

www.itk.ac.id

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 tinjauan pustaka ini akan dijelaskan mengenai keterkaitan beberapa referensi terhadap penelitian “Analisis Pengaruh Varisi Fraksi Volume Serat Sabut Kelapa Dengan Resin Poliester Sebagai Material Helm”. Bab 2 ini meliputi beberapa aspek bahasan, diantaranya : komposit, matriks, penguat, komposit partikel, komposit serat, helm, serat serabut kelapa, resin poliester, metode *compression molding*, pengujian impak, pengujian bending, pengujian SEM dan fraksi volume.

#### 2.1 Komposit

Bahan komposit merupakan salah satu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang memiliki sifat masing-masing bahan berbeda, baik itu dalam sifat kimia maupun fisiknya. Bahan komposit memiliki banyak keunggulan diantaranya, berat yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah (William, 2003).

Definisi material komposit menurut (Jones, 1999) material komposit menandakan bahwa dua atau lebih material digabungkan pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang berguna. Bahan yang berbeda dapat digabungkan pada skala mikroskopis, seperti pada paduan logam, tetapi bahan yang dihasilkan untuk semua tujuan praktis, homogen secara makroskopis, yaitu komponen dapat dibedakan dengan melihat secara langsung. Dengan kata lain komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat dengan gabungan, yaitu antara matriks atau pengikat dengan penguat. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya (Saputra,2016).

Bahan komposit didefinisikan sebagai kombinasi dari dua atau lebih bahan yang menghasilkan sifat yang lebih baik dari pada komponen individu yang digunakan sendiri. Berbeda dengan paduan logam, setiap bahan mempertahankan

sifat kimia, fisik, dan mekanisnya yang terpisah. Kedua konstituen tersebut adalah penguat dan matriks. Keuntungan utama bahan komposit adalah kekuatan dan kekakuan yang dimiliki tinggi, dikombinasikan dengan kerapatan rendah, jika dibandingkan dengan bahan curah, memungkinkan pengurangan berat pada bagian akhir. Fase penguatan memberikan kekuatan dan kekakuan. Dalam kebanyakan kasus, penguatnya lebih keras, lebih kuat dan lebih kaku dari pada matriks. Penguat biasanya berupa serat atau partikulat (Campbell, 2010).

### 2.1.1 Matriks

Matriks merupakan bahan pengikat *reinforcement*, matriks dapat berupa polimer, logam, atau keramik yang membentuk bentuk komponen dan memiliki fungsi untuk mentransfer beban ke dalam dan luar serat, memisahkan serat untuk mencegah kegagalan serat yang berdekatan saat salah satunya mengalami kegagalan, dan melindungi serat dari lingkungan. Kekuatan ikatan antarmuka serat atau matriks sangat penting dalam menentukan ketangguhan komposit. Antarmuka, yang dikenal sebagai *interface* dianggap sebagai fase ketiga dalam komposit karena struktur matriks dimodifikasi dekat dengan permukaan serat (Baker, 2004).

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar. Matriks mempunyai fungsi sebagai mentransfer tegangan ke serat, mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik, melepas ikatan dan tetap stabil setelah proses manufaktur. Selain sebagai bahan pengikat, matriks juga berfungsi sebagai penerus gaya dari satu partikel ke partikel lainnya (Surya, 2016).

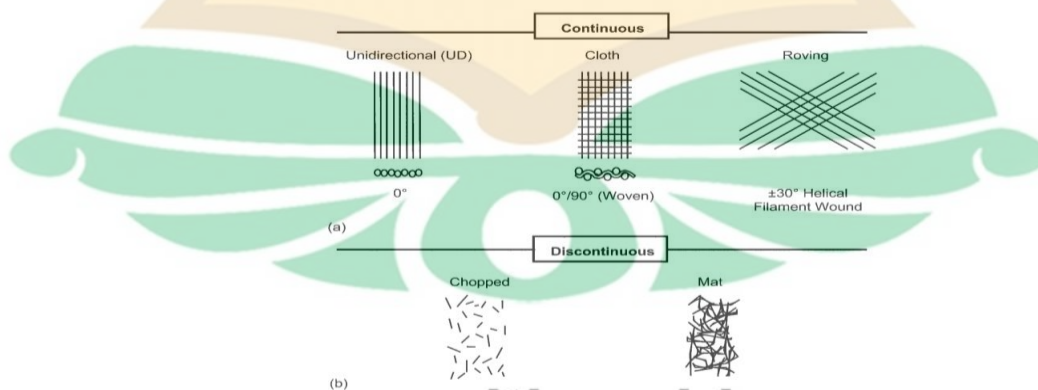
### 2.1.2 Penguat

Penguat atau *reinforcement* adalah unsur utama dalam material komposit yang diperkuat oleh serat. *Fiber* menempati fraksi volume terbesar dalam laminasi komposit dan berbagi sebagian besar beban yang bekerja pada struktur komposit. Pemilihan yang tepat untuk jenis serat, fraksi volume serat, panjang serat dan orientasi serat sangat penting dikarenakan akan mempengaruhi karakteristik laminasi komposit seperti densitas, kekuatan dan modulus tarik, kekuatan tekan dan modulus, kelelahan kekuatan serta mekanisme kegagalan, konduktivitas listrik dan termal serta biaya yang akan digunakan (Dekker, 2008).

Penguat yang umumnya digunakan adalah serat karbon atau serat alam. Penguat adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. *Reinforcement* ini berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintesis. Serat alam merupakan serat yang dapat diperoleh dari alam seperti tumbuhan dan binatang. Serat alam berupa serabut kelapa dan serat lainnya telah banyak dipergunakan oleh manusia diantaranya adalah kapas, wol sutera, nanas, serat batang pisang, ijuk, bambu, dan knaf atau goni (Schwartz, 1984).

Berdasarkan ukuran panjang, serat dibagi menjadi serat kontinu (*continuous*) dan tidak kontinu (*discontinuous*). Ukuran panjang serat sangat berpengaruh terhadap kemampuan bahan komposit dalam menahan gaya dari luar. Semakin panjang ukuran serat, semakin efisien menahan gaya dalam arah serat. Serat kontinu (*continuous*) atau serat panjang merupakan serat yang memiliki orientasi yang bermacam-macam arah seperti, serat searah (*unidirectional*) terdiri dari arah serat ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $(-45^\circ)$ ), (*cloth*) arah serat yang tersusun secara tegak lurus ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ), dan (*roving*) arah serat yang tersusun secara silang ( $\pm 30^\circ$ ). Sedangkan serat tidak kontinu (*discontinuous*) atau serat pendek terdiri dari *chopped* atau serat cincang yang menghasilkan kekuatan kompresi yang lebih tinggi terutama untuk bagian *injection molded*. Serat *chopped* memiliki panjang mulai dari 0,125 inch hingga 2 inch (3,2 – 50 mm). Serta serat *mat* yang merupakan gabungan dari untaian *chopped* yang diletakkan dalam pola berputar, serat *mat* digunakan untuk bagian kekuatan sedang yang memiliki penampang seragam

(Campbell,2010).



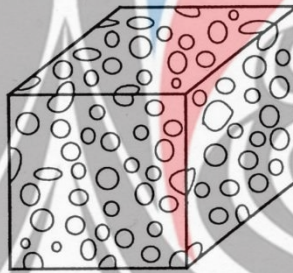
Gambar 2.1 Tipe Penguat Komposit (Campbell, 2010).



## 2.2 Klasifikasi komposit berdasarkan penguatnya

### 2.2.1 Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

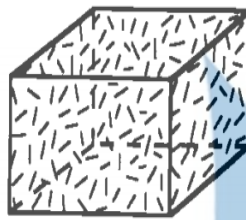
Komposit jenis ini menggunakan *reinforcement* (bahan penguat) yang berbentuk partikel atau butiran yang berukuran mikroskopis. Komposit partikulat memiliki dimensi ukuran yang sama disetiap arahnya, dengan bentuk bulat atau geometri teratur atau tidak teratur. Material partikel yang digunakan sebagai bahan penguat dapat berasal dari satu jenis atau lebih jenis material, dapat berasal dari material logam ataupun material non logam. Partikel ini disisipkan ke dalam bahan penguat atau matrik untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik sesuai kebutuhan. Komposit partikel memiliki keuntungan seperti meningkatkan kekuatan, menambahkan ketahanan temperatur, tahan terhadap oksidasi, dan memiliki kekurangan cenderung lebih lemah, tidak sekaku komposit serat kontinyu, dan lain sebagainya (Campbell, 2010).



Gambar 2.2 Komposit Partikel (Chou, 1992).

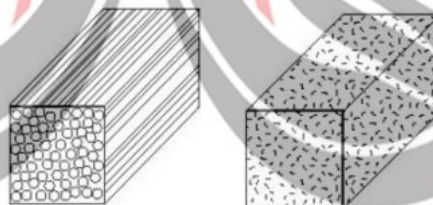
### 2.2.2 Komposit Serat (*Fiber Composite*)

Komposit serat adalah komposit yang terdiri atas serat dan matrik di dalamnya. Serat merupakan salah satu komponen yang penting karena menentukan pada proses transfer energi. Untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik, serat yang digunakan harus memiliki kekuatan dan keuletan yang lebih baik dibandingkan matrik. Komposit serat didasarkan pada pemanfaatan serat berkekuatan tinggi dan kekakuan tinggi yang dikombinasikan dengan bahan matrik dengan sifat yang sama ataupun berbeda dalam berbagai cara. Dalam komposit serat baik serat maupun matriksnya mempertahankan identitas fisik dan kimianya yang asli (Kim, 1992)



Gambar 2.3 Komposit Serat (Chou, 1992).

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Dalam pembuatan komposit, serat dapat diatur memanjang (*unidirectional composite*) atau dapat dipotong kemudian disusun secara acak (*random fibers*) serta dapat juga dianyam (*cross-ply laminated*). Komposit serat sering digunakan dalam industri otomotif dan industri pesawat terbang. Serat panjang mempunyai struktur yang lebih sempurna karena struktur kristal tersusun sepanjang sumbu serat dan cacat internal pada serat lebih sedikit dan arah serat yang berbeda menjadikan komposit diperkuat serta dibedakan lagi menjadi beberapa bagian (Gibson, 1994). Tipe ini memiliki susunan serat panjang dan lurus, tipe ini mempunyai kelemahan pemisah antar lapisan seperti pada Gambar 2.4.



(a)

(b)

Gambar 2.4 Komposit Serat : (a) Unidirectional fiber composite, (b) random fiber composite (Gibson, 1994).

## 2.3 Fraksi Volume

Fraksi volume (%) adalah aturan perbandingan untuk pencampuran volume serat atau serbuk dan volume matriks bahan pembentuk komposit terhadap volume total komposit. Jumlah kandungan serat dalam komposit merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berkekuatan

tinggi diperoleh dengan distribusi serat dan matrik merata pada proses pencampurannya. Fraksi volume dapat dihitung dengan parameter berat jenis matriks, berat jenis serat, berat komposit, dan berat serat. Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1975) :

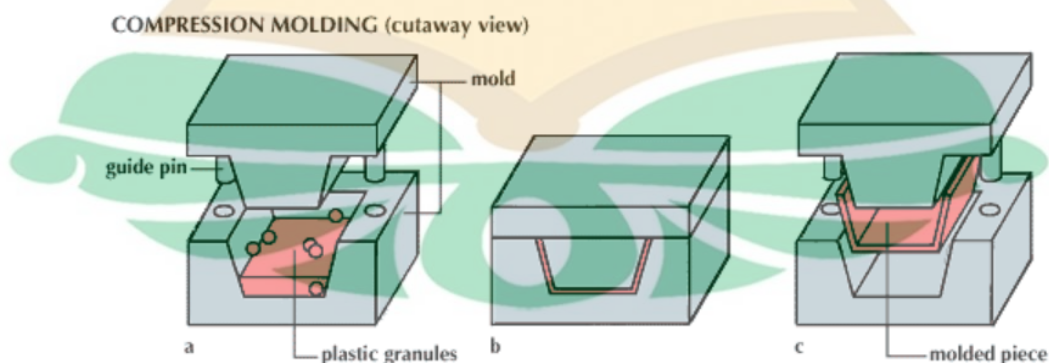
$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f V_f}{\rho_c V_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} V_f ; V_f = \frac{\rho_c}{\rho_f} W_f = 1 - V_m \quad (2.1)$$

Jika selama pembuatan komposit telah diketahui massa serat dan matrik, serta densitas serat dan matriks, maka fraksi volume dan fraksi massa serat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Shackelfold, 1992) :

$$V_f = \frac{w_f / \rho_f}{w_f / \rho_f + w_m / \rho_m} \quad (2.2)$$

## 2.4 Metode Compression Molding

*Compression molding* merupakan metode cetakan dimana proses cetakan ini umumnya menggunakan hydraulic sebagai penekannya serat yang telah dicampurkan dengan resin pada suatu wadah yang kemudian dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian diberikan pemanasan dan dilakukan penekanan. Pada metode cetakan tekan resin thermoset yang digunakan adalah epoxy, polyester, vinil ester, dan fenolat. Dalam proses pembuatan komposit, fraksi volume serat hendaknya dimaksimalkan agar struktur material yang dihasilkan lebih baik. Upaya ini dilakukan dengan memberikan tekanan yang optimal pada material komposit selama proses curing (Guiraud, 2012).



Gambar 2.5 Metode Compression Molding ( Kalpakjian, 2009)



Metode *compression molding* secara umum, memiliki bagian kompleksitas yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan *injection molding* akan tetapi kontrol dimensi yang dimiliki lebih baik. Area permukaan bagian cetakan kompresi dapat berkisar hingga sekitar 2,5 ml. Dikarenakan model cetakannya yang relatif sederhana cetakan *compression molding* lebih murah jika dibandingkan dengan *injection molding*. Terdapat faktor yang mempengaruhi kekuatan bahan yang dihasilkan antara lain adalah, ukuran dan kandungan filler, tekanan pengepresan, temperature, lamanya waktu penahanan, dan volume zat pengikat

(Kalpakjian,2009).

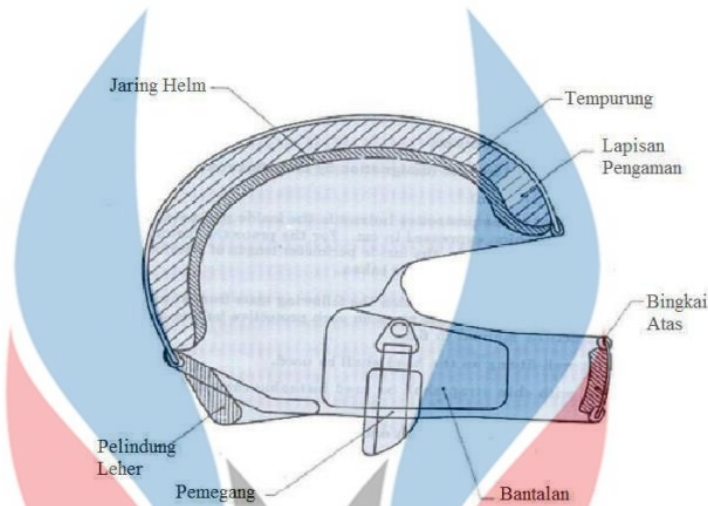
*Compression Molding* merupakan Teknik yang digunakan untuk membuat produk komposit dengan metode *molding* tertutup. Prinsipnya adalah menerapkan tekanan ke cetakan (*mold*), lalu mesin akan mengendalikan panas dari *heater* agar dapat membentuk bahan sesuai dengan cetakan permanen setelah ditekan. Proses tersebut umumnya digunakan di industri dengan jumlah produksi yang banyak dengan harga mesin yang mahal (Kutz, 2011).

## 2.5 Helm

Helm merupakan bagian perlengkapan kendaraan bermotor berbentuk topi pelindung kepala yang berfungsi melindungi kepala pemakainya apabila terkena benturan, helm SNI pada umumnya terbuat dari polimer polipropilen dan ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*). Dalam SNI 1811 – 2007 dicantumkan beberapa persyaratan mutu yang harus dipenuhi oleh suatu helm sebelum dapat digunakan antara lain :

1. Material helm dibuat dari bahan yang kuat dan bukan logam, tidak berubah jika ditempatkan diruang terbuka pada suhu 0°C - 50°C selama paling tidak 4 jam dan tidak berpengaruh terhadap sinar ultraviolet, bensin, minyak, sabun, deterjen, air serta pembersih lainnya. Bahan pelengkap harus tahan lapuk, air, dan tidak berpengaruh terhadap perubahan suhu. Bahan yang bersinggungan dengan kulit tidak menyebabkan iritasi dan penyakit kulit.
2. Konstruksi helm harus memiliki tempurung yang keras dengan permukaan yang halus, lapisan peredam benturan, dan memiliki

pengikat didagu. Tempurung helm terbuat dari bahan yang keras dengan ketebalan dan kemampuan yang homogen, serta tidak menyatu dengan pelindung muka.



Gambar 2.6 Konstruksi Helm SNI (SNI, 2007).

Helm berfungsi untuk melindungi kepala pengendara dari benturan serius saat terjadi kecelakaan. Selain memilih helm yang telah lulus standar keselamatan berkendara, para pengendara juga harus bijak dalam menentukan helm yang baik. Karena jika helm tidak nyaman digunakan, justru akan mengganggu konsentrasi ketika berkendara dan menjadi masalah bagi pemakainya (Simanjutak, 2010).

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Helm SNI (Albab, 2019).

Material	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	Kekuatan Tekuk (MPa)	Kekuatan Impak (Joule/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan Tarik (MPa)
ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	1,03	72	0,029	46

## 2.6 Serat Serabut Kelapa

Berdasarkan data *Asia Pasific Coconut Community (APCC)* luas kebun kelapa di Indonesia pada tahun 2010 seluas 3.859.000 ha adalah yang terluas di dunia dengan produksi 15,4 miliar butir (Basri, 2008). Sedangkan pada tahun 2017, Indonesia menempati urutan pertama sebagai produsen kelapa terbesar di dunia. Produksi kelapa Indonesia mencapai 18,9 juta ton kemudian diikuti oleh Filipina



dan India dengan volume produksi masing-masing sebesar 14,05 juta ton dan 11,5 juta ton (Allelorung, 2005).

Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan salah satu anggota tanaman palma yang paling dikenal dan banyak tersebar di daerah tropis. Pohon kelapa merupakan jenis tanaman berumah satu dengan batang tanaman tumuhan lurus ke atas dan tidak bercabang. Tinggi pohon kelapa dapat mencapai 10-14 meter lebih, daunnya berpelelah dengan panjang dapat mencapai 3-4 meter lebih dengan sirip-sirip lidi yang menopang tiap helaian (Wardhani, 2004).



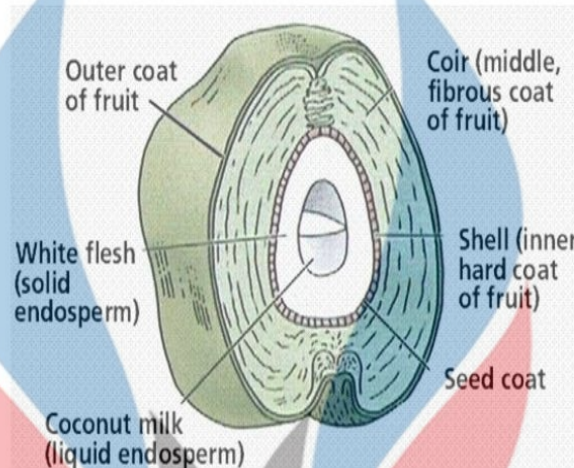
Gambar 2.7 Pohon Kelapa (Damayanti, 2018).



Gambar 2.8 Sabut Kelapa (Penulis, 2022).

Serabut kelapa merupakan salah satu serat alam yang dapat digunakan sebagai bahan penguat material komposit. Serat alam sendiri biasanya digunakan

dalam berbagai sektor industri seperti automotif, tekstil, produksi kertas, dan dalam material komposit. Pada dasarnya, serat kelapa diperoleh dari serat serabut kelapa dapat diaplikasikan menjadi produk-produk yang lebih berkualitas (Bakri, 2011).



Gambar 2.9 Struktur Penyusun Buah Kelapa (Pani, 2019).



Gambar 2.10 serat sabut kelapa (Bakri, 2011).

Dalam taksonomi tumbuh-tumbuhan, tanaman kelapa dimasukkan ke dalam klasifikasi sebagai berikut :

- Kingdom : *Plantae* (tumbuh-tumbuhan)
- Divisio : *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji)
- Sub-divisio : *Angiospermae* (berbiji tertutup)
- Ordo : *Palmales*
- Familia : *Palmae*
- Genus : *Cocos*



Spesies : *Cocos nucifera L.*

Serabut kelapa memiliki sifat absorbansi yang cukup baik dan juga memiliki kadar selulosa yang tinggi (Wardhani, 2004). Tabel 2.2 merupakan komposisi kimia dari serat serabut kelapa.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Serat Serabut Kelapa (Wardhani, 2004).

Parameter	Kadar (%)
$\alpha$ Selulosa	26,6
Hemiselulosa	27,7
Lignin	29,4
Air	8
Komponen Ekstraktif	4,2
Uronat Anhidrat	3,5
Nitrogen	0,1
Abu	0,5

Tabel 2.3 Sifat Mekanik Serat Serabut Kelapa (Zulkifli, 2019).

Serat	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile Strength (Mpa)	Young Modulus (Gpa)	Spesific (E/d)	Elongation at Failure (%)	Moisture Absorption (%)
Serat Sabut Kelapa	1.25	220	6	5	15-25	10

## 2.7 Resin Poliester

Resin poliester adalah jenis resin cair yang memiliki nilai viskositas relatif rendah, dapat mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan. Salah satu keuntungan utama poliester adalah resin ini memungkinkan keserbagunaan besar dalam prosesnya dan dapat mengering pada suhu ruangan atau suhu tinggi.

Bahan awal untuk matriks poliester termoset adalah resin poliester tak jenuh yang mengandung sejumlah ikatan rangkap C=C. Poliester biasanya terdiri dari setidaknya tiga bahan yaitu poliester, *styrene* sebagai pengikat, dan suatu inisiator biasanya peroksida atau benzoil peroksida. *Styrene* bertindak sebagai agen pengikat



silang dan juga menurunkan viskositas untuk meningkatkan kemampuan proses. Sifat poliester yang terbentuk dipengaruhi oleh zat pengikat silang atau pengawet yang digunakan. Salah satu keuntungan poliester adalah dapat diformulasikan untuk mengering pada suhu ruangan atau suhu tinggi, serta memungkinkan keserbagunaan yang tinggi dalam pemrosesannya (Campbell, 2010). Poliester yang umumnya digunakan yaitu poliester tak jenuh jenis Yukalac 157 BQTN dengan massa jenis 1,21 g/cm<sup>3</sup>. Katalis yang digunakan untuk resin ini adalah metil etil keton peroksida atau disebut MEKPO (Surya,2016).

Tabel 2.4 Sifat Mekanik Resin Poliester (Callister, 2014).

<b>Material</b>	<b>Specific Gravity</b>	<b>Tensile Modulus (GPa)</b>	<b>Tensile Strength (Mpa)</b>	<b>Yield Strength (Mpa)</b>	<b>Elongation at Break (%)</b>
<i>Polyester</i>	1.29-1.40	2.8-4.1	48.3-72.4	59.3	30-300

## 2.8 Perlakuan Alkali

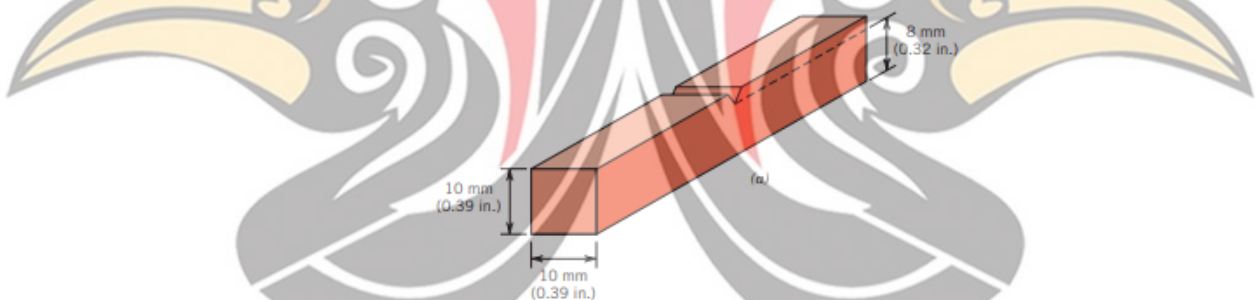
NaOH atau sering disebut alkali digunakan untuk menghilangkan kotoran atau lignin pada serat dengan sifat alami serat adalah *hyrophilic*, yaitu suka terhadap air, berbeda dengan polimer yang memiliki sifat *hidrophilic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hydrophilic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal (Oroh dkk, 2013). Alkalisasi adalah proses yang paling banyak digunakan untuk perawatan permukaan serat alami dikarenakan biayanya yang rendah, keefektifan, dan kemudahan penggunaannya (Shahzad, 2012).

Natrium hidroksida (NaOH) merupakan salah satu jenis alkali yang populer digunakan untuk memodifikasi permukaan serat alam. Prinsip alkalisasi dengan NaOH adalah dengan mengikat OH<sup>-</sup> yang ada pada serat (hemiselulosa, selulosa, dan lignin) sehingga antarmuka serat dan matriks semakin baik yang selanjutnya dapat meningkatkan kekuatan mekanik komposit (Widodo dkk, 2019).

## 2.9 Pengujian Impak

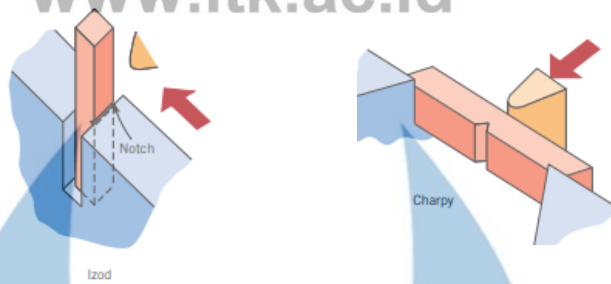
Material mempunyai kekuatan tarik tinggi tetapi tidak tahan terhadap beban kejut. Untuk menentukannya perlu dilakukan uji ketahanan impak. Ketahanan impak biasanya diukur dengan menggunakan metode *charpy* atau *izod* terhadap beban uji bertakik atau tanpa takik. Pada pengujian ini beban diayunkan dari ketinggian tertentu dan mengenai benda uji. Kemudian diukur energi pada patahan. Pengujian ini bermanfaat untuk memperlihatkan penurunan keuletan dan kekuatan impak material (Djaprie, 1999).

Pengujian impak merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material tersebut hingga batah. Pengujian impak merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban impak). Dalam pengujian impak terdiri dari dua teknik pengujian standar yaitu *charpy* dan *izod*. Teknik *charpy v-notch* merupakan teknik yang paling umum digunakan di Amerika Serikat. Untuk *charpy* dan *izod* spesimen berbentuk batang penampang persegi dimana *v notch* seperti pada Gambar 2.11

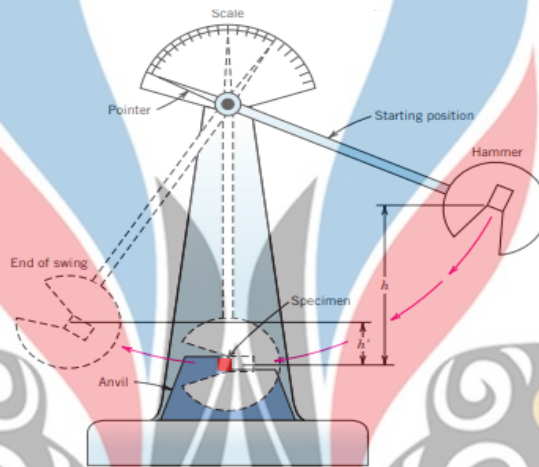


Gambar 2.11 spesimen pengujian charpy dan izod (Callister, 2007).

Metode *charpy* merupakan pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal atau mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan. Metode *charpy* memiliki kelebihan yakni hasil pengujiannya lebih akurat, pengerjaannya lebih mudah dipahami dan dilakukan serta menghasilkan tegangan yang seragam disepanjang penampang. Sedangkan metode *izod* merupakan pengujian impak yang dilakukan dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah dengan arah takikan. Pada umumnya metode ini banyak digunakan di eropa dengan kelebihan tumbukan tepat mengenai pada takikan dan spesimen tidak mudah bergeser karena salah satu ujungnya dicekam (Djaprie, 1999).



Gambar 2.12 Pengujian Impak Metode Charpy dan Izod (Callister, 2007).



Gambar 2.13 Pengujian Impak (Callister, 2007).

### 2.9.1 Kekuatan Impak

Kekuatan impak pada komposit lebih kompleks daripada polimer tidak terisi dikarenakan bagian yang dimainkan oleh serat dan antarmuka selain polimer. Agar material menjadi sangat tangguh dan memiliki kekuatan impak yang tinggi, secara umum harus terdapat mekanisme untuk menyebarkan energi yang akan diserap ke seluruh material dengan volume yang besar. Jika energi terkonsentrasi dalam volume kecil, material gagal serta rapuh dan kekuatan tumbukan yang dihasilkan rendah. Serat dapat mengurangi kekuatan tumbukan dengan setidaknya dua mekanisme :

1. Serat umumnya secara drastis mengurangi area dibawah kurva tegangan regangan.



2. Konsentrasi tegangan terjadi di daerah sekitar ujung serat, area serat dengan perekatan buruk, dan wilayah dimana serat bersentuhan satu sama lain.

Oleh karena itu sifat komposit dan jenis uji impact dapat mempengaruhi serat dan menyebabkan kekuatan tumbukan nyata meningkat atau menurun. Perilaku kompleks ini sebagian disebabkan oleh inisiasi retak atau nukleasi serta perambatan retak yang menjadi hal penting dalam menentukan kekuatan tumbukan

(Nilsen, 1994).

Energi yang diserap dihitung dari perbedaan  $h'$  dan  $h$  ( $mgh - mgh'$ ), adalah ukuran dari energi impact posisi simpangan lengan pendulum terhadap garis vertikal sebelum dibenturkan adalah  $\alpha$  dan posisi lengan pendulum terhadap garis vertikal setelah membentur spesimen adalah  $\beta$ . Panjang lengan ayunan adalah  $R$ . Dengan mengetahui besarnya energi potensial yang diserap oleh material maka ketangguhan impact benda uji adalah :

$$E_{\text{serap}} = m \cdot g \cdot R \cdot (\cos\beta - \cos\alpha) \quad (2.3)$$

(Nilsen, 1994).

Dalam pengujian impact, energi yang diserap oleh benda uji dinyatakan dalam satuan Joule dan dibaca langsung pada skala penunjuk yang telah dilakukan kalibrasi yang terdapat pada mesin uji impact. Harga impact (HI) dari benda uji dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$HI = \frac{E}{A} \quad (2.4)$$

(Sumarauw, 2017).

## 2.10 Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* merupakan suatu proses pengujian material dengan cara ditekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (*bending*) pada suatu material yang di uji. Pada umumnya alat uji *bending* memiliki beberapa bagian utama, seperti : rangka, alat tekan, *point bending* dan alat ukur. Rangka berfungsi sebagai penahan gaya balik yang terjadi pada saat melakukan uji *bending*. Alat tekan berfungsi sebagai alat yang memberikan gaya tekan pada benda uji pada saat pengujian dilakukan. Alat penekan harus memiliki kekuatan lebih besar dari material yang di tekan. *Point bending* berfungsi sebagai tumpuan benda uji dan

sebagai penerus gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan. Panjang pendek tumpuan *point bending* berpengaruh terhadap hasil pengujian. Alat ukur adalah suatu alat yang menunjukkan besarnya tekanan yang terjadi pada benda yang di uji (Pamungkas dkk, 2017).

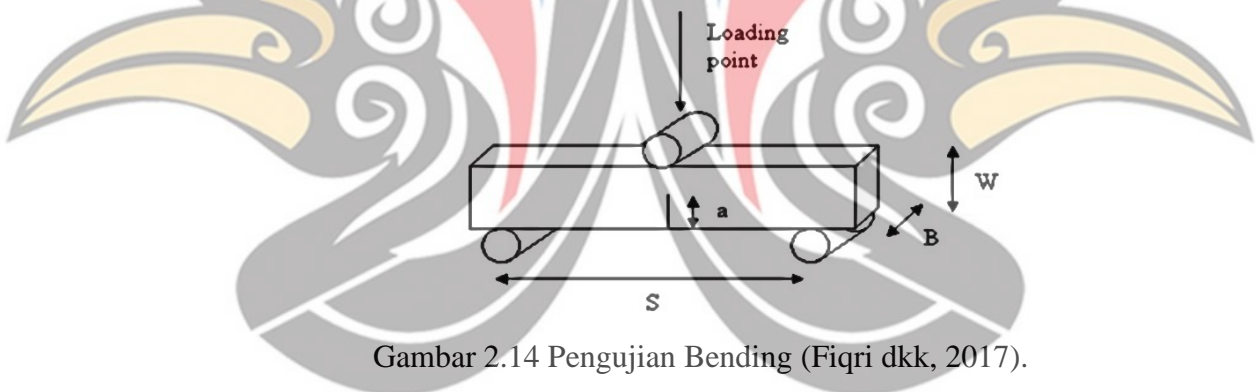
Pada material yang homogen pengujian batang sederhana dengan dua titik dudukan dan pembebanan pada tengah-tengah batang uji (*three point bending*). Dengan menggunakan persamaan (2.4) untuk mengetahui kekuatan tekuk yang dihasilkan :

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2.4)$$

Adapun persamaan (2.5) yang dapat digunakan untuk mengetahui modulus elastisitas tekuk yang dihasilkan :

$$Eb = \frac{L^3 m}{4bd} \quad (2.5)$$

(Bale dkk, 2017).



Gambar 2.14 Pengujian Bending (Fiqri dkk, 2017).

## 2.11 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro merupakan pengujian untuk melihat struktur yang hanya dapat diamati melalui mikroskop baik itu mikroskop optik maupun mikroskop elektron. Informasi yang dapat diperoleh dari struktur mikro antara lain bentuk dan ukuran butir, proses perlakuan panas, serta perbedaan komposisi. Selain itu, pengujian struktur mikro dapat digunakan untuk mengetahui cacat yang terjadi pada spesimen. Tahapan yang harus dilalui adalah *mounting*, *grinding*, *polishing*, dan *etching*.

a. *Mounting*

Pada tahap ini spesimen ditempatkan kedalam pembingkai dengan tujuan untuk mempermudah dalam memegang spesimen pada saat proses pengamplasan dan *polishing*.

b. *Grinding*

Spesimen diratakan dan dihaluskan dengan cara digosokkan secara perlahan-lahan pada permukaan spesimen dengan satu arah menggunakan amplas.

c. *Polishing*

Pada tahap ini, permukaan spesimen dipoles pada mesin poles. Agar mendapatkan hasil permukaan spesimen mengkilap dan tidak ada goresan.

d. *Etching*

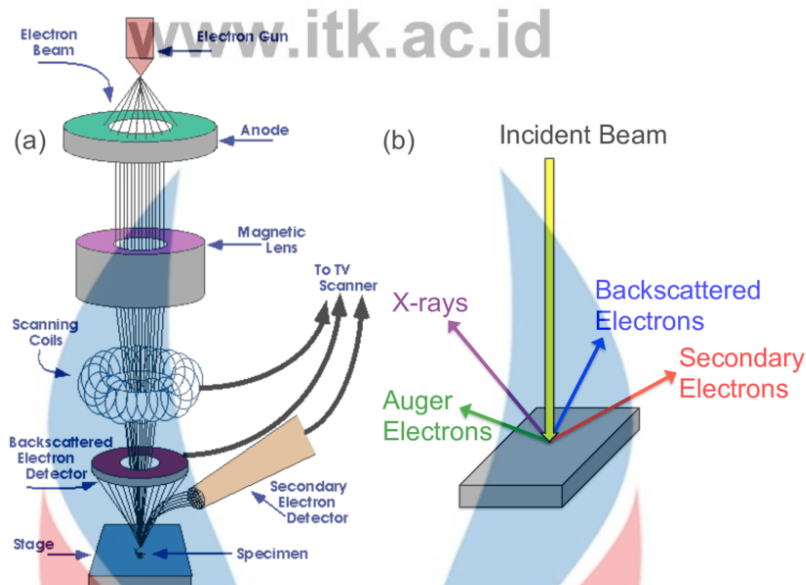
Pemberian larutan kimia pada permukaan spesimen. Larutan etsa dapat dilihat pada tabel *etching* dikarenakan setiap material memiliki larutan etsa yang berbeda-beda.

(Avner, 1974).

## 2.12 Pengujian SEM

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk mengamati topografi dan morfologi secara langsung dimana pada pengujian ini menggunakan jenis mikroskop elektron yang dapat menghasilkan gambar sampel dengan melakukan pemindaian berkas electron terfokus. Pengambilan gambar SEM dilakukan dengan perbesaran 500-1000 kali. Prinsip pada pengujian SEM yaitu, dengan menembakkan sampel dengan menggunakan elektron, dimana pantulan elektron dari tumbukan dengan sampel tadi akan ditangkap oleh detektor-detektor yang kemudian akan menampilkan gambar struktur mikro pada monitor (Rahman dkk, 2016).





Gambar 2.15 Skema Pengujian SEM (Walock, M.J, 2012)

Pengujian SEM dapat dilihat pada gambar 2.15 diatas, dimana terdapat kolom elektron yang berisi komponen-komponen electron gun (sumber elektron), lensa magnetik dan koil pemindai. Specimen yang akan dianalisis diletakkan di dalam ruang spesimen. Sementara itu, detektor-detektor elektron yang digunakan diletakkan diruang spesimen. Kolom elektron maupun ruang spesimen harus selalu berada dalam keadaan vakum. Ketika instrument sedang digunakan. Oleh karena itu, kolom elektron maupun ruang spesimen dihubungkan dengan system pompa vakum yang dapat menurunkan tekanan udara hingga 10 Pa (Nisa K, 2016).

### 2.13 Perhitungan Void

*Void* merupakan akibat yang tidak dapat dihindari pada saat proses pembuatan komposit. *Void* yang terjadi pada matrik dapat mempengaruhi kekuatan komposit. Jika *void* yang terjadi pada komposit banyak hal tersebut dapat menjadi penyebab munculnya *crack* sehingga komposit menjadi semakin rapuh dan dapat mengalami gagal lebih awal. Berbanding terbalik pada saat jumlah *void* yang terdapat pada komposit sedikit maka hal tersebut akan membuat komposit semakin kuat. *Void* juga dapat mempengaruhi ikatan antara partikel dan matrik, yaitu terdapat celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik tidak mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. jika komposit menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit (Porwanto dkk, 2011).

Perhitungan kadar *void* dilakukan berdasarkan standar ASTM D2734-94 dengan tujuan untuk mengetahui kandungan *void* pada suatu komposit. Pengujian ini dilakukan dengan menghitung fraksi berat serat dan resin. Setelah didapatkan fraksi berat selanjutnya dapat dilakukan perhitungan densitas teori dari komposit dengan menggunakan persamaan berikut,

$$Td = \frac{100}{\frac{R}{D} + \frac{r}{d}} \quad (2.6)$$

Setelah nilai densitas teori didapatkan, selanjutnya dilakukan perhitungan densitas komposit. Maka, kandungan *void* dalam komposit dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V = 100 \frac{(Td - Md)}{Td} \quad (2.7)$$

Menurut standar ASTM D2734-94 menjelaskan bahwa densitas penguat, resin, dan komposit diukur secara terpisah. Lalu, kandungan resin diukur dan kepadatan komposit teoritis dapat dihitung. Kemudian dilakukan perbandingan dengan densitas komposit yang telah diukur. Perbedaan densitas menunjukkan kandungan *void*. Komposit yang baik memiliki *void* 1% atau kurang sedangkan komposit yang buruk memiliki kandungan *void* yang jauh lebih tinggi.

## 2.14 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut :

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1.	Suwanda, 2010	Metode : komposit serat rami yang diberikan perlakuan kimia dengan larutan NaOH 5% selama 0,2,4,6 dan 8 jam. Pembuatan dilakukan dengan metode cetak tekan ( <i>press mold</i> ) dengan variasi 20%, 30%, 40% dan 50%. Pengujian <i>bending</i>

menggunakan metode *three point bending* dengan standar uji ASTM D-790.

Hasil : nilai tegangan komposit serat rami mengalami penurunan setelah proses alkalisasi. Tegangan *bending* tertinggi didapatkan komposit tanpa perlakuan alkali sebesar 70,39 MPa dan nilai regangan *bending* sebesar 1,85%. Sedangkan pada komposit perlakuan alkali 2 jam menghasilkan nilai tegangan sebesar 57,52 MPa dan nilai regangan 1,55%.

2. Obele, 2015

Metode : Serat sabut kelapa dengan fraksi volume serat 10 %, 20%, 30%, 40%, 50% diberikan perlakuan alkalisasi dengan larutan NaOH 0,5%. Metode yang digunakan yaitu *hand lay-up* dengan resin epoksi. Panjang serat pada penelitian ini adalah 30mm dengan menggunakan perbandingan katalis 1 : 0,8.

Hasil : Komposit dengan fraksi volume serat 30% menghasilkan kekuatan impak tertinggi sebesar 26,43 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pada fraksi volume serat 50% memiliki kekuatan tekan yang rendah sebesar 6,22 KJ/m<sup>2</sup> dan kekuatan Impak sebesar 20,12 N/mm<sup>2</sup>.

3. Mulyo, 2018

Metode : Komposit serat daun nanas dengan matrik poliester menggunakan variasi fraksi volume 3%, 5%, 8%, 10%, dan 13% dengan metode *hand lay-up* diberikan perlakuan kimia alkali selama 2 jam dengan kadar 5% larutan NaOH.

Hasil : Komposit serat daun nanas menghasilkan nilai energi serap lebih tinggi dari spesimen helm SNI sebesar 0,5375 J pada fraksi volume 10%, dan nilai energi serap helm SNI sebesar 0,3125 J.



sedangkan nilai kekuatan impak yang lebih tinggi dihasilkan oleh fraksi volume 10% sebesar 0,01657 J/mm<sup>2</sup> dan spesimen helm SNI menghasilkan nilai kekuatan lebih rendah sebesar 0,00972 J/mm<sup>2</sup>.

- 
4. Pamungkas dkk, 2018 Metode : komposit serat zalacca dengan variasi serat 1mm, 3mm, 5mm, 7mm dan 9mm pada fraksi volume 30% dengan matrik HDPE. Tekanan *compression molding* yang digunakan sebesar 50 bar (5000kN/m<sup>2</sup>) dengan temperature dibawah 150° dalam waktu 25 menit.

Hasil : Komposit uji *bending* pada variasi serat 9mm dengan nilai kekuatan tekuk tertinggi sebesar 32,54 MPa dan nilai modulus elastisitas sebesar 1,83 GPa. Sedangkan variasi serat 5mm memiliki nilai kekuatan tekuk sebesar 28,44 MPa dan nilai modulus elastisitas sebesar 1,48 GPa. Uji impak pada variasi serat 3mm memiliki nilai kekuatan impak sebesar 31,32 Kj.m<sup>2</sup> , sedangkan nilai kekuatan impak tertinggi diperoleh variasi serat 9mm dengan nilai 40,83 Kj.m<sup>2</sup>

- 
5. Hardianti, 2020 Metode : Komposit serbuk kayu sengon,keruing dan meranti kuning dengan matrik poliester dengan fraksi volume 40% serbuk 60% matrik diproses menggunakan metode *compression molding*. Tekanan *compression molding* yang digunakan sebesar 40bar (4000 kN/m<sup>2</sup>) dengan temperatur 100°C selama 15menit.

Hasil : Hasil yang didapatkan komposit limbah serbuk kayu sengon, kayu keruing dan kayu meranti dengan matrik poliester memenuhi nilai standar minimal untuk penggunaan sebagai papan partikel biasa berdasarkan SNI 03-2105-2006

- 
6. Nugraha dkk, 2020

Metode : Komposit Serat Aren-Poliester diberikan perlakuan alkali dengan larutan NaOH 5% dengan waktu perendaman selama 1, 2, 3, dan 4 jam. Metode yang digunakan *compression molding* dengan fraksi volume serat 0,15; 0,25; 0,35; dan 0,40.

Hasil : Pada komposit serat aren-poliester didapatkan nilai tertinggi kekuatan *bending*, kekuatan Tarik, dan ketangguhan impak sebesar 54,47 MPa, 25,61 MPa, dan 6,60 kJ/m<sup>2</sup>. Dimana, setelah diberikan perlakuan alkali sifat mekanis komposit aren-poliester mengalami kenaikan dengan nilai tertinggi kekuatan *bending*, kekuatan tarik dan ketangguhan impak sebesar 65,44 MPa, 27,92 MPa, dan 9,46 kJ/m<sup>2</sup> setelah diberikan perlakuan alkali selama 4 jam.

- 
7. Raja, 2020

Metode : komposit serat mimba dan beringin dengan pengisi limbah bahan granit menggunakan matrik epoxy. Metode yang digunakan *hand lay-up* dengan rasio 10 : 1 untuk resin dan katalis. Serat yang digunakan jenis serat acak yang telah dilakukan perlakuan kimia alkalisasi.

Hasil : Kekuatan tekuk maksimum yang dihasilkan sebesar 31,24 MPa dengan variasi 75gr serat beringin dan 15gr serat mimba dan nilai minimum yang diperoleh sebesar 14,12 MPa dengan variasi 15gr serat beringin dn 75gr serat mimba. Sedangkan energi serap maksimum yang dihasilkan sebesar 24,3 J dan kekuatan impak sebesar 0,00292 J/mm<sup>3</sup> untuk variasi 75gr serat mimba dan 15gr serat beringin, dengan nilai minimum yang dihasilkan pada energi serap sebesar 16 J dan kekuatan impak sebesar 0,0019 J/mm<sup>3</sup>