

## **BIOKOMPOSIT BUBUR KORAN SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKU PEMBUATAN AKSESORIS KERAJINAN PENGANTI KERAMIK**

**Dra. Siswi Astuti, M.Pd.**

**F. Endah Kusuma Rastini, S.Si., M.Kes.**

**Djoko Hari Praswanto, S.T., M.T.**

# Dream Litera

**BIOKOMPOSIT BUBUR KORAN  
SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKU  
PEMBUATAN AKSESORIS KERAJINAN PENGGANTI KERAMIK**

Penulis:

**Dra. Siswi Astuti, M.Pd.  
F. Endah Kusuma Rastini, S.Si., M.Kes.  
Djoko Hari Praswanto, S.T., M.T.**

©Dream Litera Buana  
Malang 2019  
104 halaman, 15,5 x 23 cm

**ISBN: .....**

Diterbitkan oleh:  
Dream Litera Buana  
Perum Griya Sampurna, Blok E7/5  
Kepuharjo, Karangploso, Kabupaten Malang  
Email: dream.litera@gmail.com  
Website: www.dreamlitera.com

Anggota IKAPI No. 158/JTI/2015

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.  
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau  
seluruh isi buku ini dengan cara apapun,  
tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan pertama, Januari 2019

Distributor:  
Dream Litera Buana

## KATA PENGANTAR

Buku *BIOKOMPOSIT BUBUR KORAN SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKU AKSESORIS KERAJINAN PENGGANTI KERAMIK* ini dibuat dengan tujuan agar dapat dipakai sebagai pengembangan pengetahuan bahan material terbaru untuk menambah wawasan dalam pembuatan komposit dari campuran bahan - bahan baik natural maupun buatan yang akan diaplikasikan untuk Industrial Product Design aksesoris kerajinan pada program studi Teknik Mesin S-1 dan Teknik Industri D-III.

Buku ini merupakan hasil dari penelitian dan abdimas yang telah penulis lakukan. Serat bubur koran sebagai penguat pada komposit telah diaplikasikan menjadi bentuk – bentuk aksesoris sebagai hiasan dinding, lukisan relief, aksesoris kulkas, topeng dan bentuk lainnya.

Penulis menyadari masih banyak yang perlu diperbaiki dalam buku ini, oleh karena itu kami mengharapkan saran dari para pembaca untuk penyempurnaan buku ini.

Malang, November 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>BAB 1 KOMPOSIT</b> .....	1
1.1    Pengertian Komposit.....	1
1.2    Sifat Karakteristik Komposit.....	3
1.3    Klasifikasi Komposit.....	3
1.4    Keunggulan dan Kerugian Material Komposit.....	8
1.5    Manfaat Komposit.....	9
<b>BAB 2 KOMPONEN – KOMPONEN KOMPOSIT</b> .....	13
2.1    Serat / Fiber.....	13
2.2    Matriks.....	26
<b>BAB 3 METODE PEMBUATAN KOMPOSIT</b> .....	31
3.1    Metode Hand Lay-up.....	31
3.2    Metode Vacum Bagging.....	33
<b>BAB 4 SIFAT – SIFAT MEKANIS KOMPOSIT</b> .....	37
4.1    Pengujian Tarik.....	38

# Dream Litera

4.2	Pengujian Impak .....	47
4.3	Pengujian Struktur Makro .....	54
<b>BAB 5</b>	<b>BIOKOMPOSIT .....</b>	<b>59</b>
5.1	Biokomposit (biodegradable).....	59
5.2	Green komposit (fully biodegradable).....	79
<b>BAB 6</b>	<b>BIOKOMPOSIT BUBUR KORAN .....</b>	<b>81</b>
6.1	Pembuatan Biokomposit Bubur Koran .....	81
6.2	Analisis Hasil Pengujian Impak Biokomposit Bubur Koran .....	85
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		<b>89</b>
<b>TENTANG PENULIS</b> .....		<b>93</b>

# Dream Litera

## BAB 1 KOMPOSIT

### **Tujuan Pembelajaran :**

- Memahami pengertian dasar – dasar komposit.
- Memahami macam - macam komposit.

### **1.1 Pengertian Komposit**

Komposit merupakan suatu material yang tersusun dari dua atau lebih suatu bahan melalui proses pencampuran yang mempunyai perbedaan karakteristik, sifat kimia, sifat mekanik serta tidak saling melarutkan. Material komposit ini memiliki sifat mekanik yang berbeda dengan logam.

Komposit mempunyai dua unsur penyusun utama yaitu matrik dan filler. Matrik merupakan unsur yang berfungsi sebagai pengikat serat penguat dalam komposit. Matrik merupakan fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar yang dapat mentransfer tegangan ke serat, membentuk ikatan koheren permukaan matrik/serat, melindungi serat, memisahkan serat, melepas ikatan, tetap stabil setelah proses manufak-

# Dream Litera

tur. Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya yaitu matrik, penguat, interphase (pelekat antar dua penyusun), interface (permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain). Sedangkan filler adalah unsur penguat dalam komposit yang berfungsi menanggung beban jika material dikenai gaya dari luar.

Secara struktur mikro material komposit tidak merubah material pembentuknya (dalam orde kristalin) tetapi secara keseluruhan material komposit berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan matrik dan filler. Syarat terbentuknya komposit adalah adanya ikatan permukaan antara matriks dan filler. Ikatan ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi yang dapat terjadi karena kekasaran bentuk permukaan partikel (interlocking antar partikel), karena gaya tarik menarik antara atom yang bermuatan (gaya elektrostatis) dan karena adanya pengutuban antar partikel (gaya van der waals).

Kualitas ikatan antara matriks dan filler dipengaruhi oleh beberapa variabel yaitu:

1. Ukuran partikel
2. Rapat jenis bahan yang digunakan
3. Fraksi volume material
4. Komposisi material
5. Bentuk Partikel
6. Kecepatan dan waktu pencampuran
7. Penekanan
8. Pemanasan



## 1.2 Sifat Karakteristik Komposit

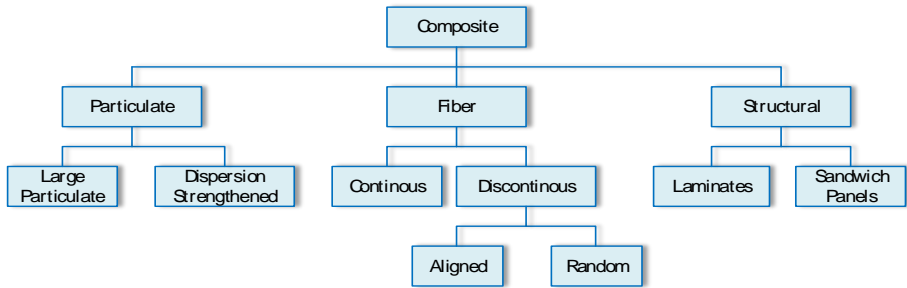
Dalam ilmu bahan komposit, mempunyai sifat karakteristik yang ditentukan oleh beberapa faktor, meliputi:

1. Material yang menjadi penyusun komposit: Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut rule of mixture sehingga akan berbanding secara proporsional.
2. Bentuk dan cara penyusunan struktural dari penyusun
3. Interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat komposit.

## 1.3 Klasifikasi Komposit

Penguat atau reinforcement memiliki peranan penting dalam material komposit, terutama untuk menentukan sifat mekanik dari komposit macam seperti kekuatan, kekakuan, keliatan, dan ketahanan aus. Oleh karena itu material komposit dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis tergantung pada bentuk dan jenis seratnya.

Secara garis besar material komposit dibagi menjadi dua macam yaitu material komposit yang diperkuat serat (*fiber reinforced composites*) dan material komposit yang diperkuat partikel (*particle reinforced*).

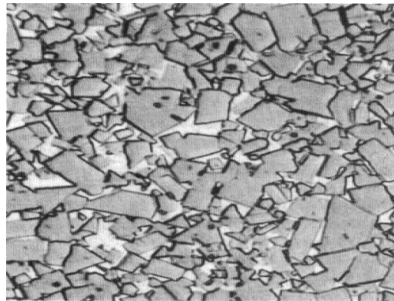


**Gambar 1.1 Klasifikasi komposit**

Sesuai bagan pada gambar 1.1 menjelaskan klasifikasi komposit yang telah dikelompokkan menjadi 3 macam, yaitu:

#### A. Komposit partikel

Komposit partikel disusun dengan menggunakan penguat berbentuk partikel. Didalam komposit partikel dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu *large particulate* dan *dispersion strengthened*.



**Gambar 1.2 Komposit partikel**

Keuntungan dari komposit yang diperkuat partikel:

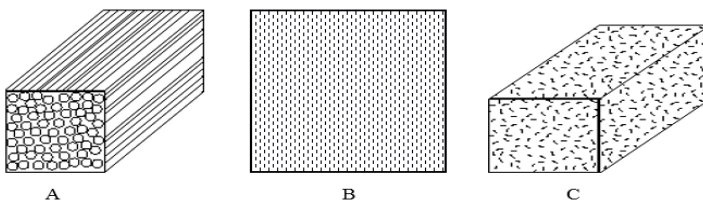
- a. Kekuatan lebih seragam pada berbagai arah
- b. Dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan material

- c. Cara pengerasan dan penguatan oleh partikel dengan menghalangi pergerakan dislokasi
- d. Proses produksi pada komposit yang diperkuat partikel adalah metalurgi serbuk, *stir casting*, *infiltration process*, *spray deposition*, *in situ process*.

## B. Komposit fiber

Komposit fiber dibentuk dari susunan serat yang berfungsi sebagai penguat didalam komposit. Komposit fiber mempunyai kekuatan mekanis yang dipengaruhi oleh orientasi serat. Didalam pengelompokannya komposit fiber dibagi menjadi dua macam yaitu, *continous* dan *discontinous* seperti pada gambar 1.3.

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan komposit sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusunnya.



**Gambar 1.3 Macam – macam komposit fiber**

(A. *Continous/Long fiber* B. *Discontinous/short fiber aligned* C. *Discontinous/short fiber random*)

# Dream Litera

- *Continuous Fiber Composite*: mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling banyak digunakan tetapi kekurangan dari komposit ini adalah lemahnya kekuatan antar lapisan dimana kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.
- *Discontinuous Fiber Composite (chopped fiber composite)*: Komposit dengan serat pendek yang dapat dibedakan menjadi *aligned discontinuous fiber* dan *randomly oriented discontinuous fiber*.

## C. Komposit struktur

Komposit struktur dapat dibagi menjadi dua yaitu Struktur Laminate dan struktur sandwich panels.

### 1. Laminate

Laminate adalah gabungan dari dua atau lebih lamina ( satu lembar komposit dengan arah serat tertentu) yang membentuk elemen struktur secara integral pada komposit. Proses pembentukan lamina menjadi laminate dinamakan proses laminasi. Struktur komposit dibuat dalam bentuk laminate yang terdiri dari beberapa lapisan yang diorientasikan pada arah yang diinginkan dan digabungkan bersama sebagai sebuah unit struktur. Terdapat beberapa lamina yaitu *continuous fiber laminate* yang mempunyai lamina penyusun dengan serat yang tidak putus hingga mencapai ujung-ujung lamina. *Continuous fiber laminate* terdiri dari *unidirectional laminate* (mempunyai arah serat yang sama), *crossplied quasi isotropic* (arah silang) dan *random /woven fiber composite*.

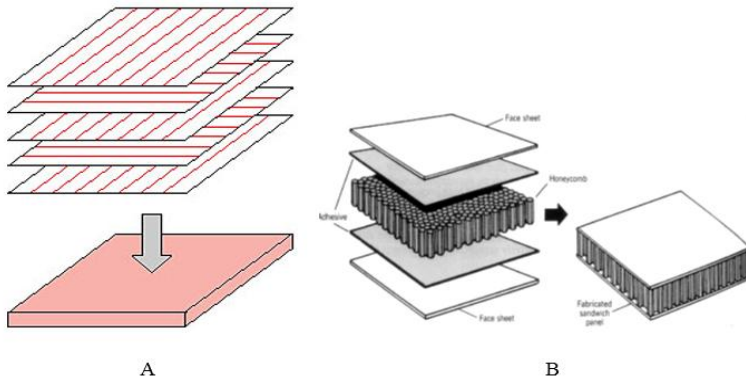
# Dream Litera

*Discontinuous fiber composite* lamina penyusunnya terdiri dari potongan serat pendek yang terputus. Ada dua jenis *discontinuous fiber composite* yaitu *short aligned fiber* (potongan serat tersusun dalam arah yang tertentu sesuai dengan keperluan setiap lamina) dan *in-plane random fiber* (potongan serat disebarakan secara acak atau arahnya tidak teratur).

## 2. *Sandwich panels*

Merupakan salah satu jenis cara penggabungan lamina yang sangat potensial untuk dikembangkan. Komposit ini terdiri dari tiga lapisan yang terdiri dari *flat composite* (metal sheet) sebagai kulit permukaan (skin) serta material inti (core) dibagian tengah. Core yang biasa dipakai adalah core import, polyurethane (PU), PVC dan honeycomb. Komposit ini dibuat dengan tujuan efisiensi berat yang optimal tetapi mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi.

Komposit sandwich merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk menahan beban lentur, dampak, meredam getaran dan suara. Komposit sandwich dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan tetapi mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Pemilihan bahan untuk komposit sandwich adalah ringan, tahan panas dan korosi. Dengan menggunakan material yang sangat ringan, maka akan dihasilkan komposit yang mempunyai sifat kuat, ringan, dan kaku. Komposit sandwich dapat diaplikasikan sebagai struktural maupun non struktural bagian internal dan eksternal pada dinding partisi, kereta, bus, truk, dan jenis kendaraan lainnya.



**Gambar 1.4 A. Laminare B. Sandwich panels**

## 1.4 Keunggulan dan Kerugian Material Komposit

Keunggulan dan kerugian menggunakan material komposit (Schwartz,1996)

Keunggulan menggunakan material komposit :

- Massanya yang relatif ringan jika dibandingkan dengan material logam, tetapi kekuatannya hampir sama.
- Tahan terhadap korosi.
- Biaya produksi relatif rendah.
- Tidak sensitif terhadap bahan kimia.
- Meningkatkan atau mengurangi konduktifitas panas dan elektrik.

Kerugian menggunakan material komposit :

- Matrik yang lemah dan keuletan yang rendah.
- Matriks dapat terdegradasi oleh lingkungan.
- Kesulitan dalam mengikat antara matrik dan filler
- Kesulitan dalam menganalisa.

## 1.5 Manfaat Komposit

### A. Panel Semen Kayu

Komposit yang menggunakan serat alam adalah panel semen kayu (WBC) yang diaplikasikan untuk atap, lantai, dinding. WBC memiliki keunggulan dibandingkan dengan panel yang diproduksi dengan resin, Keunggulannya adalah daya tahan tinggi, stabilitas dimensi yang baik, sifat akustik dan isolasi termal yang baik dan biaya produksi rendah (Claudio,2007).

### B. Material Akustik

Material akustik merupakan komposit yang terdiri dari matrik dan penguat yang fungsi utamanya untuk menyerap suara, dapat sebagai peredam insulasi bunyi (mengurangi kebocoran suara dari satu ruangan ke ruangan lainnya) atau sebagai peredam serap bunyi (mengurangi pantulan yang menyebabkan gema pada ruangan).

Peredam insulasi suara merupakan bahan yang dapat menginsulasi perpindahan suara memiliki karakteristik berat, tidak berpori, elastis. Peredam serap bunyi merupakan bahan yang mampu menyerap energi suara dengan karakteristik ringan, berpori atau berongga, memiliki permukaan lunak atau berselaput, dan tidak dapat meredam getaran.

Pada umumnya material penyerap secara alami bersifat resistif, berserat, berpori atau dalam kasus khusus bersifat resonator aktif. Ketika gelombang bunyi menumbuk material penyerap, maka energi bunyi sebagian akan diserap dan diubah

# Dream Litera

menjadi panas. Besarnya penyerapan bunyi pada material penyerap dinyatakan dengan koefisien serapan  $\alpha$ . Koefisien serapan  $\alpha$  dinyatakan dengan bilangan antara 0 – 1. Nilai koefisien serapan 0 menyatakan tidak ada energi bunyi yang diserap dan nilai koefisien serapan 1 menyatakan serapan yang sempurna (Mediastika,2009).

Penyerap yang berserat umumnya mampu menyerap bunyi dalam jangkauan frekuensi yang lebar dan lebih disukai karena tidak mudah terbakar. Koefisien serapan  $\alpha$  untuk batako 0,01-0,05 sedang bahan akustik sekitar 0,2 – 0,8 atau 2 – 8%.

## **Ringkasan:**

Komposit merupakan suatu material yang tersusun dari dua atau lebih suatu bahan melalui proses pencampuran yang mempunyai perbedaan karakteristik, sifat kimia, sifat mekanik serta tidak saling melarutkan. Komposit dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu: komposit partikel, komposit fiber dan komposit struktur. Komposit partikel dibagi menjadi dua yaitu, large partikel dan *dispersion strengthened*. Komposit fiber dibagi menjadi dua yaitu, *continous/long fiber* dan *discontinous/short fiber*. *Discontinous* ada dua macam, *discontinous aligned* dan *discontinous random*. Komposit struktur dibagi menjadi dua yaitu, *laminates* dan *sandwich panels*.



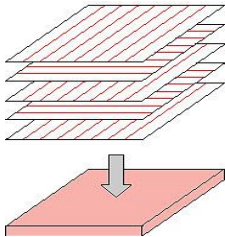
# Dream Litera

## Soal – Soal Latihan:

1. Klasifikasikan contoh – contoh komposit dibawah ini dan jelaskan mengapa termasuk klasifikasi tersebut!

- A. Komposit Cocopeat
- B. Komposit beton dengan bambu petung
- C. Komposit fiber glass dengan alumina powder
- D. Komposit rami dengan resin
- E. Komposit bagase dengan Kalsium dan Pasir

2.



Jelaskan gambar disamping termasuk klasifikasi komposit apa, dan tersusun berapa layer serta setiap layer tergolong komposit fiber apa?

# Dream Litera

## BAB 2

# KOMPONEN – KOMPONEN KOMPOSIT

### **Tujuan Pembelajaran :**

- Memahami komponen – komponen komposit
- Memahami jenis – jenis fiber dan matriks

### **2.1 Serat / Fiber**

Material pembentuk komposit salah satunya adalah serat dimana fungsi serat sebagai filler dalam komposit. Serat yang dipakai dapat berupa serat alami dan sintetis. Serat alami berfungsi sebagai penguat pada bahan polimer karena mengandung selulosa yang merupakan homopolimer glukosa yang mempunyai berat molekul yang besar dimana ikatan hidrogen akan mengikat rantai rantai selulosa sehingga menghasilkan molekul kristalin yang kuat. Penggunaan serat alam sebagai filler semakin banyak digunakan karena aplikasinya yang luas dan harganya yang relatif murah serta mudah memodifikasi sifat mekaniknya karena filler sangat menentukan sifat komposit secara signifikan. Dalam pembuatan komposit filler digunakan untuk meningkatkan kekerasan

# Dream Litera

dan modulus elastisitasnya, tetapi dapat juga dilakukan modifikasi terhadap nilai kekuatan, ketangguhan, stabilitas, konduktivitas panas dan listrik. Serat dalam komposit dapat mencapai 50% dari fraksi volume total material komposit, tetapi serat yang berfungsi sebagai penguat dalam struktur komposit menurut Schwartz (1984) harus memenuhi persyaratan fungsional sebagai berikut:

1. Modulus elastisitas tinggi
2. Kekuatan patah tinggi
3. Kekuatan yang seragam diantara serat
4. Stabil selama penanganan proses produksi
5. Diameter serat yang seragam

Jenis serat/fiber yang biasa digunakan untuk pembuatan komposit antara lain :

1. Fiber Glass : Sifat-sifat fiber glass yaitu densiti cukup rendah (sekitar 2,55g/cc), tensile strengthnya cukup tinggi (sekitar 1,8 Gpa), biasanya stiffnessnya rendah (70Gpa), stabilitas dimensinya baik, resisten terhadap panas dan dingin, tahan korosi, komposisi umum 50-60% SiO<sub>2</sub> dan paduan lain yaitu Al, Ca, Mg, Na, dan lain-lain

Keuntungan dari penggunaan fiber glass: biaya murah, tahan korosi, biayanya relatif rendah dari komposit lainnya sedangkan kerugiannya adalah kekuatannya relatif rendah, elongasi tinggi, kekuatan dan beratnya sedang. Jenis fiber glass ada tiga

# Dream Litera

yaitu, E-glass, C-glass dan S-glass. Perbedaan – perbedaan fiber glass adalah:

- a. E-glass: merupakan isolator yang baik, kekakuan tinggi, kekuatan tinggi
- b. C-glass: Tahan terhadap korosi, kekuatan lebih rendah dari pada E-glass, harga lebih mahal dari E-glass.
- c. S-glass: Modulus lebih tinggi, lebih tahan terhadap suhu tinggi.

**Tabel 2.1 Komposisi senyawa kimia fiber glass.**

Tipe serat	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%CaO	%MgO	%Na <sub>2</sub> O	%B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%K <sub>2</sub> O	%BaO
E-glass	52,4	14,4	0,2	17,2	4,6	0,8	10,6	-	-
C-glass	64,4	4,1	0,1	13,4	3,3	9,6	4,7	0,4	0,9
S-glass	64,4	4,4	-	-	-	0,3	-	-	-

2. Fiber nylon: Fiber nylon mempunyai sifat lebih kuat, lebih ringan, tidak getas dan tidak lebih kaku dari karbon.
3. Fiber carbon: Fiber carbon mempunyai karakteristik densitas 2,3 gram/ cc , Struktur grafit yang digunakan untuk membuat fiber berbentuk seperti kristal intan. Fiber carbon mempunyai karakteristik yaitu,
  - a. Mempunyai karakteristik yang ringan, kekuatas yang sangat tinggi, kekakuan tinggi.
  - b. Memisahkan bagian yang bukan karbon, terdiri dari 90% karbon,

- c. Dapat dibuat bahan turunan grafit yang kekuatannya dibawah serat karbon.
- d. Diproduksi dari Polyacrylnitril (PAN), melalui tiga tahap proses, yaitu: (i) Stabilisasi (peregangan dan oksidasi), (ii) Karbonisasi (pemanasan untuk mengurangi O, H, N), Grafitisasi (meningkatkan modulus elastisitas).

Kelebihan dan kekurangan dari jenis – jenis fiber yang terdapat di industri:

**Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan jenis fiber**

Fiber	Kelebihan	Kekurangan
<b>Fiber-glass</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kekuatan tinggi</li> <li>2. Relatif murah</li> </ol>	Kurang elastis
<b>Fiber-carbon</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kuat hingga sangat kuat</li> <li>2. Stiffness (kuat dan keras) besar</li> <li>3. Koefisien pemuaian kecil</li> <li>4. Menahan getaran</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agak getas</li> <li>2. Nilai peregangan kurang</li> <li>3. Agak mahal</li> </ol>
<b>Fiber-graphite</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lebih stiffness dari carbon</li> <li>2. Lebih ulet</li> </ol>	Kurang kuat dibanding carbon
<b>Fiber-nylon (aramid)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agak stiff (kuat dan keras) dan sangat ulet</li> <li>2. Tahan terhadap benturan</li> <li>3. Kekuatannya besar (lebih kuat dari baja)</li> <li>4. Lebih murah dari carbon</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kekuatan tekan lebih rendah dari carbon</li> <li>2. Ketahanan panas lebih rendah dari karbon (hingga 180°C)</li> </ol>

Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuhan tumbuhan dan hewan. Serat alam merupakan alternatif pengisi (filler) komposit untuk berbagai komposit polimer karena keunggulannya dibanding serat sintetis, serat alam

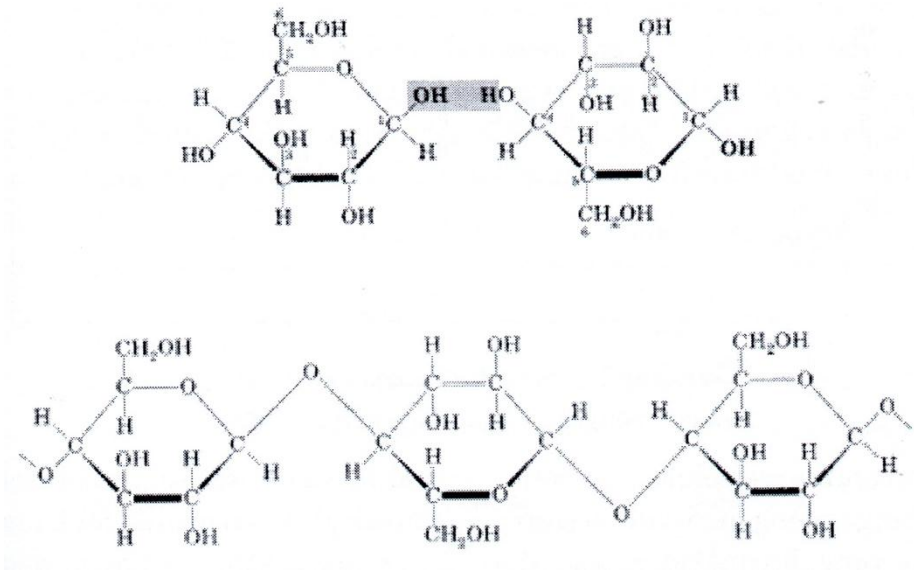
# Dream Litera

mudah didapatkan dengan harga yang murah, mudah diproses densitasnya rendah, ramah lingkungan dan dapat diuraikan secara biologi, pemanfaatan alam sebagai pengisi (filler) komposit di berbagai bidang seperti bidang otomotif dan konstruksi. Menurut Eriningsih (2014) pada umumnya serat alam mempunyai kemampuan dalam menyerap suara untuk mengurangi kebisingan. Serat alam terdiri dari selulosa (cellulose), hemiselulosa, dan lignin. Lignin merupakan unsur dari serat alam yang mempunyai pengaruh yang buruk terhadap kekuatan serat (fibers). Kuat tarik selulosa (*cellulose*) setelah diteliti sebesar 2000Mpa, sedangkan unsur lignin dalam kayu dapat menurunkan kuat tarik sebesar 500Mpa (Siswadi et. al, 2007).

Selulosa merupakan senyawa polisakarida yang banyak terdapat di alam. Berat molekulnya tinggi, tersusun seluruhnya atas  $\beta$ -Dglukosa, strukturnya teratur berupa polimer yang linear. Karena sifat-sifat kimia dan fisiknya maupun struktur supra molekulnya maka ia dapat memenuhi fungsinya sebagai komponen struktur utama dinding sel tumbuhan (Fengel.D, 1995). Selulosa adalah senyawa organik yang terdapat pada dinding sel berperan mengkokohkan struktur tumbuhan. Selulosa tidak pernah ditemukan dalam keadaan murni di alam, tetapi selalu berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin, pektin, hemiselulosa, dan xilan (Goyskor dan Eriksen 1980 dalam Fitriani 2003). Selulosa disusun oleh satu jenis monomer atau homopolisakarida, yaitu glukosa. Selulosa terdiri dari rantai yang lurus (linier), teratur, tidak bercabang, dan tidak mempunyai ikatan asetil. Rantai panjang selulosa terhubung secara bersama melalui

# Dream Litera

ikatan hidrogen dan gaya van der waals (perez et al. 2002). Selulosa mengandung sekitar 50-90% bagian berkrystal dan sisanya bagian amorf (Aziz et al., 2002). Struktur selulosa dapat dilihat pada gambar 2.1.



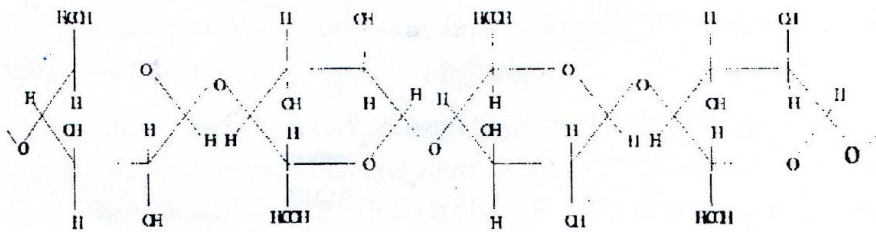
**Gambar 2.1 Struktur selulosa**

Selulosa merupakan bahan penyusun utama dari jaringan serat dan dinding sel pada tumbuh – tumbuhan. Bahan ini terdiri dari sejumlah molekul glukosa yang saling bergandengan melalui gugus b-glukosida dari molekul glukosa yang satu dengan gugus hidroksil C<sub>4</sub> dari molekul glukosa yang lain. Dengan demikian selulosa juga dapat dikatakan sebagai polimer dari selobiosa.

Kadar selulosa pada kayu berkisar 50%. Selulosa mempunyai berat molekul 250.000-1.000.000 gram per mol atau lebih umumnya tiap molekul terdiri dari 1.500 satuan glukosa. Selulosa banyak mengandung serat dan tidak mudah larut dalam air, alkali



encer, dan asam encer pada suhu kamar, serta tidak berasa. Molekul-molekul selulosa seluruhnya berbentuk linier dan memiliki kecenderungan membentuk ikatan-ikatan hidrogen intra dan intermolekul. Gugus-gugus -OH dari molekul-molekul glukosa yang berdekatan dapat membentuk ikatan hidrogen intramolekul. Ikatan hidrogen intramolekul memberikan kekakuan tertentu pada masing-masing rantai. Gugus-gugus -OH dari molekul molekul yang berdekatan dapat membentuk ikatan hidrogen intermolekul (Fengel, D. And Wegner, G., 1995). Struktur molekul selulosa ditunjukkan pada gambar 2.2.



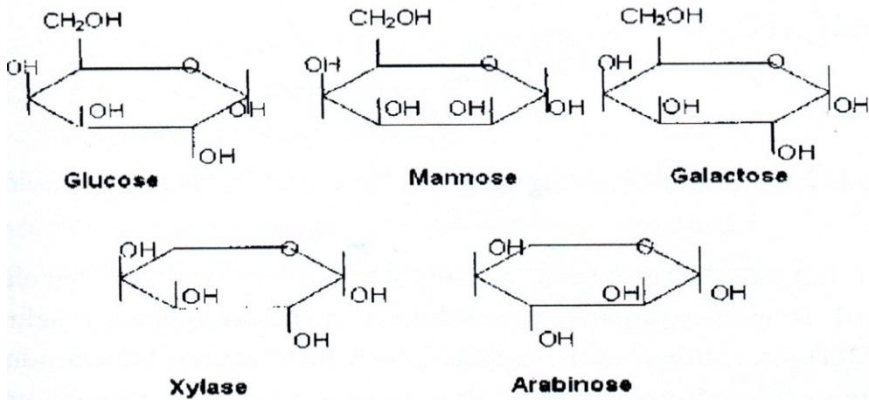
**Gambar 2.2 Struktur molekul selulosa**

Secara normal selulosa berbentuk kristal. Kristal-kristal selulosa tersebut saling bergandengan melalui sejenis gula (bukan glukosa) membentuk rantai panjang yang dinamakan misela. Misela dari selulosa sangat tahan terhadap pengaruh kimia ataupun enzim. Serat yang terdapat pada selulosa ini relatif kuat, yaitu  $>1 \text{ GN/m}^2$  (145.000 psi) dengan elastisitas antara  $70\text{-}37 \text{ GN/m}^2$  ( $10\text{-}20 \times 10^6 \text{ psi}$ ). Hal ini di sebabkan karena selulosa memiliki rantai yang panjang dan kuat terdiri dari ikatan hidrogen dan ikatan hydrophobic yang kuat (setyawati, 2005). Selulosa memiliki karakteristik kekuatan tarik yang tinggi. Karakteristik

# Dream Litera

selulosa antara lain muncul karena adanya struktur kristalin dan amorf serta pembentukan mikro fibril dan fibril yang pada akhirnya menjadi serat selulosa (Indrani, 2011). Selulosa ditemukan pada dinding sel tumbuhan terutama pada tangkai, batang, dahan, dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan. (Lehninger, 1993).

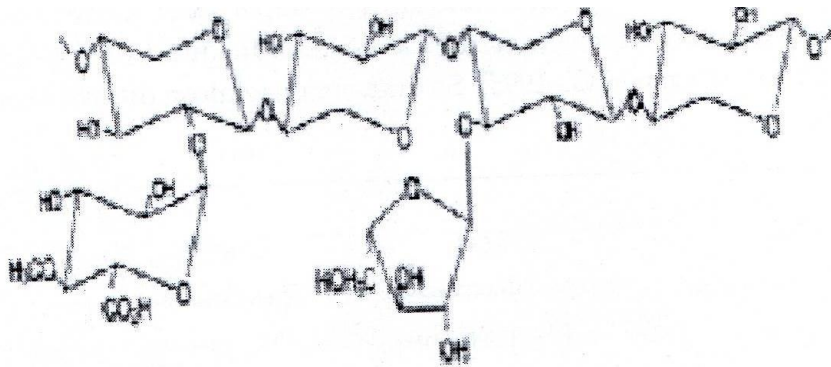
Hemiselulosa berada dengan selulosa. Perbedaannya yaitu komposisi berbagai unit gula penyusunnya, rantai molekul yang lebih pendek, dan adanya percabangan pada rantai. Hemiselulosa merupakan polimer dari sejumlah sakarida – sakarida yang berbeda beda, yaitu D-silosa, L-arabinosa, D-glukosa, dan D-glukorunat. Susunan dari bahan-bahan tersebut di dalam rantai hemiselulosa juga bercabang karena gugus b-glukosida di dalam molekul yang satu dapat berikatan dengan gugus hidroksil  $C_2, C_3$ , atau  $C_4$  dari molekul yang lain. Berbeda dengan selulosa, hemiselulosa berbentuk amorf. Hemiselulosa adalah polisakarida yang mempunyai berat molekul lebih rendah dari selulosa, biasanya terdapat pada dinding sel, berkaitan dengan selulosa dan lignin. Kandungan hemiselulosa di dalam kayu berkisar antara 20-35%. Degradasi hemiselulosa terjadi lebih dulu dari pada degradasi selulosa. Hemiselulosa tidak dapat larut dalam air, tetapi larut dalam larutan alkali encer dan lebih mudah dihidrolisa oleh asam (Fengel, D. and Wegner, G., 1995). Struktur hemiselulosa ditunjukkan pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3 Struktur hemiselulosa**

Hemiselulosa termasuk dalam kelompok polisakarida heterogen yang dibentuk melalui jalan biosintesis yang berbeda dari selulosa. Hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi menjadi komponen-komponen monomer hemiselulosa kebanyakan hemiselulosa mempunyai derajat polimerisasi hanya 200 (Palonen, 2004; Sjostrom, 1998). Hemiselulosa mempunyai rantai polimer yang pendek dan tak berbentuk, oleh karena itu sebagian besar dapat larut dalam air. Rantai utama dari hemiselulosa dapat berupa homopolimer (umumnya terdiri dari satu jenis gula yang berulang) atau juga berupa heteropolimer (campurannya beberapa jenis gula) (Ibrahim,1998). Dilihat dari strukturnya, selulosa dan hemiselulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk di jadikan sebagai penjerap karena gugus OH, menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben tersebut. Mekanisme jerapan yang terjadi antar gugus -OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif

(kation) merupakan mekanisme pertukaran ion (Sukarta, 2008). Struktur selulosa dapat dilihat pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4 Struktur dasar lignoselulosa hemiselulosa**

Kandungan hemiselulosa kebanyakan ditemukan di sekeliling mikrofibril selulosa, dimana hemiselulosa membantu ikatan selulosa (Dewi, 2011). Mac Donal dan Frankling (1969) menyatakan bahwa adanya hemiselulasi mengurangi waktu dan tenaga yang di perlukan untuk melunakkan serat selama proses mekanik. Kandungan hemiselulosa yang tinggi memberikan kontribusi pada ikatan antar serat karena hemiselulosa bertindak sebagai perekat dalam setiap serat tunggal.

Selulosa dan hemiselulosa apabila ditambahkan pada adonan pembentuk beton akan terserap pada permukaan partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya, serta menghambat defusi air dalam material akibat sifat hidrofobnya. Dengan demikian dapat dihasilkan beton yang lebih kuat dan relatif tidak tembus air, yang dapat di pakai sebagai bahan konstruksi untuk tujuan - tujuan khusus (Saifuddin, 2013).

# Dream Litera

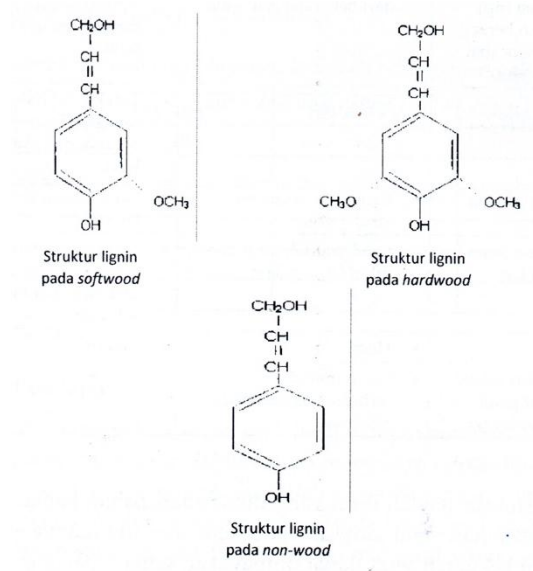
Lignin adalah komponen makromolekuler dinding sel ketiga. lignin tesusun dari satuan - satuan fenilpropan yang satu sama lain di kelilingi berbagai zat pengikat (Hohnholz, J.H, 1998). Suatu komposit akan mempunyai sifat fisik atau kekuatan yang baik apabila mengandung sedikit lignin, karena lignin bersifat kaku dan rapuh. Lignin merupakan senyawa polimer yang berkaitan dengan selulosa dan hemiselulosa pada jaringan tanaman. Lignin secara umum tidak ditemukan dalam bentuk sederhana di antara polisakarida-polisakarida dinding sel tanaman, tetapi selalu tergabung atau berkaitan dengan polisakarida tersebut. Lignin merupakan senyawa polimer aromatik kompleks yang terbentuk memlalui polimerisasi tiga deimensi dari sinamil alkohol yang merupakan turunan dari fenilpropana (Fengel, D. and Wegner,G., 1995). Lignin berbentuk nin-kristal, mempunyai daya absorpsi yang kuat, di alam bersifat thermoplastic, sangat stabil, sulit dipisahkan, dan mempunyai bentuk yang bermacam-macam sehingga struktur lignin pada tanaman bermacam-macam (Setyawati, 2005).

Lignin pada tanaman dapat di bagi menjadi 3 tipe:

1. Lignin pada kayu lunak (*softwood*)
2. Lignin dari kayu keras (*hardwood*)
3. Lignin dari rumput-rumputan, bambu, dan palmae (*non-wood*)

# Dream Litera

Struktur lignin pada tanaman ditunjukkan pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5 Struktur lignin**

Lignin merupakan produk massa tumbuhan-tumbuhan yang secara biologis paling lambat dirusak, dengan demikian lignin merupakan sumber utama bahan organik yang lambat dirusak oleh asam-asam fuminat yang terdapat dalam tanah. Lignin tidak larut dalam air, sebagian besar pelarut organik, dan asam mineral yang kuat. Lignin memiliki spektrum serapan absorpsi ultraviolet (UV) yang khas dan memberikan reaksi warna yang khas dengan banyak fenol dan animo aromatik (Fengel, D. and Wegner, G., 1995).

Perbedaan antara selulosa, hemiselulosa dan lignin tertera pada tabel 2.3

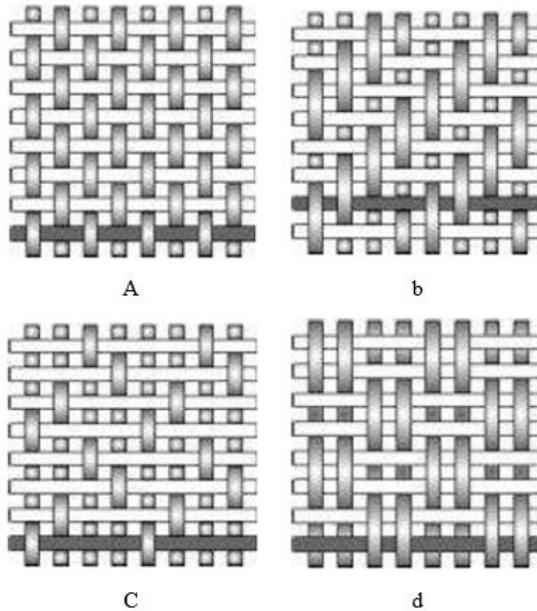
**Tabel 2.3 Sifat – sifat fisik biomassa lignoselulosa**

Selulosa	Hemiselulosa	Lignin
<b>Polisakarida linier dengan derajat polimerisasi (dp) N10000 dan berat molekul mencapai 400000</b>	Polisakarida dengan rantai bercabang, terdiri dari beberapa unit gula	Struktur kimianya sangat kompleks, membentuk lapisan tengah yang menjadi pengikat antar serat
<b>Tidak larut dalam air dan pelarut organik</b>	Sedikit larut dalam air	Tidak larut dalam air, sebagian besar pelarut organik dan asam mineral kuat
<b>Tidak larut dalam alkali encer</b>	Larut dalam larutan alkali encer	Larut dalam alkali encer
<b>Larut dalam asam mineral pekat</b>	Lebih mudah larut dan dihidrolisa dalam asam	Lignin pada struktur kristal selulosa jaringan tanaman menghambat hidrolisa selulosa oleh asam
<b>Selulosa</b>	hemiselulosa	Lignin
<b>Terhidrolisis relatif lebih cepat pada temperatur tinggi</b>	Lebih mudah terhidrolisis dari pada selulosa	

Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik. Berberapa kelebihan serat sintetis yaitu serat dan ukurannya relatif seragam dan kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, kevlar, nylon, dan lain-lain (Schwartz, 1984).

# Dream Litera

Jenis – jenis orientasi serat adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.6 Model anyaman (a) Plain 1-1, (b) twill 2-1, (c) satin 3-1, (d) basket 2-2**

## 2.2 Matriks

Matriks adalah suatu material yang berbentuk cairan pada suhu ruang, atau material padatan yang dapat meleleh pada suhu diatas  $200^{\circ}$  C. Pada dasarnya matriks adalah resin, sehingga memiliki fungsi yang sama dengan resin. Matriks dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

### 1. Termoplastik

Termoplastik adalah resin yang melunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan, atau dapat dikatakan bahwa proses pengerasannya bersifat *reversible*. Resin termoplastik



# Dream Litera

memberikan sifat – sifat yang lebih baik, ketahanan terhadap *cracking* yang lebih tinggi, dan lebih mudah dibentuk tanpa katalis. Namun resin tipe ini sulit dikombinasikan dengan *reinforcement* karena viskositas dan kekuatannya yang tinggi. Beberapa contoh resin termoplastik antara lain: Polyvinylchloride (PVC), polyethylene, polypropylene dan lain – lain.

## 2. Termoset

Termoset adalah resin yang akan mengeras jika dipanaskan lebih lanjut tidak akan melunak, atau dengan kata lain proses pengerasannya irreversible. Beberapa contoh resin termoset antara lain: resin phenolic, polimer melamin, resin epoksi, resin *polyester*, silicon dan polyamide.

## 3. Polyester

*Polyester* mempunyai harga yang murah, mudah digunakan dan sifat versalitasnya. Selain itu resin *polyester* mempunyai daya tahan terhadap *impact* (*Impact Test*), tahan terhadap segala cuaca, transparan dan efek permukaan yang baik. Kerugian penggunaan resin *polyester* adalah memiliki daya rekat yang kurang baik dan sifat inhibisi dari udara dan *filler*. Jenis hardener pada system *curing* untuk resin polyeter kebanyakan adalah peroksida seperti benzoil peroksida atau peroksida metil – etil keton yang lebih dikenal dengan nama MEKPO. Sedangkan *filler* yang banyak digunakan adalah kalsium karbonat karena harganya yang murah dan kemampuannya yang tinggi dalam kekuatan terhadap tekanan.

**Tabel 2.4 Komposisi Resin Polyester**

No	Komposisi	Min – Max	Satuan
1.	Volume rata-rata atom	347.835-366.143	ln <sup>3</sup> /Kmol
2.	Densitas	71.1679-91.1448	Lb/ft <sup>3</sup>
3.	Energi tetap	8667.09-108.93	Kcal/Lb
4.	Harga	0.786451-1.6444	USD
5.	Recycle Fraksi	0.03-0.05	

**Tabel 2.5 Sifat Termal Resin Polyester**

No	Sifat Thermal	Min – Max	Satuan
1.	Temperatur glass	194.444 – 227.778	°R
2.	Panas laten peleburan	-	BTU/Lb
3.	Perlakuan panas maks	216.667 – 227.778	°R
4.	Titik lebur	-	°R
5.	Perlakuan panas min	105.556 – 111.111	°R
6.	Panas spesifik	0.928629 – 0.990538	BTU/Lb.F
7.	Konduktifitas panas	0.280805 – 1.12322	BTU.ft/h.ft <sup>2</sup> .F
8.	Expansi panas	144 – 270	10 <sup>6</sup> /°F

**Tabel 2.6 Sifat Kelistrikan Resin Polyester**

No	Sifat Kelistrikan	Min – Max	Satuan
1.	Kekuatan patah	381 – 406.4	V/mil
2.	Ketetapan Dielektrik	4.5 – 5.6	
3.	Resistansi	1e+018 – 1e+020	10 <sup>8</sup> .ohm.m
4.	Faktor tenaga	0.01 – 0.03	

**Tabel 2.7 Ketahanan Terhadap Lingkungan Resin Polyester**

No	Ketahanan Lingkungan	Tingkatan
1.	Kemampuan bakar	Rata – rata
2.	Air tawar	Sangat baik
3.	Organik pelarut	Rata – rata
4.	Oksidasi	Sangat buruk
5.	Air laut	Sangat baik
6.	Kekuatan asam	Rata – rata
7.	Kekuatan alkali	Rata – rata
8.	Ultraviolet	Baik
9.	Pemakaian	Rata – rata
10.	Asam lemah	Sangat baik
11.	Alkali lemah	Sangat baik

**Tabel 2.8 Perbandingan Sifat Termoset Resin**

Jenis polimer	Termoset		
	Epoxy	Polyester	Vinyl ester
Nama polimer	Epoxy	Polyester	Vinyl ester
<i>Spesifik gravity</i>	1,11 - 1,40	1,04 – 1,46	1,16 – 1,35
<i>Tensile strength, Mpa</i>	27,58 - 89,63	4,14 – 89,63	72,39 – 81,01
<i>Tensile modulus, (10<sup>3</sup>Mpa)</i>	2,413	2,068 – 3,447	2,413 – 4,137
<i>Elongation, %</i>	3 – 6	1 – 5	3,5 – 5,5
<i>Deflektion temperature, °C</i>	97- 523	122 – 382	132 – 152
<i>Flexural strength, Mpa</i>	89,63 – 444,79	58,61 – 158,58	117,21 – 24,11

## Rangkuman:

Material pembentuk komposit salah satunya adalah serat dimana fungsi serat sebagai *filler* dalam komposit. Serat yang dipakai dapat berupa serat alami dan sintetis. Serat alami berfungsi sebagai penguat pada bahan polimer karena mengandung selulosa yang merupakan homopolimer glukosa yang mempunyai

# Dream Litera

berat molekul yang besar dimana ikatan hidrogen akan mengikat rantai rantai selulosa sehingga menghasilkan molekul kristalin yang kuat. Syarat – syarat pemilihan serat meliputi, modulus elastisitas tinggi, kekuatan patah tinggi, kekuatan yang seragam diantara serat, stabil selama penanganan proses produksi, diameter serat yang seragam. Matriks adalah suatu material yang berbentuk cairan pada suhu ruang, atau material padatan yang dapat meleleh pada suhu diatas 200<sup>0</sup> C. Pada dasarnya matriks adalah resin, sehingga memiliki fungsi yang sama dengan resin. Matriks dibagi menjadi tiga bagian yaitu, termoplastik, termoset dan polyester.

## **Soal – Soal Latihan :**

1. Jelaskan perbedaan dari jenis fiber glass, fiber carbon dan fiber nylon serta sebutkan aplikasi tekniknya?
2. Sebutkan 5 macam polymer yang berpotensi sebagai matriks dan perkirakan jenis fillernya serta jelaskan aplikasi kegunaannya?

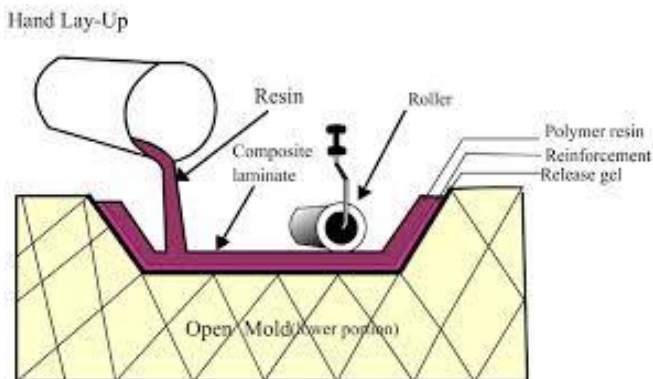
## BAB 3 METODE PEMBUATAN KOMPOSIT

### Tujuan Pembelajaran:

- Memahami Metode pembuatan komposit
- Mampu membuat komposit

Dalam material komposit, metode – metode pembuatannya terdapat berbagai macam cara. Sesuai dengan perkembangan penelitian, metode pembuatan komposit dibagi menjadi 2 metode, yaitu:

### 3.1 Metode Hand Lay-up



Gambar 3.1 Proses Hand Lay Up

# Dream Litera

Proses ini dilakukan dalam kondisi dingin dan dengan memanfaatkan keterampilan tangan. Serat bahan komposit ditata sedemikian rupa mengikuti bentuk cetakan atau mandril, kemudian dituangkan resin sebagai pengikat antara satu lapisan serat dengan lapisan yang lain. Demikian seterusnya, sehingga sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan. Ada lima cara aplikasi resin yaitu:

- a. *Chopped laminate Process* menggunakan alat pemotong fiber yang biasanya serat panjang membentuk serat menjadi lebih pendek.
- b. *Manual resin application* proses pengaplikasian antara resin dan fiber dilakukan secara manual dengan tangan.
- c. *Mechanical resin application* proses pengaplikasiannya antara resin dan fiber menggunakan bantuan mesin dan berlangsung secara kontinyu.
- d. *Atomised spray up* pada teknik pabrikasinya system pada metode ini tidak kontinyu, biasanya digunakan untuk membuat material komposit dengan ukuran yang lebih kecil.
- e. *Non atomised application* untuk metode ini pada pengaplikasiannya menggunakan mesin potong fiber, pelaminasi resin dan tekanan dari *roller* yang berjalan kontinyu. Metode ini lebih menguntungkan bila digunakan untuk pabriikasi material komposit yang berdimensi besar mengingat prosesnya yang kontinyu.

Pembuatan komposit dengan metode *hand lay-up* dibutuhkan tekanan untuk mengurangi porositas komposit yang dapat mengakibatkan kegagalan material. Dalam perlakuan tekanan pada proses *hand lay up* dibagi menjadi dua cara yaitu:

## 1. *Natural Pressure*

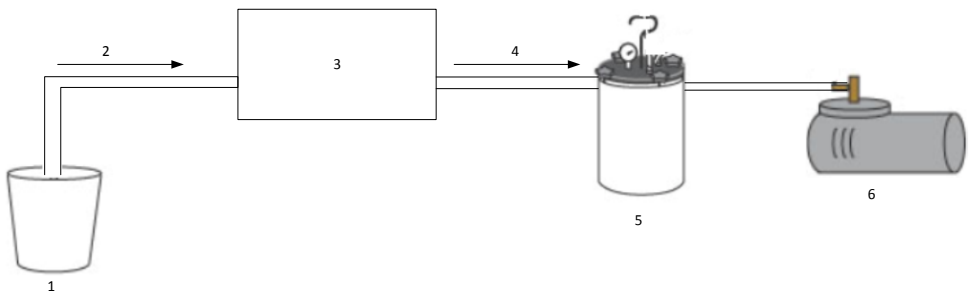
Dimana dalam pembuatan komposit tekanan yang digunakan tekanan atmosfer. Pada metode ini tidak diberikan tekanan buatan, sehingga komposit akan jadi sesuai dengan tekanan atmosfer.

## 2. *Force Pressure*

Pada proses pembuatan komposit diberikan tekanan menggunakan alat tekan yang dapat diatur input tekanannya. Fluida yang digunakan biasanya menggunakan fluida angin. Tekanan yang digunakan pada pembuatan komposit menggunakan tekanan 5 bar.

## 3.2 Metode *Vacum Bagging*

Metode *vacuum bagging* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 3.2 Skema *Vacuum Infusion Resin***

# Dream Litera

Bagian – bagian alat:

1. Resin
2. Resin In
3. Cetakan
4. Vacuum Out
5. Resin Trap
6. Pompa Vakum

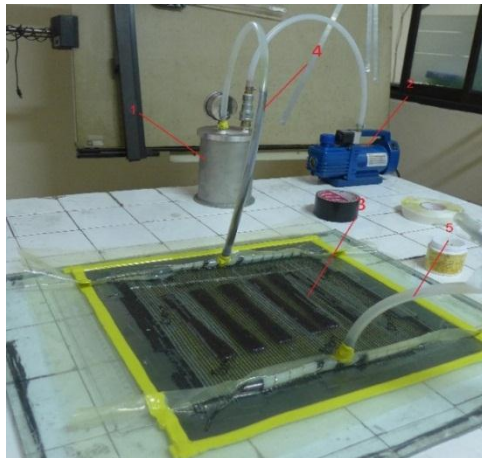
Tahapan dalam proses ini, antara lain:

- a) Mempersiapkan kaca ukuran 600 x 500 mm dengan tebal 10 mm
- b) Menyusun serat dengan maksimal serat dalam 1 kaca sebanyak 10 - 12 bendel
- c) Memberi batas berupa persegi mengelilingi kaca dengan lakban hitam.
- d) Melapisi permukaan kaca dengan *mirror glaze* hingga rata
- e) Meletakkan serat pada kaca yang telah dilapisi oleh *mirror glaze*
- f) Memotong *peel ply* sesuai lebar dan panjang lakban hitam
- g) Memotong *flow media* sesuai lebar dan panjang lakban hitam
- h) Memasang *spiral tube* dan *T connector* diatas *flow media*.
- i) Memasang *sealent tape* dan buka pembungkus *sealent tape*
- j) Memasang *bag film* pada *sealent tape*
- k) Memasang *flow tube* pada *bagging* dan *vaccum trap*
- l) Menutup Tutup *flow tube in* dengan tang penjepit
- m) Menyalakan pompa vakum sampai mencapai tekanan -27 atm.



# Dream Litera

- n) Mematikan pompa vakum dan periksa kebocoran pada sistem *vaccum bag* dengan durasi waktu 30 menit
- o) Mempersiapkan dan timbang resin yang akan digunakan pada gelas plastik
- p) Menyalakan pompa vakum dan buka *flow tube in* yang telah tersambung pada gelas resin
- q) Mematikan pompa, jika resin telah mengalir pada *flow tube out*
- r) Membuka *bagging* dari cetakan, jika komposit telah *full cure*
- s) Finishing komposit dengan gerinda
- t) Memasang plat alumunium di masing-masing ujung spesimen dengan merekatkan alumunium dan komposit menggunakan lem araldite merah



**Gambar 5.3 Instalasi *Vacuum Infusion Resin***

# Dream Litera

## **Rangkuman:**

Dalam material komposit, metode – metode pembuatannya terdapat berbagai macam cara. Sesuai dengan perkembangan penelitian, metode pembuatan komposit dibagi menjadi 2 metode yaitu, metode *hand lay up* dan metode *vacuum bagging*.

## **Soal – Soal Latihan:**

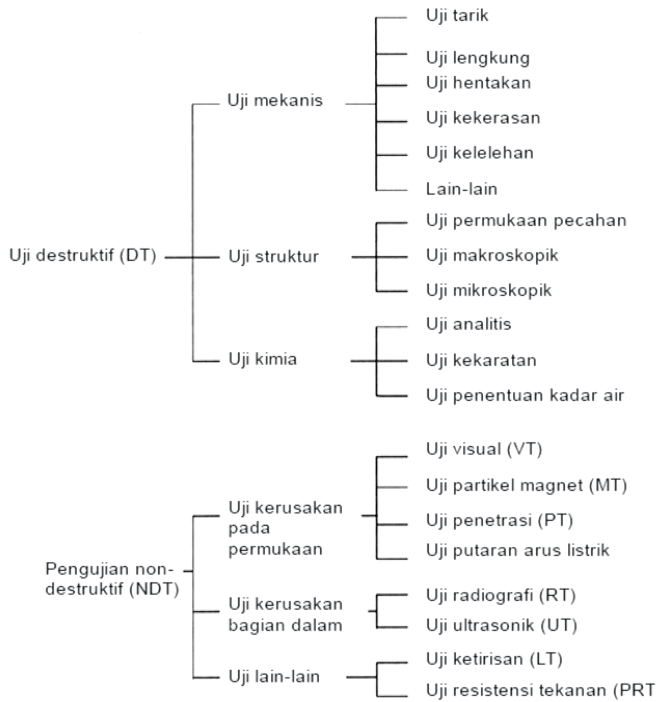
1. Sebutkan komponen – komponen dalam pembuatan komposit dengan metode vacuum beserta fungsinya?
2. Rancanglah pembuatan komposit *sandwich* serat rami dengan filler cocopeat dan matriks polyester menggunakan metode *hand lay-up*?

## BAB 4 SIFAT – SIFAT MEKANIS KOMPOSIT

### Tujuan Pembelajaran:

- Memahami dasar – dasar pengujian
- Memahami macam – macam pengujian
- Memahami fungsi pengujian

Untuk menentukan sifat – sifat mekanis pada material komposit dapat diketahui dengan metode pengujian. Metode pengujian material dapat diklasifikasikan menjadi pengujian merusak atau *destruktif testing* (DT) dan pengujian tidak merusak atau *non-destruktif testing* (NDT). Dalam pengujian *destruktif*, sebuah spesimen dilakukan perubahan bentuk dengan dirusak untuk menguji sifat-sifat mekanik dan penampilan daerah komposit tersebut. Dalam pengujian *non-destruktif testing*, hasil komposit diuji tanpa perusakan untuk mendeteksi kerusakan hasil komposit dan cacat dalam. Klasifikasi metode pengujian komposit dan manfaat pengujian destruktif dan non-destruktif dijelaskan pada gambar berikut (Sunaryo, 2008):



**Gambar 4.1** Klasifikasi metode pengujian komposit  
(Sumber: Sunaryo, 2008; 442)

## 4.1 Pengujian Tarik



**Gambar 4.2** Alat Uji Tarik  
(Sumber: Lab Metalografi ITN Malang)

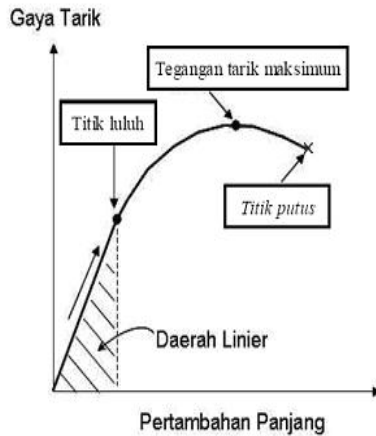
# Dream Litera

Spesifikasi alat uji tarik dari gambar 4.2 adalah:

Maker	: Hung Ta
Model	: HT - 9502
Serial No.	: 1146
Country of Original	: Taiwan
Capacity	: 50.000Kgf

Uji tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*).

Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap berupa kurva seperti digambarkan pada Gambar 4.3. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang.



**Gambar 4.3 Gambaran singkat uji tarik**

(Sumber: modul praktikum material teknik 2 ITN Malang)

## 1. Hubungan Tegangan Dan Regangan.

### A. Hukum Hooke (Hooke's Law).

Hampir semua logam pada tahap awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau linear zone. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang dengan beban mengikuti aturan Hooke yaitu rasio tegangan (stress) dan regangan (strain) adalah konstan.

- Tegangan (stress) adalah beban dibagi luas penampang bahan.
- Regangan (strain) adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

Sehingga dirumuskan:

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

# Dream Litera

dimana :  $\sigma$  = Tegangan (Kg / mm<sup>2</sup>)  
 $P$  = Beban Tarik (Kg)  
 $A_0$  = Luas penampang spesiment awal (mm<sup>2</sup>)

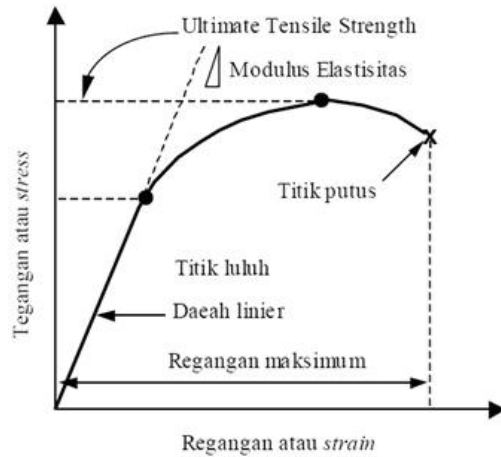
$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\Delta L}{L_0} \\ &= \frac{L - L_0}{L_0}\end{aligned}$$

Dimana :  $\varepsilon$  = Regangan  
 $L_0$  = Panjang batang uji awal (mm)  
 $L$  = Panjang batang uji saat menerima beban (mm)

Maka, hubungan antara tegangan dan regangan adalah:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

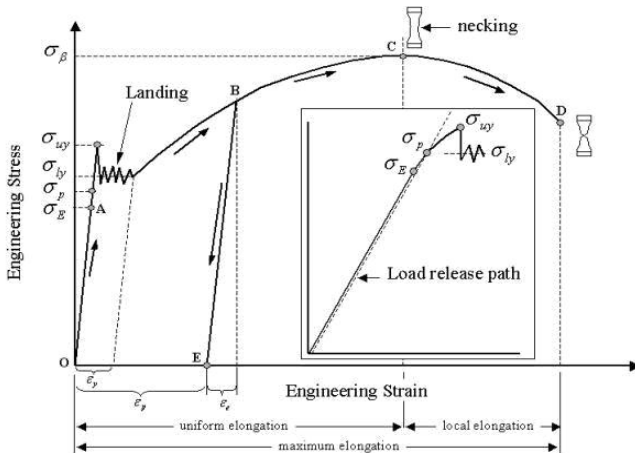
Untuk memudahkan pembahasan, Gambar 4.3 kita modifikasi sedikit dari hubungan antara gaya tarikan dan pertambahan panjang menjadi hubungan antara tegangan mekanis dan regangan. Selanjutnya kita dapatkan Gambar 4.4, yang merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik. E adalah gradien kurva dalam daerah linier, di mana perbandingan tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\varepsilon$ ) selalu tetap. E diberi nama Modulus Elastisitas atau Modulus Young. Kurva yang menyatakan hubungan antara *strain* dan *stress* seperti ini sering disingkat dengan kurva SS (SS curve).



**Gambar 4.4 Kurva tegangan-regangan**

(Sumber: modul praktikum material teknik 2 ITN Malang)

Sekarang akan kita bahas profil data dari uji tarik secara lebih detail. Untuk keperluan kebanyakan analisa teknik, data yang didapatkan dari uji tarik dapat digeneralisasi seperti pada Gambar 4.4, yaitu:



**Gambar 4.5 Profil data hasil uji tarik**

(Sumber: modul praktikum material teknik 2 ITN Malang)



# Dream Litera

Kita akan membahas istilah mengenai sifat – sifat mekanik bahan dengan berpedoman pada hasil uji tarik seperti pada gambar 4.5. Asumsikan kita mulai uji tarik mulai dari titik o sampai D sesuai dengan arah panah dalam gambar.

- a. Batas elastic  $\sigma_E$  (*elastic limit*): Pada gambar 4.5 dinyatakan dengan titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula yaitu regangan nol pada titik o. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum hooke tidak lagi berlaku.
- b. Batas proporsional  $\sigma_P$  (*proportional limit*): Titik dimana penerapan hukum hooke masih bias di tolerir. Tidak ada standarisasi tentang nilai ini. Dalam praktek, biasanya batas proporsional sama dengan elastic.
- c. Deformasi plastis (*plastic deformation*): Perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula. Pada gambar 4.5 yaitu bila bahan ditarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah *landing*.
- d. Tegangan luluh atas  $\sigma_{uy}$  (*upper yield stress*): Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah *landing* peralihan deformasi elastic ke plastis.
- e. Tegangan luluh bawah  $\sigma_{ly}$  (*lower yield stress*): Tegangan rata – rata daerah *landing* sebelum benar – benar memasuki fase deformasi plastis. Bila hanya disebutkan tegangan luluh (*yield stress*), maka yang dimaksud adalah tegangan mekanis pada titik ini.

# Dream Litera

- f. Regangan luluh  $\epsilon_y$  (*yield strain*): Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.
- g. Regangan elastic  $\epsilon_e$  (*elastic strain*): Regangan yang diakibatkan perubahan elastic bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.
- h. Regangan plastis  $\epsilon_p$  (*plastic strain*): Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.
- i. Regangan total (*total strain*): Merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastic ( $\epsilon_T = \epsilon_e + \epsilon_p$ ). Perhatikan beban dengan arah OABE. Pada titik B, regangan yang ada adalah regangan total. Ketika beban dilepaskan, posisi regangan ada pada titik E dan besar regangan yang tinggal (OE) adalah regangan plastis.
- j. Tegangan tarik maksimum (UTS, *Ultimate tensile strength*): Pada gambar 4.5 ditunjukkan dengan titik C ( $\sigma_B$ ), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.
- k. Kekuatan patah (*breaking strength*): Pada gambar 4.5 ditunjukkan dengan titik D, merupakan besar tegangan dimana bahan yang diuji putus atau patah.

## 2. Metode *offset*

Kekuatan elastic ditunjukkan dengan titik luluh (Y). Untuk logam – logam yang ulet (*ductile*) memperlihatkan terjadinya *yield* (luluh) dengan jelas sehingga batas ini mudah ditentukan. Tetapi untuk logam yang lebih getas dimana *yield* (Y) tidak tampak jelas

# Dream Litera

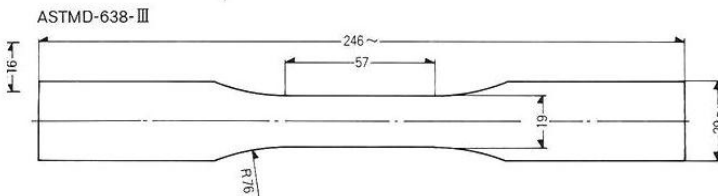
maka *yield* dapat ditentukan dengan menggunakan *offset method*. Dalam hal ini *yield* dianggap dianggap mulai terjadi bila timbul regangan plastis sebesar 0,2 % atau 0,35 % (tergantung kesepakatan).

Secara grafis, *offset yield strength* dapat dicari dengan menarik garis sejajar dengan garis elastic dari titik regangan sebesar 0,2 % atau 0,35 % hingga memotong kurva, titik perpotongan ini menunjukkan *yield*.

### 3. Batang uji dan ukuran uji tarik

Benda uji yang digunakan mempunyai bentuk seragam berpenampang silinder atau segi empat (plat) dengan ujungnya dibuat lebih besar yang bertujuan untuk menghasilkan tegangan axial pada batang uji, menghindari patahan yang terjadi diujung atau dipangkal batang uji. Ukuran dan prosedur pengujian harus dilakukan dengan cara – cara menurut standar tertentu, baru kemudian dari hasil pengujian diambil kesimpulan mengenai sifat mekanik batang uji.

#### ASTM D638 Type III



**Gambar 4.6 Spesimen uji sesuai standar ASTM D638**  
(Sumber: ASTM Books)

# Dream Litera

Keterangan:

D : Lebar = 29 mm

L<sub>c</sub> : Length of reduced = 100 mm

L<sub>o</sub> : Gauge length = 60 mm

L<sub>t</sub> : Minimum total length = 246 mm

T : Tebal = 10 mm

## 4. Diagram Tegangan – Regangan Sebenarnya

Diagram tegangan – regangan rekayasa tidak memberikan indikasi karakteristik deformasi komposit yang sebenarnya, karena diagram tersebut semuanya berdasarkan pada dimensi benda uji semula dan dimensi berubah terus menerus selama pengujian. Dengan demikian seharusnya tegangan regangan dihitung berdasarkan luas penampang dan panjang uji pada sesaat itu. Dari hal tersebut terlihat bahwa sebenarnya diagram tegangan – regangan konvensional kurang akurat, tetapi untuk keperluan teknik pada umumnya dianggap sudah memadai karena itu biasanya disebut juga diagram tegangan – regangan teknik. Untuk perhitungan yang lebih detail dengan ketelitian yang tinggi diperlukan diagram tegangan – regangan sebenarnya.

Tegangan sebenarnya:

Sebelum ultimate :  $\sigma_s = \sigma (e + 1)$

Sesudah Ultimate :  $\sigma_s = P_i / A_i$

Regangan sebenarnya :

Sebelum ultimate :  $\epsilon_s = \ln (e + 1)$

Sesudah ultimate :  $\epsilon_s = \ln (A_o / A_i)$

# Dream Litera

Hubungan tersebut diatas hanya berlaku setelah terjadinya pengecilan penampang setempat (Necking), lebih dari beban maksimum tegangan – regangan sebenarnya harus ditentukan dari pengukuran beban dan luas penampang yang sebenarnya.

## 4.2 Pengujian Impak



**Gambar 4.7 Alat Uji Impak**

(Sumber: modul praktikum material teknik 2 ITN Malang)

Spesifikasi :

Maker	: Hung Ta
Model	: HT8041 A
Country of original	: Taiwan
Capacity	: 30 Kgf
Angel of hammer knife edge	: 30 <sup>0</sup>
Life angel of hammer	: 140 <sup>0</sup>
Weight of hammer (W)	: 26.32 Kg
Speed of hammer at impact point	: 5 m / sec
Diameter mata pisau (L)	: 0,075 m
Panjang lengan pendulum (R)	: 0,647 m

# Dream Litera

Ketangguhan adalah suatu ukuran energy yang diperlukan untuk mematahkan bahan. Suatu bahan ulet dengan kekuatan yang sama dengan bahan rapuh akan memerlukan energy perpatahan yang lebih besar dan mempunyai sifat tangguh yang lebih baik. Penurunan ketangguhan dapat berakibat fatal, oleh karena itu ketangguhan perlu diukur atau dikuantifikasikan secara konvensional yang mana hal tersebut dilakukan dengan uji impak/benturan.

Ada dua macam pengujian impak, yaitu:

a. Metode Izod

Menggunakan batang impak cantilever. Benda uji izod sangat jarang digunakan pada saat sekarang. Pada benda uji izod mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran dan bertakik V didekat ujung yang dijepit. Metode ini digunakan di Inggris.

b. Metode Charpy

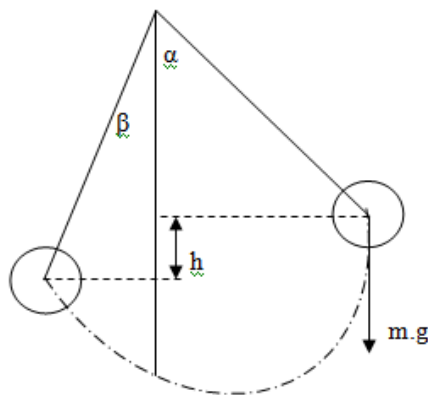
Menggunakan batang impak yang ditumpu pada ujung – ujungnya. Benda uji charpy mempunyai luas penampang lintang bujur sangkar dan mengandung takik V dengan jari – jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm. Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang tidak bertakik diberi beban impak dengan ayunan bandul. Benda uji akan melengkung dan patah pada laju regangan yang tinggi.

Perbedaan charpy dengan izod adalah peletakan specimen. Pengujian dengan menggunakan charpy lebih akurat karena pada

izod pemegang specimen juga turut menyerap energy, sehingga energy yang terukur bukanlah energi yang mampu diserap material seutuhnya.

## 1. Pengujian impak metode charpy

Uji impak adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Pengujian impak merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian impak dengan pengujian tarik dan kekerasan dimana pembebanan dilakukan secara perlahan – lahan. Pengujian impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan – lahan melainkan datang secara tiba – tiba, contoh deformasi pada bumper mobil pada saat terjadinya tumbukan kecelakaan.



**Gambar 4.8 Mekanisme pengujian impak**

(Sumber: modul praktikum material teknik 2 ITN Malang)

# Dream Litera

Usaha yang dipakai untuk mematahkan bahan logam per satuan luas penampang pada takikan dinamakan kekuatan impact bahan tersebut. Sebelum dilepas, bandul membentuk sudut  $\alpha$  dengan sumbu tegak dan setelah memutuskan specimen mengayun sampai maksimum membuat sudut  $\beta$  dengan sumbu tegak.

Dari gambar 4.8 sketsa mekanisme pengujian tarik dapat menghitung energi yang diserap spesimen dalam menahan tumbukan pendulum dengan rumus:

$$E = m.g.(h_{\alpha} - h_{\beta})$$

Karena  $h$  adalah tinggi posisi pendulum  $0^{\circ}$  - tinggi posisi pendulum  $\alpha$  atau  $\beta$ , maka didapat rumus  $h$ :

$$h_{\alpha} = R - R \cos \alpha$$

$$h_{\beta} = R - R \cos \beta$$

sehingga didapat rumus energi

$$E = m.g. \{(R - R \cos \alpha) - (R - R \cos \beta)\}$$

Di substitusikan

$$E = m.g.R \{(1 - \cos \alpha) - (1 - \cos \beta)\}$$

$$= m.g.R(\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= W.R(\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$HI = \frac{E}{A_0}$$

$$A_0 = b \times h$$

Dimana,

$E$  = Energi (Joule)



# Dream Litera

- W = Berat pendulum = 26,32 Kg
- R = Panjang lengan pendulum = 0,647 m
- HI = Harga impak (joule/mm<sup>2</sup>)
- A<sub>o</sub> = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)
- h = Tinggi Takik (mm)
- b = Lebar penampang (mm)

Pada metode charpy benda uji diletakkan mendatar dan ujung – ujungnya ditahan kearah mendatar oleh penahan yang berjarak 40 mm. Bandul berayun akan memukul benda uji tepat di belakang takikan, untuk pengujian ini digunakan sebuah mesin dimana suatu batang dapat berayun dengan bebas. Pada ujung batang dipasang pemukul yang diberi pemberat. Pada pengujian ini bandul pemukul dinaikkan sampai ketinggian tertentu H, pada posisi ini pemukul memiliki energy potensial sebesar WH (W = berat pemukul). Kemudian dari posisi ini pemukul dilepaskan dan berayun bebas memukul benda uji hingga patah, dan pemukul masih terus berayun sampai ketinggian H<sub>1</sub>. Pada posisi ini sisa energy potensial adalah WH<sub>1</sub>. Selisih antara energy awal dengan energy akhir adalah energy yang digunakan untuk mematahkan benda uji.

Ketahanan benda uji terhadap pukulan dinyatakan dengan banyaknya energy yang diperlukan untuk mematahkan benda uji dengan notasi IS, satuan kg m atau ft lb atau joule dinamakan impact strength. Bentuk dari benda uji biasanya bujur sangkar dengan bentuk takikan V atau U, untuk V – notched biasanya digunakan untuk logam yang dianggap ulet sedang U – notched

# Dream Litera

biasanya digunakan untuk logam yang getas. Untuk membandingkan hasil uji satu sama lain ukuran benda uji maupun bentuk dari takikan harus benar – benar sama. Selain untuk mengukur harga impact strength pengujian impact juga digunakan untuk mempelajari pola patahan, apakah benda uji patah dengan pola patah getas (*brittle fracture*) atau dengan pola patah ulet (*ductile fracture*) atau kombinasi dari keduanya. Untuk mempelajari ini dilakukan pengamatan visual pada permukaan patahan, jika bentuk patahan getas tampak berkilat dan berbutir (*granular fracture* atau *cleavage fracture*) sedangkan patahan ulet tampak lebih suram dan seperti berserabut (*fibrous fracture* atau *shear fracture*).

## 2. Faktor yang mempengaruhi kegagalan material pada pengujian impact

### A. Notch

*Notch* pada material akan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada daerah yang lancip sehingga material lebih mudah patah. Selain itu *notch* juga akan menimbulkan *triaxial stress*. *Triaxial stress* ini sangat berbahaya karena tidak akan terjadi deformasi plastis dan menyebabkan material menjadi getas. Sehingga tidak ada tanda – tanda bahwa material akan mengalami kegagalan.

### B. Jenis Matriks/Polimer

Pada jenis polimer yang digunakan mempengaruhi sifat getas atau ulet pada hasil patahan uji impact. Jenis polimer mempunyai fungsi sesuai kebutuhan aplikasi teknik yang digunakan sehingga mempunyai karakteristik yang berbeda - beda. Secara

# Dream Litera

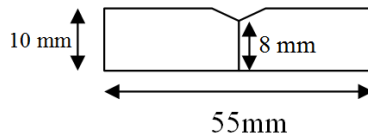
reaksi kimia, setiap macam – macam polimer berbeda, hal ini dapat mempengaruhi sifat mekanis komposit.

## C. *Strainrate*

Jika pembebanan diberikan pada *strainrate* yang biasa – biasa saja, maka material akan sempat mengalami deformasi plastis, karena pergerakan atomnya (dislokasi). Dislokasi akan bergerak menuju ke batas butir lalu kemudian patah. Namun pada uji impact, *strainrate* yang diberikan sangat tinggi sehingga dislokasi tidak sempat bergerak, apalagi terjadi deformasi plastis, sehingga material akan mengalami patah transgranular, patahnya ditengah – tengah atom, bukan dibatas butir. Karena dislokasi tidak sempat bergerak ke batas butir.

Kemudian, dari hasil percobaan akan didapatkan energy dan temperatur. Dari data tersebut, akan kita buat diagram harga impact terhadap jenis komposit. Energi akan berbanding lurus dengan harga impact. Kemudian kita akan mendapatkan karakteristik komposit.

## 3. Spesimen Uji Impact



**Gambar 4.9 Spesimen uji impact sesuai standar ASTM 5942-96**

Keterangan:

b = Lebar spesimen = 10 mm

h = Tinggi Takik = 8 mm

p = Panjang spesimen = 55 mm

# Dream Litera

## 4.3 Pengujian Struktur Makro



**Gambar 4.10 Alat foto makro**

(Sumber : modul praktikum material teknik 2 ITN Malang)

Spesifikasi Macroscrope:

Maker : Union

Model : Type MCM – 1 (conventional 35 mm camera)

Magnification range: 10 – 100 x for visual observation 20 – 160x for 35 mm

Photography and 50 – 400x for Polaroid photography

Spesifikasi digital camera:

Maker : Nikon

Model : SMZ – 800 Made in Japan

With optional : Camera 35 mm Eyepieces lens C – W 10x

Pengujian tersebut untuk mengetahui struktur makro logam uji impak serta sifat – sifatnya.

# Dream Litera

Khusus untuk stereo makrostruktur kita dapat menggunakannya untuk mengamati topografi dari permukaan patah pada analisa kegagalan, disamping alur deformasi hasil kegagalan tempa.

Perpatahan impak secara umum sebagaimana analisa perpatahan pada benda hasil uji tarik maka perpatahan impak digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Perpatahan berserat (*fibrous fracture*), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang Kristal didalam bahan yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk *dimple*, menyerap cahaya, berpenampilan buram dan terjadi deformasi plastis.
2. Perpatahan granular/kristalin, dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada butir – butir dari bahan yang rapuh (*brittle*). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar serta mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).
3. Perpatahan campuran (berserat dan granular). Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan diatas.

Faktor yang mempengaruhi terjadinya patah:

1. Tegangan triaxial
2. Pengaruh karakteristik serat
3. Pengaruh karakteristik polimer
4. Pengaruh pukulan
5. Faktor bentuk
6. Faktor pembebanan

# Dream Litera

Fenomena ini berkaitan dengan vibrasi atom – atom bahan pada temperature yang berbeda, dimana pada temperature kamar vibrasi itu berada dalam kondisi kesetimbangan dan selanjutnya akan menjadi tinggi bila temperature dinaikkan (energy panas merupakan suatu *driving force* terhadap pergerakan partikel atom bahan). Vibrasi atom inilah yang berperan sebagai suatu penghalang terhadap pergerakan dislokasi pada saat terjadi kejut/impak dari luar. Dengan semakin tinggi vibrasi itu maka pergerakan dislokasi menjadi relatif sulit sehingga dibutuhkan energy yang besar untuk mematahkan benda uji. Pada temperature dibawah nol derajat celcius, Vibrasi atom relatif sedikit sehingga pada saat bahan dideformasi pergerakan dislokasi menjadi mudah dan benda uji menjadi lebih mudah dipatahkan dengan energy yang relatif lebih rendah.

## 1. Tipe tipe perpatahan:

- a. Perpatahan Transgranular atau patah gelah yang umumnya terjadi pada struktur body center cubic yang dibuat pada temperature rendah. Perpatahan transgranular merupakan yang terjadi akibat retakan yang merambat didalam butiran material.
- b. Perpatahan Intergranular yaitu perpatahan yang terjadi akibat retakan yang merambat diantara butiran material yang kerap dikatakan sebagai perpatahan khusus. Pada berbagai paduan didapatkan berbagai keseimbangan yang sangat peka antara tegangan yang diperlukan untuk perambatan retak dengan pembelahan dan tegangan yang diperlukan untuk perpatahan rapuh sepanjang batas butir.

# Dream Litera

## 2. Mode – mode Perpatahan

Selain berdasarkan jenis dan tipenya, perpatahan dapat pula diklasifikasikan berdasarkan arah beban yang diberikan terhadap material.

Tiga mode perpatahan tersebut adalah:

### a. Mode I (*opening shear*)

Merupakan perpatahan akibat pemberian beban yang mengakibatkan tegangan yang arahnya tegak lurus dengan bidang perpatahan dan tegangan tersebut berada pada posisi yang sejajar berlawanan arah pada masing – masing beban.

### b. Mode II (*in – plane shear*)

Pada metode ini tegangan terjadi pada sumbu z dari bahan artinya melintang terhadap arah perpatahan. Hal ini terjadi karena beban diberikan tidak sejajar dan berlawanan arah pada kedua ujung material, sehingga seakan – akan terjadi *sliding*.

### c. Mode III (*Out – Plane shear*)

Pada metode ini, tegangan terjadi pada sumbu x dari baha (*vertical*), dimana tegangan tersebut berada pada arah tidak sejajar dan berlawanan arah pada sumbu x.

## 3. Ciri – ciri patahan

### a. Patah Getas : - Bintik – bintik / crystal

- Terang

### b. Patah Ulet :- Berserabut

- Gelap

# Dream Litera

## **Rangkuman :**

Metode pengujian material dapat diklasifikasikan menjadi pengujian merusak atau *destruktif testing* (DT) dan pengujian tidak merusak atau *non-destruktif testing* (NDT). Dalam pengujian *destruktif*, sebuah spesimen dilakukan perubahan bentuk dengan dirusak untuk menguji sifat-sifat mekanik dan penampilan daerah komposit tersebut. Dalam pengujian *non-destruktif testing*, hasil komposit diuji tanpa perusakan untuk mendeteksi kerusakan hasil komposit dan cacat dalam. Secara umum dalam pengujian sifat mekanis komposit dilakukan 3 pengujian yaitu, uji tarik, uji impak dan foto makro. Dari pengujian tersebut tergolong dalam metode pengujian destruktif testing.

## **Soal – Soal Latihan:**

1. Jelaskan dan uraikan klasifikasi metode pengujian material?
2. Gambarkan skema pengujian impak dan lengkapi rumus matematis yang timbul akibat pergerakan alat uji impak?



## BAB 5 BIOKOMPOSIT

### Tujuan Pembelajaran :

- Memahami dasar – dasar biokomposit
- Memahami jenis – jenis biokomposit

Biokomposit merupakan material komposit yang dibuat dari selulosa alam dimana serat berfungsi sebagai penguat didapatkan dari bahan alam atau daur ulang dikombinasikan dengan matriks sebagai pengikat. Dalam klasifikasinya, biokomposit dibagi menjadi dua, yaitu:

### 5.1 Biokomposit (*biodegradable*)

Biokomposit (*biodegradable*) merupakan natural komposit yang didapatkan dari kombinasi dua material, yaitu *biofiber* (serat alam) dan matriks polimer. *Biofiber* yang digunakan sebagai material ini mempunyai sifat mudah terurai. *Biofiber* merupakan komponen utama dalam biokomposit, yang diantaranya didapat dari serat tanaman (kapas, rami, pelepah pisang), daur ulang

kayu, kertas bekas, hasil olahan pengolahan tanaman atau serat selulosa yang diregenerasi. Sedangkan untuk matriks atau polimer yang digunakan polyester, polietilen (PE), polipropilen (PP), dan polivinil klorida (PVC) digunakan dalam industri komposit. Biokomposit mempunyai kelemahan yaitu, tidak bisa terurai secara penuh. Dalam biokomposit masih menggunakan polimer buatan dari bahan kimia. Biokomposit *biodegradable* telah banyak dilakukan penelitian. Berikut adalah hasil penelitian biokomposit:

## 1. Pemanfaatan cocopeat dengan matriks polyester sebagai komposit ramah lingkungan

Pada penelitian ini, yang digunakan dalam pembuatan specimen komposit serbuk dari limbah kelapa dengan menggunakan matrik *polyester* dengan menggunakan metode *hand lay up*. Menggunakan metode ini karena pengerjaannya yang sederhana, mudah dan tidak banyak memakan biaya. Tetapi disisi lain, metode ini juga memiliki kekurangan karena semua dilakukan secara manual, belum terukur sepenuhnya terutama memerlukan keahlian khusus dalam pembuatan spesimen komposit.



**Gambar 5.1 Foto Makro Komposit Serbuk Kelapa Dengan Matrik *Polyester***

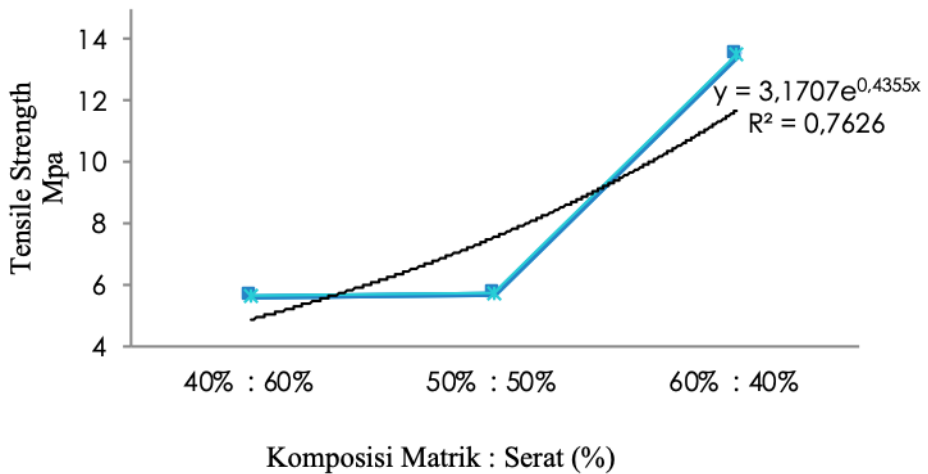
Dalam proses pembuatan specimen komposit ini, kesulitan yang belum teratasi menghilangkan udara yang terjebak di dalam specimen komposit dan permukaan komposit yang tidak bisa rata karena cetakan material komposit sedikit kurang baik, ternyata metode *hand lay-up* tidak cukup menangani masalah tersebut seperti terlihat pada gambar 5.1. Dimana terlihat *void* dan permukaan yang tidak rata. Disisi lain serbuk kelapa termasuk dalam rezim *hidrofilik* yang mampu menyerap air atau kelembaban udara sehingga terdapat *void* dalam specimen komposisi yang bisa mempengaruhi kekuatan yang dimiliki oleh komposit.

## A. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat dasar dari bahan. Hubungan tegangan-regangan pada tarikan memberikan nilai yang cukup berubah tergantung pada laju tegangan, temperatur, kelembaban. Sebab dalam bahan polimer bersifat viskoelastik. Pada bahan termoplastik kelakuan demikian sangat berubah dengan penyearahan molekul rantai dalam bahan. Umumnya kekuatan tarik dari bahan polimer lebih rendah daripada bahan lainnya. Tabel 5.1 Adalah hasil pengujian kekuatan tarik pada spesimen komposit dengan fraksi massa serbuk kelapa dengan matrik *polyester* menggunakan perlakuan Alkali sebesar 5%. Sedangkan gambar 5.2. Menunjukkan grafik hubungan antara variasi fraksi massa serbuk kelapa dengan matrik *polyester*.

**Tabel 5.1. Kekuatan Tarik**

Luas Area	Max Force	Tensile Strength	Spesimen
mm	N	Mpa	Matrik (%)
120	730	6,083333333	40
120	570	4,75	40
120	730	6,083333333	40
<b>Rata – rata</b>		5,638888889	
120	860	7,166666667	50
120	600	5	50
120	600	5	50
<b>Rata – rata</b>		5,722222222	
120	1480	12,33333333	60
120	1890	15,75	60
120	1480	12,33333333	60
<b>Rata – rata</b>		13,47222222	



**Gambar 5.2 Grafik Uji Tarik Komposit**

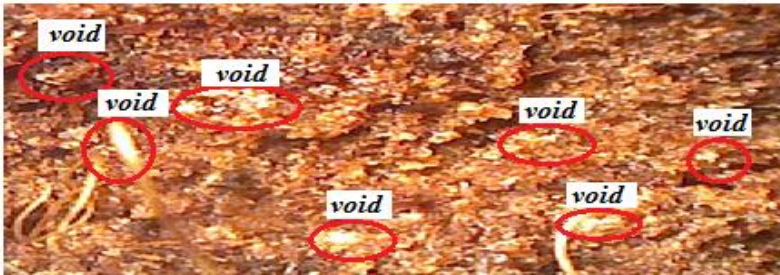
Variasi fraksi massa matrik polyester mulai dari 40, 50 dan 60%, kekuatan tarik komposit menggunakan serbuk kelapa sema-

# Dream Litera

kin meningkat. Seperti ditunjukkan pada Gambar 5.2. Bahwa semakin banyak fraksi massa kekuatan tarik semakin meningkat dan sebaliknya bila variasi fraksi massa dengan serbuk kelapa 40, 50 dan 60 % akan memiliki tren menurun. Untuk mengetahui penyebab dari perilaku komposit ini maka patahan hasil uji tarik diamati dan dapat diketahui bahwa untuk spesimen dengan fraksi massa serat mulai dari 40, 50 dan 60 %, serat-serat serbuk kelapa banyak tersebar merata di seluruh penampang patahan. Akan tetapi untuk spesimen-spesimen komposit dengan fraksi massa yang lebih banyak matrik polyesternya akan memiliki tren mengikat kekuatan yang ada pada komposit tersebut.

Bahwa di penampang patahan terdapat kelompok atau kluster serat yang belum tersebar merata dan terdapat banyak *void* sehingga menyebabkan ikatan antara serat dan matriks tidak terjadi serta menimbulkan ruang-ruang antar serat yang ikatannya lemah. Dengan kondisi seperti ini, saat terjadi pembebanan tarik saat pengujian kekuatan tarik, daerah kluster serat yang tidak terikat dengan baik ini akan terpisah lebih dahulu kemudian menjadi pemusatan tegangan dan memicu munculnya retak pada komposit tersebut yang didominasi dengan serbuk kelapa, sehingga kekuatan tariknya mulai menurun untuk spesimen komposit dengan fraksi massa serbuk kelapa yang lebih banyak.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa pada kenyataannya, proses pembuatan komposit dalam penelitian ini kurang maksimal seperti terlihat pada patahan uji tarik komposit serbuk kelapa dengan matrik *polyester*.



**Gambar 5.3 Patahan Spesimen Uji Tarik Fraksi Massa Serbuk Kelapa**

Komposit *polyester* dengan kekuatan tarik maksimum pada fraksi massa dengan matrik 60%. Oleh karenanya perlu dilakukan kajian lebih mendalam untuk dapat meningkatkan kekuatan tarik pada fraksi massa lebih besar dari 60%. Disamping itu dapat diketahui pula bahwa kekuatan tarik komposit merupakan hasil interaksi antara serat dan matriks saat proses pembuatannya. Bila saat pembuatan komposit, serat dapat tersebar merata dan terikat oleh matriks maka akan didapatkan kekuatan tarik yang maksimal. Namun bila saat proses pembuatannya, serat tidak dapat tersebar dan terikat merata oleh matriks maka kekuatan tarik yang lebih baik akan sulit didapatkan.

Kemudian, pada hukum *Rule of Mixture* untuk memprediksi kekuatan komposit secara teoritis hanya dapat berlaku bila serat dalam komposit tersebar dan terikat secara merata oleh matriks. Bila terdapat sekelompok serat yang tidak tersebar maka *Rule of Mixture* untuk komposit serat pendek tidak dapat memprediksi kekuatan komposit dengan baik.

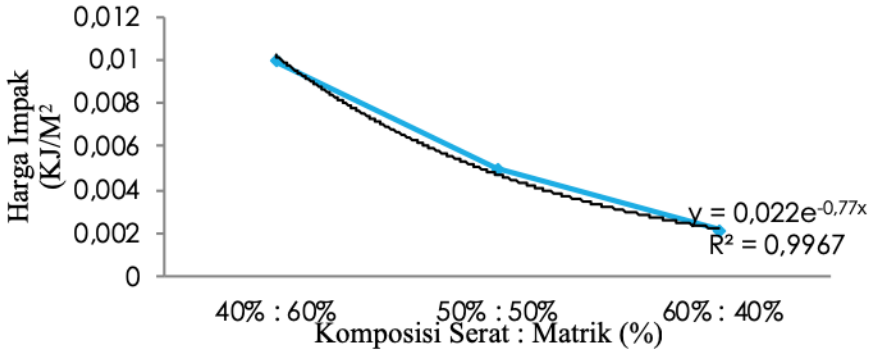
## B. Kekuatan Impak

Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui ketangguhan suatu bahan terhadap pembebanan kejut. Impak dinyatakan sebagai energi kinetik yang dibutuhkan untuk mengawali keretakan dan meneruskannya hingga material benar-benar mengalami deformasi ditandai dengan putus atau patahnya specimen komposit.

**Tabel 5.2 Data Hasil Pengujian Impak**

Beta	Alpha	Cos Beta	Cos Alpha	W (Kg)	R (m)	A (mm <sup>2</sup> )	E (Joule)	HI (Joule/mm <sup>2</sup> )	Serat (%)
25	30	0,91	0,86	26,32	0,65	80	0,851452	0,010643	40
25,5	30	0,9	0,86	26,32	0,65	80	0,681162	0,008515	40
25	30	0,91	0,86	26,32	0,65	80	0,851452	0,010643	40
<b>Rata – rata</b>							0,794689	0,009934	
27,5	30	0,88	0,86	26,32	0,65	80	0,340581	0,004257	50
27	30	0,89	0,86	26,32	0,65	80	0,510871	0,006386	50
27,5	30	0,88	0,86	26,32	0,65	80	0,340581	0,004257	50
<b>Rata – rata</b>							0,397344	0,004967	
29	30	0,87	0,86	26,32	0,65	80	0,17029	0,002129	60
29	30	0,87	0,86	26,32	0,65	80	0,17029	0,002129	60
29	30	0,87	0,86	26,32	0,65	80	0,17029	0,002129	60
<b>Rata – rata</b>							0,17029	0,002129	

Dari pengujian impak yang telah dilakukan pada tabel 2. didapatkan hasil ketangguhan material komposit serbuk kelapa dengan matrik polyester dengan nilai tertinggi yaitu 0,002129 j/mm<sup>2</sup> dengan komposisi 40 % serbuk kelapa dan 60 % matrik. Hal ini dikarenakan penambahan matrik yang lebih dominan dalam specimen komposit mampu mendistribusikan beban kejut secara merata keseluruh bagian komposit sehingga mampu menghambat laju rambatan patahan akibat beban impak, dan semakin besar juga ketangguhan impak tersebut.

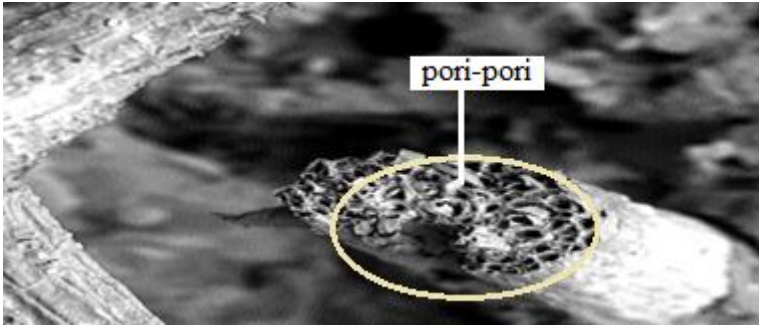


**Gambar 5.4 Grafik Harga Impak Komposit**

Selanjutnya, pada gambar grafik 5.4 ditunjukkan bahwa kekuatan impak komposit dengan perlakuan *alkali* banyak diketahui dapat meningkatkan kekuatan yang dimiliki oleh komposit. Kekuatan impak komposit dengan penguat serbuk kelapa yang diberi *alkali* lebih tinggi dari kekuatan impak komposit dengan penguat serbuk kelapa yang tanpa diberi *alkali* dikarenakan ikatan mekanik yang terjadi antara matriks dengan serbuk kelapa yang diberi *alkali* lebih kuat dari ikatan mekanik yang terjadi antara matriks dengan serbuk kelapa yang tanpa diberi *alkali*.

Dengan diberinya *alkali* pada serbuk kelapa menyebabkan perbaikan sifat serat serbuk kelapa tersebut. *Alkali* ini membersihkan dinding permukaan serbuk kelapa dari lapisan yang menyerupai lilin seperti *lignin*, *hemiselulosa* dan kotoran lainnya yang masih menempel pada serbuk kelapa dan menutupi pori-pori serbuk kelapa yang nantinya bisa diisi oleh matrik *polyester*, sehingga bisa meningkatkan kekuatan karena ikatannya yang baik seperti terlihat pada gambar 5.5.





**Gambar 5.5. Foto SEM komposit**

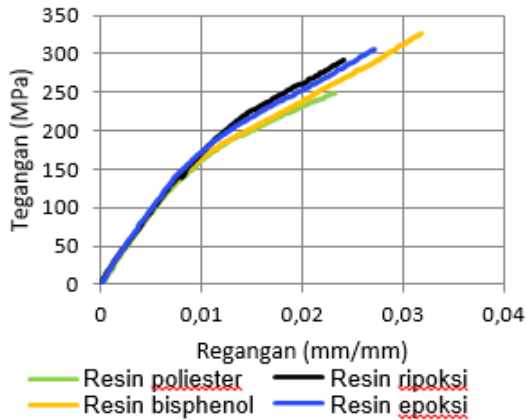
Morfologi serbuk kelapa pada gambar tersebut menyebabkan dinding permukaan serbuk kelapa lebih kasar, sampai terlihat berpori-pori atau banyak lubang yang terdapat pada serbuk kelapa. Dengan semakin kasarnya permukaan serbuk kelapa dan hilangnya lapisan yang menyerupai lilin pada permukaan serbuk maka ikatan mekanik antara matriks dengan serbuk kelapa akan semakin kuat dan semakin sempurna karena tidak terhalang oleh lapisan yang menyerupai lilin tersebut. Oleh karena itu, kekuatan dampak komposit semakin meningkat.

Selain itu, saat serat diberi perlakuan alkali (larutan NaOH) maka unsur H yang berikatan dengan serbuk kelapa akan bereaksi dengan NaOH dan unsur H akan tergantikan oleh unsur Na. Akibat kondisi ini, maka dinding serat akan sulit bereaksi dengan air. Dengan terbatasnya serat yang bereaksi dengan air maka ikatan mekanik antara matriks dan serbuk kelapa akan menjadi lebih kuat, sesuai keunggulan yang sudah dimiliki oleh serbuk kelapa yaitu memiliki morfologi berpori bila dilakukan proses alkali sehingga membuka pori-pori yang ada pada serbuk kelapa.

## 2. Karakteristik Komposit Serat Kulit Pohon Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Berdasarkan Jenis Resin Sintetis Terhadap Kekuatan Tarik Dan Patahan Komposit

### A. Kekuatan tarik komposit dan jenis matrik

Berdasarkan hasil uji tarik komposit serat kulit pohon waru dengan variasi jenis resin didapatkan grafik tegangan-regangan ditunjukkan pada Gambar 5.5 berikut:



**Gambar 5.6 Tegangan-regangan komposit serat waru variasi jenis resin**

Tegangan-regangan yang dihasilkan dari uji tarik komposit serat waru variasi jenis resin dapat dilihat pada Gambar 5.6. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai tegangan tertinggi terdapat pada komposit dengan resin *bisphenol*, sedangkan komposit dengan resin poliester menghasilkan nilai tegangan terendah. Nilai regangan yang dihasilkan oleh komposit dengan 4 jenis resin juga memiliki nilai regangan yang sama dengan nilai tegangan.

# Dream Litera

Berdasarkan grafik tegangan-regangan pada komposit serat kulit pohon waru dengan variasi jenis resin sintetis didapatkan kekuatan tarik dan regangan maksimum dari komposit pada masing-masing jenis resin. Komposit dengan resin poliester memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 247.81 MPa. Komposit dengan resin bisphenol memiliki kekuatan tarik sebesar 327.12 MPa. Komposit dengan resin ripoksi memiliki kekuatan tarik sebesar 292.80 MPa. Komposit dengan resin epoksi memiliki kekuatan tarik sebesar 306.76 MPa.

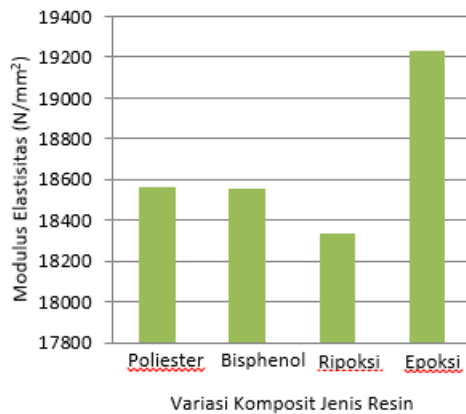
Regangan maksimum resin poliester, resin bisphenol dan resin ripoksi masing-masing adalah sebesar 0.0233 mm/mm, 0.0318 mm/mm dan 0.0241 mm/mm. Resin epoksi menghasilkan regangan maksimum sebesar 0.0271 mm/mm. Komposit dengan regangan maksimum tertinggi terdapat pada komposit dengan resin bispheol, sedangkan regangan maksimum terendah terdapat pada komposit dengan resin Poliester.

Berdasarkan hasil kekuatan tarik dan regangan maksimum diatas, maka dapat diketahui bahwa komposit serat kulit pohon waru dengan resin bisphenol memiliki kekuatan tarik dan regangan maksimum tertinggi, sedangkan yang terendah adalah komposit dengan resin poliester. Hal ini dikarenakan resin bisphenol memiliki sifat lentur dan mulur yang menjadikan regangan dan kuat tarik akan lebih tinggi serta ikatan yang dihasilkan antara matrik bisphenol dan serat waru lebih baik daripada resin lainnya.

Pada Gambar 5.6 dapat dilihat bahwa grafik tegangan regangan yang dihasilkan masing-masing komposit jenis resin memiliki kecenderungan yang sama didaerah elastis. Perubahan

tegangan komposit jenis resin terjadi pada saat beban tarik yang diberikan mencapai tegangan *yield*. Komposit serat waru resin poliester menghasilkan tegangan *yield* sebesar 102.64 MPa dengan regangan 0.0055 mm/mm. Komposit serat waru resin bisphenol menghasilkan tegangan *yield* sebesar 125.55 MPa dengan regangan 0.0068 mm/mm. Sedangkan komposit serat waru resin ripoksi menghasilkan tegangan *yield* sebesar 139.90 MPa dengan regangan 0.0076 mm/mm. Untuk komposit serat waru resin ripoksi menghasilkan tegangan *yield* sebesar 128.08 MPa dengan regangan 0.0067 mm/mm.

Tegangan dan regangan *yield* yang dihasilkan akan mempengaruhi modulus elastisitas dari masing-masing komposit jenis resin seperti terdapat pada Gambar 5.7 berikut.



**Gambar 5.7 Modulus elastisitas komposit serat waru variasi jenis resin**

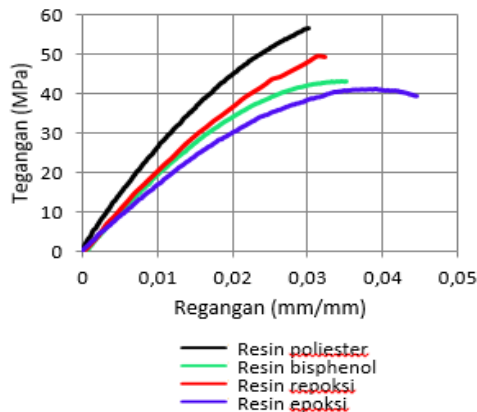
Gambar 5.7 diatas menjelaskan modulus elastisitas komposit serat waru resin polyester sebesar 18561.49 N/mm<sup>2</sup>. Modulus elastisitas komposit serat waru resin bisphenol sebesar 18555.98

# Dream Litera

N/mm<sup>2</sup>. Modulus elastisitas komposit serat waru resin ripoksi sebesar 18338.32 N/mm<sup>2</sup>. Modulus elastisitas komposit serat waru resin epoksi sebesar 19233.20 N/mm<sup>2</sup>.

Komposit serat waru resin epoksi menghasilkan modulus elastisitas tertinggi, sedangkan komposit serat waru resin ripoksi menghasilkan modulus elastisitas terendah. Hal ini dikarenakan modulus elastisitas dipengaruhi oleh tegangan dan regangan *yield* yang dihasilkan oleh komposit, sehingga semakin tinggi tegangan dan regangan *yield* maka modulus elastisitas akan rendah. Kondisi tersebut akan mempengaruhi tegangan dan regangan keseluruhan dari komposit.

Selain itu, tegangan-regangan jenis resin mempengaruhi kekuatan tarik dan regangan maksimum pada komposit serat kulit pohon waru dengan variasi jenis resin. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.8 yang menjelaskan tentang tegangan-regangan resin tanpa serat.



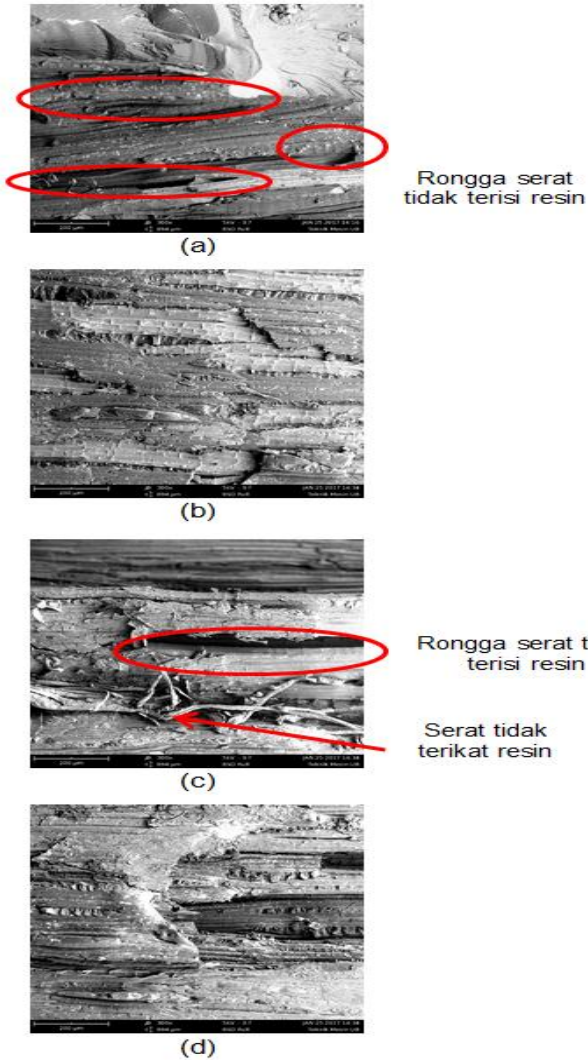
Gambar 5.8 Tegangan-regangan jenis resin tanpa serat

# Dream Litera

Pada grafik tersebut menjelaskan bahwa resin poliester memiliki tegangan tertinggi akan tetapi menghasilkan regangan terendah. Resin epoksi menghasilkan tegangan terendah akan tetapi memiliki regangan tertinggi. Kekuatan tarik dan regangan tertinggi pada komposit dengan jenis resin bisphenol memiliki tegangan terendah akan tetapi memiliki regangan lebih baik dibandingkan dengan resin poliester. Hal ini menjadikan resin bisphenol akan mampu menerima beban tarik lebih baik, karena regangan akan menjadi lebih besar.

## **B. Analisa ikatan serat dan matrik**

Berdasarkan hasil uji tarik, maka dapat dibuktikan dari ikatan antar serat dan matrik pada masing-masing komposit jenis resin seperti ditunjukkan pada Gambar 5.9. Selain konsentrasi alkali NaOH yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matrik, maka jenis resin sintetis juga mempengaruhi ikatan yang terdapat dalam komposit.



**Gambar 5.9 Hasil foto SEM pembesaran 300x pada ikatan komposit antara serat kulit pohon waru dan jenis resin sintetis, (a) Resin poliester BTQN 157, (b) Resin bisphenol LP-1Q-EX (c) Resin epoksi R-802, (d) Resin Epoksi**

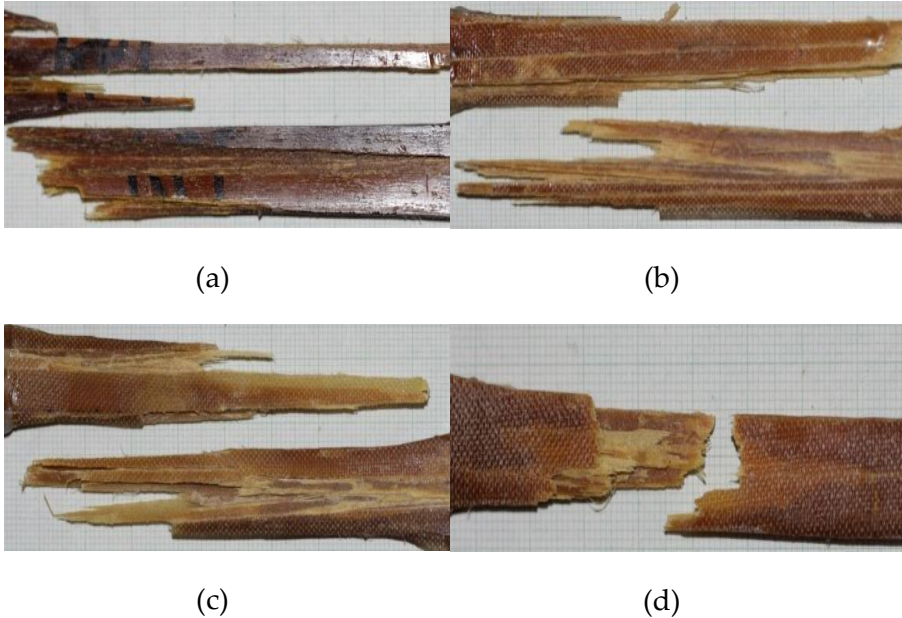
Gambar 5.9 (a) menjelaskan ikatan yang terjadi antar serat dan resin poliester terdapat rongga pada serat kulit pohon waru yang tidak terisi oleh resin. Resin bisphenol memiliki kekuatan tarik tertinggi dikarenakan ikatan yang terjadi antar serat dan resin sangat baik seperti ditunjukkan pada Gambar 5.9 (b). Rongga pada serat kulit pohon waru terisi secara keseluruhan oleh resin yang menyebabkan kekuatan tarik akan lebih baik. Serat yang tidak terikat oleh resin dan terdapatnya rongga serat yang tidak terisi oleh resin menjadikan komposit dengan resin ripoksi menghasilkan kekuatan tarik terendah seperti Gambar 5.9 (c), hal ini menjadikan ikatan antar serat dan matrik tidak sempurna. Komposit dengan resin epoksi memiliki regangan yang tinggi disebabkan karena resin dapat memasuki rongga-rongga serat dengan baik dan sempurna seperti ditunjukkan pada Gambar 5.9 (d).

### C. Analisa patahan komposit

Berdasarkan hasil uji tarik komposit serat kulit pohon waru yang telah dilakukan, maka patahan uji tarik pada variasi jenis resin dapat dilihat pada Gambar 5.10. Patahan yang terjadi pada seluruh variasi jenis resin tidak terjadi patahan yang terpusat pada satu titik atau tidak dapat diprediksi posisi patahan kecuali patahan dengan resin Epoksi A dan B yang memiliki *fracture area* lebih kecil. Hal ini dikarenakan pada resin epoksi ada dugaan dimana resin dapat mendistribusikan beban yang diberikan pada serat secara merata dan nilai toleransi terhadap kekuatan serat lebih tinggi. Resin epoksi memiliki viskositas yang tinggi, sehingga pada proses aliran resin di *vaccum bagging* menghasilkan waktu yang lebih besar dibandingkan resin lainnya. Sehingga dapat



direkomendasikan untuk serat kulit pohon waru menggunakan resin Epoksi A dan B.



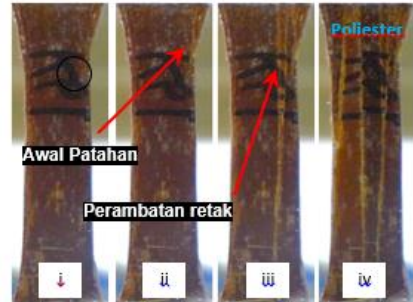
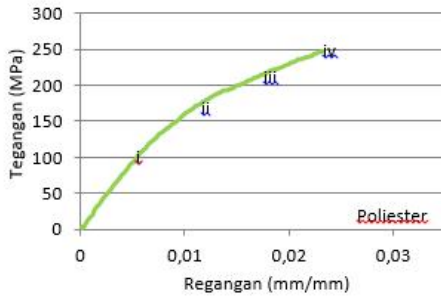
**Gambar 5.10 Patahan uji tarik komposit serat kulit pohon waru variasi jenis resin, (a) resin poliester BTQN 157, (b) resin bisphenol LP-1Q-EX, (c) resin epoksi R-802, (d) resin epoksi A dan B**

#### **D. Analisa fase patahan komposit**

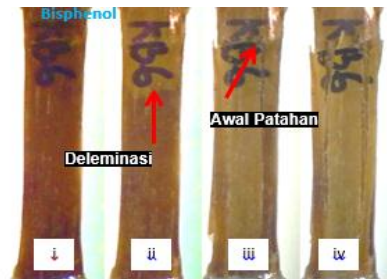
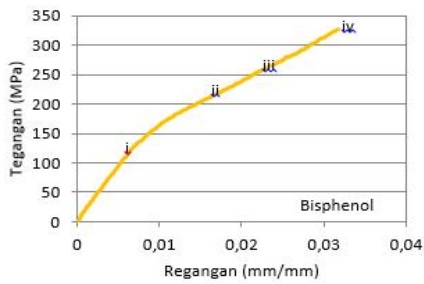
Fase patahan komposit berdasarkan diagram tegangan-regangan dapat dilihat pada Gambar 5.11 a-d. Fase patahan komposit serat kulit pohon waru menggunakan resin poliester dapat dilihat pada Gambar 5.11 (a). Pada saat beban tarik diberikan dan mencapai tegangan 102.64 MPa, maka komposit tidak mengalami retak. Pada saat tegangan mencapai 164.90 MPa terjadi awal retak di daerah ujung kanan atas *necking*. Rambatan retak terjadi pada saat tegangan mencapai 213.23 MPa. *Fracture* terjadi secara

# Dream Litera

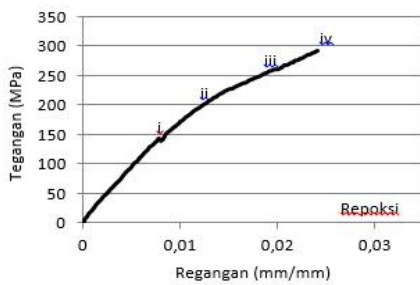
keseluruhan di daerah *necking* saat tegangan ultimate yaitu 247.81 MPa.



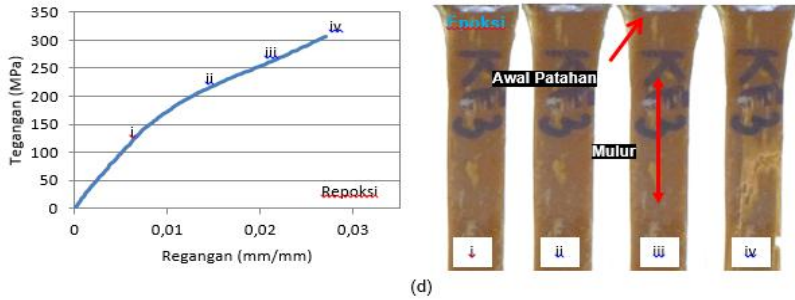
(a)



(b)



(c)



**Gambar 5.11** Fase patahan spesimen berdasarkan grafik tegangan regangan pada uji tarik komposit serat kulit pohon waru variasi jenis resin, (a) resin poliester BTQN 157 (b) resin bisphenol LP-1Q-EX (c) resin ripoksi R-802 (d) resin epoksi

Komposit serat kulit pohon waru menggunakan resin bisphenol memiliki tegangan tertinggi. Hal ini mempengaruhi fase patahan yang terjadi pada komposit yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 (b), retak tidak terjadi pada komposit saat tegangan mencapai 125.55 MPa. Awal patahan terjadi pada saat komposit mencapai tegangan 210.89 MPa yaitu menghasilkan terjadinya deleminasi di sisi ujung *necking*. Deleminasi merambat pada area *necking* yang menimbulkan retak saat tegangan mencapai 268.17 MPa. *Fracture* terjadi secara total pada seluruh bagian *necking* spesimen komposit saat mencapai tegangan ultimate sebesar 327.12 MPa.

Komposit serat kulit pohon waru dengan resin ripoksi R-802 memiliki fase patahan komposit yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 (c). Retak tidak terjadi pada saat tegangan komposit mencapai 139.90 MPa. Awal patahan terjadi pada saat komposit mencapai tegangan 209.09 MPa dengan menghasilkan retak pada ujung sisi kanan *necking*. Rambatan retak terjadi pada area *necking* yang

# Dream Litera

bersebelahan dengan awal retak sebelumnya pada saat tegangan mencapai 258.64 MPa. *Fracture* terjadi secara total pada seluruh bagian *necking* spesimen komposit saat mencapai tegangan *ultimate* sebesar 292.80 MPa.

Fase patahan komposit serat kulit pohon waru dengan resin epoksi dapat dilihat pada Gambar 5.11 (d). Komposit dengan resin epoksi ini menghasilkan ketangguhan material yang sangat baik, hal ini dapat dilihat pada fase patahan yang terjadi tidak terjadi tanda-tanda awal patahan berupa retak pada daerah *necking* akan tetapi terjadi penambahan panjang material atau mulur. Pada saat tegangan 128.08 MPa, 207.20 MPa dan 256.61 MPa, maka tidak terjadi timbulnya retak. *Fracture* terjadi secara langsung dan total pada seluruh bagian *necking* spesimen komposit saat mencapai tegangan *ultimate* sebesar 306.76 MPa.

Berdasarkan hasil diatas, maka dapat diketahui bahwa pada komposit variasi jenis resin memiliki awal retak rata-rata pada sisi ujung daerah *necking* kecuali komposit yang menggunakan resin epoksi. Serat kulit pohon waru dengan jenis resin memiliki pengaruh terhadap fase patahan yang terjadi pada komposit, karena fase patahan pada masing-masing jenis resin akan menghasilkan tegangan berbeda. Hal ini dikarenakan ikatan yang terjadi antar serat dan jenis resin sintesis berbeda yang menyebabkan tegangan akan dipengaruhi oleh jenis resin yang digunakan sebagai matrik pada komposit serat kulit pohon waru.

## 5.2 Green komposit (*fully biodegradable*)

*Green* komposit (*fully biodegradable*) diklasifikasikan sebagai biokomposit yang dikombinasikan antara biofiber dengan biomatriks. Dalam kelompok ini disebut green komposit karena sifatnya yang dapat terdegradasi dan berkelanjutan, yang dapat dengan mudah dibuang tanpa merusak lingkungan. Daya tahan-nya green komposit ini rendah, karena digunakan untuk mening-katkan siklus hidup produk dengan umur yang pendek. Selain daya tahan yang rendah, *green* komposit mempunyai kelemahan sifat mekanis yang lemah dibandingkan biokomposit.

### **Rangkuman:**

Biokomposit merupakan material komposit yang dibuat dari selulosa alam dimana serat berfungsi sebagai penguat didapatkan dari bahan alam atau daur ulang dikombinasikan dengan matriks sebagai pengikat. Dalam klasifikasinya, biokomposit dibagi menjadi dua, yaitu *biodegradable* dan *fully biodegradable*. *Biodegradable* merupakan *natural* komposit yang didapatkan dari kombinasi dua material, yaitu *biofiber* (serat alam) dan matriks polimer. Sedang-kan *fully biodegradable* diklasifikasikan sebagai biokomposit yang dikombinasikan antara *biofiber* dengan *biomatriks*.

# Dream Litera

## Soal – Soal Latihan :

1. Cari 3 contoh biokomposit (*biodegradable*) dan analisa permasalahannya serta manfaat?
2. Cari 3 contoh *green* komposit (*fully biodegradable*) dan analisa permasalahannya serta manfaat?

## **BAB 6**

### **BIOKOMPOSIT**

### **BUBUR KORAN**

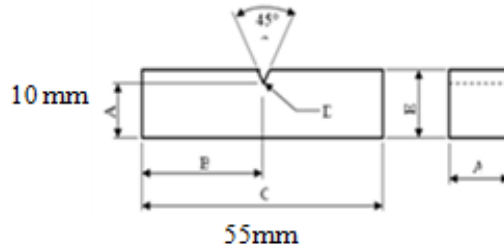
#### **Tujuan Pembelajaran :**

- Memahami cara pembuatan biokomposit bubuk koran
- Memahami komposisi – komposisi dalam pembuatan biokomposit bubuk koran
- Dapat membuat spesimen uji sesuai standar ASTM
- Memahami metode pengujian impact
- Dapat membuat kerajinan dari biokomposit koran

#### **6.1 Pembuatan Biokomposit Bubur Koran**

Dalam pembuatan biokomposit bubuk koran, terdapat tahapan–tahapan yang harus dikerjakan secara berurutan. Dalam pembahasan pada bab ini, biokomposit bubuk koran dibentuk menjadi spesimen uji impact dengan menggunakan standar ASTM 5942-96 seperti pada gambar 6.1.

# Dream Litera



**Gambar 6.1 Desain spesimen uji**

Tahapan pembuatan biokomposit bubuk koran sesuai spesimen uji impak ASTM 5942-96 dengan metode press adalah sebagai berikut:

A. Proses pembuatan biokomposit bubuk koran:

1. Kertas koran bekas di potong ukuran kecil kira- kira 25 cm<sup>2</sup>.



**Gambar 6.2 Kertas koran bekas**



# Dream Litera

2. Direndam air sampai kertas menjadi lunak dengan waktu kurang lebih 30 menit.



**Gambar 6.3 Rendaman kertas**

3. Rendaman kertas yang sudah hampir hancur diblender sampai jadi bubur kertas.
4. Bubur kertas disaring dengan menggunakan kain saring.



**Gambar 6.4 Penyaringan bubur kertas**

# Dream Litera

5. Siapkan timbangan untuk menimbang komposisi seperti, bubur kertas 200 gram, kalsium 200 gram, lem kayu 50 gram dan minyak goreng 30 gram.
6. Campurkan Bubur kertas, kalsium, lem putih dan minyak goreng yang sudah ditimbang sampai homogen.
7. Biokomposit siap digunakan/dicetak untuk pembuatan spesimen uji.

## B. Proses pembuatan spesimen uji

1. Siapkan biokomposit yang siap untuk dicetak.
2. Siapkan cetakan acrylic yang berukuran sesuai dengan standar ASTM 5942-96 dan oleskan minyak goreng ke cetakan agar mudah dilepas biokomposit yang sudah jadi.
3. Masukkan biokomposit kedalam cetakan.



**Gambar 6.5 Pengepresan biokomposit bubuk koran**

4. Tutup cetakan dengan penutup cetakan dari acrylic.
5. Masukkan kedalam mesin press dengan hati – hati agar waktu pengepressan merata.

6. Atur tekanan sampai 5 bar dan termokontrol pemanas 80° C.
7. Setelah 30 menit spesimen uji sudah kering dan siap untuk dilakukan uji impak.



**Gambar 6.6 Spesimen uji impak**

## 6.2 Analisis Hasil Pengujian Impak Biokomposit Bubur Koran

Dalam pengujian impak, yang perlu disiapkan adalah menentukan variabel bebas. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode hand lay-up, metode press, dan sudut alfa ( $\alpha$ ) impak menggunakan 15°, 20°, 25°, 28° dan 30° dengan masing – masing spesimen minimal 3 spesimen uji.

Nama Spesimen	Nomor Spesimen	Energi (Joule)	Harga Impak (Joule/mm)
<b>Biokomposit HL 15°</b>	1	0,4145	0,0052
	2	0,4145	0,0052
	3	0,4145	0,0052
Rata – rata		<b>0,4145</b>	<b>0,0052</b>
<b>Biokomposit Pres 15°</b>	1	0,4533	0,0057
	2	0,4533	0,0057
	3	0,4533	0,0057
Rata – rata		<b>0,4533</b>	<b>0,0057</b>
<b>Keramik 15°</b>	1	0,4145	0,0052
	2	0,3706	0,0046
	3	0,4145	0,0052
Rata – rata		<b>0,4000</b>	<b>0,0050</b>

# Dream Litera

<b>Biokomposit HL 20°</b>	1	0,6549	0,0082
	2	0,6549	0,0082
	3	0,6549	0,0082
Rata – rata		<b>0,6549</b>	<b>0,0082</b>
<b>Biokomposit Pres 20°</b>	1	0,7683	0,0096
	2	0,7683	0,0096
	3	0,7141	0,0089
Rata – rata		<b>0,7502</b>	<b>0,0094</b>
<b>Keramik 20°</b>	1	0,5905	0,0074
	2	0,5905	0,0074
	3	0,5905	0,0074
Rata – rata		<b>0,5905</b>	<b>0,0074</b>
<b>Biokomposit HL 25°</b>	1	0,8514	0,0106
	2	0,8514	0,0106
	3	0,8514	0,0106
Rata – rata		<b>0,8514</b>	<b>0,0106</b>
<b>Biokomposit Pres 25°</b>	1	0,6677	0,0083
	2	0,7620	0,0095
	3	0,7620	0,0095
Rata – rata		<b>0,7306</b>	<b>0,0091</b>
<b>Keramik 25°</b>	1	0,7620	0,0095
	2	0,7620	0,0095
	3	0,7620	0,0095
Rata – rata		<b>0,7620</b>	<b>0,0095</b>
<b>Biokomposit HL 28°</b>	1	0,9663	0,0121
	2	0,9663	0,0121
	3	0,9663	0,0121
Rata – rata		<b>0,9663</b>	<b>0,0121</b>
<b>Biokomposit Pres 28°</b>	1	0,9663	0,0121
	2	1,0655	0,0133
	3	1,0655	0,0133
Rata – rata		<b>1,0324</b>	<b>0,0129</b>
<b>Keramik 28°</b>	1	0,7533	0,0094
	2	0,8622	0,0108
	3	0,8622	0,0108
Rata – rata		<b>0,8259</b>	<b>0,0103</b>
<b>Biokomposit HL 30°</b>	1	0,9277	0,0116
	2	0,9277	0,0116

# Dream Litera

	3	0,9277	0,0116
Rata – rata		<b>0,9277</b>	<b>0,0116</b>
<b>Biokomposit Pres 30°</b>	1	1,0415	0,0130
	2	1,0415	0,0130
	3	1,0415	0,0130
Rata – rata		<b>1,0415</b>	<b>0,0130</b>
<b>Keramik 30°</b>	1	0,9277	0,0116
	2	0,9277	0,0116
	3	0,8092	0,0101
Rata – rata		<b>0,8882</b>	<b>0,0111</b>

Dari data pengujian biokomposit bubuk koran diatas, metode pembuatan komposit mempengaruhi nilai kekuatan impak. Pada proses pembuatan komposit bubuk koran metode *hand lay up* dengan force press 5 bar memiliki kekuatan impak lebih tinggi dibandingkan dengan metode *hand lay up* dengan natural press. Hal ini dikarenakan pada pembuatan komposit dengan diberikan tekanan 5 bar, spesimen biokomposit lebih padat dan porositas di biokomposit kecil sehingga tidak ada rongga yang dapat menyebabkan timbulnya *crack*/retak pada spesimen.

Meninjau dari analisis kekuatan impak pada biokomposit koran dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan pembuatan kerajinan keramik. Setelah dibandingkan dengan spesimen keramik yang digunakan sebagai kerajinan sebelumnya, kekuatan impak pada metode *hand lay up natural press* mendekati kekuatan impak keramik. Sedangkan dengan metode *hand lay up force press* memiliki kekuatan impak lebih tinggi dari kekuatan impak keramik.

Pada biokomposit koran, bentuk patahan dari hasil impak berbentuk serabut. Hasil patahan ini dapat dikatakan biokomposit

# Dream Litera

koran tergolong dalam material komposit ulet. Didalam struktur yang berserabut tersebut yang menyebabkan kekuatan impak pada biokomposit lebih tinggi dibandingkan dengan keramik. Sedangkan didalam analisis morfologi, keramik mempunyai patahan getas sehingga spesimen keramik saat terjadi tumbukan langsung retak dan pecah karena tidak ada struktur penahannya.

## **Rangkuman:**

Dalam pembuatan biokomposit bubuk koran, terdapat tahapan – tahapan yang harus dikerjakan secara berurutan. Dalam pembahasan pada bab ini, biokomposit bubuk koran dibentuk menjadi spesimen uji impak dengan menggunakan standar ASTM 5942-96. Hasil dari uji impak, pembuatan biokomposit koran dengan metode hand lay up force press yang mempunyai kekuatan impak tinggi dibandingkan dengan keramik. Dari hasil tersebut biokomposit koran dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku kerajinan keramik.

## **Soal – Soal Latihan:**

1. Analisalah mengapa setiap perubahan sudut alfa impak mempengaruhi energi dan harga impak?
2. Cari satu contoh hasil penelitian biokomposit dan anda analisa hasil pengujian impak biokomposit tersebut?
3. Buatlah kerajinan dari biokomposit koran!

## DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing and Materials (ASTM) C-00-2005  
(Standard Pengujian Benda Uji).

Arbintarso E. S., 2009, Tinjauan Kekuatan Lengkung Papan Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Teknik, *J. Teknologi*, 2, 53-60.

ASTM D629 *Qualitative Analysis of Textile Materials*

ASTMD638,2005, Standard Test Methode for Tensile Properties of Plastics, American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.

Gerges. S.N.Y. Muffler Modeling by Transfer Matrix Method and Experimental Verification , April 2006.

Gosavi. Sanjay. S, Juge Vinayak, M, Nadgouda Mayur, M. Optimization Of Suction Muffler using Taghuchi's DOE Method. International Compressor Engineering Conference at Purdue, July 17-20, 2006.

- Hardoyo, K., 2008, Karakterisasi Sifat Mekanis Komposit Partikel SiO<sub>2</sub> dengan Matrik Resin Polyester, Tesis FMIPA, Program Studi Ilmu Material, UI
- Kusumastuti, A., 2009, Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer, Jurusan Teknologi Jasa dan Produksi, Universitas Negeri Semarang, Jurnal Kompetensi Teknik Vol.1, No.1, November 2009 27.
- Marsyahyo, E., Soekrisno, Rochardjo, H.S.B., Jamasri, 2006. *Investigation of Chemical Surface Treatment of Ramie Fiber on Surface Morphology, Tensile Strength and Single Fiber Fracture Modes*, International Seminar on Product Design and Development 2006, 13-14 December 2006, Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Mohanty, A.K. (2007). *Biobased Material for Sustainable Future*, Ontario Bioauto Council Annual Seminar, 25 September 2007.
- Muller, D.H., Krobjilowski, A., 2003, *New Discovery in the Properties of Composite Reinforced with Natural Fibers*, Journal of Industrial Textiles, vol.33, no.2, pp.111-130 Sage Publ.
- Suharyani, 2014. Pemanfaatan Limbah Pelepeh Pisang Raja Susu Untuk Bahan Material Dinding Kedap, UMS: Surakarta.
- Suwanto, B., 2006. Pengaruh Temperatur Post-Curing terhadap Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Resin yang diperkuat Woven Serat Pisang, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang, Semarang



# Dream Litera

Yohanes, E., 2010. Pengaruh Kombinasi Volume Fraksi Volume Serat Tangkai Kelapa Sawit (*Elacis Guineensis*) dan Serbuk Tempurung Kelapa Sawit (*Elacis Guineensis*) Terhadap Sifat Mekanis Komposit Matrik *Starch* Tepung Garut (*Marantha Erundacea*)". Seminar Petra.Surabaya

Yohanes, E., 2014. "Desain Komposit Epoksi Berpengisi Serbuk Sabut Kelapa dan Aluminium Untuk Bahan Kampas Rem Dengan Variasi Bentuk Geometri Alur Kampas". Seminar Petra. Surabaya

# Dream Litera

## TENTANG PENULIS



**Dra Siswi Astuti, MPd.** Lahir di Malang pada tanggal 15 Januari 1961. Anak pertama dari 5 orang bersaudara dari pasangan Bapak Siswo Atmowidjojo dan Ibu Soekartiwi. Menikah dengan Darsono Sigit dan memiliki 4 orang putra/i. Menyelesaikan Pendidikan S1 Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang pada tahun 1984 dan Program Strata Dua (S2) Manajemen Pendidikan di Universitas Negeri Malang tahun 1993. Kariernya diawali menjadi tenaga pengajar di jurusan Teknik Kimia kemudian diangkat menjadi staf dosen pada tahun 1985 hingga saat ini (2018). Riwayat karir di kampus ITN Malang sebagai Wakil Dekan II FTI ITN Malang tahun 1993-2000, menjadi Wakil Rektor II Tahun 2003-2011 dan saat ini menjadi wakil bidang Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM ITN Malang (2018).

### **Publikasi Karya Ilmiah**

1. *Advances In Composite Materials Analysis Of Natural And Man-Made Materials, Chapter 11 Mechanical Improvement of Ramie Woven Reinforced- Strach Based Biocomposite Using Biosizing Method (Part 3 Manufacturing)*, In Tech Janeza Trdine9, 51000 Rijeka, Croatia, 2011, ISBN:

2. Pembuatan Kecap Manis Dari Limbah Ikan Tongkol, Jurnal Industri Inovatif, Vol 2 No. 2, 2012, ISSN: 2087 – 8869
3. Optimalisasi Protein Pada Kecap Manis Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*) Melalui Variasi Kadar Enzim Papain Dan Waktu Hidrolisis, Seminar Nasional Soebardjo Brotohar-jono IX, Juni 2012, UPN Surabaya
4. Kelompok Nelayan Usaha Kecap dari Lombah Ikan Laut dengan Teknologi Hidrolisis Enzimatis di Desa Watukarung Pacitan, Seminar Nasional Teknologi (SENATEK) 2015, ISSN: 2407-7534, Vol 1, No A, hal 770-774, Februari 2015. <http://ejournal.itn.ac.id/index.php/senatek/article/view/1276>
5. Peningkatan Nilai Gizi Umbi Talas Melalui Proses Fermentasi Menggunakan Starter BIMO CF dan Pegagan (*Centella Asiatica* LN), SENIATI 2016, ISSN: 2085-4218, Book 1, Februari 2016. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/95>
6. Sintesis MOCAF bersalut Triterpenoid untuk Terapi Biomedis Bagi Penderita Autis, SNAST 2016, November 2016 Yogyakarta
7. Inovasi Jamu Celup Dalam Upaya Peningkatan Ekonomi Pedagang Jamu Gendong, SENIATI 2017, ISSN: 2085-4218, Vol. 3 No. 2, C25.1-4, Februari 2017, <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/1012>
8. *Control Effect Of Pori Structure on Triterpenoid Modification in Mocaf*, Global Journal Of Advanced Engineering Technologies and Sciences, ISSN: 2349-0292, Vol 5 No 4, April 2018
9. Pembuatan Lilin Aromaterapi Berbasis Bahan Alami, Jurnal Industri Inovatif, ISSN: 2087-8869, Volume 7, No. 1, Maret 2017,

hal 29 – 34.

<http://ejournal.itn.ac.id/index.php/industri/article/view/1062>

10. Karakterisasi Material Komposit Polimer Polistirene dan Serat Tebu, Jurnal Industri Inovatif, ISSN: 2087-8869, Volume 7, No. 1, Maret 2017, hal. 1-6, <http://ejournal.itn.ac.id/index.php/industri/article/view/1057>

11. Pengembangan Potensi Kreatif Sumberdaya Manusia Dalam Pembuatan Layang-layang dan Tas Wanita Kualitas Ekspor di RW 02 Bakalan Krajan, Jurnal DIFUSI IPTEK, Vol. 3 No. 1 Mei 2018, hal 11 - 15 (ISSN: 2541 - 3996), <https://flipmaslegowo.id/index.php/difusi-iptek/issue/view/4>

## Hak Kekayaan Intelektual

1. Tepung Cassava Termodifikasi Ekstrak Pegagan dan Proses Produksinya, No. HKI: HKI.3-HI.05.01.02.P10201607913
2. Proses Produksi Suplemen Berbasis Tepung Telur Termodifikasi Ekstrak Pegagan Bagi Penyandang Autis. No HKI: P00201709472



**Endah Kusuma Rastini, S.Si, M.Kes** lahir di Malang pada tanggal 19 Oktober 1978, anak kedua dari 4 orang bersaudara pasangan Bapak dr. Gregorius Soeprapto, SpKFR dan Ibu Rr. Roesminingsih. Menyelesaikan Pendidikan S1

Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2002 dan Program Magister Biomedik Universitas Brawijaya Malang tahun 2005. Kariernya diawali menjadi tenaga pengajar di jurusan

Teknik Mesin dan Teknik Gula dan Pangan kemudian diangkat menjadi dosen pada tahun 2014 hingga saat ini. Riwayat karir di kampus ITN Malang sebagai Sekretaris LPPM ITN Malang (2015 - sekarang).

## **Publikasi karya ilmiah**

1. Penghambatan Aktivasi NF $\kappa$ B Oleh CAPE (Caffeic Acid Phenethyl Ester), Komponen Aktif Madu Lebah (Honeybee Hives), Pada HUVEC'S (Human Umbilical Vein Endothelial Cells) Yang Dipapar LDL Teroksidasi, Jurnal Kedokteran Brawijaya, Vol. XXII, No.1, 2006, hal. 1-5, <http://jkb.ub.ac.id/index.php/jkb/article/view/277/267>
2. Pembuatan Gliserol Tribenzoat Dari Gliserol (Hasil Samping Industri Biodiesel) Dengan Variasi Rasio Reaktan Dan Temperatur Reaksi, Jurnal Teknik Kimia UPN, ISSN 1978-0419, Volume 10, No 2, April 2016, hal. 30-35, <http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/tekkim/article/view/533>
3. Karakterisasi Material Komposit Polimer Polystyrene dan Serat Tebu, Jurnal Industri Inovatif, ISSN: 2087-8869, Volume 7, No. 1, Maret 2017, hal. 1-6, <http://ejournal.itn.ac.id/index.php/industri/article/view/1057>
4. Evaluasi Ergonomi Pada Desain Fasilitas Kursi Taman, Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri (SENIATI 2016) 'Green Technology Innovation' (ISSN:2085-4218), <http://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/119/112>
5. Pemanfaatan Sumber Omega - 9 Dari Substitusi Tepung Biji Alpakat (persea americana m.) Dalam Pembuatan Keripik

- Simulasi, Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri (SENIATI) 'Inovasi dan implementasi Green Technology Menuju Kemandirian Energi' 2017 (ISSN: 2085-4218), <http://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/issue/view/17>
6. Pembuatan Lilin Aromaterapi Berbasis Bahan Alami, Jurnal Industri Inovatif, ISSN: 2087-8869, Volume 7, No. 1, Maret 2017, hal 29 – 34. <http://ejournal.itn.ac.id/index.php/industri/article/view/1062>
  7. Potential Crude glycerol from Transesterification WCO (Waste Cooking Oil) as an anti-fungisida Spray, International Journal of ChemTech Research, CODEN(USA): IJCRGG ISSN: 0974-4290, (online): 2455-9555, Vol. 10, No. 3, pp. 55-61, [http://www.sphinxnsai.com/2017/ch\\_vol10\\_no3/1/\(55-61\)V10N3CT.pdf](http://www.sphinxnsai.com/2017/ch_vol10_no3/1/(55-61)V10N3CT.pdf)
  8. Spray Anti Jamur Biocompatible Dari Pemurnian Crude Gliserol Pada Tanaman Mangga Dengan Variasi Rasio KOH Terhadap Ester dan pH Asidifikasi, SENIATI 2017, ISSN: 2085-4218, Vol 3 No 2, D10.1-8, Februari 2017. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/906>
  9. Pengembangan Potensi Kreatif Sumberdaya Manusia Dalam Pembuatan Layang Layang dan Tas Wanita Kualitas Ekspor di RW 02 Bakalan Krajan, Jurnal DIFUSI IPTEK, Vol. 3 No. 1 Mei 2018, hal 11 - 15 (ISSN: 2541 - 3996), <https://flipmaslegowo.id/index.php/difusi-iptek/issue/view/4>
  10. Pembuatan Serbuk Karbon Aktif Dari Limbah Bambu Sebagai Penyangga Katalis Logam Dalam Sintesis Biofuel Secara Fischer-Tropsch, Indonesian Chemisry And Application Journal



**Djoko Hari Praswanto, ST., MT.,** lahir di Pasuruan, 09 April 1992. Pada tahun 2017 telah menyelesaikan pendidikan Sarjana Jurusan Teknik Mesin S-1 Konsentrasi Material di Institut Teknologi Nasional Malang dan pendidikan magister di Jurusan Teknik Mesin Konsentrasi Konversi Energi di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Ia memulai karir pada tahun 2014 menjadi laboran di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang. Pada tahun 2017, ia mengembangkan karirnya di dunia industri menjadi Trainerr Asst. Manager Produksi di PT. Indoceria Plastics And Printing. Di Tahun 2018 memulai karir sebagai akdemisi menjadi dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Bidang konsentrasinya konversi energi dengan bidang keahlian energi alternatif. Ia telah melakukan beberapa penelitian dibidang komposit biodegradable, dan beberapa sudah diterbitkan di jurnal Nasional dan Internasional. Untuk sekarang ini sedang merancang road map penelitian di bidang konversi energi dengan topik energi alternatif. Nantinya dari penelitian dua kosentrasi material dan konversi energi akan dikolaborasikan menjadi penelitian yang mengarah ke green technology.