

## ANALISIS PENGARUH PERLAKUAN NAOH DAN ASETIL ANHIDRAT TERHADAP KEKUATAN REKAT DAN KEKUATAN LENTUR KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN Matriks GONDORUKEM

\*Nasrul Hadi<sup>1</sup>, Sulardjaka<sup>2</sup>, Norman Iskandar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: nasrulhadi746@gmail.com

### Abstrak

Mengurangi penggunaan bahan-bahan sintesis yang merusak lingkungan telah menjadi fokus banyak orang pada saat ini, maka dikembangkanlah material yang bersifat alami salah satunya komposit yang sedang banyak dikembangkan karena memiliki kelebihan seperti kekuatan yang baik dengan berat yang ringan, densitas rendah, dan memiliki fleksibilitas desain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa pada komposit dan *treatment* pada serat rami untuk nilai kekuatan lentur dan juga pengaruh *plasticizer* pada matriks gondorukem dan *treatment* pada serat rami untuk mengetahui nilai kekuatan rekat. Fraksi massa yang digunakan untuk pengujian *bending* adalah dengan variasi, 15%wt. Sedangkan variasi *plasticizer* yang digunakan adalah 10%wt. *Treatment* yang digunakan adalah alkalisasi menggunakan NaOH dengan dilakukan perendaman selama dua jam dan asetilasi menggunakan Asetil Anhidrat selama satu jam. Untuk mengetahui sifat mekanik, maka dilakukan pengujian *bending* dan *pull-out*. Dari hasil pengujian *bending*, disimpulkan semakin tinggi fraksi massa, maka nilai kekuatan lentur semakin tinggi. Selain itu, disimpulkan juga, nilai kekuatan lentur serat dengan *treatment* Asetil Anhidrat lebih tinggi dibanding dengan *treatment* NaOH. Secara berurutan nilai kekuatan lentur 15%wt adalah 7,39 N/mm<sup>2</sup>, 6,95 N/mm<sup>2</sup>, 6,6 N/mm<sup>2</sup> untuk *treatment* serat Asetil Anhidrat dan 3,69 N/mm<sup>2</sup>, 3,75 N/mm<sup>2</sup>, 3,57 N/mm<sup>2</sup> untuk *treatment* serat NaOH. Dari hasil pengujian *bending*, semakin tinggi persentase dari *plasticizer*, maka semakin kecil kekuatan rekat dari komposit. Untuk kekuatan rekat tertinggi dimiliki oleh serat dengan *treatment* Asetil Anhidrat yaitu 10%wt *plasticizer* dengan nilai 1,42 MPa dan menurun hingga 0,53 MPa di variasi 25%wt *plasticizer*. Untuk serat dengan *treatment* NaOH yaitu 10%wt *plasticizer* dengan nilai 1,11 MPa dan menurun hingga 0,473 MPa di variasi 25%wt *plasticizer*.

**Kata Kunci:** asetil anhidrat; gondorukem, kekuatan rekat; kekuatan lentur; naoh

### Abstract

*Reducing the use of synthetic materials that damage the environment has become the focus of many people today, natural materials have been developed, one of which is composite, which is being widely developed because it has advantages such as good strength with light weight, low density and design flexibility. This research aims to determine the effect of mass fraction in composites and treatment on hemp fiber for flexural strength values and also the effect of plasticizers on the gondorukem matrix and treatment on hemp fiber to determine the value of adhesive strength. The mass fraction used for bending testing is varied, 15%wt, 20%wt, and 25%wt. Meanwhile, the variations of plasticizer used are 10%wt, 15%wt, 20%wt, and 25%wt. The treatment used is alkalization using NaOH by soaking for two hours and acetylation using Acetyl Anhydrous for one hour. To determine the mechanical properties, bending and pull-out tests were carried out. From the bending test results, it was concluded that the higher the mass fraction, the higher the bending strength value. Apart from that, it was also concluded that the flexural strength values of 15%wt, 20%wt, and 25%wt are 6.98 N/mm<sup>2</sup>, 10.55 N/mm<sup>2</sup>, 11.05 N/mm<sup>2</sup> for Anhydrous Acetyl fiber treatment and 3.69 N/mm<sup>2</sup>, 5.22 N/mm<sup>2</sup>, 7.09 N/mm<sup>2</sup> for NaOH fiber treatment. From the bending test results, the higher the percentage of plasticizer, the smaller the adhesive strength of the composite. The highest adhesive strength is owned by fibers with Acetyl Anhydrous treatment, namely 10% wt plasticizer with a value of 1.42 MPa and decreases to 0.53 MPa with a variation of 25% wt plasticizer. For fibers with NaOH treatment, it is 10% wt plasticizer with a value of 1.11 MPa and decreases to 0.473 MPa with a variation of 25% wt plasticizer.*

**Keywords:** acetyl anhydrous; bending strength; gondorukem; pull-out strength; naoh

### 1. Pendahuluan

Komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat [1].

Dalam penelitian ini, komposit digunakan sebagai material dengan serat sebagai elemen penguat dan gondorukem (getah pinus) sebagai matriks. matriks yang berperan melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik [2]. Peran utama serat dalam komposit adalah sebagai penguat dan beban utama yang ditahan oleh material. Penguat yang berbentuk serat biasanya memiliki kekakuan serta kekuatan yang tinggi [3]. Beberapa faktor yang sangat penting dalam menentukan kekuatan komposit serat meliputi jumlah, orientasi, panjang, bentuk, dan komposisi dari serat tersebut. Semakin banyak serat yang digunakan dalam pembuatan komposit, semakin tinggi kekuatan mekanisnya (*strength*). Serat alami digolongkan sebagai serat yang diperoleh langsung dari lingkungan atau alam, terutama serat organik yang berasal dari hewan dan tumbuhan.

Penelitian ini bertujuan untuk memahami seberapa kuatnya kekuatan lentur dan daya rekat serat rami pada matriks gondorukem. Fokus penelitian ini adalah variabel *treatment* serat dan persentase fraksi massa antara matriks gondorukem dan serat rami yang berpengaruh terhadap kekuatan kekuatan lentur dan ariabel *treatment* serat dan persentase *plasticizer* untuk kekuatan rekat. Penentuan variabel ini sangat penting karena akan membantu dalam pemahaman sifat mekanis dari serat rami. Menurut [4], Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serat rami dalam komposit tanpa perlakuan *pre-treatment* dapat menghasilkan produk dengan sifat fisik dan mekanik yang kurang baik. Hal ini karena kandungan lignin dan hemiselulosa mendorong pembentukan morfologi berpori yang mengakibatkan penurunan kepadatan, dan pengurangan kekuatan lentur dan kompresinya sehingga komposit menjadi rapuh [5]. Oleh karena itu perlakuan alkali akan menghidrolisis bagian amorf pada serat selulosa sehingga terjadi peningkatan kristalinitas serat [6].

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi serat rami, gondorukem, NaOH, Asetil Anhidrat, terpentin, gliserol, pati jagung, MEKPO, plat besi, berdasarkan penelitian [7], diameter lubang yang digunakan untuk matriks adalah 10 mm. Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan eksperimen dalam laboratorium yang meliputi lima proses. Proses pertama melakukan *treatment* serat NaOH dan Asetil Anhidrat. Kemudian, proses kedua melakukan pembuatan komposit untuk uji kekuatan lentur dan uji kekuatan rekat sesuai variasi fraksi massa 15% wt, 20%wt, 25%wt dan *plasticizer* 10%wt, 15% wt, 20%wt, 25%wt. Proses ketiga mengeringkan komposit. Lalu, Proses keempat melakukan pengujian *bending* dan *pull-out*. Selanjutnya, Proses kelima yaitu analisis hasil dari pengujian.

### 2.1 Proses pembuatan komposit untuk uji *bending* dan *pull-out*

Pembuatan komposit dimulai dengan perendaman serat dengan NaOH 5% selama dua jam dan Asetil Anhidrat 2% selama satu jam. Setelah itu serat yang telah di-*treatment* dijemur agar kering. Kemudian pembuatan komposit untuk uji *bending* dilakukan dengan mempersiapkan semua alat dan bahan. Gondorukem dimasak dengan suhu 160° dengan campuran *plasticizer* berupa gilserol dan pati jagung. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay up*. Setelah itu komposit dibiarkan kering agar bisa dilakukan *compression molding*. Setelah itu dilakukan proses laser *cutting*. Kemudian pembuatan komposit untuk uji *pull-out* dilakukan dengan mempersiapkan semua alat dan bahan. Gondorukem dimasak dengan suhu 160° dengan campuran *plasticizer* berupa gilserol dan pati jagung. Pembuatan komposit dilakukan dengan menuangkan matriks ke plat besi dan serat. Setelah itu komposit dibiarkan kering agar bisa dilakukan pengujian. Hasil pembuatan komposit dapat dilihat pada Gambar 1. dan Gambar 2.



Gambar 1. Spesimen Uji *Bending*



Gambar 2. Spesimen Uji *Pull-Out*

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada pembahasan kali ini telah dilakukan pembuatan komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem. Kemudian, dilakukan uji *bending* dan *pull-out*.

#### 3.1 Pengujian *Bending*

Pengujian *Bending* dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh gaya maskimal untuk menghitung nilai kekuatan lentur dari komposit yang telah dibuat dengan persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{3PL}{4bh^2}$$

Keterangan:

$\sigma$  = Tegangan pada permukaan spesimen uji ( $N/mm^2$ )

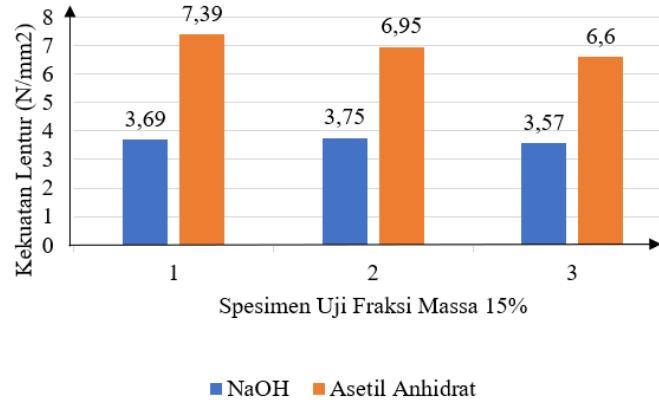
P = Beban yang diberikan pada spesimen uji (Newton)

L = Panjang rentang bagian bawah spesimen uji (mm)

b = Lebar spesimen uji (mm)

h = Ketebalan spesimen uji (mm)

Data hasil pengujian *bending* dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS untuk menentukan pengaruh dari variasi fraksi massa dan *treatment* serat, serta pembuatan grafik menggunakan Microsoft Excel. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kekuatan lentur tertinggi didapatkan oleh serat dengan *treatment* Asetil Anhidrat dan akan naik seiring pertambahan fraksi massa dari 15% wt yang nilainya adalah  $7,39 N/mm^2$ ,  $6,95 N/mm^2$ ,  $6,6 N/mm^2$ . Sedangkan nilai kekuatan lentur dengan serat *treatment* NaOH fraksi massa dari 15% wt nilainya berurutan adalah  $3,69 N/mm^2$ ,  $3,75 N/mm^2$ ,  $3,57 N/mm^2$ . Data hasil pengujian *bending* dapat dilihat pada gambar 3.

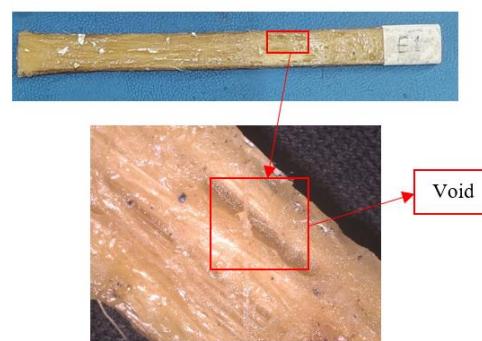


Gambar 3. Grafik Nilai Kekuatan Lentur Variasi Fraksi Massa 15%wt

Pada Gambar 1. dapat dilihat dengan seiring pertambahan fraksi massa maka nilai kekuatan lentur juga bertambah besar. Nilai kekuatan lentur antara *treatment* serat NaOH dan Asetil Anhidrat juga membuat perbedaan yang cukup signifikan. Terlihat pada fraksi massa 15% nilai kekuatan lentur *treatment* serat NaOH sebesar  $3,69 N/mm^2$ , sedangkan nilai kekuatan lentur *treatment* serat Asetil Anhidrat sebesar  $6,98 N/mm^2$ . Hal ini terjadi karena *treatment* serat Asetil Anhidrat tersebut mengikat selulosa serat rami dan selama fabrikasi komposit, senyawa ini kembali bereaksi dan berikatan dengan matriks polipropilen dengan cara yang positif [8].

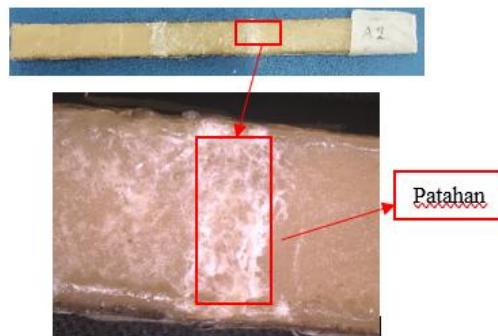
#### 3.2 Gambar makro spesimen uji *bending*

Gambar makro spesimen dapat dilihat dengan bantuan mikroskop guna melihat kondisi spesimen sebelum pengujian maupun setelah pengujian. Untuk gambar makro spesimen pengujian *bending* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Void pada Spesimen Pengujian *Bending*

Pada gambar 4. dapat kita lihat adanya *void* pada spesimen. *Void* adalah ruang kosong pada spesimen akibat tidak ratanya matriks selama proses pembuatan. Gambar makro patahan spesimen dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Patahan Pada Spesimen

Pada Gambar 5. dapat dilihat terdapat dua patahan pada spesimen karena menggunakan pengujian *four point bending*.

### 3.3 Pengujian Pull-Out

Pengujian *Pull-out* dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh gaya maksimal untuk menghitung nilai kekuatan lentur dari komposit yang telah dibuat dengan persamaan berikut.

$$\tau = \frac{F}{C_b l}$$

Keterangan:

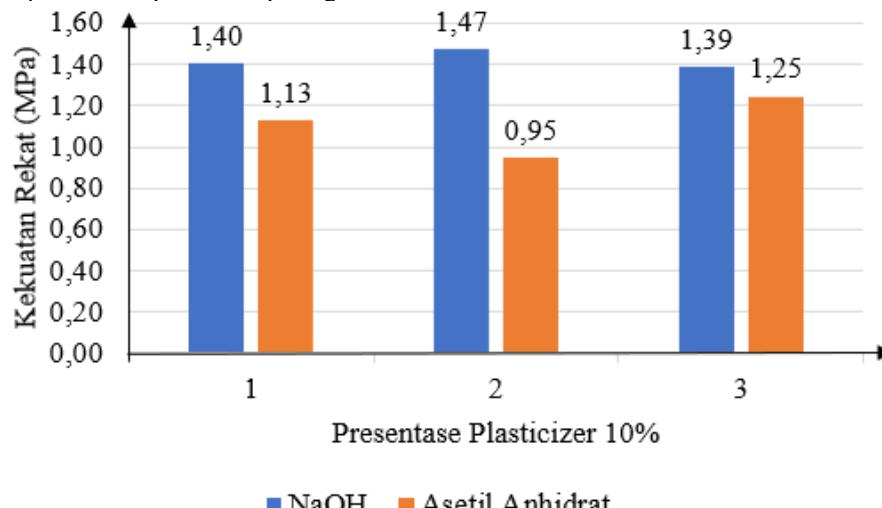
$\tau$  = Tegangan geser interfasial matrik serat (MPa)

$F$  = Beban (Newton)

$C_b$  = lingkar efektif batang, yang dapat dihitung dengan rumus  $3,14 d_b$ ,  $d_b$  adalah diameter serat yang digunakan.

$l$  = panjang serat yang tertanam

Data hasil pengujian *pull-out* dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS untuk menentukan pengaruh dari variasi fraksi *plasticizer* dan *treatment* serat, serta pembuatan grafik menggunakan Microsoft Excel. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kekuatan rekat tertinggi didapatkan oleh serat dengan *treatment* NaOH *plasticizer* dari 10% yang nilainya adalah 1,4 MPa, 1,47 MPa, 1,39 Mpa. Untuk *treatment* Asetil Anhidrat 1,13 Mpa, 0,95 Mpa, dan 1,25 MPa. Data hasil pengujian *pull-out* dapat dilihat pada gambar 6.



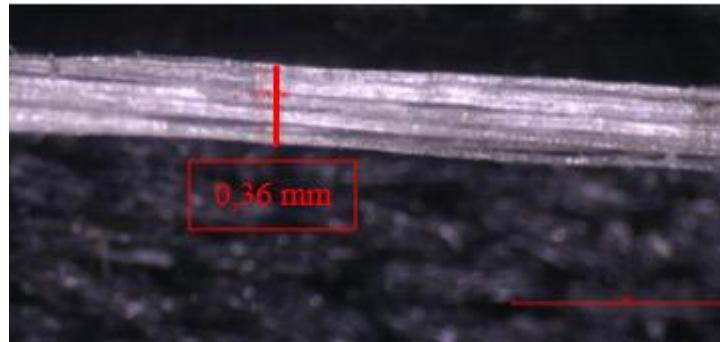
Gambar 6. Grafik Nilai Kekuatan Rekat Variasi Plasticizer 10%

Penurunan kekuatan pada spesimen didukung oleh penelitian yang mengatakan bahwa adanya *plasticizer* meningkatkan sifat plastisitas dan keuletan dari polimer, namun melemahkan ikatan sekunder antara polimer organik dan menyebabkan berkurangnya gaya antarmolekul [2]. Dapat dilihat juga nilai kekuatan rekat *treatment* serat NaOH lebih besar dibanding Asetil Anhidrat. Disimpulkan bahwa komposit berpenguat serat rami dengan *treatment* NaOH mendapatkan nilai kekuatan rekat yang lebih besar dibanding dengan serat dengan *treatment* Asetil Anhidrat. Hasil ini sejalan dengan penjelasan yang diberikan oleh [9], yang menjelaskan bahwa proses *treatment* dan *pre-treatment* (berfungsi untuk mengekstrak dan menghaluskan serat) menggunakan NaOH. Proses tersebut akan melepaskan selulosa

yang tidak diinginkan, debu, dan partikel asing lainnya dari serat. Hal ini akan membuat matriks dan variasi pada matriks akan lebih memiliki efek dan lebih mengikat serat dengan lebih baik.

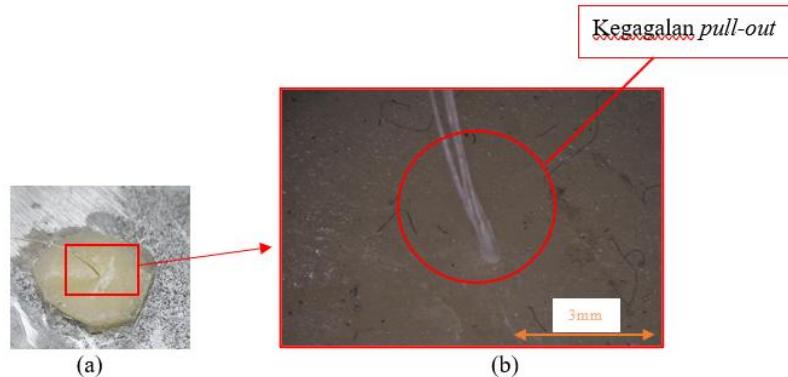
### 3.4 Gambar makro spesimen uji *pull-out*

Gambar makro diperlukan untuk pengujian *pull-out* salah satunya untuk menentukan diameter serat yang akan digunakan untuk menghitung nilai kekuatan rekat. Gambar 7. menunjukkan gambar makro dari serat yang digunakan.

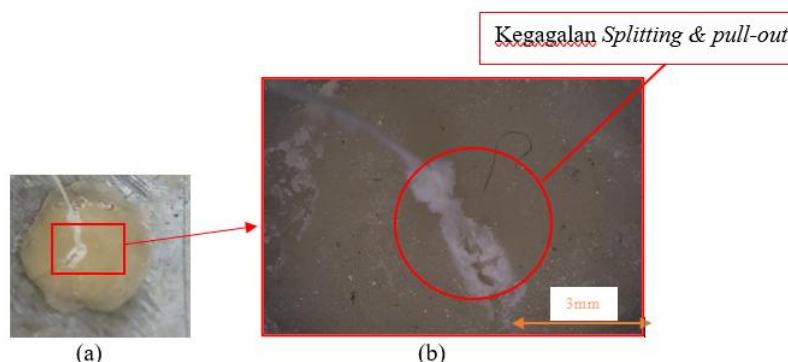


Gambar 7. Gambar Makro Diameter Serat

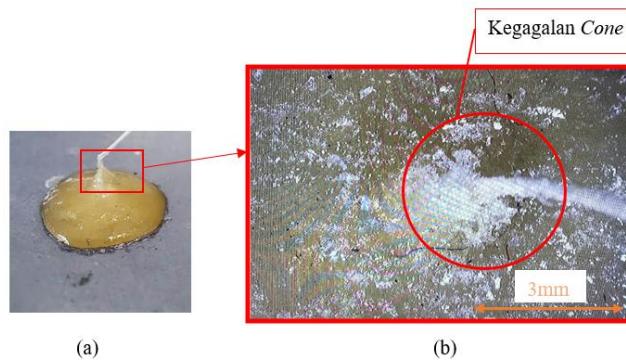
Untuk melihat lebih jelas hasil dari pengujian spesimen yang telah dilakukan uji *pull-out*, maka dilakukan pengambilan gambar secara makro menggunakan mikroskop. Hal ini berguna untuk mengamati jenis-jenis kegagalan yang terjadi pada komposit karena pengujian *pull-out*. Menurut [10], terdapat tiga jenis kegagalan yang umum terjadi pada pengujian *pull-out*, yaitu kegagalan *pull-out*, kegagalan *splitting & pull-out*, kegagalan *cone* yang dapat dilihat pada Gambar 8., Gambar 9., Gambar 10.



Gambar 8. (a) Foto Spesimen Dengan Kegagalan *Pull-Out*. (b) Foto Makro Spesimen Dengan Kegagalan *Pull-Out*



Gambar 9. (a) Foto Spesimen Dengan Kegagalan *Splitting & Pull-Out*. (b) Foto Makro Spesimen Dengan Kegagalan *Splitting & Pull-Out*.



Gambar 10. (a) Foto Spesimen Dengan Kegagalan Cone. (b) Foto Makro Spesimen Dengan Kegagalan Cone.

#### 4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, telah dilakukan pembuatan komposit komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem dengan variasi *treatment* serat NaOH dan Asetil Anhidrat serta variasi persentase fraksi massa untuk uji *bending* dan persentase *plasticizer* untuk uji *pull-out*. Diketahui bahwa nilai kekuatan lentur terbesar adalah serat dengan *treatment* menggunakan Asetil Anhidrat berurutan fraksi massa 15%wt serat yaitu sebesar 7,39 N/mm<sup>2</sup>, 6,95 N/mm<sup>2</sup>, 6,6 N/mm<sup>2</sup> dan 3,69 N/mm<sup>2</sup>, 3,75 N/mm<sup>2</sup>, 3,57 N/mm<sup>2</sup> untuk serat dengan *treatment* menggunakan NaOH. Hal ini terjadi karena *treatment* serat Asetil Anhidrat tersebut mengikat selulosa serat rami dan selama fabrikasi komposit, senyawa ini kembali bereaksi dan berikatan dengan matriks polipropilen dengan cara yang positif. Untuk nilai kekuatan rekat ditemukan bahwa nilai kekuatan rekat serat dengan *treatment* menggunakan NaOH lebih besar dibanding serat dengan *treatment* menggunakan Asetil Anhidrat. Hal itu disebabkan karena proses *treatment* NaOH tersebut akan melepaskan selulosa yang tidak diinginkan, debu, dan partikel asing lainnya dari serat. Pada variasi *treatment* NaOH dan *plasticizer* 10%wt nilai kekuatan rekat komposit berurutan yaitu 1,4 MPa, 1,47 MPa, 1,39 MPa. Sedangkan dengan *treatment* serat Asetil Anhidrat dan *plasticizer* 10%wt nilai kekuatan rekat komposit berurutan hanya Anhidrat 1,13 MPa, 0,95 MPa, dan 1,25 MPa.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Ludi Hartanto, Hariyanto A, Yulianto A. Study Perlakuan Alkali Dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending, Tarik, Dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatrik Polyester Bqtn 157. Jur Tek Mesin Fak Tek Univ Muhammadiyah Surakarta 2009;1–246.
- [2] Widiartha IG, Sari NH. 58678-ID-study-kekuatan-bending-dan-struktur-mikr. 2012;2(2):92–9.
- [3] Jones. Mechanics of Composite Materials. 2018.
- [4] Soleimani M, Tabil L, Panigrahi S, Opoku A. The effect of fiber pretreatment and compatibilizer on mechanical and physical properties of flax fiber-polypropylene composites. J Polym Environ 2008;16(1):74–82.
- [5] Lazorenko G, Kasprzhitskii A, Yavna V, Mischnenko V, Kukharskii A, Kruglikov A, et al. Effect of pre-treatment of flax tows on mechanical properties and microstructure of natural fiber reinforced geopolymers composites. Environ Technol Innov [Internet] 2020;20:101105. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101105>
- [6] Tahir P. Retting process of some bast plant fibres and its effect on fibre quality: a review. 2011;6(Sur 2005):5260–81.
- [7] Li M, Li VC. Cracking and healing of engineered cementitious composites under chloride environment. ACI Mater J 2011;108(3):333–40.
- [8] Hong CK, Kim N, Kang SL, Nah C, Lee YS, Cho BH, et al. Mechanical properties of maleic anhydride treated jute fibre/polypropylene composites. Plast Rubber Compos 2008;37(7):325–30.
- [9] Vinayagamoorthy. Trends and Challenges on the Development of Hybridized Natural Fiber Composites. J Nat Fibers 2020;17(12):1757–74.
- [10] Liang R, Huang Y, Xu Z. Experimental and Analytical Investigation of Bond Behavior of Deformed Steel Bar and Ultra-High Performance Concrete. Buildings 2022;12(4):1–21.