

# Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Termoplastik Serat Rami Dengan Perbandingan Durasi Optimal Pada Perlakuan Alkali

Lies Banowati<sup>1✉</sup>, Abdul Muqit H.M<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Fakultas Teknik, Universitas Nurtanio, Bandung, Indonesia

E-mail: <sup>1</sup>liesbano@gmail.com, <sup>2</sup>muqitabdul08@gmail.com

✉Penulis Korespondensi

**Abstrak** Komposit adalah salah satu alternatif untuk menghasilkan material yang dari sifat mekaniknya lebih baik dari material lainnya. material limbah yang bisa dikembangkan dan digunakan adalah limbah dari plastik polyethylene (PE) dan serat rami sebagai komposit termoplastik. Pada penelitian ini plastik polyethylene dijadikan sebagai bahan pengikat (matrix), sedangkan serat rami dijadikan bahan penguat (reinforcement). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui durasi optimal pada perlakuan alkali dari 3 waktu berbeda yaitu 2 jam, 4 jam, dan 6 jam terhadap sifat fisik dan mekanik dari material komposit berbahan limbah plastik PE dan serat rami sebagai material alternatif. Sedangkan perlakuan alkali serat rami dengan perendaman NaOH 5% dengan variasi durasi lama perendaman selama 2 jam, 4 jam dan 6 dengan variasi orientasi serat bidirectional (0/90°) dan acak (chop). Manufaktur specimen komposit menggunakan metode hot compression molding dengan hasil pengujian kekuatan tensile maksimum dimiliki oleh komposit dengan durasi perendamn alkali selama 4 jam pada orientasi serat bidirectional (0/90°) dengan nilai sebesar 24,21 MPa. Kemudian densitas komposit dengan orientasi serat 0/90° memiliki nilai sebesar 1,3 gr/cm<sup>3</sup> dan serat acak memiliki nilai sebesar 1,01 gr/cm<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** Komposit termoplastik, Polyethylene (PE), Serat Rami, Durasi Perlakuan Alkali, Hot Compression Molding.

**Abstract,** Composite is one alternative to produce materials that have better mechanical properties than other materials. Waste materials that can be developed and used are waste from polyethylene (PE) plastic and hemp fiber as thermoplastic composites. In this study, polyethylene plastic is used as a binder (matrix), while hemp fiber is used as a reinforcing material (reinforcement). The purpose of this study was to determine the optimal duration of alkali treatment from 3 different times, namely 2 hours, 4 hours, and 6 hours on the physical and mechanical properties of composite materials made from PE plastic waste and hemp fiber as alternative materials. While the alkali treatment of hemp fiber with 5% NaOH immersion with variations in the duration of immersion for 2 hours, 4 hours and 6 with variations in bidirectional fiber orientation (0/90°) and random (chop). Composite specimen manufacturing using the hot compression molding method with the results of the maximum tensile strength test owned by the composite with an alkali immersion duration of 4 hours at a bidirectional fiber orientation (0/90°) with a value of 24.21 MPa. Then the composite density with fiber orientation 0/90° has a value of 1.3 gr/cm<sup>3</sup> and random fiber has a value of 1.01 gr/cm<sup>3</sup>.

**Keywords:** Thermoplastic composite, Polyethylene (PE), Rami Fiber, Duration of Alkali Treatment, Hot Compression Molding.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri saat ini semakin pesat material logam yang biasa digunakan pada struktur pesawat terbang sudah mulai tergantikan dengan material baru. Salah satu material baru yang banyak dikembangkan adalah komposit, karena komposit dinilai memiliki karakteristik lebih ringan, tahan terhadap korosi, dan biaya produksi yang cukup ekonomis dari pada material logam[1]. Komposit adalah suatu material baru yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material yang berbeda secara makroskopik, dimana kombinasi antara dua jenis material tersebut mempunyai sifat yang berbeda[2]. Pada komposit, sifat-sifat bahan pembentuknya masih terlihat jelas. Bahan komposit pada umumnya dibentuk dari dua unsur utama yaitu serat (fiber) sebagai penguat dan matriks sebagai pengikat serat-serat tersebut. Serat inilah yang menentukan sebagian besar sifat karakteristik komposit seperti kekuatan dan kekakuan. Sedangkan matriks berfungsi sebagai pelindung, pengikat dan penyalur tegangan antar serat. Komposit mempunyai keunggulan tersendiri dibandingkan dengan bahan teknik alternatif lain seperti kuat, kaku, ringan, tahan korosi, dan ekonomis. Penggunaan dan pemanfaatan material komposit sekarang ini semakin berkembang, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas mulai dari yang sederhana seperti alat-alat rumah tangga sampai sector industri baik industri skala kecil maupun industri skala besar [3].

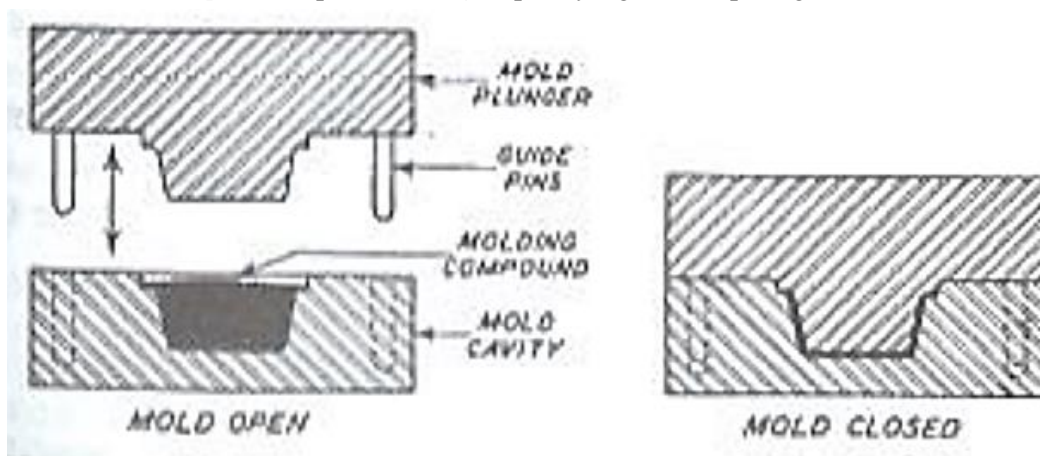
Komposit dengan matrik polimer dan penguat serat sintetis merupakan jenis komposit yang paling banyak dikembangkan saat ini. Berbagai jenis serat sintetis seperti serat gelas, karbon, dan aramid banyak digunakan sebagai penguat komposit. Hal ini karena serat sintetis memiliki kekuatan tarik dan kekakuan lebih tinggi serta lebih tahan panas dari pada serat alam. Namun demikian, serat sintetis memiliki kelemahan antara lain lebih mahal, lebih berat, tidak dapat terurai, tidak dapat didaur ulang, menghasilkan emisi karbon, dan menimbulkan masalah ekologi yang serius terhadap kesehatan manusia [4].

Bahan-bahan serat alam merupakan kandidat sebagai bahan penguat untuk dapat menghasilkan bahan komposit yang ringan, kuat, ramah lingkungan, serta ekonomis. Serat selulosa dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar yaitu: serat batang (misalnya rami, kenaf, dan jute), serat biji (misalnya kapas, kapuk, baringtonia) dan serat daun (misalnya nanas, sisal dan abaka). Adapula kelompok lain yaitu serat selulosa regenerasi yang bahan bakunya dibuat dari bubur selulosa (pulp) yang dipintal menjadi serat rayon, dapat berupa jenis rayon viskosa, asetat, atau triasetat. Tanaman rami yang dikenal dengan nama latinnya *Boehmeria nivea* (L) Goud merupakan tanaman tahunan berbentuk rumput yang dapat menghasilkan serat alam nabati dari pita (ribbons) pada kulit kayunya yang sangat keras dan mengkilap yang memiliki kekuatan tarik sebesar 560 MPa, elongation sebesar 2,87% dan densitas sebesar 1,3 gr/cm<sup>3</sup> [5]. Tanaman rami adalah tanaman tahunan yang berbentuk rumput mudah tumbuh dan dikembangkan di daerah tropis, tahan terhadap penyakit dan hama, serta dapat mendukung pelestarian lingkungan. Dalam hal tertentu serat rami mempunyai keunggulan dibandingkan serat yang lainnya seperti kekuatan tarik, daya serap terhadap air, tahan terhadap kelembapan dan tahan terhadap bakteri, tahan terhadap panas serta peringkat nomor dua setelah serat sutra dibandingkan serat alam yang lainnya dan lebih ringan dibandingkan serat sintetis dan ramah lingkungan [6]

Untuk meningkatkan kekuatan tarik komposit maka dilakukan perlakuan alkali untuk menghilangkan pectin dan lignin agar permukaan serat menjadi kasar sehingga matriks *polyethylene* dapat menempel pada permukaan serat yang akan meningkatkan interfacial bonding atau ikatan antar muka yang baik pada komposit termoplastik.

*Polyethylene* adalah material yang berwarna putih dan mengkilap, mempunyai densitas sebesar 0,91-0,97  $g/cm^3$ . Jika densitasnya meningkat maka kekakuan, kekerasan, kekuatan, distorsi panas dan kemampuan untuk menstransmisikan gas juga meningkat. Jika densitasnya diturunkan maka kekuatan *impact* dan *stress cracked resistance* akan meningkat [7]. *Polyethylene* adalah bahan termoplastik yang transparan, berwarna putih yang mempunyai titik leleh bervariasi antara 110-137°C. Umumnya *Polyethylene* tahan terhadap zat kimia. Monomernya, yaitu etana, diperoleh dari hasil perengkahan (*cracking*) minyak atau gas bumi [8].

Metoda manufaktur komposit yang digunakan adalah *hot compression molding*. Sistem kerja dari alat tersebut yaitu dengan adanya proses pemanasan yang dihasilkan dari elemen pemanas yang terpasang pada *base flat* yang terhubung pada sumber listrik dan proses penekanan yang dihasilkan dari pompa tekanan hydraulic dihubungkan ke aktuator untuk menggerakkan salah satu base flat sehingga didapatkan tekanan untuk *compression* pada *molding* seperti yang terlihat pada gambar 1



**Gambar 1. Compression Molding [9]**

ASTM (*American Society for Testing and Material*) yang digunakan pada uji tarik atau *tensile test* adalah D 3039/D 3039 M [10], menggunakan mesin uji tarik universal. Uji tarik merupakan salah satu metode untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan. Dalam hal ini yang diukur adalah kekuatan tarik bahan. Kekuatan tarik material adalah gaya per satuan luas penampang yang mampu menahan tegangan hingga batas kekuatan tarik tercapai, maka bahan akan mengalami deformasi atau kegagalan. Batas kekuatan tarik hingga material mengalami kegagalan disebut dengan *ultimate strength*. Hal tersebut mengikuti aturan Hukum Hooke yang berbunyi “besarnya gaya yang bekerja pada benda sebanding dengan pertambahan panjang bendanya” [11].

$$F = k\Delta x \quad (1)$$

Dimana:

$F$  = besarnya gaya yang diberikan atau gaya tarik (N)

$k$  = konstanta benda (N/m)

$\Delta x$  = perubahan panjang benda (m)

Sehingga rumus kekuatan tarik suatu benda adalah:

$$F^{tu} = P^{max} / A \quad (2)$$

$$\sigma_i = P_i / A \quad (3)$$

Keterangan:

$F^{tu}$  = *ultimate tensile strength* (MPa)

$P^{max}$  = *maximum load before failure*, (N)

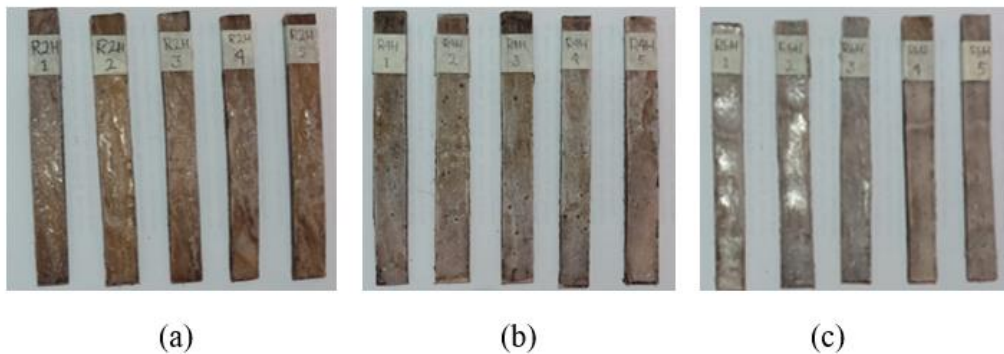
$\sigma_i$  = *tensile stress at ith data point*, (MPa)

$P_i$  = *load at ith data point* (N)

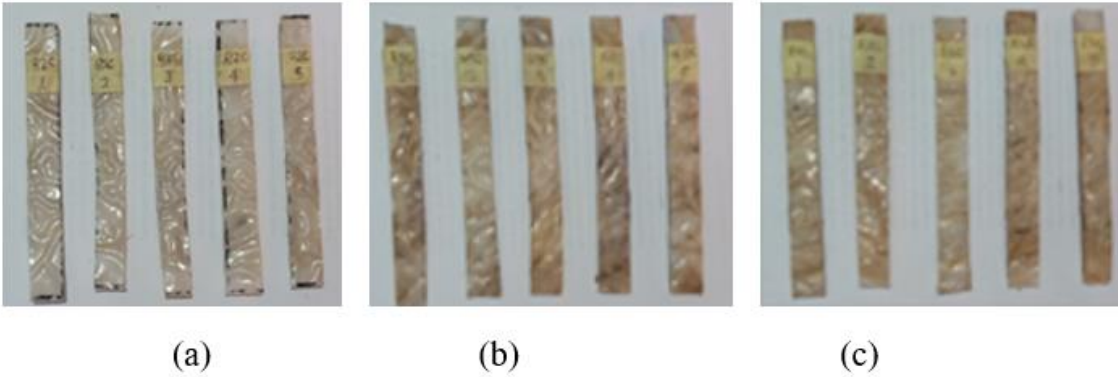
$A$  = *average cross-sectional area from* (mm<sup>2</sup>)

## 2. METODE PENELITIAN

Metoda manufaktur *specimen* komposit termoplastik yang digunakan *hot compression molding* dengan menggabungkan serat rami dan matriks *polyethylene*. Spesimen dibuat sesuai standar ASTM yang sudah ditentukan dengan orientasi *bidirectional* (0/90°) dan acak (*chop*). Serat rami yang digunakan melalui proses perlakuan alkali yaitu serat direndam pada larutan NaOH dengan kadar 5% dengan variasi durasi selama 2, 4, dan 6 jam. Pada gambar dibawah menunjukkan specimen uji tarik.



**Gambar 2. Spesimen Uji Tarik: (a) komposit PE/Rami (R2H), (b) komposit PE/Rami (R4H) dan (c) komposit PE/Rami (R6H)**



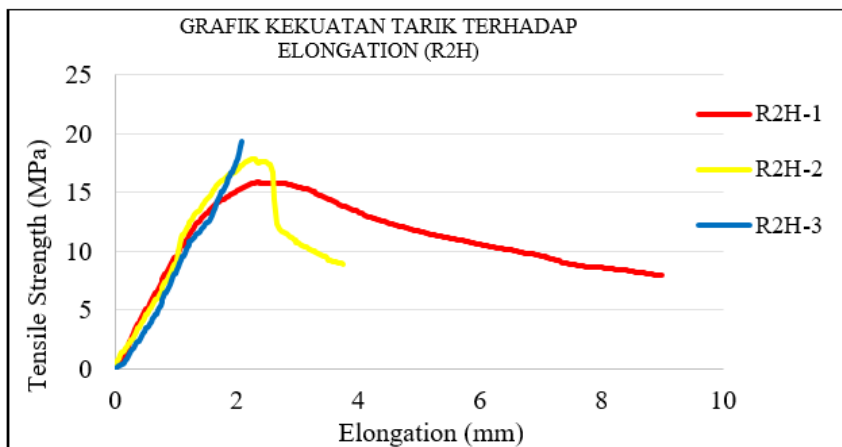
**Gambar 3. Spesimen Uji Tarik: (a) komposit PE/Rami (R2C), (b) komposit PE/Rami (R4C) dan (c) komposit PE/Rami (R6C)**

Berikut adalah kode designation (pelabelan) pada spesimen :

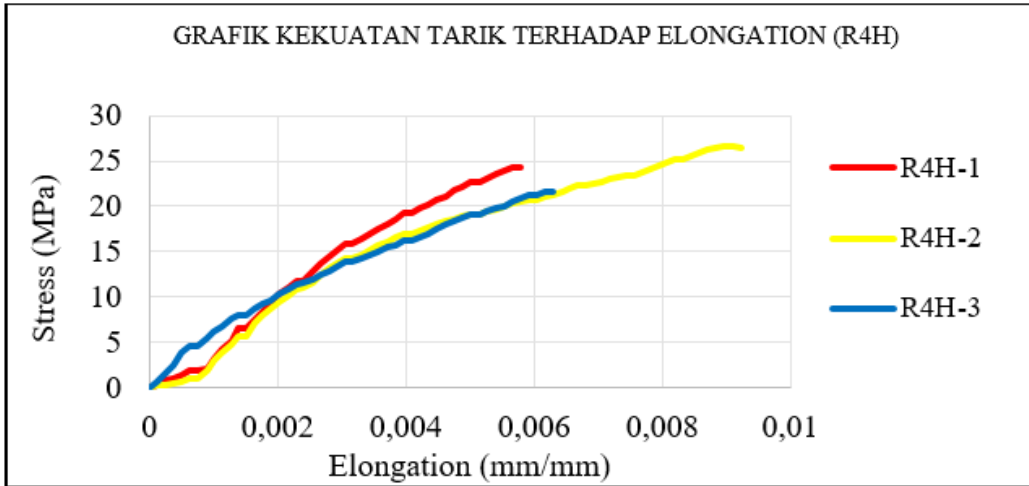
- R2H = Komposit Termoplastik Rami dengan perlakuan Alkali selama 2 jam ( $0/90^\circ$ )
- R4H = Komposit Termoplastik Rami dengan perlakuan Alkali selama 4 jam ( $0/90^\circ$ )
- R6H = Komposit Termoplastik Rami dengan perlakuan Alkali selama 6 jam ( $0/90^\circ$ )
- R2C = Komposit Termoplastik Rami dengan perlakuan Alkali selama 2 jam acak
- R4C = Komposit Termoplastik Rami dengan perlakuan Alkali selama 4 jam acak
- R6C = Komposit Termoplastik Rami dengan perlakuan Alkali selama 6 jam acak

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

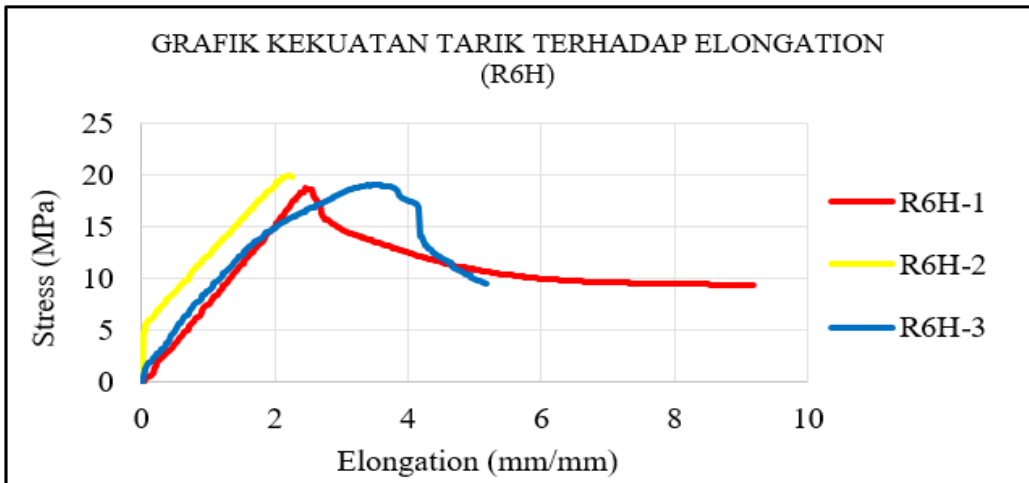
Pada gambar 4 menunjukkan hasil pengujian tarik specimen komposit termoplastik rami/PE dengan perendaman alkali masing-masing selama 2 , 4 dan 6 jam dengan orientasi serat *bidirectional* ( $0/90^\circ$ )



**Gambar 4. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik dan Elongation Komposit R2H**

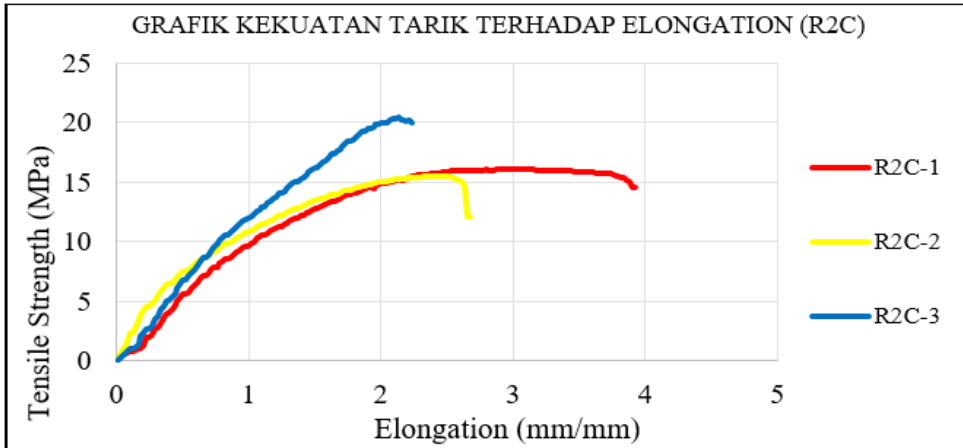


Gambar 5. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik dan *Elongation* Komposit R4H

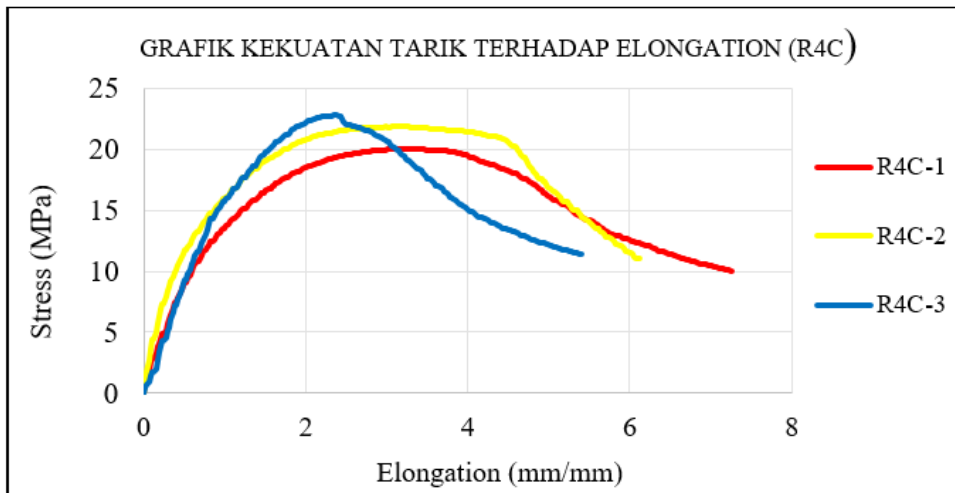


Gambar 6. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik dan *Elongation* Komposit R6H

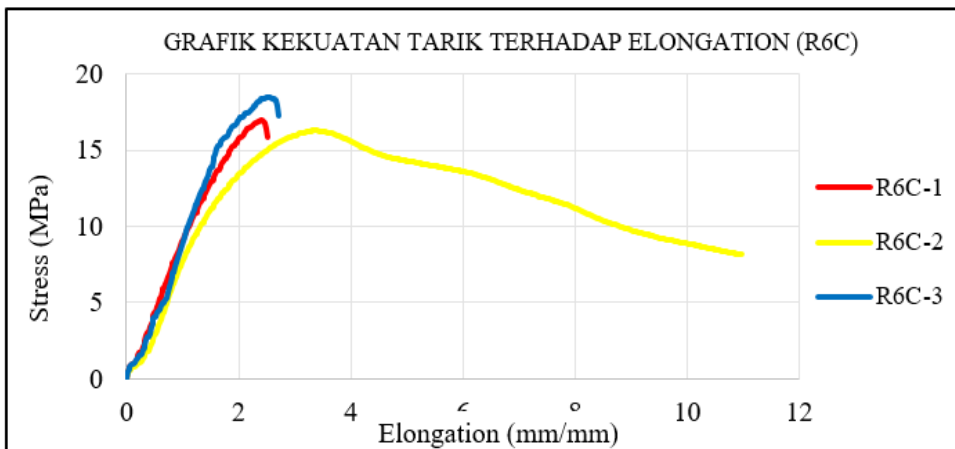
Sedangkan gambar 7 menunjukkan menunjukkan hasil pengujian tarik specimen komposit termoplastik rami/PE dengan perendaman alkali masing-masing selama 2 , 4 dan 6 jam dengan orientasi serat acak (*chop*).



Gambar 7. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik dan *Elongation* Komposit R2C

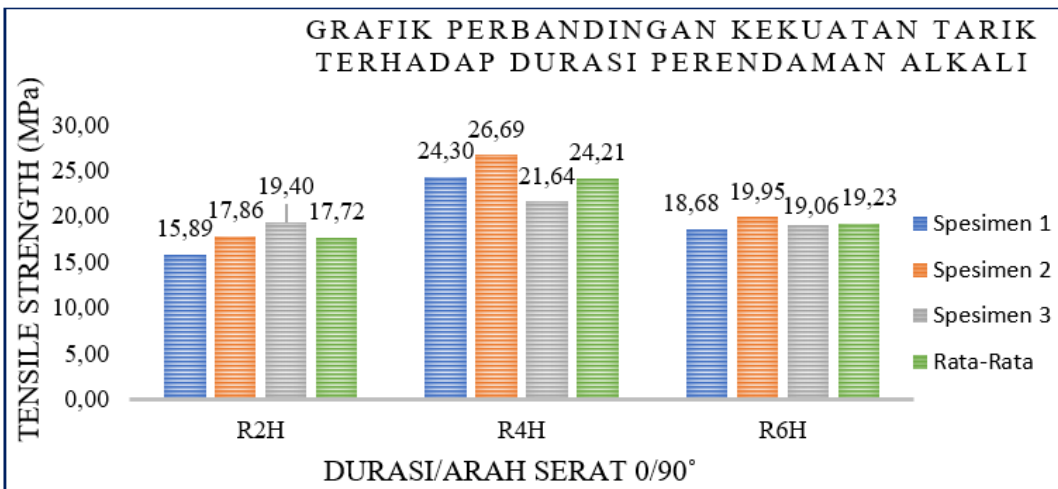


Gambar 8. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik dan *Elongation* Komposit R4C



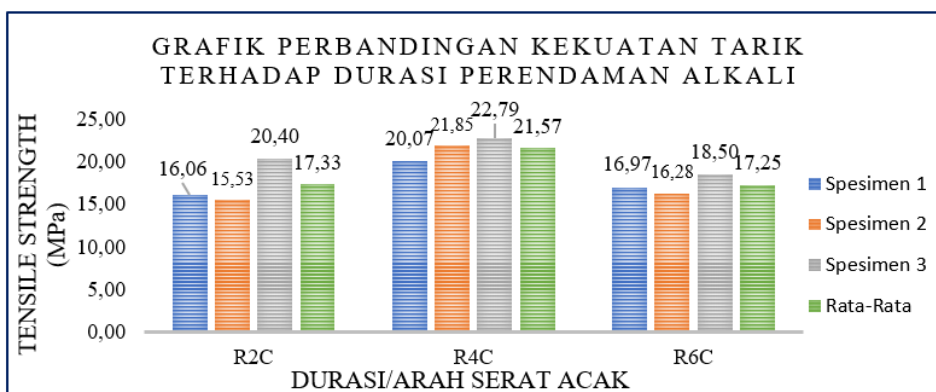
Gambar 9. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik dan *Elongation* Komposit R6C

Pada gambar 10 menunjuk grafik perbandingan kekuatan tarik komposit Rami/PE berdasarkan durasi perlakuan alkali dengan arah serat *bidirectional* (0/90°).



**Gambar 10. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Termoplastik Rami/PE Berdasarkan Durasi Perlakuan Alkali Dengan Arah Serat *bidirectional* (0/90°)**

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat grafik dari ketiga pengujian berdasarkan durasi perlakuan alkali dengan arah serat 0/90° tersebut diatas maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik yang paling tinggi ada pada proses perendaman alkali selama 4 jam (R4H), jika dirata-ratakan yaitu sebesar 24,21 MPa dan hasil terendah ada pada proses perendaman alkali selama 2 jam (R2H) jika dirata-ratakan yaitu sebesar 17,72 MPa. Dari grafik perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa komposit dengan proses perendaman alkali selama 4 jam (R4H) lebih kuat dibandingkan dengan komposit dengan proses perendaman alkali selama 2 jam (R2H) maupun 6 jam (R6H). Nilai kekuatan tarik dipengaruhi oleh maksimum beban (*load*) yang diberikan yang diterima oleh resin dan didistribusikan keseluruhan serat dan dimensi dari setiap spesimen, serta durasi pada perlakuan alkali yang digunakan menyebabkan peningkatan maupun penurunan ketahanan material komposit terhadap kekuatan tarik. Sedangkan pada gambar 11 menunjuk grafik perbandingan kekuatan tarik komposit Rami/PE berdasarkan durasi perlakuan alkali dengan arah serat acak.



**Gambar 11. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Termoplastic Rami/PE Durasi Perlakuan Alkali Dengan Arah Serat Acak**

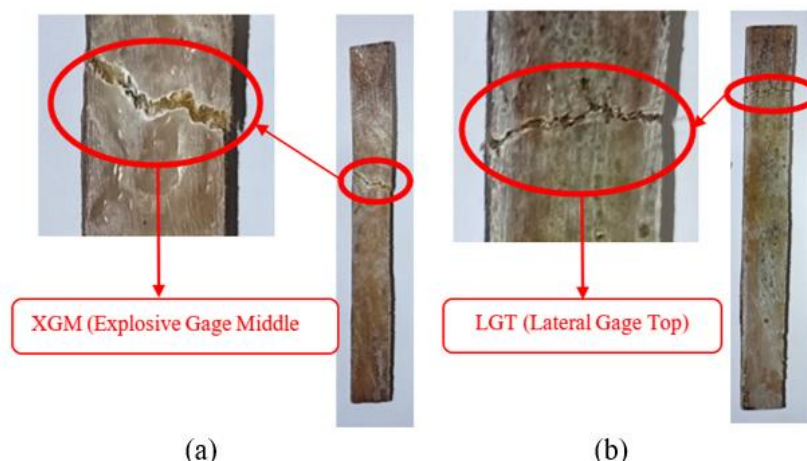
Berdasarkan Gambar 11 dapat dilihat grafik dari ketiga pengujian berdasarkan durasi perlakuan alkali dengan arah serat acak tersebut diatas maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan *tensile* yang paling tinggi ada pada proses perendaman alkali selama 4 jam (R4C) jika dirata-ratakan yaitu sebesar 21,57 MPa dan hasil terendah ada pada proses perendaman alkali selama 6 jam (R6C) jika dirata-ratakan yaitu sebesar 17,25 MPa. Dari grafik perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa komposit dengan proses perendaman alkali selama 4 jam (R4C) lebih kuat dibandingkan dengan komposit dengan proses perendaman alkali selama 2 jam (R2C) maupun 6 jam (R6C). Nilai kekuatan tarik dipengaruhi oleh maksimum beban (*load*) yang diberikan dan dimensi dari setiap spesimen, serta durasi pada perlakuan alkali yang digunakan menyebabkan peningkatan maupun penurunan ketahanan material komposit terhadap kekuatan tarik.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi perendaman serat dengan alkali selama 4 jam memiliki kekuatan paling baik, karena pectin dan lignin dapat dihilangkan dari serat sudah optimum sehingga serat tidak rapuh dan resin mampu menyerap resin dengan cukup baik. Proses perendaman alkali selama 4 jam (R4H) dengan arah serat *bidirectional* (0/90°) memiliki kekuatan tarik tertinggi karena seluruh beban yang diterima didistribusikan secara merata seluruh serat dengan arah orientasi 0/90° yang memiliki bentuk serat *continuous* dibandingkan serat acak yang memiliki bentuk serat *discontinuous*.

**Tabel 1. Perbandingan densitas komposit Rami/PE**

No	Jenis Komposit	Densitas( $gr/cm^3$ )
1	Rami/PE arah serat <i>bidirectional</i> (0/90°)	1,3
2	Rami/PE arah serat acak (chop)	1,01

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa komposit arah serat *bidirectional* (0/90°) memiliki nilai densitas lebih besar dengan nilai 1,3  $gr/cm^3$  dan pada serat acak memiliki nilai densitas lebih kecil dengan nilai 1,01  $gr/cm^3$ . Pada Gambar 12 menunjukkan modus kegagalan yang terjadi pada komposit Rami/PE.



**Gambar 12. Modus kegagalan komposit Rami/PE: a. arah serat *bidirectional* (0/90°) , b. arah serat acak (*chop*)**

Berdasarkan Gambar 12. foto makro hasil pegujian tarik komposit PE/rami dari ke dua arah serat yang berbeda, komposit arah 0,80 memiliki jenis modus kegagalan perpatahan yaitu XGM (*Explosive Gage Middle*). Dimana patahan serat terjadi di sembarang tempat dan cenderung membentuk sudut, diiringi dengan kerusakan matriks. Pada ujung patahan terlihat bahwa matriks tidak mampu menahan konsentrasi yang timbul di ujung serat yang patah, sehingga serat dapat terlepas dari matriks (*debonding*), dan juga mengakibatkan *fiber pullout*. Sedangkan komposit arah acak (*chop*) terjadi kegagalan LGT (*Lateral Gage Top*) yaitu merupakan kegagalan yang diakibatkan karena patah pada *grip* atau penjepit alat uji bagian atas dan bentuk kegagalan cenderung merata, kegagalan ini terjadi karena spesimen tidak diberi *grip* tambahan pada bagian yang akan dijepit, dan spesimen uji ini juga mengalami kerusakan *fiber pullout* yang diindikasikan kondisi serat tercabut dari matriksnya.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian tarik yang dilakukan bahwa proses perendaman alkali pada komposit termoplastik rami/PE memengaruhi besar kecilnya *stress* dan *elongation* karena pada proses perendaman alkali tersebut berfungsi menghilangkan lapisan lilin berupa hemiselulosa, lignin, dan kotoran pada serat alam. Dari penelitian ini, didapatkan bahwa lama perendaman berpengaruh terhadap kekuatan tarik serat rami. Lama perendaman yang terbaik yang menghasilkan kekuatan tarik yang tertinggi selama 4 jam. Diketahui bahwa proses perendaman alkali selama 4 jam (R4H) dengan arah serat 0/90° memiliki kekuatan maksimum rata-rata yang tertinggi dibandingkan dengan perendaman alkali selama 2 jam (R2H) dan 6 jam (R6H) pada arah serat *bidirectional* (0/90°) maupun arah serat acak. Proses perendaman alkali selama 4 jam (R4H) dengan arah serat *bidirectional* (0/90°) memiliki kekuatan tarik tertinggi karena seluruh beban yang diterima didistribusikan secara merata seluruh serat dengan arah orientasi 0/90° yang memiliki bentuk serat *continuous* dibandingkan serat acak yang memiliki bentuk serat *discontinuous*. Hasil rata-rata uji densitas komposit PE/rami dengan arah serat 0/90° sebesar 1,3 gr/cm<sup>3</sup> sedangkan pada arah serat acak sebesar 1,01 gr/cm<sup>3</sup>. Sehingga dapat dilihat dari rata-rata pada setiap arah serat memiliki nilai densitas yang tidak terlalu beda secara signifikan dan hampir bisa dianggap sama.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwi Prismanto Garit. 2016. Serat E-Glass dan Serat Ijuk Terhadap Kekuatan Impact Dengan Matrik Polyester Universitas Negeri Surabaya.
- [2] Jones M Robert .1998. Mechanics of Composite Materials Virginia USA
- [3] Lies Banowati, Wisnu Adi Prasetyo, Devi M Gunara. 2017. Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Orientasi Unidirectional 0° Dan 90° Pada Struktur Komposit Serat Mendong Dengan Menggunakan Epoksi Bakelite Epr 174. Infomatek. vol 11, issue 2, pp 57-64.
- [4] Alsaeed, T., Yousif, B.F., Ku, H. A. 2013. Review on The Mechanical Properties and Machinability of Natural Fiber Reinforced Composites. Int J Precis Technol ; 3: 152–182.

- [5] Tresna P. Soemardi<sup>1</sup>, Widjajalaksmi Kusumaningsih<sup>2</sup>, dan Agustinus Purna Irawan .2009. Karakteristik Mekanik Komposit Lamina Serat Rami Epoksi Sebagai Bahan Alternatif Socket Protes, Makara, Vol 13, No 3.
- [6] Judawisastra Hermawan. 2012. The Basic Composite Design & Micromechanics Institut Teknologi Bandung
- [7] <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polyethylene-plastic>
- [8] Billmeyer, W. F. 1994. Textbook of Polymer Science. 3rd Edition, Jhon Wiley & Son, New York
- Kutz, M. (2011). Applied plastics engineering handbook. Plastic design library Elsevier.
- [9] Kutz, M. (2011). Applied plastics engineering handbook. Plastic design library Elsevier.
- [10] ASTM. 2005. "Standart Test Method for Breaking Strength and Elongation of Cotton Fibers," Flat Bundle Method (Annual Book of ASTM Standards, United States, ASTM International, 2005).
- [11] Pandie, A.R. & Azhary, T. 2016. Analisis Tegangan Dan Kekuatan Struktur Wingtip Extension (single winglet, double winglet, and endplate wingtip). Page 2. 41.