serat alami dapat memberikan keamanan tinggi jika digunakan untuk aplikasi otomotif [2].

Komposit *Hybrid* adalah komposit yang memiliki setidaknya dua jenis penguat yang

berbeda yang diperkuat dalam matriks tunggal atau campuran polimer yang diperkuat dengan serat tunggal. Hibridisasi dapat mengimbangi kerugian satu komponen dengan penambahan serat lain. Sebuah syarat untuk terjadinya efek hibrida adalah dua serat akan bervariasi oleh sifat mekanik mereka dan oleh antarmuka yang mereka bentuk dengan matriks. Penguatan hibrida dengan pemilihan serat yang baik akan menghasilkan sifat yang sangat baik dan memenuhi permintaan komposit matriks polimer saat ini [3].

Serat kenaf (*Hibiscus Cannabinus L.*) adalah jenis serat alami yang menawarkan banyak keuntungan dan potensi tinggi sebagai penguat dalam material komposit, terutama komposit polimer. Penggunaan komposit serat kenaf sebagai penguat menjadi salah satu bidang penelitian yang menarik. Secara konvensional, serat sintetis seperti karbon, serat kaca dan aramid biasanya digunakan dalam produksi komposit polimer. Tetapi serat kenaf memiliki sifat khusus yang sebanding dan biaya pemrosesan yang relatif rendah yang menguntungkan dibandingkan serat sintetis. [4]. Di dalam tanaman kenaf mengandung komposisi kimia antara lain *Holocellulose*, *Cellulose* dan *Lignin* [5].

Penambahan partikel dalam komposit bermatriks plastik polimer bertujuan untuk mengurangi biaya produksi. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, partikel sebagai pengisi digunakan untuk meningkatkan kekakuan polimer [6]. Pengisi mineral yang digunakan dalam polimer biasanya adalah talk dan kalsium karbonat [7].

Poliester merupakan jenis resin yang berbentuk cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti pada resin termoset lainnya, sehingga tak perlu diberi tekanan untuk pencetakannya. Produksi poliester melalui proses reaksi secara kondensasi antara asam basa dengan alkohol dihidrat. Karena asam tak jenuh digunakan dengan berbagai cara sebagai bagian dari asam dibasa, yang menyebabkan terdapatnya ikatan tak jenuh dalam rantai utama dari polimer yang dihasilkan, maka disebut poliester tak jenuh

[8]. Resin poliester adalah resin yang paling banyak digunakan, dari proses yang paling dasar dan sederhana, yaitu *Hand Lay Up* sampai dengan proses dengan mesin dan cetakan yang kompleks. Poliester tak jenuh mempunyai banyak tipe tingkatan, yaitu: orthophthalic, isophthalic, dan vinylester merupakan hasil modifikasi antara poliester dan epoksi [9].

Pada penelitian ini, komposit hybrid poliester tak jenuh berpenguat serat kenaf dan serbuk kalsium karbonat dibuat dengan komposisi matriks Poliester Tak Jenuh sebesar 80% berat pada semua komposit. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi serat kenaf dan serbuk kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sebagai penguat komposit bermatriks poliester tak jenuh terhadap kekuatan tekuk dan sifat daya serap air (*water absorption*) pada komposit.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dimana dilakukan pengamatan nilai kekuatan tekuk dan daya serap air material komposit Poliester Tidak Jenuh/Serat Kenaf/Kalsium Karbonat (PTJ/SK/ $\text{CaCO}_3$ ) dengan variasi komposisi penguatnya. Variasi komposisi komposit hybrid PTJ/SK/ $\text{CaCO}_3$  dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Serat Kenaf

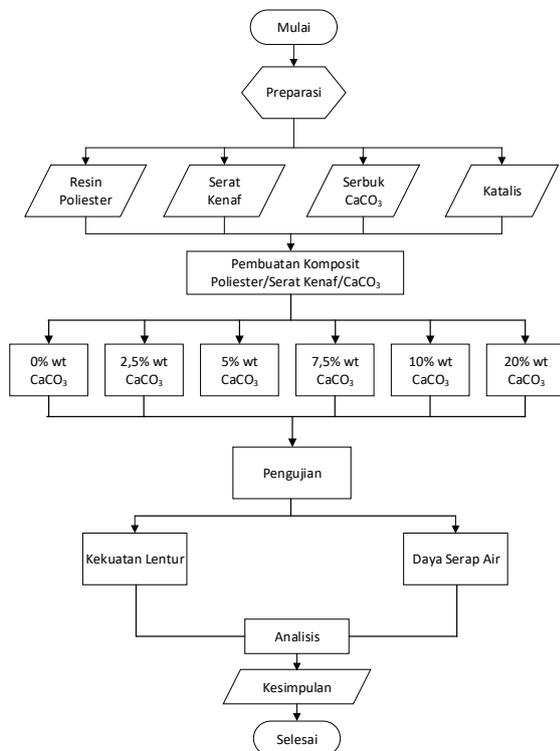
Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah persiapan serat kenaf, persiapan serbuk  $\text{CaCO}_3$ , pembuatan komposit dan pengujian komposit.

Tabel 2. Komposisi Komposit Hybrid PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub>

NO	PTJ (wt%)	SK (wt%)	CaCO <sub>3</sub> (wt%)
1.	80	20	0
2.	80	17,5	2,5
3.	80	15	5
4.	80	12,5	7,5
5.	80	10	10
6.	80	0	20

### 2.1 Persiapan Serat

Proses persiapan serat kenaf seperti pada Gambar 2 dilakukan dengan beberapa tahapan. Terlebih dahulu dilakukan proses alkalisasi dimana serat kenaf direndam ke dalam larutan NaOH 6% selama 3 jam untuk menghilangkan zat lilin yang terdapat pada serat kenaf. Setelah proses alkali, serat kenaf dicuci menggunakan aquadest dan dijemur selama 3 hari pada temperatur ruangan kemudian dikeringkan dengan oven selama 6 jam dalam temperatur 100°C dan kemudian serat kenaf dipotong dengan panjang ukuran 30 mm.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### 2.2 Persiapan Serbuk CaCO<sub>3</sub>

Serbuk CaCO<sub>3</sub> diayak menggunakan mesin *sieving* dengan hasil yang digunakan adalah serbuk yang lolos dari ayakan berukuran 40 µm. Setelah proses pengayakan, dilakukan proses perhitungan berat jenis serbuk CaCO<sub>3</sub> pada Gambar 4 dengan cara dilarutkan menggunakan air dalam piknometer dan dibiarkan selama 24 jam hingga mengendap pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Alkalisasi Serat Kenaf



Gambar 4. Serbuk CaCO<sub>3</sub>

### 2.3 Pembuatan Komposit

Pada penelitian ini, bahan yang digunakan adalah resin poliester tak jenuh *Yukalac® BTQN-EX* yang difungsikan sebagai matriks komposit dengan katalis *MEPOXE* (Methyl Ethyl Ketone Peroxide) sebesar 1% dari komposisi resin. Proses pembuatan komposit hybrid PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub> pada penelitian ini menggunakan metode *Hand Layup*. Sebelum dilakukan proses pencetakan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan jumlah fraksi berat komposit dimana langkah awal yang dilakukan adalah dengan menghitung nilai masa jenis serat, serbuk CaCO<sub>3</sub> dan matriks.

Penentuan kandungan atau persentase antara matriks dan penguat merupakan salah satu faktor penting sebelum melakukan cetakan komposit. Hal tersebut dapat mempengaruhi karakteristik material komposit. Bila  $v_c$  adalah volume komposit yang mengandung volume

serat ( $v_f$ ) dan volume matriks ( $v_m$ ), maka diperoleh persamaan [10],

$$v_c = v_f + v_m \quad (1)$$

Jika fraksi volume serat  $V_f$ , fraksi volume matriks  $V_m$  maka,

$$V_f = \frac{v_f}{v_c}; V_m = \frac{v_m}{v_c} \quad (2)$$

Bila  $w_c$  adalah berat komposit yang mengandung berat serat  $w_f$  dan berat matriks  $w_m$ , maka diperoleh persamaan,

$$w_c = w_f + w_m \quad (3)$$

Jika fraksi berat serat  $W_f$ , fraksi berat matriks  $W_m$  maka,

$$W_f = \frac{w_f}{w_c}; W_m = \frac{w_m}{w_c} \quad (4)$$

Dengan mengetahui densitas dari komposit ( $\rho_c$ ), serat ( $\rho_f$ ) dan matriks ( $\rho_m$ ), maka bisa diperoleh konversi dari fraksi volume ke fraksi berat atau sebaliknya. Persamaannya sebagai berikut,

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot \frac{v_f}{v_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \quad (5)$$

$$W_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f$$

$$W_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} \cdot V_m$$

dan sebaliknya,

$$V_f = \frac{\rho_c}{\rho_f} \cdot W_f \quad (6)$$

$$V_m = \frac{\rho_c}{\rho_m} \cdot W_m$$

Densitas komposit dapat ditentukan dengan persamaan di bawah ini

$$\rho_c \cdot v_c = \rho_f \cdot v_f + \rho_m \cdot v_m \quad (7)$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot \frac{v_f}{v_c} + \rho_m \cdot \frac{v_m}{v_c}$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m \quad (8)$$

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{W_f}{\rho_f}\right) + \left(\frac{W_m}{\rho_m}\right)} \quad (9)$$

Berdasarkan perhitungan fraksi berat Komposit hybrid PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub> dibuat dengan variasi penambahan serbuk CaCO<sub>3</sub> sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dan 20%. Serbuk CaCO<sub>3</sub> dan resin PTJ dicampur dan dilakukan pengadukan di dalam *magnetic stirrer* selama 5 menit dengan kecepatan putaran 400 rpm hingga CaCO<sub>3</sub> terdispersi secara merata dan kemudian ditambahkan katalis MEPOXE pada campuran serbuk CaCO<sub>3</sub> dan resin PTJ.



Gambar 2. Resin poliester tak jenuh Yukalac® BTQN-EX dan katalis MEPOXE

Setelah tahapan tersebut selesai, campuran CaCO<sub>3</sub> dan resin PTJ dituangkan ke dalam cetakan secara merata kemudian ditambahkan serat kenaf yang tersusun secara acak ke dalam cetakan dengan melakukan penekanan menggunakan spatula untuk menghindari terbentuknya gelembung pada komposit. Pembuatan komposit dilakukan secara urut dari fraksi berat 0% CaCO<sub>3</sub>. Cetakan ditutup dengan kaca dan dilakukan penekanan selama 24 jam hingga komposit kering. Komposit yang sudah kering diambil dari cetakan kemudian digerinda untuk menghaluskan permukaan yang kasar.



Gambar 4. Cetakan Komposit

## 2.4 Pengujian Komposit

### 2.4.1 Pengujian Tekuk

Pengujian tekuk dilakukan untuk mengetahui kekakuan suatu material ketika dibengkokkan. Metode yang digunakan pada pengujian tekuk adalah *three point bend* dimana spesimen berada pada posisi melintang di atas dua tumpuan dan pada bagian tengah spesimen diberikan pembebanan (Gambar 6). Proses pengujian tekuk material komposit pada penelitian ini dilakukan menggunakan standar ASTM D790.



Gambar 5. Spesimen Uji Tekuk

Kekuatan lentur suatu material dari pengujian tekuk dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (10)$$

Dimana:

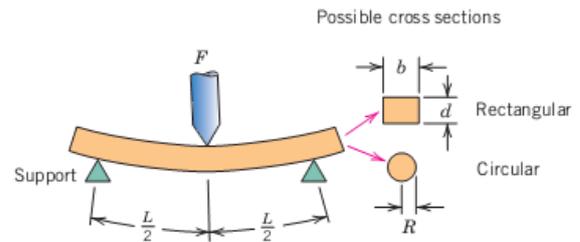
$\sigma_f$  = Kekuatan Lentur (Kg/cm<sup>2</sup>)

L = *Support Span* (cm)

P = Beban Patah (Kg)

b = Lebar Spesimen (cm)

d = Tebal Spesimen



Gambar 6. Skema Kerja Uji Tekuk (Callister)



Gambar 7. Pengujian Tekuk

Pengujian tekuk material komposit *hybrid* PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub> dilakukan di Unit Layanan Pengujian Fakultas Farmasi Universitas Airlangga Surabaya. Mesin yang digunakan untuk pengujian tekuk adalah *Shimadzu Autograph AG-10TE* seperti pada Gambar 7.

### 2.4.2 Pengujian Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air (*Water Absorption*) pada penelitian ini dilakukan sesuai dengan ASTM D570-98. Spesimen dengan dimensi 76,2 mm x 25,2 mm x 3,2 mm disiapkan kemudian direndam ke dalam air dalam bejana. Setiap 24 jam dilakukan pengukuran, spesimen dikeluarkan dari bejana berisi air lalu diseka menggunakan lap hingga kering dan dilakukan penimbangan. Persentase penyerapan air dihitung menggunakan Persamaan 11.

$$WA(\%) = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100 \quad (11)$$

Dimana:

WA = Penyerapan air (%)

W<sub>t</sub> = Berat spesimen yang telah direndam (g)

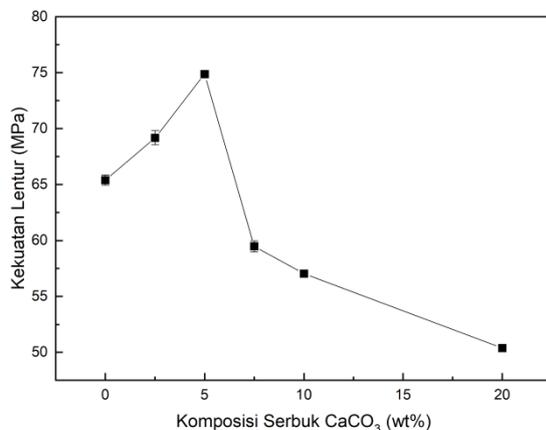
W<sub>o</sub> = Berat spesimen mula-mula (g)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Kekuatan Tekuk Komposit

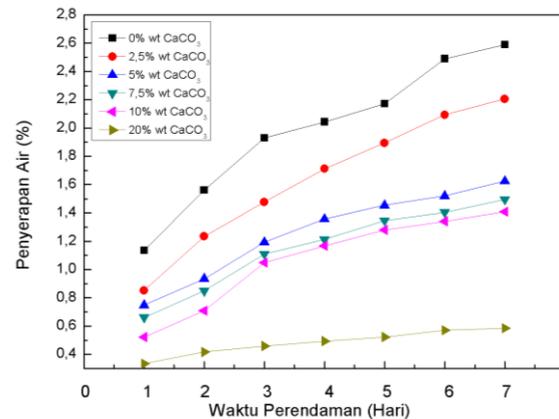
Sampel komposit *hybrid* PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub> (2,5%wt) memiliki kekuatan tekuk sebesar 69,18 MPa. Pada komposisi tersebut peningkatan kekuatan tekuk tidak menunjukkan pengaruh yang terlalu tinggi. Hal ini terjadi karena serbuk CaCO<sub>3</sub> sebagai penguat belum dapat tersebar pada matriks secara maksimal. Kekuatan tekuk tertinggi terdapat pada sampel komposit *hybrid* PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub> (5%wt), yaitu sebesar 74,87 MPa. Grafik pada Gambar 7 menunjukkan komposit *hybrid* PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub> dengan komposisi 2,5% berat CaCO<sub>3</sub> sampai dengan komposisi 5% berat CaCO<sub>3</sub> memiliki ikatan antar muka antara penguat dan matriks yang baik.

Komposit *hybrid* PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub> (7,5%wt) menunjukkan adanya penurunan kekuatan tekuk. Kekuatan tekuk yang turun disebabkan karena ikatan antar muka antara penguat dan matriks yang buruk. Adanya ikatan antar muka yang buruk, pada akhirnya mengarah pada pembentukan rongga kecil dan hal tersebut menurunkan keefektifan penguat pada komposit [12]. Selain itu menurut Nourbakhsh dkk (2010), penambahan jumlah partikel juga meningkatkan kemungkinan aglomerasi yang kemudian menciptakan daerah konsentrasi tegangan yang membutuhkan lebih sedikit energi untuk memperpanjang perbanyak retakan [13].



Gambar 7. Kekuatan Tekuk Komposit Hybrid PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub>

#### 3.2 Sifat Serap Air Komposit



Gambar 8. Sifat Serap Air Komposit Hybrid PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub>

Gambar 8 menampilkan hasil penambahan serbuk CaCO<sub>3</sub> terhadap tingkat penyerapan air komposit *hybrid* PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub>. Secara jelas dapat dilihat bahwa lama perendaman meningkatkan kadar air yang diserap oleh komposit *hybrid* PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub>. Peningkatan jumlah komposisi serbuk CaCO<sub>3</sub> menunjukkan hasil daya serap air yang menurun pada komposit PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub>. Hal ini terjadi karena komposisi serat kenaf berkurang, di mana serat kenaf sebagai serat alam yang mengandung kelompok hidroksida yang dapat menyerap air dengan tingkat penyerapan yang tinggi. Sehingga komposisi serat kenaf yang rendah pada komposit *hybrid* PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub>, memberikan dampak daya serap air yang rendah. Komposit *hybrid* PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub> dengan tingkat penyerapan terendah pada periode perendaman terlama (7 hari) adalah komposit *hybrid* dengan komposisi 20% berat CaCO<sub>3</sub>, yaitu sebesar 0,58%. Sifat daya serap air paling tinggi dimiliki komposit *hybrid* PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub> 0%, yaitu sebesar 2,59% pada waktu perendaman selama 7 hari.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan analisis yang dilakukan pada penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa variasi komposisi serat kenaf dan serbuk kalsium karbonat mempengaruhi kekuatan tekuk dan sifat daya serap air komposit *hybrid* Poliester Tak Jenuh/Serat Kenaf/Kalsium Karbonat (PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub>). Penambahan serbuk kalsium

karbonat dapat meningkatkan kekuatan tekuk komposit hybrid PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub>, akan tetapi daya serap air menurun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit hybrid PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub> (5%wt) memiliki kekuatan tekuk paling tinggi dengan nilai 74,87 MPa. Selain itu lama waktu perendaman juga dapat meningkatkan persentase air yang diserap oleh komposit. Daya serap air komposit hybrid PTJ/SK/CaCO<sub>3</sub> tertinggi diperoleh pada komposisi 0% berat CaCO<sub>3</sub>, yaitu sebesar 2,59% dalam periode perendaman 7 hari.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dapat memvariasikan ukuran serbuk kalsium karbonat dari ukuran mikro sampai nano. Selain itu juga dapat dilakukan modifikasi permukaan pada serbuk CaCO<sub>3</sub> dengan asam stearat agar dapat memperbaiki kemampuannya sebagai penguat dalam komposit. Kombinasi antara serbuk CaCO<sub>3</sub> dengan serat kenaf juga dapat diaplikasikan dengan mengganti serat alam yang lain.

#### Daftar Pustaka

- [1] Schwartz, M.M., 1984. *Composit Material Hand Book*. USA: Mc. Graw-Hill Book Company.
- [2] M. Flemming, G. Ziegmann and S. Roth., 1995. *Einführung, Faserverbundbauweisen: Fasern und Matrices*. pp. 1–5 and 155–179. Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg.
- [3] Thakur, Vijay Kumar, Manju Kumari Thakur, Asokan Pappu, 2017. *Hybrid Polymer Composite Materials: Properties and Characterisation*. Elsevier Ltd.
- [4] H. Akil, M.H. Zamri, M.R. Osman, 2015. *The Use of Kenaf Fibers as Reinforcements in Composites*. *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*. Elsevier Ltd. 138-161.
- [5] Khalil HPSA, Yusra AFI, Bhat AH, Jawaid M., 2010. Cell Wall Ultrastructure, Anatomy, Lignin Distribution, and Chemical Composition of Malaysian Cultivated Kenaf Fibre. *Ind Crops Prod*; 31(1):113–21.
- [6] Bartczak Z., Argon AS, Cohen RE, Weinberg M., 1999. *Polymer*, 40: 2347.
- [7] Pukánszky B. dalam Karger-Kocsis J, editor., 1995. *Polypropylene: Structure, Blends and Composites*. London: Chapman & Hall; Chapter 1.
- [8] Tata Surdia. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cet 3. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [9] Lubin George consultant, 1982. *Hand Book of Composite*. Edited.
- [10] Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Surabaya: Penerbit itspress.
- [11] Callister, W. D., 2007. *Material Science and Engineering, An Introduction Seventh Edition*, Department of Metallurgical Engineering The University of Utah. John Willey and Sons, Inc. New York.
- [12] N. Saba, Othman Y. A., Zeyad A., M. Jawaid., 2019. Magnesium Hydroxide Reinforced Kenaf Fibers/Epoxy Hybrid Composites: Mechanical and Thermomechanical Properties. *Construction and Building Materials* 201: 138-148.
- [13] Amir Nourbakhsh, Abolfazl Karegarfard, Alireza Ashori, Anita Nourbakhsh. 2010.