

**PENGARUH *SILANE TREATMENT* PADA SERAT SERABUT  
KELAPA TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT Matriks  
*POLYPROPYLENE***

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar sarjana teknik



Disusun oleh :

**RUDI HERMAWAN CATUR PUTRA  
NIM. 0410620085-62**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN MESIN  
MALANG  
2009**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul “**Pengaruh *Silane Treatment* Pada Serat Serabut Kelapa Terhadap kekuatan Tarik Komposit Matriks *Polypropylene***” dapat terselesaikan.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis tidak dapat terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang tua dan kakak penulis yang selalu memberikan dukungan materi dan semangat.
2. Bapak Dr.Eng. Yudy Surya Irawan, ST, M.Eng dan Bapak Ir. Winarno Yahdi Atmojo, MT selaku dosen pembimbing.
3. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST. MT selaku Ketua Jurusan dan Bapak Tjuk Oerbandono, ST. CSE. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir. Marsoedi Wirohardjo, MMT selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Produksi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Teman-teman penulis di Jurusan Teknik Mesin khususnya angkatan 2004 yang telah membantu selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan dan doanya untuk kelancaran penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari walaupun telah berusaha dengan sebaik-baiknya dalam penyusunan skripsi ini pasti masih jauh dari sempurna dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Maka dengan ini penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna menuju kesempurnaan.

Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan berbagai pihak yang akan mengembangkan skripsi ini.

Malang, Januari 2009

Penyusun



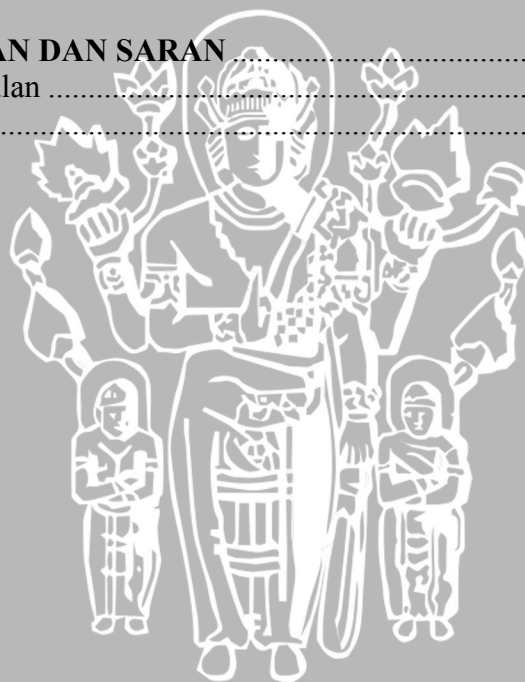
DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Penelitian yang Pernah Dilakukan.....	4
2.2 Pengertian Material Komposit.....	4
2.2.1 Manfaat Material Komposit.....	5
2.3 Klasifikasi komposit.....	5
2.3.1 <i>Fibrous Composite Materials</i> .....	6
2.3.2 <i>Particle Composite Materials</i> .....	7
2.4 Matriks.....	7
2.4.1 Polimer Termoset.....	8
2.4.2 Polimer Termoplastik.....	9
2.4.3 Tegangan Regangan Bahan Polimer.....	12
2.5 Material Pengisi ( <i>Filler</i> ).....	13
2.5.1 Serabut Kelapa Sebagai <i>Filler</i> .....	14
2.6 Perlakuan Kimia Pada Serat Alami.....	14
2.6.1 <i>Silane Treatment</i> .....	15
2.7 Tipe Ikatan Matriks dengan Serat Penguat.....	17
2.8 Metode Pembuatan Komposit.....	18
2.8.1 <i>Spray Up</i> .....	18
2.8.2 <i>Hand Lay Up</i> .....	19
2.8.3 <i>Injection Molding</i> .....	20
2.9 Kekuatan Tarik Komposit.....	22
2.10 Hipotesa.....	24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	25
3.1 Metode Penelitian.....	25
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.3 Variabel Penelitian.....	25
3.3.1 Variabel Bebas.....	25
3.3.2 Variabel Terikat.....	25
3.4 Alat dan Bahan yang Digunakan.....	25



3.4.1	Alat yang digunakan .....	25
3.4.2	Bahan yang digunakan .....	27
3.5	Persiapan Penelitian .....	27
3.6	Metode Pengujian.....	28
3.6.1	Pengujian Tarik Komposit .....	28
3.7	Rancangan Penelitian .....	29
3.8	Analisis Varian.....	30
3.9	Diagram Alir Penelitian .....	32
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1	Hasil Pengujian .....	33
4.2	Data Kekuatan Tarik Teoritis.....	35
4.3	Analisis Statistik.....	36
4.4	Pembahasan.....	38
4.4.1	Pengaruh Fraksi Volume terhadap Kekuatan Tarik Komposit.....	39
4.4.2	Pengaruh <i>Silane Treatment</i> terhadap Kekuatan Tarik Komposit.....	41
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>44</b>
5.1	Kesimpulan .....	44
5.2	Saran.....	44

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**





**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Manfaat Material Komposit dalam Berbagai Aplikasi .....	5
Tabel 3.1	Dimensi Spesimen Uji Tarik D-638.....	28
Tabel 3.2	Rancangan Penulisan Data Penelitian.....	29
Tabel 3.3	Tabel Rata-rata Kekuatan Tarik dari Tiga Kali Pengulangan.....	30
Tabel 3.4	Analisis Varian.....	31
Tabel 4.1	Kekuatan Tarik Komposit Hasil Pengujian .....	35
Tabel 4.2	Kekuatan Tarik Komposit Teoritis .....	36
Tabel 4.3	Rata-rata Kekuatan Tarik Komposit.....	36
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Statistik.....	38



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Klasifikasi Berdasarkan Penguatnya.....	6
Gambar 2.2	Skema Penyusunan <i>Filler</i> Penguat Jenis Serat .....	6
Gambar 2.3	Skema Penyusunan <i>Filler</i> Penguat Jenis Partikel .....	7
Gambar 2.4	Resin <i>Phenol Formaldehyde</i> (bakelit) .....	9
Gambar 2.5	Resin Epoksi.....	9
Gambar 2.6	Resin Poliester.....	10
Gambar 2.7	Resin <i>Polyethylene</i> .....	10
Gambar 2.8	Resin <i>Polystyrene</i> .....	11
Gambar 2.9	Resin <i>Polypropylene</i> .....	12
Gambar 2.10	Kelakuan Mulur dalam Kurva Tegangan-Regangan.....	12
Gambar 2.11	Serabut Kelapa .....	14
Gambar 2.12	<i>Silane</i> .....	15
Gambar 2.13	Urutan Reaksi antara <i>Silane</i> dengan <i>Biofiber</i> .....	16
Gambar 2.14	<i>Mechanical Bonding</i> .....	17
Gambar 2.15	<i>Electrostatic Bonding</i> .....	17
Gambar 2.16	<i>Reaction Bonding</i> .....	18
Gambar 2.17	Proses <i>Spray Up</i> .....	18
Gambar 2.18	Proses <i>Hand Lay Up</i> .....	20
Gambar 2.19	Bagian-bagian Mesin <i>Injection Molding</i> .....	21
Gambar 2.20	Pengaruh Deformasi pada Regangan di sekitar Serat .....	22
Gambar 3.1	Spesimen Pengujian Kekuatan Tarik .....	28
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian .....	32
Gambar 4.1	Grafik Tegangan-Regangan Komposit dengan Serat Serabut Kelapa yang Tidak Mengalami Perlakuan .....	33
Gambar 4.2	Grafik Tegangan-Regangan Komposit dengan Serat Serabut Kelapa yang Telah Mengalami Perlakuan.....	34
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Fraksi Volume terhadap Kekuatan tarik.....	39
Gambar 4.4	Spesimen Tanpa Perlakuan .....	40
Gambar 4.5	Spesimen dengan Perlakuan <i>Silane Treatment</i> .....	41
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan.....	42
Gambar 4.7	Foto Makro Serat Serabut Kelapa. ....	42





## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Data Hasil Pengujian Tarik
Lampiran 2	Gambar Spesimen Uji Tarik
Lampiran 3	Gambar Alat dan Bahan yang Digunakan
Lampiran 4	Tabel F ( $\alpha=0,05$ )
Lampiran 5	Surat Keterangan Penelitian



## RINGKASAN

**RUDI HERMAWAN CATUR PUTRA**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2009, *Pengaruh Silane Treatment Pada Serat Serabut Kelapa Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Matriks Polypropylene*, Dosen Pembimbing : Yudy Surya Irawan. dan Winarno Yahdi Atmodjo.

Biokomposit terdiri dari dua komponen yaitu serat alami sebagai penguat dan matriks. Kelebihan dari serat alami (*biofiber*) untuk dijadikan *filler* pada komposit diantaranya adalah harga yang murah dan densitas yang kecil. Contoh dari serat alami ini adalah serabut kelapa. Indonesia merupakan penghasil kelapa terbesar tahun 2002 (*Asian and Pasific Coconut Community, 2002*). Serabut kelapa sendiri menurut Rout.,J (2001) mempunyai daya tahan yang tinggi sehingga cocok untuk dijadikan bahan baku material. Sedangkan untuk matriksnya, *polypropylene* merupakan resin yang dapat di daur ulang secara termal sehingga ramah lingkungan. Untuk mendapatkan kekuatan tarik komposit maksimum perlu diketahui pengaruh perbandingan fraksi volume serat dengan matriks. Ada beberapa kelemahan serat alami dalam penggunaannya sebagai *filler* biokomposit yaitu daya serap kelembaban yang tinggi dan kurangnya adhesi antara serat dan matriks (Rout.,J ,2001) yang dapat menyebabkan kekuatan tarik menurun. Salah satu metode untuk memperbaiki sifat fisik serat tersebut adalah *silane treatment*. Metode ini merupakan perlakuan kimia yang dilakukan pada serat dengan menggunakan larutan *silane*. Perlakuan kimia ini bertujuan untuk meningkatkan daya ikat antara serat dan matriks. Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh fraksi volume dan *silane treatment* pada serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik komposit matriks *polypropylene*.

Dalam penelitian ini variasi perlakuan yang digunakan yaitu tanpa perlakuan (*untreatment*) dan dengan perlakuan (*silane treatment*). Untuk perbandingan fraksi volume (dalam %) antara serat serabut kelapa dan *polypropylene* yang digunakan adalah 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, dan 50:50. Dimensi serat serabut kelapa yang digunakan memiliki ukuran diameter 280-315  $\mu\text{m}$  dan panjang 5 mm. Proses pencetakan komposit menggunakan proses *injection molding* dengan tekanan injeksi 7,5 bar dan temperatur injeksi 190°C

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit mengalami peningkatan dengan bertambahnya fraksi volume serat serabut kelapa mulai 10 % sampai 30 % selanjutnya mengalami penurunan apabila fraksi volume serat serabut kelapa ditambah hingga 50 %. Kekuatan tarik komposit rata-rata tertinggi dicapai pada fraksi volume serat serabut kelapa yang diberi *silane treatment* 30 % sebesar 77,64 N/mm<sup>2</sup>. Presentase kenaikan kekuatan tarik setelah diberi perlakuan adalah sekitar 12% dari sebelum diberikan perlakuan kimia *silane treatment*.

Kata kunci : komposit, serat serabut kelapa, *polypropylene*, *silane treatment*, kekuatan tarik



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan serat alami sebagai *filler* dalam komposit plastik telah meningkat tajam dalam beberapa tahun terakhir (Panigrahi, 2004). Komposit dengan serat alami ini terdiri dari polimer sebagai matriks dan serat dari alam sebagai elemen penguatnya. Keuntungan dari serat alami ini diantaranya adalah mempunyai densitas yang kecil, harga yang murah, dan dapat terurai di alam (*biodegradable*) (Panigrahi, 2004). Material komposit ini dapat dipakai untuk berbagai kebutuhan terutama seperti dalam industri plastik, otomotif, dan industri *packaging*.

*Polypropylene (PP)* merupakan salah satu jenis resin plastik yang dapat didaur ulang secara termal karena resin ini bersifat termoplastik. *Polypropylene* banyak digunakan sebagai wadah kemasan minuman maupun makanan yang kebanyakan hanya digunakan sekali pakai sehingga perlu dilakukan daur ulang agar dapat bermanfaat dan mempunyai nilai lebih.

Menurut data tahun 2002 dari *Asian and Pacific Coconut Community (APCC)*, Indonesia merupakan penghasil tanaman kelapa terbesar di dunia dengan luas areal 3,7 juta hektar dan mampu memproduksi lebih dari 3 juta ton. Serabut kelapa merupakan serabut alami yang mempunyai daya tahan yang tinggi (Rout, J, *et.al.* 2001). Melihat jumlah areal tanaman kelapa yang sangat luas di Indonesia serta daya tahannya yang tinggi, serat serabut kelapa potensial untuk dijadikan bahan baku biokomposit.

Keberadaan serat alam sebagai *filler* dalam komposit akan mempengaruhi kekuatan tarik dari komposit tersebut. Untuk menghasilkan biokomposit yang ekonomis dan tepat penggunaannya perlu diketahui seberapa besar pengaruh perbandingan volume antara serat dan matriks penyusunnya terhadap kekuatan tarik. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh ini, diantaranya pada serat *bagasse* (Darmawan, Agung, 2006) dengan hasil bahwa semakin tinggi jumlah serat kekuatan tarik akan semakin meningkat hingga mencapai titik maksimal setelah itu mengalami penurunan.

Keterbatasan dari penggunaan serat alam di dalam komposit adalah sifat penyerapannya terhadap kelembapan yang tinggi dan kestabilan dimensi yang rendah (Panigrahi, *et.al.* 2003). Tingginya tingkat penyerapan kelembapan oleh serat alam

menyebabkan biokomposit mempunyai karakteristik menyerap air yang tinggi, dan lemahnya adhesi antara serat dan matriks.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengurangi sifat mudah menyerap air atau disebut juga sifat hidrofilik, dan meningkatkan adhesi antara permukaan serat dengan matriks. Karnani R., *et.al.* (1997) melakukan penelitian dengan menambahkan perlakuan kimia *silane treatment* pada serat tanaman kenaf untuk meningkatkan ikatan antara permukaan serat dengan matriks *PP* yang kemudian didapatkan hasil bahwa kekuatan tarik komposit meningkat setelah diberikan perlakuan kimia *silane treatment*.

Dari beberapa hal yang telah disebutkan di atas dapat diketahui bahwa serabut kelapa merupakan serat alami dan dapat digunakan untuk digabungkan di dalam polimer membentuk komposit. Penggunaan serat alami masih memiliki kekurangan diantaranya adhesi antara serat dan matriks yang rendah. Adhesi antara serat dan matriks yang lemah juga dapat berakibat menurunnya kekuatan mekanik komposit, maka perlu diadakan usaha untuk meningkatkan adhesi ini.

Dengan pertimbangan belum diketahuinya pengaruh fraksi volume serat serabut kelapa dan efek dari *silane treatment* pada serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik komposit dengan matriks *PP*, maka penelitian ini perlu dilakukan yang nantinya dapat diperoleh fraksi volume yang paling optimal yang dapat diterapkan pada serat serabut kelapa serta pengaruh *silane treatment* terhadap kekuatan tarik komposit.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang diatas, maka dapat ditarik suatu rumusan masalah sebagai berikut :

Bagaimanakah pengaruh fraksi volume dan *silane treatment* pada serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik komposit dengan matriks *polypropylene*.

## **I.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Matriks yang digunakan adalah dari bahan polimer yaitu *polypropylene* yang berbentuk pellet.
2. Serat alami yang digunakan sebagai material penguat dalam komposit adalah serabut kelapa.
3. Serabut kelapa disusun dalam bentuk serat (*fiber*) pendek dengan panjang 5 mm dan acak.



4. Ukuran diameter serat serabut kelapa yang digunakan adalah 280-315  $\mu\text{m}$ .
5. Perlakuan kimia yang digunakan adalah *silane treatment*.

#### **I.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat serabut kelapa serta perlakuan kimia yang didalam penelitian ini menggunakan *silane treatment* pada serabut kelapa, yang dijadikan penguat dalam komposit dengan matriks *polypropylene*, terhadap kekuatan tarik komposit.

#### **I.5 Manfaat Penelitian**

1. Penggunaan plastik yang dapat di daur ulang sebagai matriks dalam komposit dapat memberikan nilai guna yang lebih dengan menjadikan sebagai bahan baku material baru
2. Menambah nilai guna serabut kelapa yang digunakan sebagai penguat dalam komposit dengan menjadikannya bahan baku material baru.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian yang Pernah Dilakukan

Darmawan, Agung (2006) pernah meneliti tentang pengaruh fraksi volume serat *bagasse* dan matriks *polypropilene (PP)* dengan hasil komposit mengalami peningkatan dengan bertambahnya fraksi volume *bagasse* mulai 10 % sampai 30 % kemudian mengalami penurunan apabila fraksi volume *bagasse* ditambah hingga 50 %. *Tensile strength* komposit rata-rata tertinggi dicapai pada fraksi volume *bagasse* 30 % sebesar 34,683 N/mm<sup>2</sup>.

Karnani, R (1997) meneliti tentang efek dari perlakuan kimia *silane treatment* pada serat tanaman kenaf untuk meningkatkan ikatan antara permukaan serat dengan matriks *polypropylene* yang didapatkan hasil bahwa kekuatan mekanik komposit meningkat setelah diberikan perlakuan kimia.

Rif'an, Muhammad (2008) meneliti pengaruh perlakuan kimia *silane treatment* pada serat *bagasse* terhadap kekuatan tarik dan *water absorption* komposit matriks *polypropylene*. Dari hasil penelitian didapatkan kekuatan tarik komposit tanpa perlakuan sebesar 35,7 MPa dan setelah diberikan *silane* meningkat menjadi 40,2 MPa.

#### 2.2 Pengertian Material Komposit

Material komposit didefinisikan sebagai dua macam atau lebih material yang mempunyai karakteristik yang berbeda kemudian dicampurkan dan disusun secara sistematis untuk memperoleh sifat tertentu yang berbeda dari pembentuknya. Menurut Jones, *et.al* (1991:2) material penyusun komposit digabungkan dalam skala makroskopis yang mempunyai arti bahwa komponen penyusun komposit, baik material pengikat (matriks) maupun material pengisi (*filler/reinforced*), dapat diidentifikasi secara langsung oleh mata telanjang. Matriks berfungsi untuk perekat atau pemegang dan pelindung serat dari kerusakan eksternal dan matriks juga berfungsi sebagai pendistribusi beban yang dikenakan pada material komposit. Sedangkan *filler* berfungsi sebagai penguat dari matriks.

Keuntungan penggunaan material komposit adalah :

1. Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik.
2. Memiliki bobot yang ringan.
3. Biaya produksi murah.



4. Tahan terhadap korosi dan oksidasi.

Kekurangan dari material komposit antara lain :

1. Lebih sulit dilakukan perbaikan jika rusak.
2. Mempunyai kekerasan yang rendah.

(Sumber : Schwartz, 1997)

### 2.2.1 Manfaat Material Komposit

Material komposit mulai banyak digunakan dalam dunia industri. Banyak barang-barang disekitar kita yang terbuat dari komposit. Industri yang memanfaatkan material komposit antara lain adalah industri otomotif, perkapalan, penerbangan, kimia, elektronik, maupun rumah tangga.

Contoh penggunaan material komposit dalam berbagai industri dapat dilihat dalam tabel 2.1 :

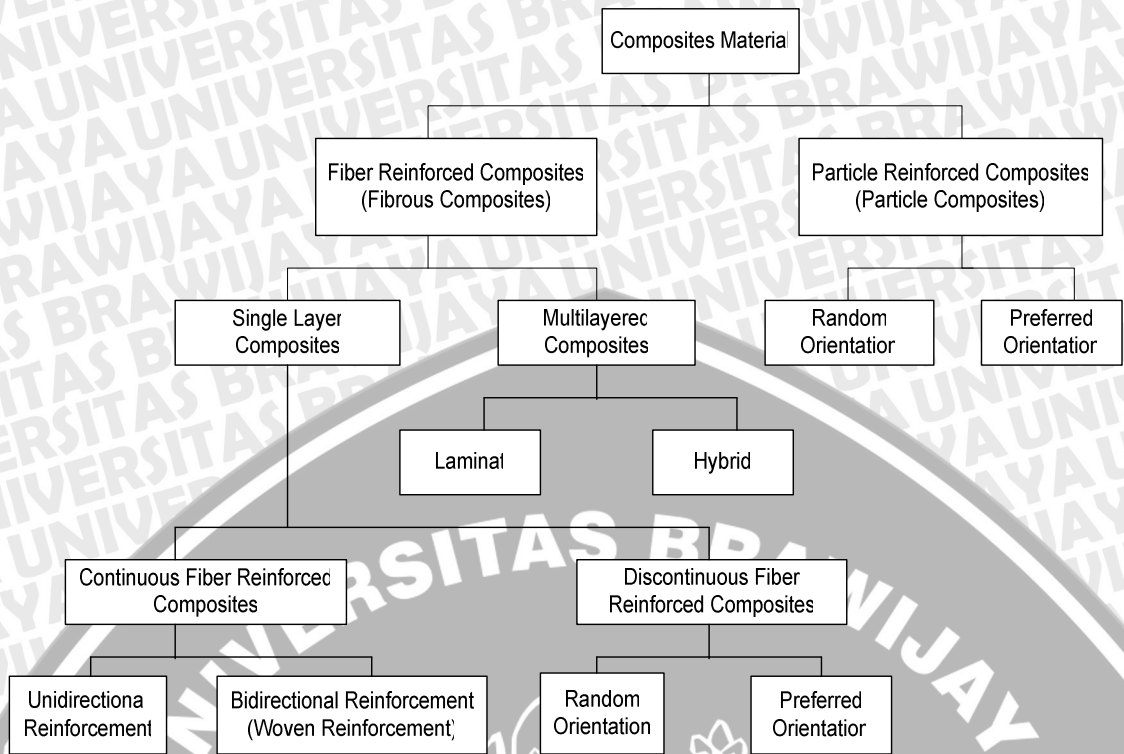
Tabel 2.1 Penggunaan Material Komposit dalam Berbagai Aplikasi

Sektor Industri	Contoh
Otomotif	<i>Body panels, lamp housing, bumper, instrument panels</i>
Perkapalan	<i>Decks, interior panels</i>
Penerbangan	<i>Wings, seats, interior panels, tail planes</i>
Kimia	<i>Pipa, tangki, valves</i>
Elektronik	<i>Panels, housing, insulators, connectors</i>
Rumah tangga	<i>Meja, kursi, tangga, alat-alat mandi</i>

(Sumber : Matthews and Rawlings, 1994:16)

### 2.3 Klasifikasi Komposit

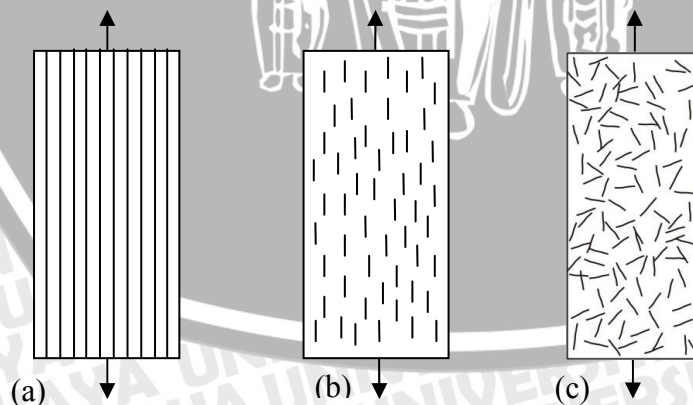
Secara umum dilihat dari jenis penguatnya komposit dibedakan menjadi dua macam yaitu komposit dengan penguat berupa serat dan komposit dengan penguat berupa *filler*. Pengklasifikasian serat berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit  
 Sumber : Matthews dan Rawlings, 1994:7

### 2.3.1 *Fibrous Composite Materials*

*Fibrous composite materials* (material komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat. Ada tiga jenis metode penyusunan *filler* jenis serat yaitu *unidirectional continuous fibre*, *unidirectional discontinuous fibre*, dan *randomly discontinuous fibre*.



Gambar 2.2 Skema Penyusunan *Filler* Jenis Serat (a) *Continuous fibres, unidirectional* (b) *Discontinuous fibres, unidirectional* dan (c) *Discontinuous fibres, random*

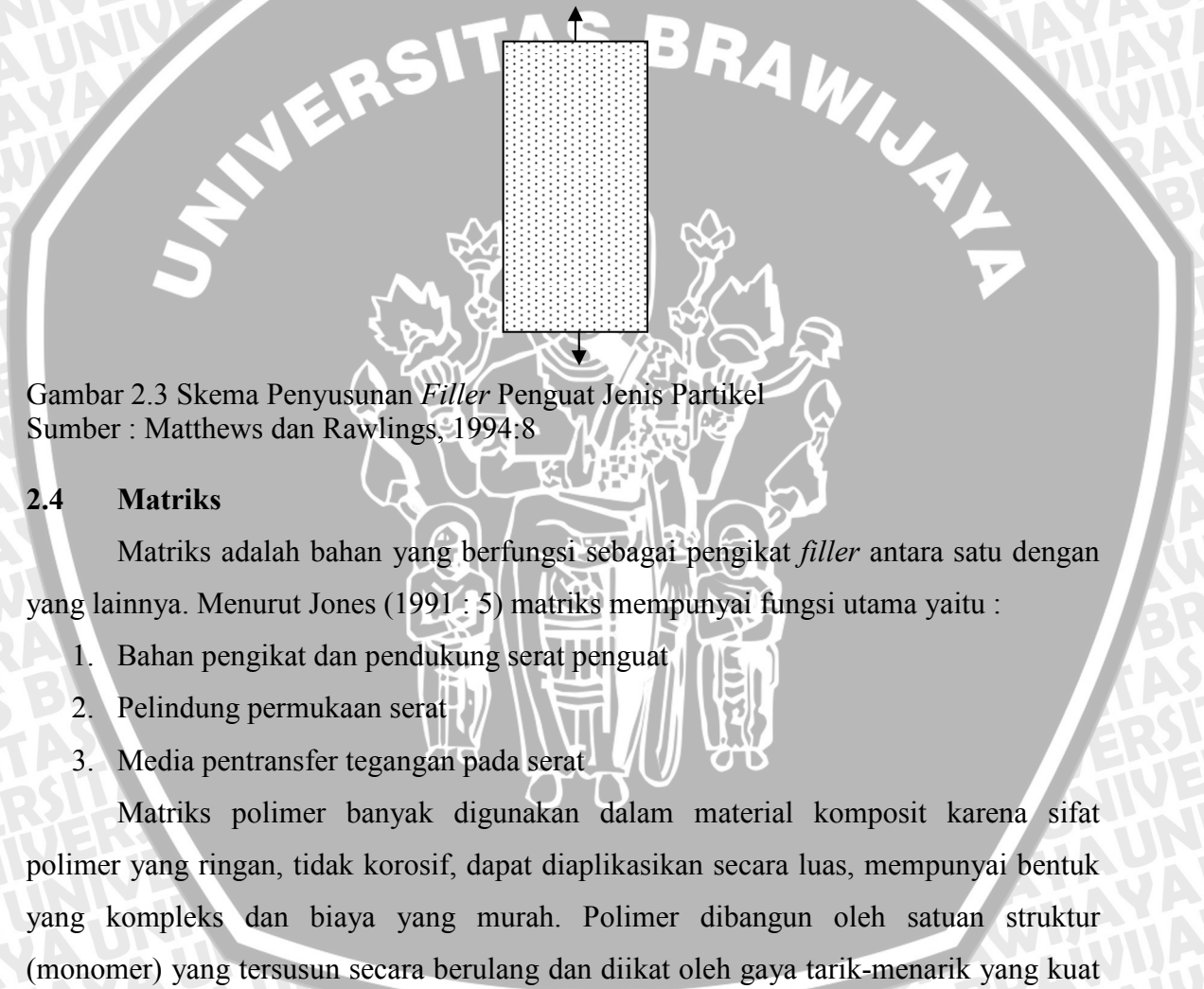
Sumber : Matthews dan Rawlings, 1994:8



### 2.3.2 Particle Composite Materials

*Particle Composite Materials* (komposit partikel) adalah jenis Komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai *filler* (pengisi). Partikel berupa logam atau non logam dapat digunakan sebagai *filler*. Empat kombinasi yang dapat digunakan sebagai material komposit partikel yaitu :

- Material komposit partikel non logam di dalam matriks non logam
- Material komposit partikel logam di dalam matriks non logam
- Material komposit partikel logam di dalam matriks logam
- Material komposit partikel non logam di dalam matriks logam



Gambar 2.3 Skema Penyusunan *Filler* Penguat Jenis Partikel  
Sumber : Matthews dan Rawlings, 1994:8

### 2.4 Matriks

Matriks adalah bahan yang berfungsi sebagai pengikat *filler* antara satu dengan yang lainnya. Menurut Jones (1991 : 5) matriks mempunyai fungsi utama yaitu :

1. Bahan pengikat dan pendukung serat penguat
2. Pelindung permukaan serat
3. Media pentransfer tegangan pada serat

Matriks polimer banyak digunakan dalam material komposit karena sifat polimer yang ringan, tidak korosif, dapat diaplikasikan secara luas, mempunyai bentuk yang kompleks dan biaya yang murah. Polimer dibangun oleh satuan struktur (monomer) yang tersusun secara berulang dan diikat oleh gaya tarik-menarik yang kuat yang disebut ikatan kovalen (Surdia,Tata. 1995 : 171). Nama-nama dari polimer yang tersusun dari awalan *poly* dan diikuti nama monomernya, misalnya *polypropylene* tersusun dari *poly* dan *propylene*. Polimer yang digunakan pada material komposit diklasifikasikan menjadi dua berdasarkan ikatannya, yaitu polimer termoset dan polimer

termoplastik. Sifat-sifat khas yang dimiliki polimer pada umumnya adalah sebagai berikut (Surdia, Tata. 1995:173) :

1. Mampu cetak yang baik. Pada temperatur yang relatif rendah bahan dapat dicetak dengan injeksi, penekanan, ekstrusi, dan seterusnya, yang menyebabkan ongkos pembuatan lebih rendah.
2. Produk yang ringan dan kuat dapat dibuat. Berat jenis polimer rendah dibandingkan dengan logam dan keramik.
3. Banyak diantara polimer yang bersifat isolasi listrik yang baik. Namun dapat juga dibuat menjadi konduktor dengan jalan mencampurnya dengan serbuk logam.
4. Ketahanan terhadap air dan zat kimia yang baik.
5. Umumnya bahan polimer lebih murah.
6. Kurang tahan terhadap panas. Ketahanan panas pada polimer tidak sekuat logam dan keramik.
7. Kekerasan permukaan yang sangat kurang. Kekerasan bahan polimer yang paling tinggi pun masih jauh dibawah logam dan keramik.
8. Mudah termuati listrik secara elektrostatis.
9. Beberapa mempunyai koefisien gesek yang kecil sehingga ketahanan terhadap abrasi cukup baik.

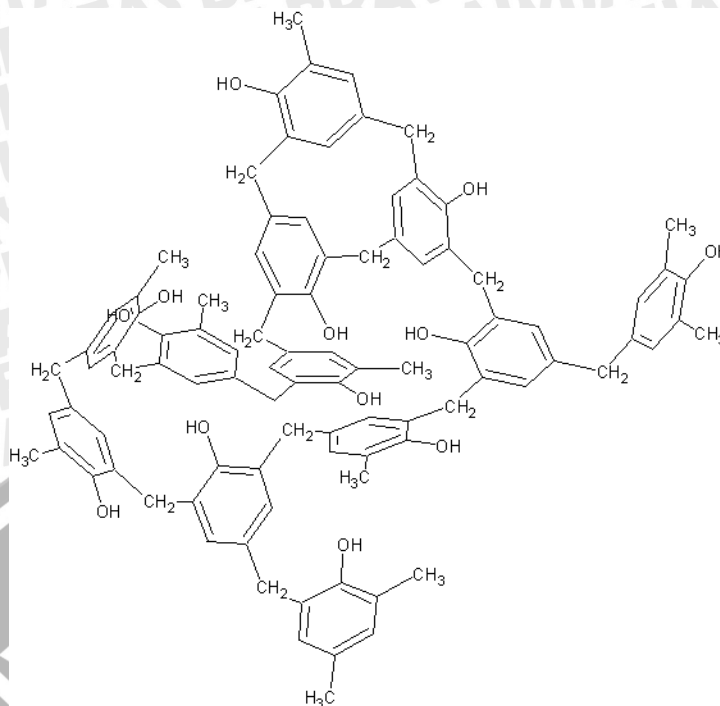
#### 2.4.1 Polimer Termoset

Termoset adalah salah satu jenis plastik yang sering digunakan dalam pembuatan komposit dengan penguat serat. Matriks jenis ini memiliki rantai-rantai molekul yang saling berhubungan sehingga walaupun mengalami pemanasan dan penekanan, masing-masing rantai molekul tidak akan saling bergerak relatif. Matriks akan mencair dan kemudian mengeras bersamaan dengan terbentuknya suatu jaringan ikatan rantai monomer sehingga akan bersifat stabil. Resin yang termasuk jenis polimer termoset antara lain fenol, epoksi dan poliester.

##### a. Resin fenol

Resin ini merupakan resin termoset pertama yang banyak digunakan di dalam dunia industri. Resin fenol terbuat melalui reaksi antara fenol dan formaldehida dengan proses kondensasi. Karena mempunyai struktur *cross-linked* sehingga mempunyai sifat kekerasan yang tinggi, kekakuan yang baik dan kekuatan yang dikombinasikan dengan ketahanan panas, ketahanan kimia serta kemampuan isolasi listrik yang baik.





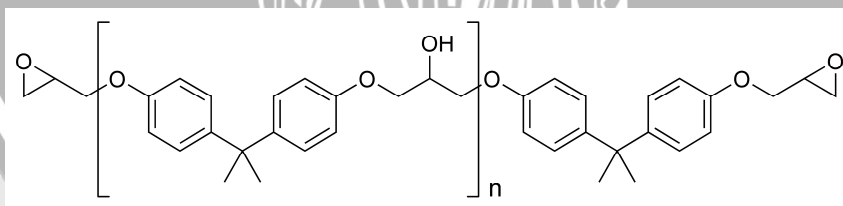
Gambar 2.4 Resin *Phenol Formaldehyde* (bakelit)

Sumber : Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2009.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Phenol\\_formaldehyde\\_resin](http://en.wikipedia.org/wiki/Phenol_formaldehyde_resin)

b. Epoksi

Epoksi mempunyai kegunaan yang luas dalam industri teknik kimia, listrik, mekanik dan sipil sebagai perekat, cat pelapis, pencetakan cor dan benda-benda cetakan karena sifatnya yang lebih unggul dibandingkan dengan resin lainnya, antara lain kekuatan tarik serta kekuatan tekan yang tinggi, tahan terhadap bahan kimia, stabilitas ukuran yang baik, ketahanan termal yang tinggi, dan mudah dibentuk tanpa dipanaskan terlebih dahulu.



Gambar 2.5 Resin Epoksi

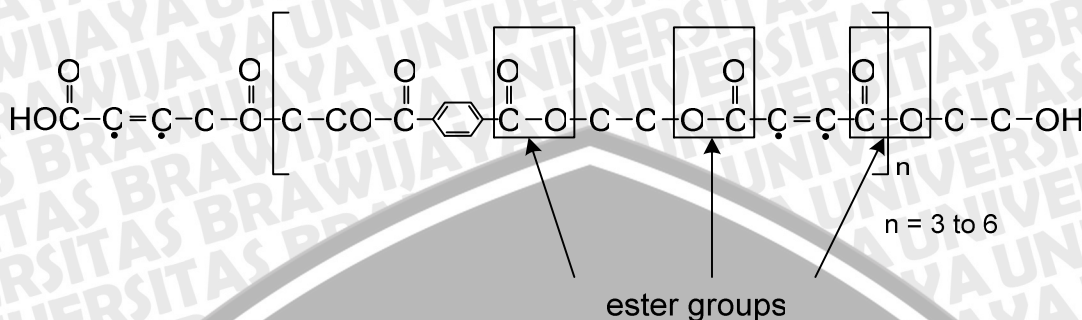
Sumber : Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2009.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Epoxy\\_resins](http://en.wikipedia.org/wiki/Epoxy_resins)

c. Poliester tak jenuh

Secara umum lebih dikenal dengan nama poliester saja. Karena berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin termoset

lainnya maka tak perlu diberi tekanan untuk pencetakan. Berdasarkan karakteristik ini, bahan dikembangkan secara luas sebagai plastik penguat serat (*FRP*) dengan menggunakan serat gelas.



Gambar 2.6 Resin Poliester

Sumber : NetComposites, 2009

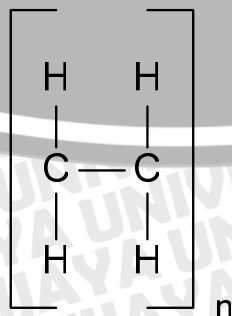
<http://www.netcomposites.com/education.asp?sequence=9>

### 2.4.2 Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik mempunyai sifat mampu bentuk cukup baik, material ini akan meleleh menjadi cair apabila dipanaskan dan mengeras apabila didinginkan. Resin ini mempunyai ikatan *linear* dan *branched* antara monomer-monomer penyusunnya, sehingga kestabilan struktur kimianya akan relatif rendah. Resin termoplastik ini bersifat *reversible* sehingga memungkinkan untuk dibentuk ulang dan didaur ulang. Resin termoplastik yang sering digunakan adalah :

- **Polyethylene**

Resin ini mempunyai berat molekul yang tinggi. Secara kimia sifat polietilen sama dengan parafin yaitu mudah terbakar bila dinyalakan dan menjadi cair. Susunan kimianya seperti dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Resin *Polyethylene*

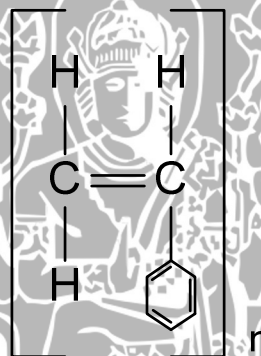
Sumber : Surdia, Tata. 1995: 209



*Polyethylene* ini mempunyai tingkat penyusutan yang sangat tinggi. Pada temperatur rendah, resin ini bersifat fleksibel dan tahan impak dan tahan kimia. Resin ini banyak dipakai pada alat-alat rumah tangga untuk wadah, botol-botol, dirigen, dan sebagainya

- ***Polystyrene***

Monomer *styrene* dibuat dari benzena dan etilen dipolemerisasikan dengan panas, cahaya, dan katalis. Resin ini tidak berwarna dan merupakan resin transparan, memiliki massa jenis yang lebih rendah daripada *polyethylene* dan *polypropylene*. Mudah dikerjakan, murah biayanya, sedikit menyerap air, memiki kestabilan panas, dan ketahanan radiasi yang baik. *Polystyrene* digunakan untuk benda yang mempunyai ketahanan impak yang tinggi misalnya TV, radio, *refrigerator*, dan alat-alat elektronik lainnya. Ikatan kimia *polystyrene* ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Resin *polystyrene*  
Sumber : Surdia, Tata. 1995: 214

- ***Polypropylene***

*Polypropylene* termasuk dalam resin termoplastik yang terbentuk dari reaksi polimerisasi dari monomer-monomer penyusunnya yang disebut *propylen*. Resin ini banyak digunakan pada komponen otomotif, tekstil, peralatan laboratorium, kemasan makanan, dan lain sebagainya.

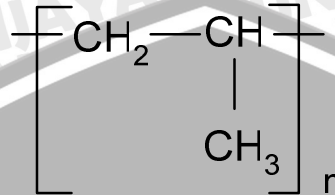
Karakteristik *Polypropylene* :

1. Nama Kimia : poly(1-methylethylene)
2. Monomer : Propylene
3. Densitas : 0.928 g/cm<sup>3</sup>
4. Kekuatan Tarik : 3.3-4.2 (kgf/mm<sup>2</sup>)
5. Modulus Elastis : 1.1-1.4 (kgf/mm<sup>2</sup>.10<sup>2</sup>)

- 6. Kekuatan Lentur : 4.2-5.6 (kgf/mm<sup>2</sup>)
- 7. Titik Leleh : 173 °C

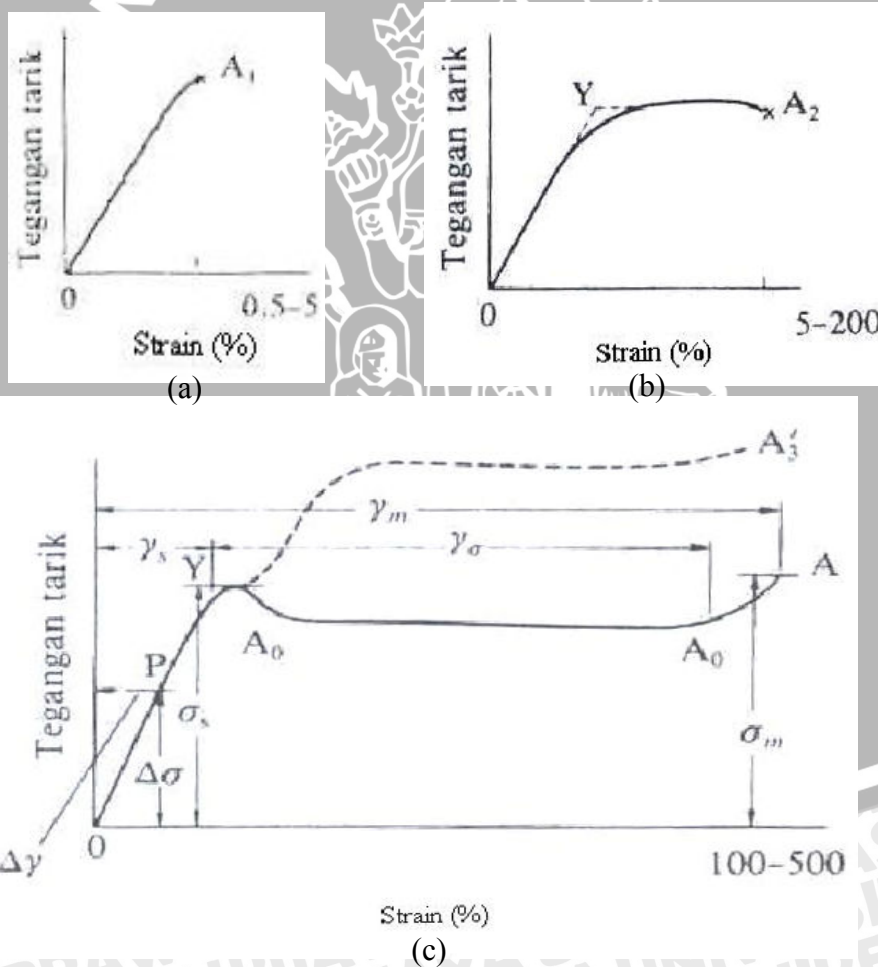
Sumber : Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2008.  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Polypropylene>

Dan gambar dibawah ini merupakan struktur kimia dari *polypropylene* :



Gambar 2.9 Resin *Polypropylene*  
 Sumber : Surdia, Tata. 1995:212

### 2.4.3 Tegangan-Regangan Bahan Polimer



Gambar 2.10 Kelakuan Mulur dalam Kurva Tegangan-Regangan  
 Sumber : Tata Surdia. 1995 : 181



Gambar 2.10 yang ditunjukkan oleh garis OA<sub>1</sub>, pada Gambar (a) menunjukkan laju regangan yang agak rendah antara 0.5-5%, pada saat patah menunjukkan hubungan lurus. Bahan yang termasuk kelompok ini adalah fenol, urea, melamin, *polyester* dan resin *stirene* yang bersifat patah getas.

Pada jenis selanjutnya, yang ditunjukkan pada Gambar (c), OY merupakan garis lurus sampai titik mulur pada Y, tetapi setelah itu memberikan regangan yang besar sampai 100-500%, dan sebelum patah tegangan tarik meningkat dengan cepat, kadangkala peningkatan terakhir ini tidak dapat teramati. Bahan yang termasuk kelompok ini adalah *polyethylene*, *polypropylene* dan *polyacetal* yang terdiri dari molekul rantai.

Jenis (b) pada gambar 2.10 berada di antara (a) dan (c) yang tidak menunjukkan penurunan beban setelah titik mulur seperti halnya yang ditunjukkan pada (c) tetapi hanya satu titik infleksi, jadi beban meningkat yang mengakibatkan patah. Bahan yang termasuk jenis ini adalah resin ABS, asetat dan resin fluoro.

Kelakuan bahan tersebut di atas berlaku pada temperatur kamar. Kelakuan tersebut akan berubah banyak apabila temperatur berubah. Resin termoset seperti resin *polyester* menunjukkan kelakuan seperti pada Gambar (a), sedangkan resin termoplastik sering berubah dari kelakuan (a) ke (c) apabila temperatur meningkat (Tata Surdia, 1995 : 181).

## 2.5 Material Pengisi (*Filler*)

*Filler* merupakan komponen penting di dalam material komposit yang bertujuan untuk memperbaiki sifat (mekanik maupun elektrik) dari sifat matriks yang digunakan ([Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2008](#)). *Filler* ini biasa disebut juga *reinforcement* (penguat). Belakangan ini *filler* berupa serat alami banyak digunakan, hal ini disebabkan karena serat alami memiliki banyak kelebihan diantaranya dapat diperbaharui (*renewable*), memiliki densitas yang rendah, dan biaya produksi yang rendah.

Serat alami dapat digolongkan dari asalnya yaitu:

- Serat alami yang berasal dari kulit tumbuhan misalnya rami, pisang, kenaf, dan eceng gondok
- Serat alami yang berasal dari daun tumbuhan misalnya nanas
- Serat alami yang berasal dari benih atau buah serabut misalnya kapas, kelapa atau kelapa sawit

### 2.5.1 Serabut Kelapa Sebagai *Filler*

Tanaman kelapa banyak digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan. Tanaman kelapa tumbuh di daerah tropis dan daerah garis Ekuator seperti Afrika Barat, Amerika Tengah dan Selatan, dan di beberapa daerah Asia.

Serabut kelapa sebenarnya merupakan limbah dari buah kelapa setelah daging kelapa diambil untuk dikonsumsi. Limbah ini dapat dipakai lagi untuk bahan baku produksi misalnya tali, sapu, dan *keset*. Di Indonesia sendiri jumlah produksi kelapa pada tahun 2002 tercatat mencapai 3 juta ton, jumlah ini menjadikan Indonesia penghasil terbesar tanaman kelapa di dunia.



Gambar 2.11 Serabut Kelapa

Sumber : Helium International Trading, 2008 . <http://heliumtrdg.trustpass.alibaba.com>.

Karakteristik serabut kelapa adalah sebagai berikut :

- Densitas : 1,15 g/cm<sup>3</sup>
- Modulus elastisitas : 4-6 GPa
- Kekuatan tarik : 175 MPa

(sumber : Mohanty *et.al* 2000)

### 2.6 Perlakuan Kimia pada Serat Alami

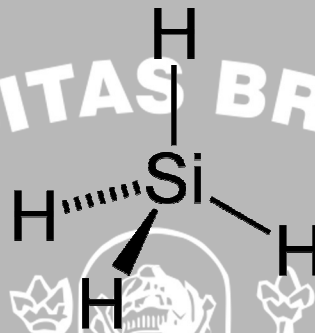
Perlakuan Kimia pada serat alami dilakukan untuk meningkatkan *adhesi* atau pelekatan antara serat alami dengan matriks pada material komposit sehingga sifat mekanik komposit meningkat. Beberapa perlakuan kimia dan variasinya terhadap berbagai macam serat alami yang akan digunakan sebagai *filler* pada material komposit telah diteliti. Perlakuan kimia yang telah diteliti diantaranya *alkali treatment*, *isocyanate treatment*, *silane treatment*, *potassium permanganate*, *peroxide treatment* dan



*benzoylation*. Perlakuan kimia di atas telah berhasil memperbaiki sifat mekanik komposit yang dihasilkan.

### 2.6.1 *Silane Treatment*

*Silane treatment* merupakan perlakuan kimia yang menggunakan larutan *silane* untuk memperbaiki permukaan dari serat alami. Larutan *silane* adalah senyawa kimia Silikon (Si) yang berikatan dengan empat atom Hidrogen ( $\text{Si}_n \text{H}_{2n+2}$ ) atau senyawa pengganti lainnya ( $\text{RSi}(\text{OR}')_3$ ).



Gambar 2.12 *Silane*

Sumber : Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2008.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Polypropylene>

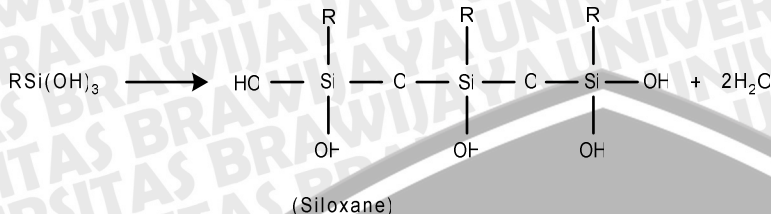
Dengan *silane treatment* terhadap serat, permukaan serat alami akan menjadi lebih kasar sehingga akan meningkatkan ikatan mekanik antara serat alami dengan matriks. *Silane treatment* juga akan mengurangi sifat serat alami yang mudah menyerap kelembapan, sehingga serat alami tidak mudah rusak dan lebih tahan lama.

Sebelum direaksikan dengan serat alami, *silane* terlebih dahulu direaksikan dengan air (dihidrolisis). Pada proses hidrolisis gugus *alkoxide* (ethoxy, methoxy dan lain-lain) atau R' dari *silane* tergantikan dengan atom hidrogen dari air sehingga membentuk *silanol* dan alkohol. Kemudian dengan cara kondensasi *silanol* mengalami polimerisasi yang akan membentuk *siloxane*. *Siloxane* inilah yang direaksikan dengan serat alami, dimana reaksi terjadi antara gugus OH dari serat dengan gugus OH dari larutan *silane*. Berikutnya adalah proses *surface grafting*, dimana pada proses ini terjadi kondensasi sehingga ikatan antara serat dengan larutan *silane* menjadi stabil. Urutan reaksi secara teoritis telah digambarkan oleh Karnani, et.al. 1997, seperti yang terdapat pada Gambar 2.13

**Hydrolysis**



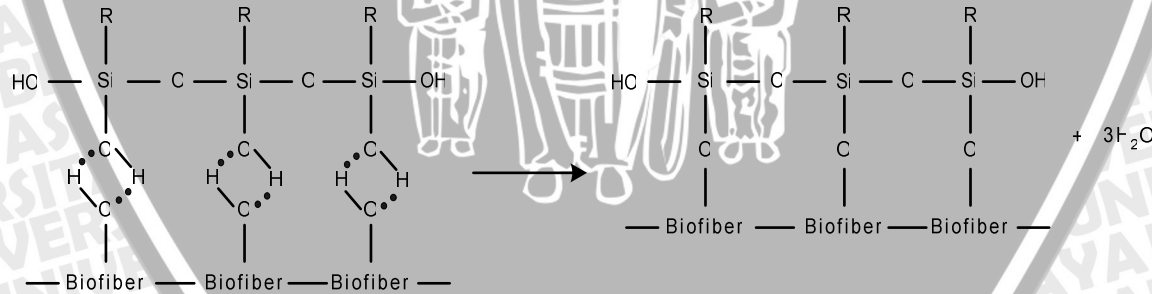
**Condensation**



**Hydrogen Bonding**



**Surface Grafting**



Gambar 2.13. Urutan Reaksi antara *Silane* dengan *Biofiber*  
 Sumber : Karnani, *et.al.*1997.

Keterangan gambar : R : H<sub>2</sub>C=CH  
 R' : C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>

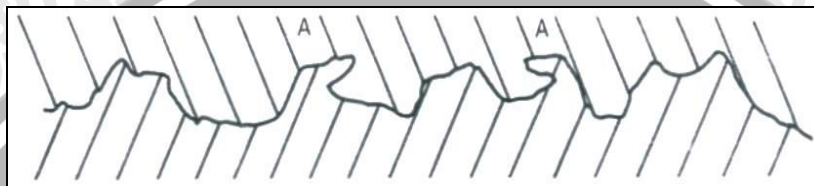


## 2.7 Tipe Ikatan Matriks dengan Serat Penguat

Ada beberapa jenis ikatan yang terjadi saat matriks melapisi dan melekat pada permukaan serat penguat, diantaranya adalah :

### a. Ikatan mekanik (*Mechanical bonding*)

Matriks cair akan menyebar ke seluruh permukaan serat penguat dan mengisi setiap lekuk dan permukaan serat penguat yang kasar sehingga terjadi mekanisme saling mengunci (*interlocking mechanism*) seperti pada gambar 2.14 dan semakin kasar permukaan serat penguat maka semakin kuat ikatan yang terbentuk.

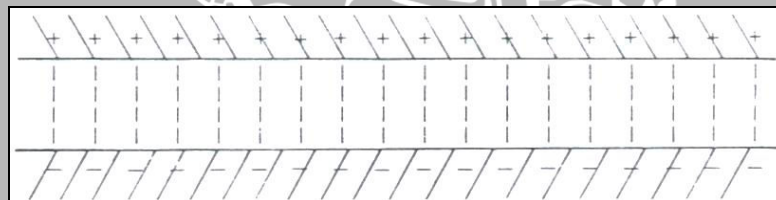


Gambar 2.14 *Mechanical Bonding*

Sumber : Matthews dan Rawlings, 1994 : 62

### b. Ikatan elektrostatik (*Electrostatic bonding*)

Ikatan elektrostatik seperti yang ditunjukkan gambar 2.15 terjadi antara matriks dan serat penguat ketika salah satu permukaan mempunyai muatan positif dan permukaan lain mempunyai muatan negatif, sehingga terjadi tarik menarik antara dua permukaan tersebut.

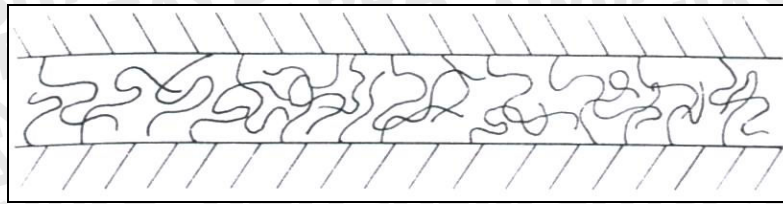


Gambar 2.15 *Electrostatic Bonding*

Sumber : Matthews dan Rawlings, 1994 : 62

### c. Ikatan reaksi (*Reaction bonding*)

Atom atau molekul dari dua komponen dalam komposit dapat bereaksi pada permukaannya sehingga terjadi ikatan reaksi (gambar 2.16). Ikatan ini akan membentuk lapisan permukaan (*interfacial layer*) yang mempunyai sifat yang berbeda dari kedua komponen tersebut. Ikatan ini dapat terjadi karena adanya difusi atom-atom permukaan dari komponen komposit.



Gambar 2.16 *Reaction Bonding*  
 Sumber : Matthews dan Rawlings, 1994 : 63

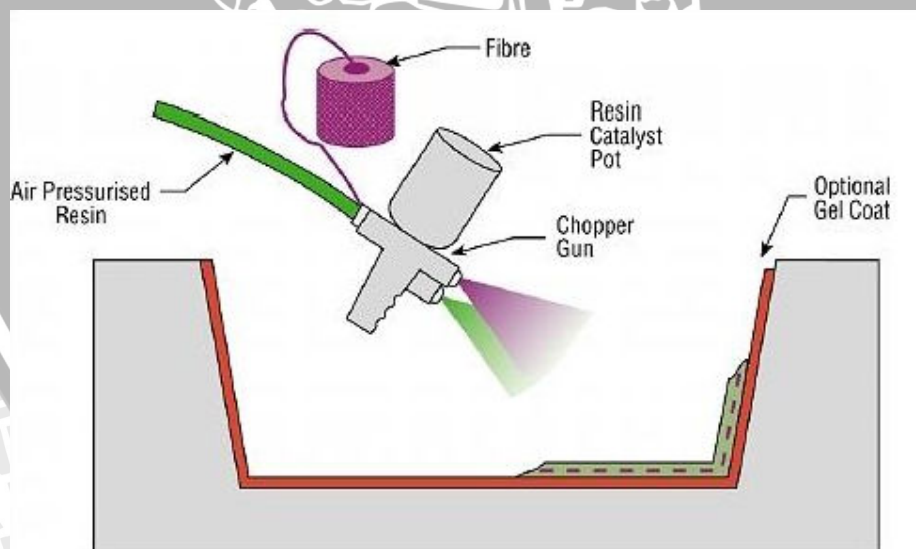
## 2.8 Metode Pembuatan Komposit

Dalam pembuatan komposit diperlukan suatu cetakan diman cetakan tersebut harus bersih dari kotoran dan permukaannya halus. Untuk pembuatan cetakan dapat dibuat dari logam, kayu, gips, plastik dan kaca. Ada tiga metode pembuatan komposit yang sering digunakan yaitu :

- *Spray up*
- *Hand lay up*, dan
- *Injection Molding*

### 2.8.1 *Spray Up*

Dalam pembuatan komposit dengan menggunakan metode *spray up* ini menggunakan alat penyemprot. Alat penyemprot tersebut berisi resin katalis dan potongan serat yang secara bersamaan disemprotkan kedalam cetakan.



Gambar 2.17 Proses *Spray Up*  
 Sumber : *Complete Guide to Composites*.  
[http://autospeed.com/cms/A\\_108698/article.html](http://autospeed.com/cms/A_108698/article.html)



Beberapa kelebihan metode *Spray up* diantaranya :

1. Hemat dalam penggunaan resin dan *filler*
2. Peralatan yang dipakai murah
3. Beberapa tahun terakhir banyak digunakan metode seperti ini.

Kekurangan metode *spray up* antara lain :

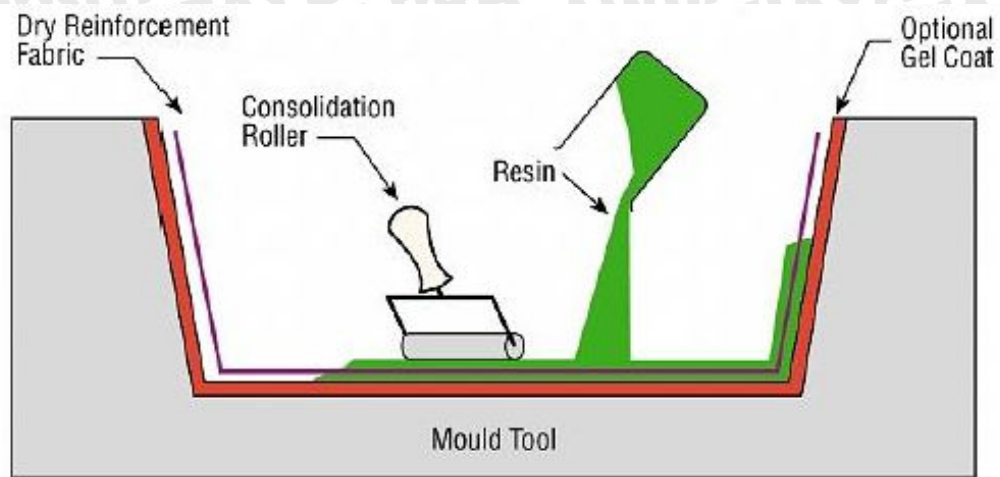
1. Karena proses penyemprotan maka resin yang dipakai harus mempunyai viskositas yang rendah.
2. Hanya dapat dipakai untuk *filler* berbentuk partikel dan serat pendek acak.
3. Dapat membahayakan kesehatan karena adanya kemungkinan partikel-partikel resin yang terhirup selama proses penyemprotan dan juga dapat mengotori pakaian.

### 2.8.2 *Hand Lay Up*

Proses pembuatan komposit dengan metode ini merupakan cara yang paling sederhana karena dilakukan secara manual. Pada metode pembuatan komposit *hand lay up* ini biasanya menggunakan resin termoset sebagai matriksnya. Cetakan yang digunakan harus bersih dan mempunyai permukaan yang halus agar hasil yang diperoleh maksimal.

Dalam metode ini dilakukan pengerjaan lapisan demi lapisan sehingga diperoleh ketebalan yang diinginkan. Dimana setiap lapisan terdiri dari matriks yang telah dicampur dengan serat dan katalisator.

Setelah mencapai ketebalan yang diinginkan proses selanjutnya adalah meratakan permukaan dengan *roller*. *Roller* ini digunakan sampai permukaan menjadi rata dan tidak ada udara yang terjebak didalamnya. Proses *hand lay up* digambarkan pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Proses *Hand Lay Up*

Sumber : *Complete Guide to Composites*.

[http://autospeed.com/cms/A\\_108698/article.html](http://autospeed.com/cms/A_108698/article.html)

Beberapa kelebihan *hand lay up* adalah:

1. Biayanya murah.
2. Dapat digunakan untuk membuat benda yang besar maupun kecil.
3. Alat yang digunakan sederhana.
4. Bisa digunakan untuk serat pendek maupun panjang.
5. Mudah mengerjakannya.

Kekurangan *hand lay up* antara lain:

1. Kualitas lapisan sangat tergantung oleh pengerjaan tangan yang melapisi.
2. Keseragaman produk kurang.
3. Pengerjaannya lama.

### 2.8.3 *Injection Molding*

*Injection molding* merupakan metode yang paling sering dan banyak digunakan dalam proses manufaktur komponen resin termoplastik. Metode ini dilakukan dengan cara memberikan tekanan injeksi (*injection pressure*) dengan besar tertentu pada material plastik yang telah dilelehkan oleh sejumlah energi panas, untuk dimasukkan ke dalam cetakan (*mold*) sehingga didapatkan bentuk yang diinginkan.

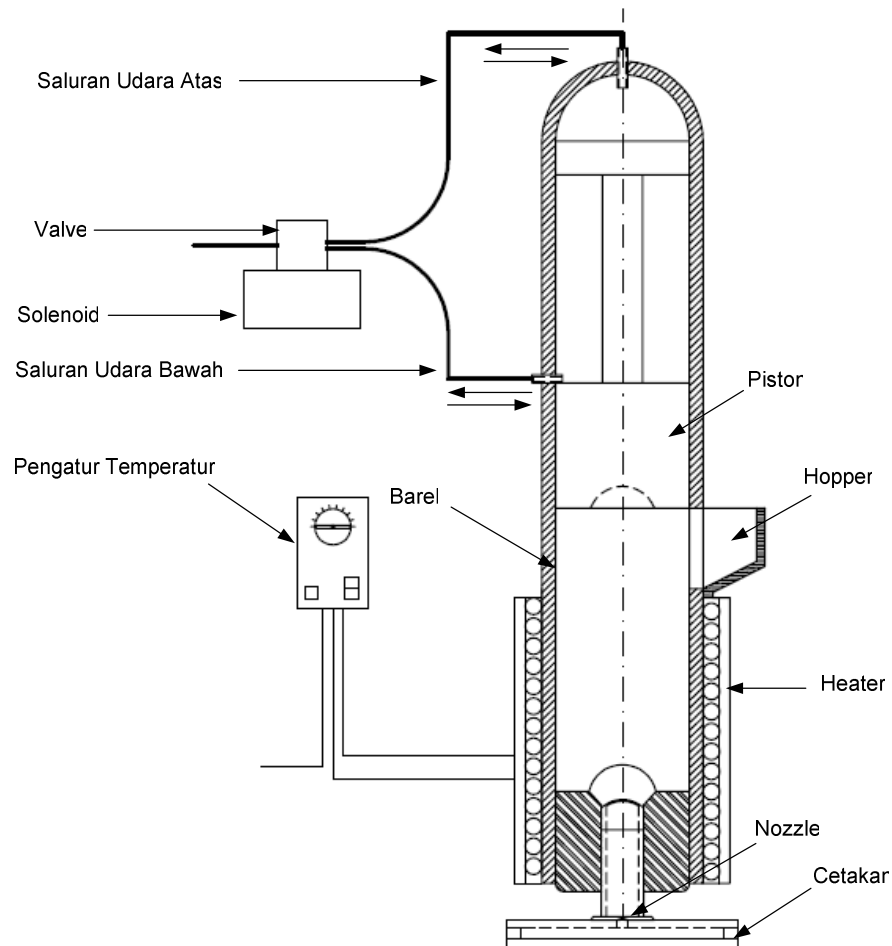
Beberapa kelebihan dari metode *injection molding* antara lain:

1. Produk dapat dibuat dengan toleransi ukuran kecil
2. Komponen dapat dihasilkan dengan tingkat produksi tinggi
3. Dapat mencetak produk yang sama dengan bahan baku yang berbeda tanpa merubah mesin dan cetakan, dan
4. Dapat dihasilkan produk tanpa pengerjaan akhir yang rumit.



Kekurangan dari *injection molding* antara lain:

1. Biasanya digunakan untuk serat pendek acak dan partikel, namun sulit apabila digunakan untuk serat *continuous*.
2. Apabila resin yang digunakan mempunyai titik leleh tinggi maka energi yang dibutuhkan untuk pemanasan juga lebih besar sehingga biaya pengerjaan bisa lebih tinggi.



Gambar 2.19 Bagian-Bagian Mesin *Injection Molding*

Sumber : Lab. Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang

Fungsi dari masing-masing bagian pada Gambar 2.14 adalah sebagai berikut :

- a. *Piston*, sebagai pemberi tekanan pada material dengan memanfaatkan tekanan dari kompresor.
- b. *Hopper*, sebagai tempat penampungan material.
- c. *Heater*, sebagai pemanas untuk melelehkan material.
- d. *Nozzle*, untuk menginjeksikan material kedalam cetakan.
- e. *Barel*, sebagai tempat material dipanaskan.

Joseph, (1991 : 54) mengemukakan terdapat beberapa tahapan pada proses pencetakan injeksi plastik:

- 1) Proses injeksi.
- 2) Proses penahanan cetakan
- 3) Proses pengeluaran produk.

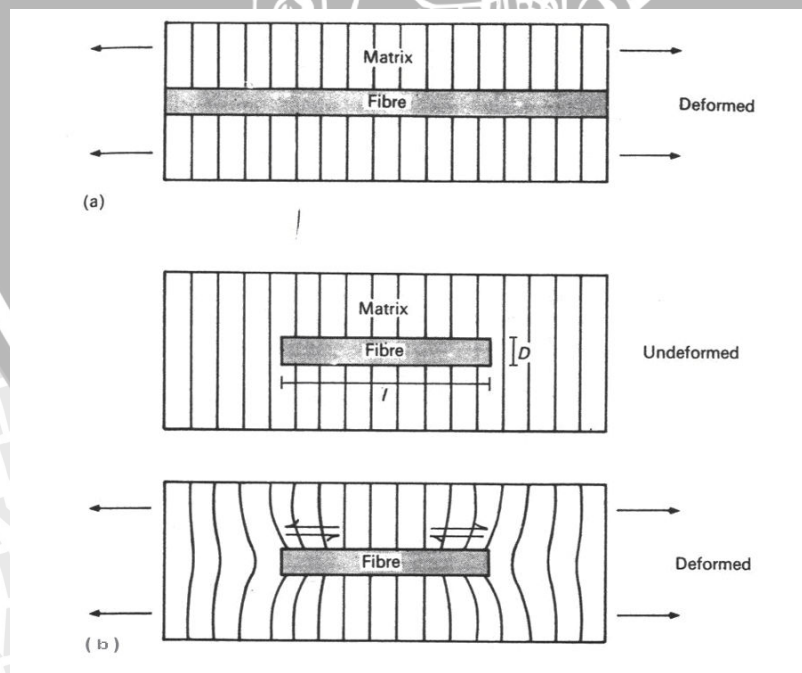
## 2.9 Kekuatan Tarik Komposit

Serat yang disusun secara memanjang (*continuous*) sesuai dengan panjang komposit, kekuatan tarik komposit dapat dengan mudah diprediksi dengan teori *rule-of-mixture (ROM)*. Serat dianggap *continuous* apabila panjang serat sama panjangnya dengan komposit atau mencapai 15 kali daripada panjang kritisnya ( $l_c$ ).

Rumus ROM untuk serat *continuous* adalah:

$$\sigma_c = \sigma_{fmax} V_f + \sigma_m (1 - V_f) \quad \dots(2.1)$$

Tetapi jika serat disusun secara *discontinuous* maka teori *ROM* tidak dapat memprediksikan kekuatan tarik komposit secara akurat, karena tegangan yang diterima matriks tidak seluruhnya terdistribusi oleh serat sepanjang dimensi komposit tetapi hanya sepanjang serat, seperti ditunjukkan pada gambar 2.15. Oleh karena itu perhitungan teori *rule-of-mixture* pada komposit dengan serat yang disusun secara *discontinuous* tergantung pada panjang serat ( $l$ ).



Gambar 2.20 Pengaruh Deformasi pada Regangan di sekitar Serat. (a) serat *continuous*; (b) serat *discontinuous* (serat pendek)

Sumber : Matthew and Rawlings, 1994 : 297



Kekuatan tarik komposit ditentukan oleh panjang serat kritis dari serat tersebut, panjang kritis serat didefinisikan sebagai panjang minimum yang diperlukan oleh tegangan untuk mencapai tegangan patah dari serat. Panjang serat kritis ditentukan menurut keseimbangan gaya pada serat ketika serat menerima tegangan maksimum.

$$\text{Gaya tarik pada serat} = \sigma_{Tf} \pi D^2 / 4 \quad \dots(2.2)$$

$$\text{Gaya geser pada permukaan serat} = \tau_i \pi D l_c / 2 \quad \dots(2.3)$$

Pada komposit yang diperkuat serat, gaya tarik pada serat sama dengan gaya geser pada permukaan serat, maka dari rumus 2.1 dan 2.2 di atas didapat panjang serat kritis ( $l_c$ )

$$l_c = \frac{\sigma_{Tf} D}{2\tau_i} \quad \dots(2.4)$$

dengan :

$\sigma_{Tf}$  = tegangan tarik serat

$D$  = diameter serat

$\tau_i$  = tegangan geser permukaan matriks dengan serat

$$\tau_i = \frac{\sigma_m}{\sqrt{3}} \quad (\text{sumber : patcharaphun et.al, 2007}) \quad \dots(2.5)$$

Kekuatan tarik pada komposit dengan serat yang disusun secara *discontinuous* sesuai dengan teori *rule-of-mixture* berdasarkan tegangan rata-rata pada serat adalah sebagai berikut.

Untuk  $l < l_c$

$$\sigma_c = \frac{\tau_i l V_f}{2r} + \sigma_m (1 - V_f) \quad \dots(2.6)$$

Untuk  $l = l_c$

$$\sigma_c = \frac{1}{2} \sigma_{fmaks} V_f + \sigma_m (1 - V_f) \quad \dots(2.7)$$

Untuk  $l > l_c$

$$\sigma_c = \sigma_{fmaks} \left(1 - \frac{l_c}{2l}\right) V_f + \sigma_m (1 - V_f) \quad \dots(2.8)$$

dengan :

$l$  = panjang serat

$V_f$  = fraksi volume serat

$\sigma_m$  = tegangan *ultimate* matriks

$\sigma_{fmaks}$  = tegangan *ultimate* serat

## 2.10 Hipotesa

Dari teori-teori yang telah ada dan penelitian sebelumnya dapat diambil hipotesa bahwa penambahan volume serat akan meningkatkan kekuatan tarik komposit. Sedangkan dengan memberikan perlakuan kimia *silane treatment* pada serat serabut kelapa yang akan digunakan sebagai penguat pada komposit matriks *polypropylene* akan meningkatkan adhesi atau pelekatan antara permukaan serat serabut kelapa dengan matriks serta mengubah struktur permukaan serat dikarenakan gugus OH yang terikat pada serat akan bereaksi dengan larutan *silane*. Maka dari itu kekuatan tarik akan meningkat dengan dilakukannya *silane treatment*. Variasi fraksi volume yang dilakukan pada serat yang sudah mendapat *treatment* juga mempengaruhi kekuatan tariknya. Semakin besar volume serat yang digunakan, semakin tinggi kekuatannya.





## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental sejati (*true experimental research*). Metode ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh *silane treatment* yang diberikan pada serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik dari komposit.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2008- Desember 2008. Tempat yang digunakan untuk penelitian yaitu :

1. Laboratorium Kimia Fisik MIPA Universitas Brawijaya.
2. Laboratorium Pengecoran Logam Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
3. Laboratorium Pengujian Bahan POLITEKNIK Negeri Malang.
4. Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

### 3.3 Variabel penelitian

#### 3.3.1 Variabel Bebas

Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah perbandingan fraksi volume (%) antara serat serabut kelapa dengan matriks *polypropylene* dalam material komposit dan perlakuan yang dialami serat (tanpa perlakuan dan *silane treatment*). Perbandingan fraksi volume yang dipakai yaitu (10:90), (20:80), (30:70), (40:60) dan (50:50).

#### 3.3.2 Variabel terikat

Variabel yang digunakan adalah :

1. Kekuatan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

### 3.4 Alat dan Bahan yang Digunakan

#### 3.4.1 Alat yang Digunakan

Alat- alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

a. Mesin *injection molding*

Merek : TEFORMA  
 Maschinenbau GmbH D-6991 Igersheim  
 Tipe : RN 350  
 220 V, 50 Hz, 600 W  
 Tekanan Maksimum : 10 bar

b. Mesin uji tarik

Merek : MFL Piuf – Und Me Bysteme GmbH D 6800 Mannheim  
 Kapasitas : 100 kN  
 Tipe : U PD 10  
 Tahun : 1982

Mesin ini memiliki tiga skala pengukuran beban, yaitu :

A : 0 – 20 kN  
 A + B : 0 – 50 kN  
 A + B + C : 0 – 100 kN

c. Timbangan Digital

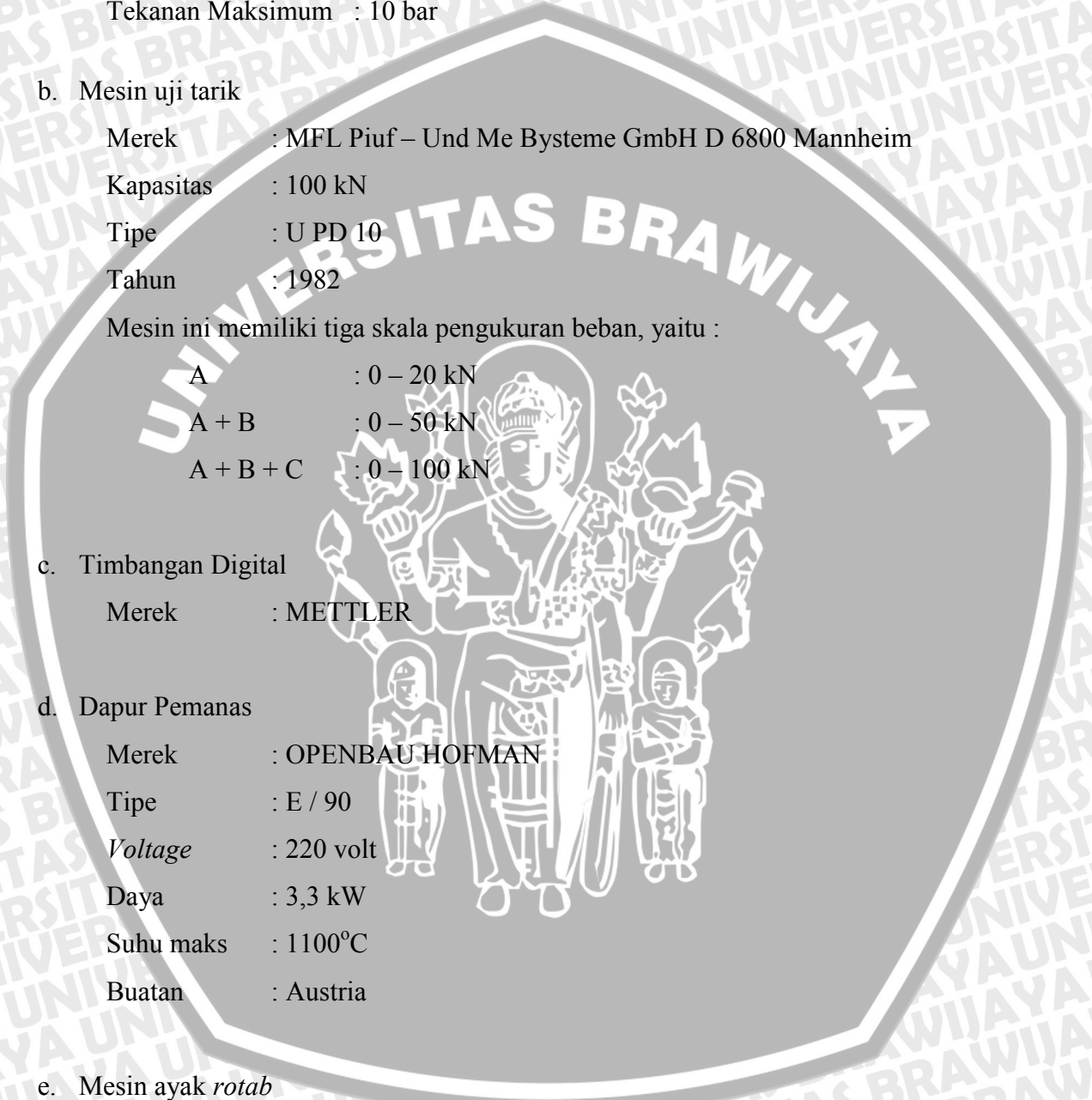
Merek : METTLER

d. Dapur Pemanas

Merek : OPENBAU HOFMAN  
 Tipe : E / 90  
 Voltage : 220 volt  
 Daya : 3,3 kW  
 Suhu maks : 1100°C  
 Buatan : Austria

e. Mesin ayak *rotab*

Merek : Retsh  
 Tipe : VS 1  
 Voltage : 220 V  
 Daya : 430 W  
 Buatan : Jerman





- f. pH meter  
Merek : Orion
- g. Cetakan Spesimen
- h. Mikroskop
- i. Gelas ukur
- j. Pipet
- k. Amplas
- l. Gergaji

### 3.4.2 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan :

- a. Serabut kelapa
- b. Larutan *triethoxyvinylsilane*
- c. Air destilasi
- d. Resin *polypropylene*

### 3.5 Persiapan Penelitian

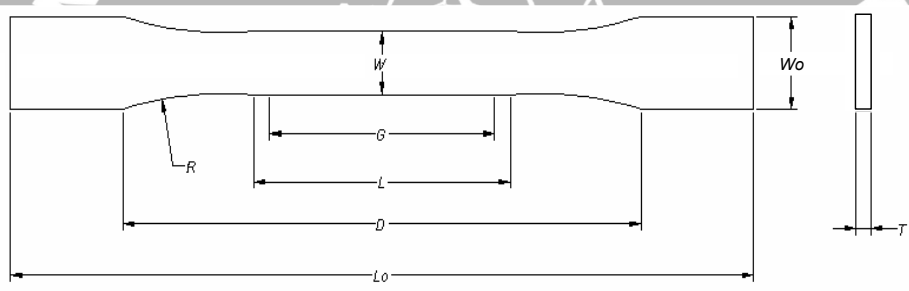
- a. Mempersiapkan serat penguat komposit
  1. Kelapa diambil serabutnya.
  2. Selanjutnya serabut kelapa dicuci dengan air bersih.
  3. Serabut kelapa kemudian dijemur di bawah sinar matahari sampai kering.
  4. Setelah kering serabut kelapa dipotong-potong sepanjang 5 mm
  5. Selanjutnya serabut kelapa yang sudah dipotong diayak dengan ukuran diameter 280-315  $\mu\text{m}$ .
  6. Serabut kelapa dapat digunakan untuk dijadikan *filler*.
- b. *Silane treatment*
  1. Larutan *Triethoxyvinylsilane* dicampur dengan air destilasi.
  2. Kemudian serabut kelapa direndam dalam larutan selama 0,5 jam.
  3. Setelah itu serabut kelapa dicuci dengan air destilasi dan dikeringkan dalam dapur pemanas.
- c. Pembuatan spesimen komposit
  1. Dilakukan penimbangan serabut kelapa dan resin *polypropylene* sesuai dengan fraksi volume.
  2. Menyiapkan cetakan pada posisi siap cetak.

3. Melakukan penyetulan mesin injeksi.
4. Memasukkan campuran serabut kelapa dan *polypropylene* ke dalam *hopper*.
5. Mengarahkan *nozzle* tepat ke gate cetakan.
6. Menekan tombol *start* pada panel kontrol mesin.
7. Setelah cetakan terisi penuh dan cetakan menjadi dingin, spesimen dikeluarkan dari cetakan.
8. Dilakukan *finishing* untuk menghilangkan bekas saluran dan sirip.

### 3.6 Metode Pengujian

#### 3.6.1 Pengujian Tarik Komposit

Dimensi spesimen pengujian kekuatan tarik



Gambar 3.1 Spesimen Pengujian Kekuatan Tarik  
 Sumber : ASTM D638, *Tensile Properties of Plastics*

Tabel 3.1 : Dimensi spesimen uji tarik D-638

Notations	Dimensions (mm)
$W$ - Width of narrow section	13
$W_o$ - Width over-all	19
$G$ - Gage length	50
$L$ - Length of narrow section	57
$D$ - Distance between grips	115
$L_o$ - Length over-all	165
$R$ - Radius fillet	76
$T$ - Thickness	3,2



### Prosedur uji tarik :

1. Penyetelan mesin uji tarik.
2. Spesimen dipasang pada penjepit mesin uji tarik.
3. Menjalankan mesin uji tarik dengan pembebanan pada posisi A (0-20kN) dengan kecepatan penarikan 1,9 liter/menit
4. Mencatat beban serta pertambahan panjang yang terjadi.

### 3.7 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini merupakan cara untuk menentukan keberhasilan suatu penelitian atau eksperimen dan juga menentukan analisis yang tepat sehingga didapat suatu analisis dan kesimpulan yang tepat.

Untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat serabut dan perlakuan kimia (*silane treatment*) terhadap kekuatan tarik komposit, maka perlu dibuat model rancangan penelitian agar hasil yang diperoleh berguna untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi. Rancangan penelitiannya dibuat seperti yang terlihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rancangan Penulisan Data Penelitian

Fraksi Volume Serat Serabut Kelapa (%)	Hasil Pengujian Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )			
	Untreated	Rata-rata	Silane Treatment	Rata-rata
0	$\nu_{1a}$	$y_{11}$	$\nu_{1b}$	$y_{12}$
	$\nu_{2a}$		$\nu_{2b}$	
	$\nu_{3a}$		$\nu_{3b}$	
10	$\nu_{4a}$	$y_{21}$	$\nu_{4b}$	$y_{22}$
	$\nu_{5a}$		$\nu_{5b}$	
	$\nu_{6a}$		$\nu_{6b}$	
20	$\nu_{7a}$	$y_{31}$	$\nu_{7b}$	$y_{32}$
	$\nu_{8a}$		$\nu_{8b}$	
	$\nu_{9a}$		$\nu_{9b}$	
30	$\nu_{10a}$	$y_{41}$	$\nu_{10b}$	$y_{42}$
	$\nu_{11a}$		$\nu_{11b}$	
	$\nu_{12a}$		$\nu_{12b}$	
40	$\nu_{13a}$	$y_{51}$	$\nu_{13b}$	$y_{52}$
	$\nu_{14a}$		$\nu_{14b}$	
	$\nu_{15a}$		$\nu_{15b}$	
50	$\nu_{16a}$	$y_{61}$	$\nu_{16b}$	$y_{62}$
	$\nu_{17a}$		$\nu_{17b}$	

Untuk memudahkan dalam penghitungan statistik maka dibuat tabel seperti dibawah ini.

Tabel 3.3 Tabel rata-rata kekuatan tarik dari tiga kali pengulangan

Fraksi Volume Serabut Kelapa (%)	Treatment		Rata-rata
	Untreated	Silane Treatment	
0	$y_{11}$ N/mm <sup>2</sup>	$y_{12}$ N/mm <sup>2</sup>	$\bar{y}_{1.}$
10	$y_{21}$ N/mm <sup>2</sup>	$y_{22}$ N/mm <sup>2</sup>	$\bar{y}_{2.}$
20	$y_{31}$ N/mm <sup>2</sup>	$y_{32}$ N/mm <sup>2</sup>	$\bar{y}_{3.}$
30	$y_{41}$ N/mm <sup>2</sup>	$y_{42}$ N/mm <sup>2</sup>	$\bar{y}_{4.}$
40	$y_{51}$ N/mm <sup>2</sup>	$y_{52}$ N/mm <sup>2</sup>	$\bar{y}_{5.}$
50	$y_{61}$ N/mm <sup>2</sup>	$y_{62}$ N/mm <sup>2</sup>	$\bar{y}_{6.}$
<b>Rata-rata</b>	$\bar{y}_{.1}$	$\bar{y}_{.2}$	$\bar{y}_{..}$

### 3.8 Analisis Varian

Analisis varian digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh fraksi volume serat serabut kelapa dan perlakuan kimia terhadap kekuatan tarik komposit. Hipotesis penelitian dapat ditulis sebagai berikut :

1. Untuk menguji perbedaan mengenai rata-rata pengaruh variasi fraksi volume serat serabut kelapa.

Dirumuskan :

$H_{01} : \alpha_1 = \dots = \alpha_b = 0$  ; tidak ada pengaruh fraksi volume serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik.

$H_{11} : \alpha_1 \neq \dots = \alpha_b = 0$  ; ada pengaruh fraksi volume serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik.

2. Untuk menguji perbedaan mengenai rata-rata pengaruh perlakuan kimia serat serabut kelapa.

Dirumuskan :

$H_{02} : \beta_1 = \dots = \beta_k = 0$  ; tidak ada pengaruh perlakuan kimia serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik.

$H_{22} : \beta_1 \neq \dots \neq \beta_k \neq 0$  ; ada pengaruh perlakuan kimia serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik.



Tabel 3.4 Analisis Varian

Source	Sum of Squares	d.f	Mean Squares	F ratio
<b>Treatments (Perlakuan Kimia)</b>	$SS_T = b \sum_{j=1}^k (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$	k-1	$MS_T = \frac{SS_T}{k-1}$	$\frac{MS_T}{MSE}$
<b>Blocks (Fraksi Volume)</b>	$SS_B = k \sum_{i=1}^b (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	b-1	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$\frac{MS_B}{MSE}$
<b>Error</b>	$SSE = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$	(b-1)(k-1)	$MSE = \frac{SSE}{(b-1)(k-1)}$	
<b>Total</b>	$\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{..})^2$	bk-1		

(sumber : Statistical Concepts and Methods. Bhattacharya, Gouri)

dengan :

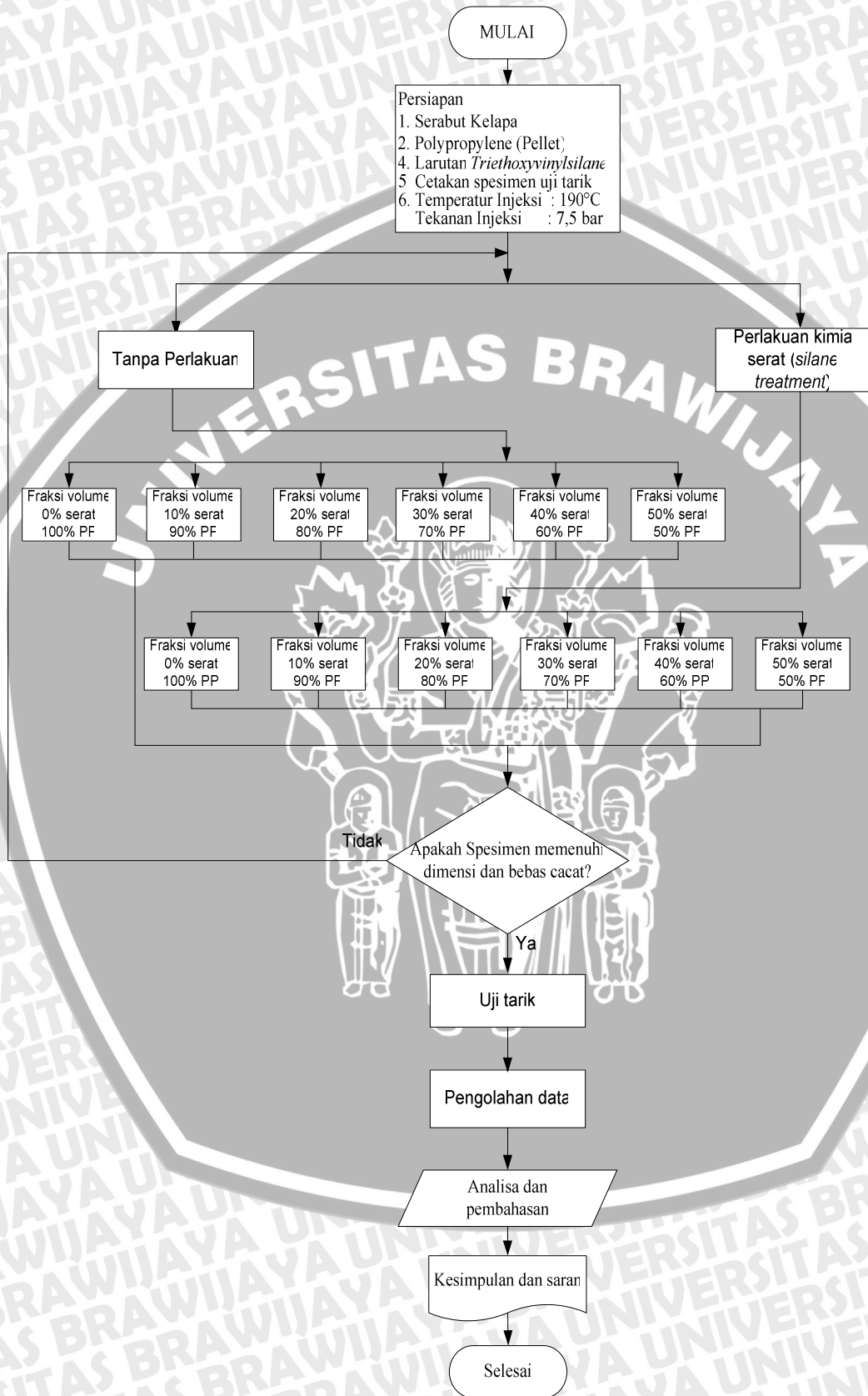
k = banyaknya variasi perlakuan

b = banyaknya variasi fraksi volume

Kesimpulan yang didapat dari uji F ini adalah sebagai berikut :

1. Jika  $F_{A \text{ ratio}} > F_{(\alpha, d.f)}$  berarti  $H_{01}$  ditolak dan  $H_{11}$  diterima, menyatakan bahwa fraksi volume serat serabut kelapa memberikan pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik komposit.
2. Jika  $F_{B \text{ ratio}} > F_{(\beta, d.f)}$  berarti  $H_{02}$  ditolak dan  $H_{22}$  diterima, menyatakan bahwa perlakuan kimia (*silane treatment*) memberikan pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik komposit.

### 3.9 Diagram Alir Penelitian

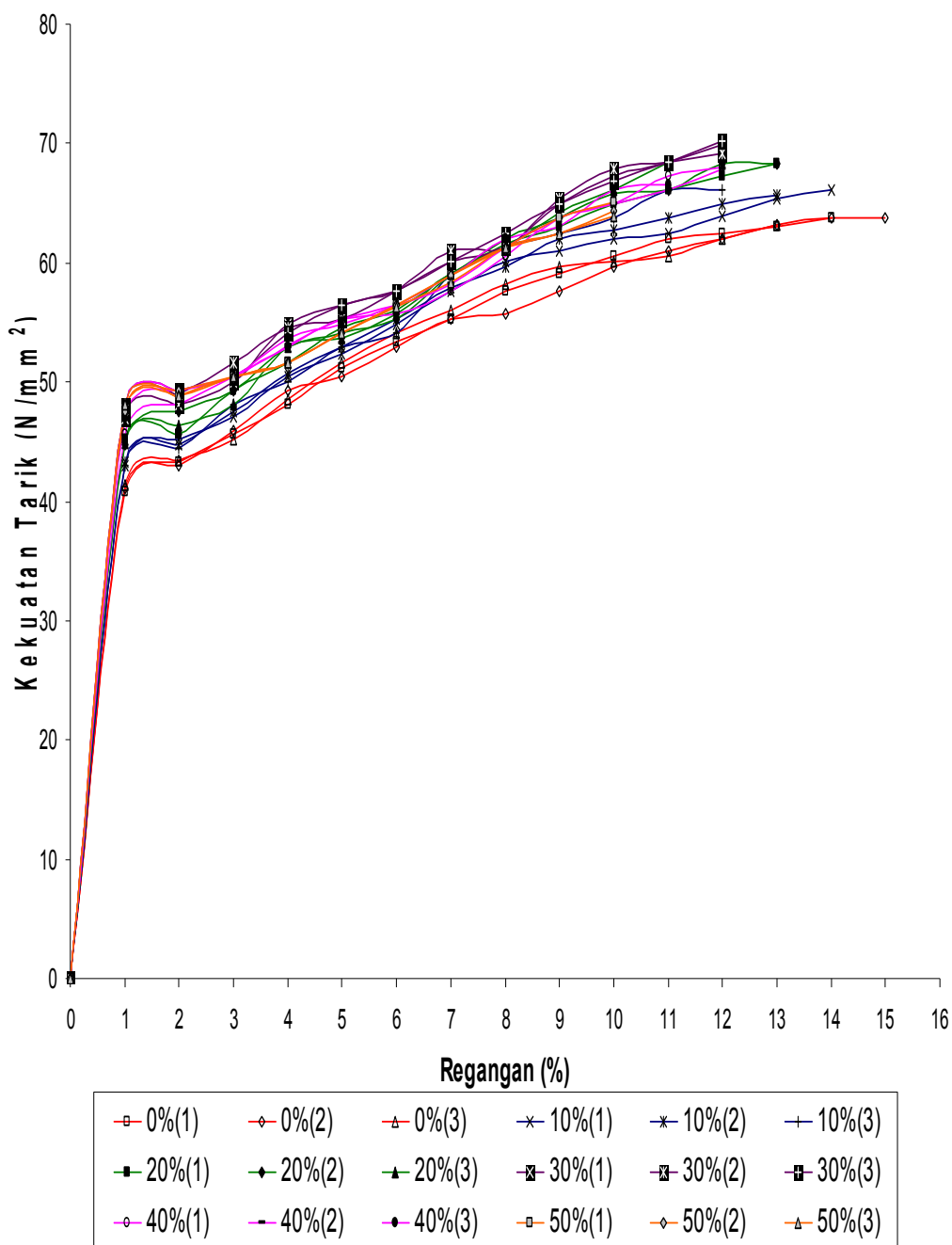


Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

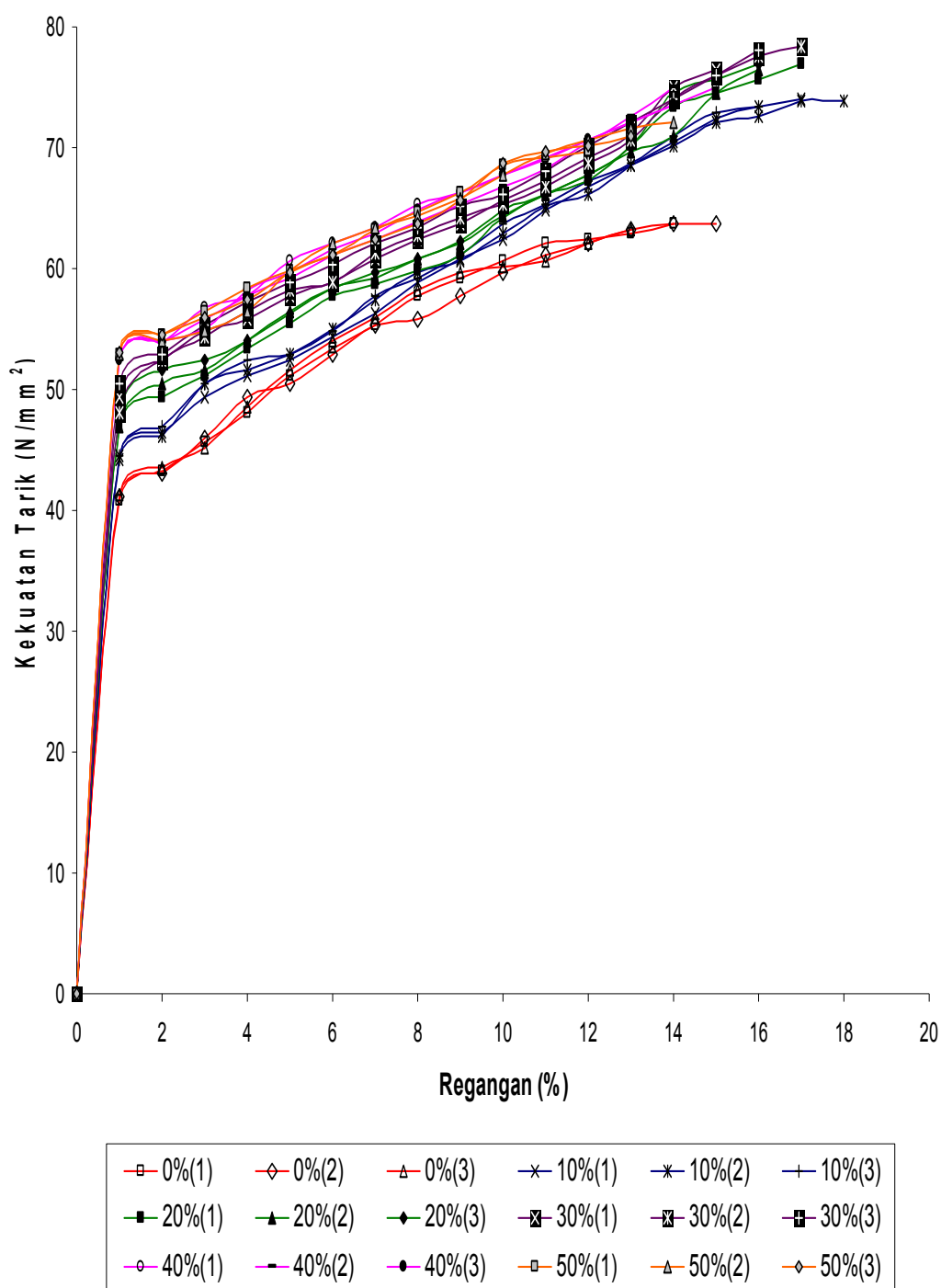


BAB IV  
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian



Gambar 4.1 Grafik Tegangan-Regangan Komposit dengan Serat Serabut Kelapa yang Tidak Mengalami Perlakuan



Gambar 4.2 Grafik Tegangan-Regangan Komposit dengan Serat Serabut Kelapa yang Telah Mengalami Perlakuan

Keterangan gambar :

□ 0%(1) artinya spesimen dengan volume serat 0% percobaan pertama.



Tabel 4.1 Kekuatan Tarik Komposit Hasil Pengujian

Fraksi Volume Serat Serabut Kelapa (%)	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )			
	Untreatment	Rata-rata	Silane Treatment	Rata-rata
0	63,70	63,54	63,70	63,54
	63,70		63,70	
	63,22		63,22	
10	66,11	65,95	74,04	73,72
	65,63		73,20	
	66,11		73,32	
20	68,27	68,35	76,92	76,76
	68,27		76,44	
	68,51		76,92	
30	69,95	69,79	76,44	77,64
	69,23		78,37	
	70,19		78,13	
40	68,03	67,47	75,00	74,52
	67,79		75,00	
	66,59		73,56	
50	65,14	64,50	69,71	70,91
	64,42		72,12	
	63,94		70,91	

#### 4.2 Data Kekuatan Tarik Teoritis

Berdasarkan rumus-rumus yang diketahui (2.1-2.8) maka didapat :

- Tegangan geser permukaan matriks dengan serat ( $\tau_i$ ) :

$$\tau_i = \frac{\sigma_m}{\sqrt{3}} = \frac{41,16 \text{ MPa}}{1,73} = 23,79 \text{ MPa}$$

- Panjang serat kritis ( $l_c$ )

$$l_c = \frac{\sigma_{ff} D}{2\tau_i} = \frac{175 \text{ MPa} \times 0,3 \text{ mm}}{2 \times 23,79 \text{ MPa}} = 1,1 \text{ mm}$$

Panjang serat yang dipakai  $l = 5 \text{ mm}$  sehingga  $l > l_c$

- Untuk fraksi volume serat 10%

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \sigma_{fmax} \left( 1 - \frac{l_c}{2l} \right) V_f + \sigma_m (1 - V_f) \\ &= 175 \text{ MPa} \left( 1 - \frac{1,1 \text{ mm}}{2 \times 5 \text{ mm}} \right) 0,1 + 41,16 \text{ MPa} (1 - 0,1) \\ &= 52,62 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Kekuatan Tarik Komposit Teoritis

Fraksi Volume Serat Serabut Kelapa (%)	Kekuatan Tarik Komposit (N/mm <sup>2</sup> )
0	41,16
10	52,62
20	64,08
30	75,54
40	87,00
50	98,46

### 4.3 Analisis Statistik

Dari data yang telah didapat kemudian dilakukan analisis statistik yaitu analisis varian untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh fraksi volume dan perlakuan kimia (*silane treatment*) pada serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik komposit. Hipotesis yang digunakan sebagai berikut :

- $H_{01} : \alpha_1 = \dots = \alpha_b = 0$  ; tidak ada pengaruh fraksi volume serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik.  
 $H_{11} : \alpha_1 \neq \dots = \alpha_b = 0$  ; ada pengaruh fraksi volume serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik.
- $H_{02} : \beta_1 = \dots = \beta_k = 0$  ; tidak ada pengaruh perlakuan kimia serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik.  
 $H_{22} : \beta_1 \neq \dots \neq \beta_k \neq 0$  ; ada pengaruh perlakuan kimia serat serabut kelapa terhadap kekuatan tarik.

Tabel 4.3 Rata-rata Kekuatan Tarik Komposit

Fraksi Volume Serat Serabut Kelapa (%)	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )		Rata-rata
	Perlakuan		
	<i>Untreated</i>	<i>Silane Treatment</i>	
0	63,54	63,54	63,54
10	65,95	73,72	69,83
20	68,35	76,76	72,56
30	69,79	77,64	73,72
40	67,47	74,52	70,99
50	64,50	70,91	66,71
<b>Rata-rata</b>	<b>66,60</b>	<b>72,850</b>	<b>69,72</b>



Untuk mengetahui nilai  $F_{\text{ratio}}$  lebih besar atau tidak dari  $F_{\text{tabel}}$  maka dilakukan penghitungan statistik sebagai berikut :

1. Jumlah Kuadrat (*sum of squares*)

a. Jumlah Kuadrat A (perlakuan serat)

$$SS_T = b \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$$

$$= 6(66,60 - 69,72)^2 + 6(72,85 - 69,72)^2 = 117,18$$

b. Jumlah Kuadrat B (fraksi volume)

$$SS_B = k \sum_{i=1}^k (\bar{y}_{.i} - \bar{y}_{..})^2$$

$$= 2(63,54 - 69,72)^2 + 2(69,83 - 69,72)^2 \dots + 2(66,71 - 69,72)^2$$

$$= 153,75$$

c. Jumlah Kuadrat Galat (Error)

$$SSE = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{.i} - \bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$$

$$= (63,54 - 63,54 - 66,27 + 69,72)^2 \dots + (70,91 - 66,92 - 72,85 + 69,72)^2$$

$$= 24,65$$

d. Jumlah Kuadrat Total

$$SS_{\text{total}} = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$$

$$= (63,54)^2 + (65,95)^2 \dots + (70,91)^2 - [(69,72)^2 + (69,72)^2 \dots + (69,72)^2]$$

$$= 277,58$$

2. Varian (*mean square*)

a. Rata-rata kuadrat A (perlakuan serat)

$$MS_T = \frac{SS_T}{k-1} = \frac{117,18}{2-1} = 117,18$$

b. Rata-rata kuadrat B (fraksi volume)

$$MS_B = \frac{SS_E}{b-1} = \frac{153,75}{6-1} = 27,15$$

c. Rata-rata kuadrat galat (error )

$$MSE = \frac{SSE}{(b-1)(k-1)} = \frac{24,65}{(6-1)(2-1)} = 4,93$$

3.  $F_{\text{ratio}}$

a.  $F_a = \frac{MS_T}{MSE} = \frac{117,18}{4,93} = 23,77$

b.  $F_b = \frac{MS_B}{MSE} = \frac{27,15}{4,93} = 5,51$

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Statistik

Source	Sum of Squares	d.f	Mean Squares	$F_{\text{ratio}}$	$F_{\text{tabel}}$ $\alpha=0.05$
Treatments	117,18	1	117,18	23,77	6,60
Fraksi Volume	153,75	5	27,15	5,51	5,05
Error	24,65	5	4,93		
Total	277,58	11			

Berdasarkan tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa :

1.  $F_{\text{ratio}} > F_{\text{tabel}}$  ( $23,77 > 6,60$ ) ini menunjukkan bahwa  $H_{01}$  ditolak dan  $H_{11}$  diterima yang artinya perlakuan kimia (*silane treatment*) memberikan pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik komposit.
2.  $F_{\text{ratio}} > F_{\text{tabel}}$  ( $5,51 > 5,05$ ) ini menunjukkan bahwa  $H_{02}$  ditolak dan  $H_{12}$  diterima yang artinya fraksi volume memberikan pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik komposit.

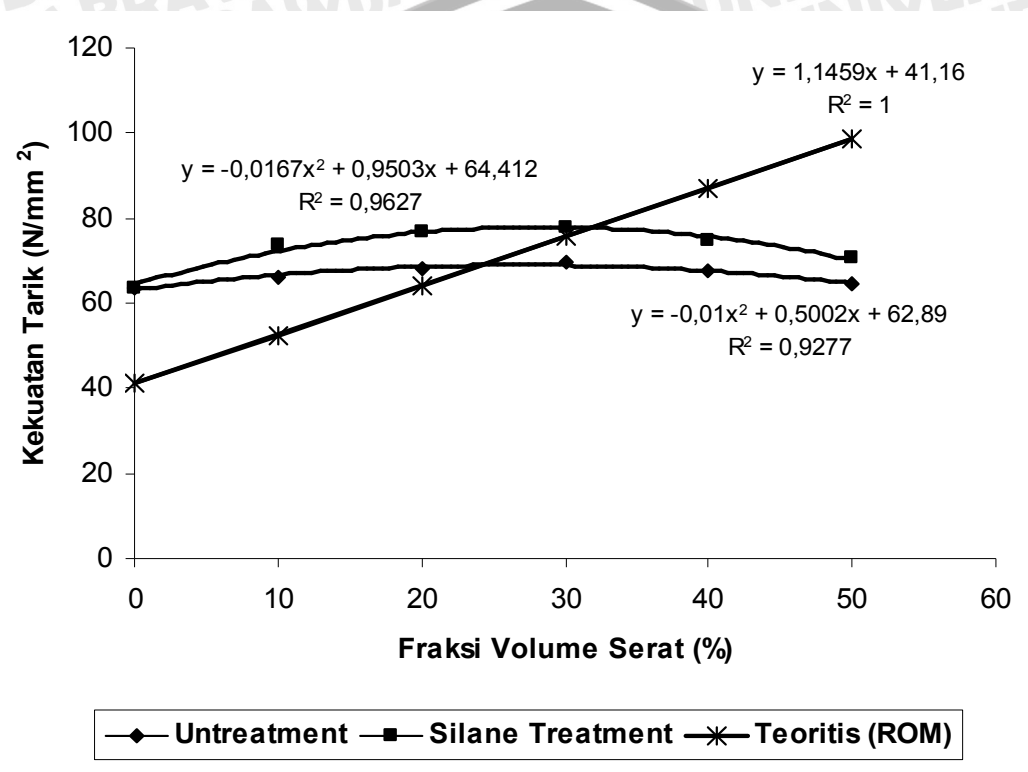
#### 4.4 Pembahasan

Dari hasil perhitungan data yang diambil dalam pengujian didapat bahwa variasi fraksi volume serat serabut kelapa mempengaruhi kekuatan tarik komposit. Perlakuan kimia yang dalam penelitian ini menggunakan *silane treatment* juga mempengaruhi kekuatan tarik komposit. Untuk mempermudah menganalisis maka hasil perhitungan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik.



#### 4.4.1 Pengaruh Fraksi Volume terhadap Kekuatan Tarik Komposit

Kekuatan tarik komposit ditunjukkan oleh tegangan *ultimate* pada diagram tegangan regangan yang diperoleh dari pengujian tarik (Gambar 4.1 dan 4.2). Kekuatan tarik merupakan kemampuan bahan untuk menerima beban tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimum (*ultimate*) sebelum putus (Pranoto, Bardji H., 1992 : 76).



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Fraksi Volume terhadap Kekuatan Tarik Komposit

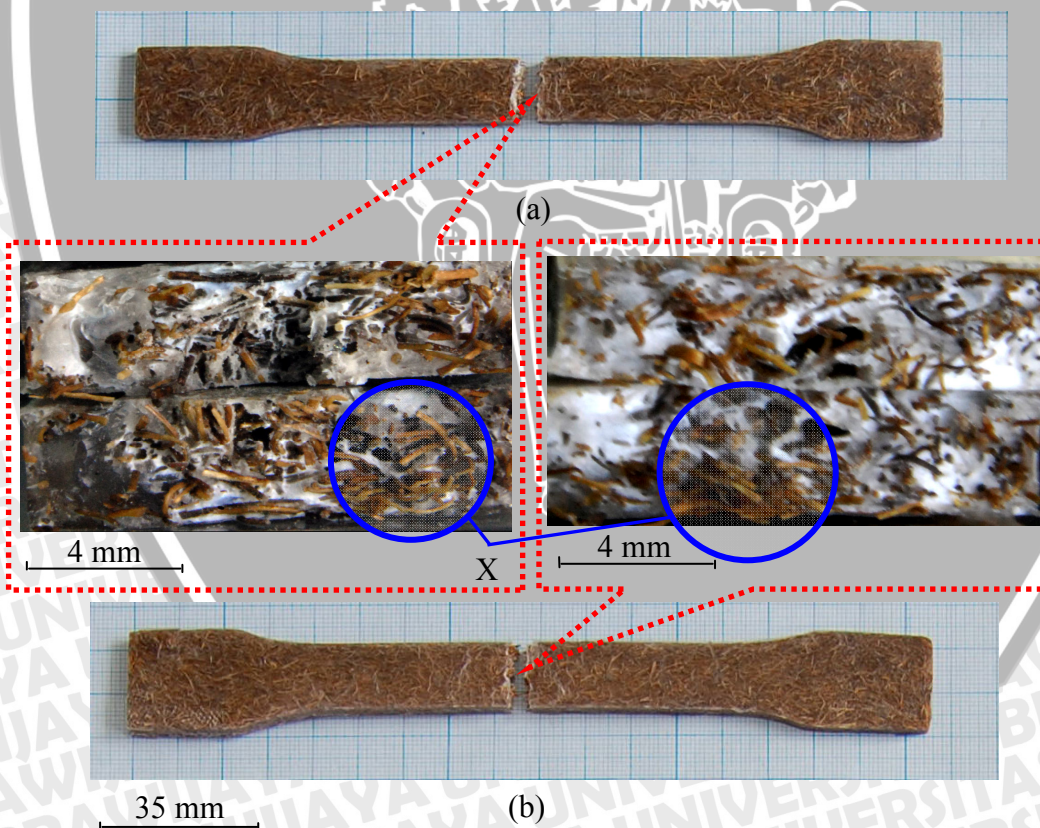
Dari Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa pengaruh pertambahan fraksi volume serat mempengaruhi kekuatan tarik komposit. Pada grafik terlihat kekuatan tarik akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya pertambahan volume serat sampai pada titik tertinggi yaitu pada fraksi volume serat 30 % lalu kekuatan tarik komposit akan menurun. Serat yang mengalami perlakuan kimia (*silane treatment*) dan yang tidak mengalami perlakuan (*untreatment*) keduanya mempunyai kecenderungan yang sama yaitu kekuatan tarik akan meningkat seiring bertambahnya volume serat dan akan menurun ketika sudah mencapai titik optimumnya.

Pada fraksi volume 0% kekuatan tarik kedua perlakuan sama yaitu sebesar 63,54 N/mm<sup>2</sup>, ini dikarenakan tidak terdapat serat serabut kelapa sebagai *filler* didalamnya. Kekuatan tarik komposit terus meningkat sampai pada titik tertinggi yaitu pada volume serat 30 % sebesar 69,79 N/mm<sup>2</sup> untuk *untreatment* dan 77,64 N/mm<sup>2</sup> untuk *silane*



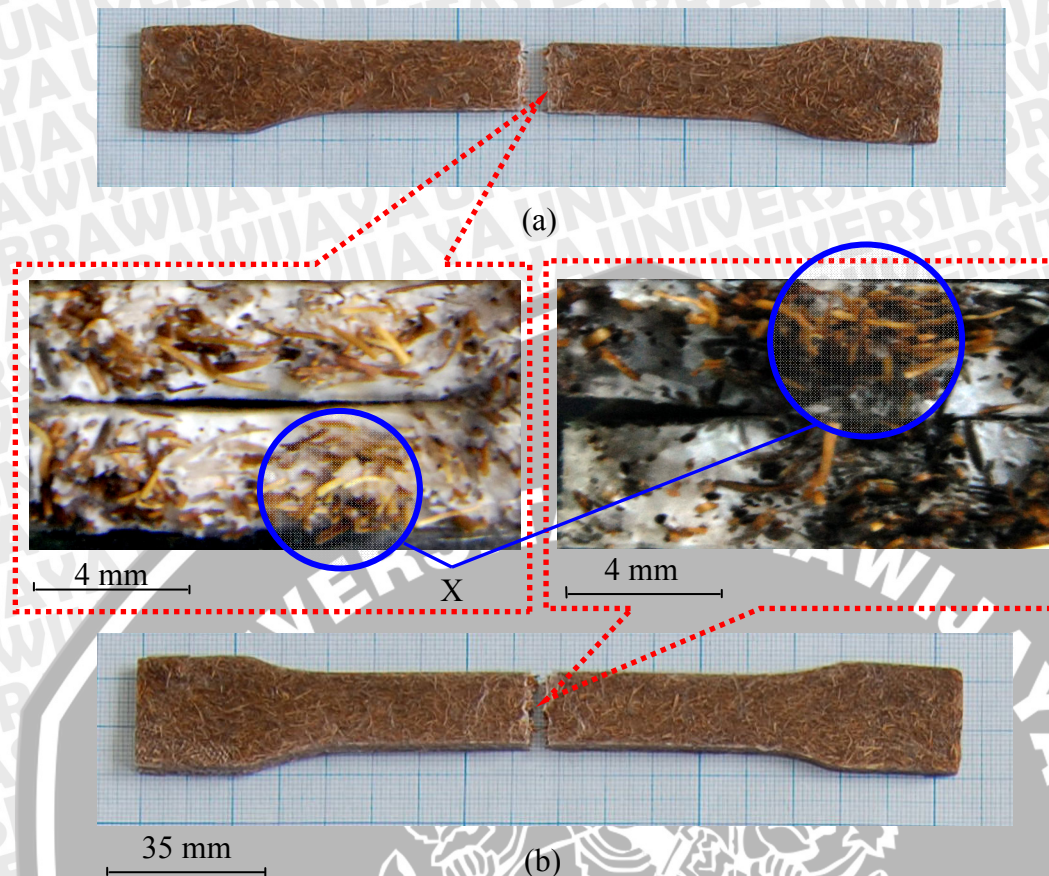
*treatment*. Setelah melewati volume serat 30% kekuatan tarik komposit menurun sampai pada volume serat 50% yaitu sebesar  $64,50 \text{ N/mm}^2$  untuk *untreatment* dan  $70,91 \text{ N/mm}^2$  untuk *silane treatment*.

Meningkatnya kekuatan tarik komposit seiring bertambahnya fraksi volume serat serabut kelapa menunjukkan bahwa fungsi serat serabut kelapa berfungsi sebagai penguat atau *reinforcement fiber* pada komposit dengan matriks *polypropylene*, hal ini bersesuaian dengan teori *rule of-mixture (ROM)* dimana penambahan fraksi volume serat akan meningkatkan tegangan tarik komposit dikarenakan tegangan *ultimate* pada serat (serabut kelapa) lebih tinggi nilainya daripada matriksnya (*polypropylene*). Ikatan antara matriks dan serat yang terjadi secara mekanik yang menyebabkan penguatan pada komposit ini. Matriks *polypropylene* mengisi setiap lekuk permukaan serat serabut kelapa yang berfungsi sebagai pengikat antar serat yang satu dengan yang lainnya. Ketika komposit terkena beban tarik maka akan terjadi tegangan geser antara serat penguat dan matriks disekitarnya dan tegangan geser tersebut akan ditahan oleh ikatan mekanik dengan mekanisme penguncian (*interlocking*).



Gambar 4.4 Spesimen Tanpa Perlakuan  
(a) Volume Serat 40% dan (b) Volume Serat 50%





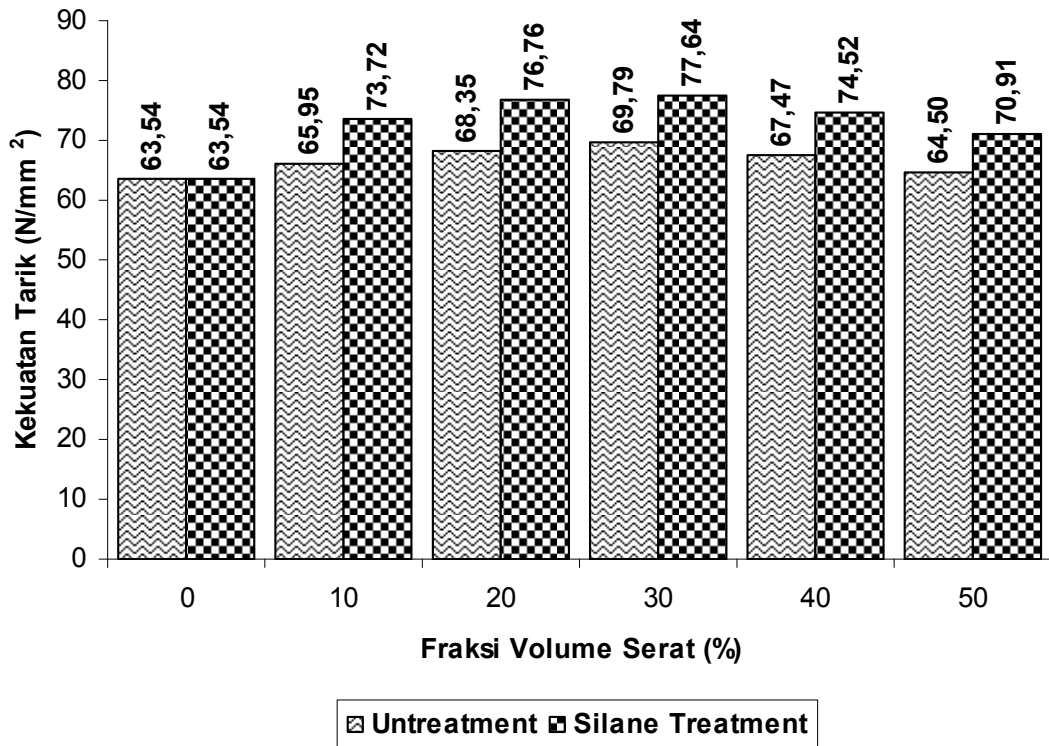
Gambar 4.5 Spesimen dengan Perlakuan *Silane Treatment*  
 (a) Volume Serat 40% dan (b) Volume Serat 50%

Gambar 4.3 menunjukkan perbedaan antara kekuatan tarik teoritis dengan menggunakan perhitungan ROM dan hasil pengujian tarik. Perbedaan ini terjadi karena pada fraksi 40% dan 50% kekuatan tarik komposit menurun yang disebabkan karena daya ikat matriks terhadap serat serabut kelapa berkurang. Penyebaran serat yang tidak merata menyebabkan daya ikat matriks yang tidak kuat. Pada Gambar 4.4 dan 4.5 (ditandai huruf X) ditunjukkan bahwa terdapat kumpulan-kumpulan serat serabut kelapa yang permukaan antar seratnya sangat sedikit terisi matriks. Hal ini yang menyebabkan daya ikat matriks terhadap serat menurun sehingga kekuatan tarik komposit pun menjadi turun.

#### 4.4.2 Pengaruh *Silane Treatment* terhadap Kekuatan Tarik Komposit

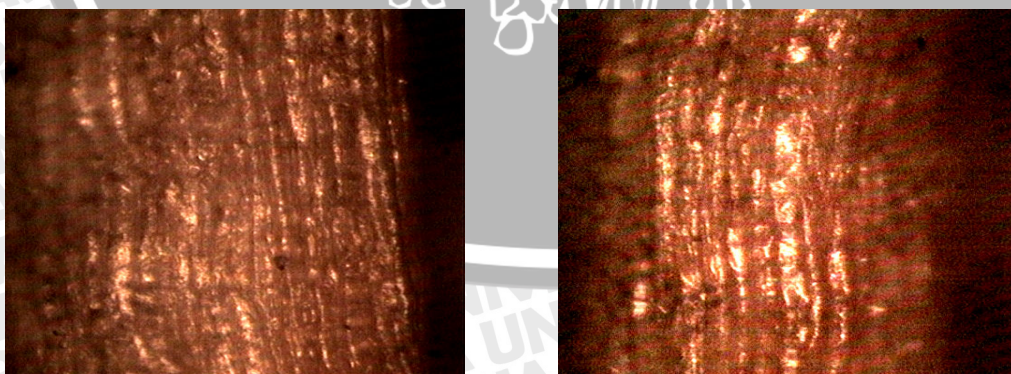
Dalam Gambar 4.6 ditunjukkan perbandingan kekuatan tarik komposit antara sebelum dan sesudah perlakuan kimia (*silane treatment*). Dari grafik batang tersebut terlihat bahwa kekuatan tarik komposit pada serat yang mengalami perlakuan *silane treatment* mengalami peningkatan daripada sebelumnya.





Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan

Seluruh fraksi volume mengalami peningkatan kekuatan tarik kecuali pada fraksi volume 0% kekuatan tarik komposit terlihat sama karena memang pada fraksi volume 0% tidak terdapat serat sebagai *filler*. Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada fraksi volume serat 30% yaitu sebesar 77,64 N/mm<sup>2</sup> mengalami peningkatan dari sebelumnya 69,79 N/mm<sup>2</sup>. Rata-rata peningkatan kekuatan tarik komposit dengan *filler* yang mengalami perlakuan adalah sekitar 12 %.



(a)

(b)

Gambar 4.7 Foto Makro Serat Serabut Kelapa Menggunakan Perbesaran 10x  
(a) *Untreatment* (b) *Silane treatment*



Peningkatan kekuatan tarik komposit dengan *filler* serat serabut kelapa yang mengalami perlakuan kimia *silane treatment* dikarenakan ikatan mekanik yang terjadi antar matriks dan serat lebih kuat daripada *untreatment*. *Silane treatment* yang diberikan pada intinya adalah memodifikasi permukaan serat serabut kelapa yang akan dijadikan *filler*. Larutan *silane* ini bereaksi terhadap serat karena serat mengandung gugus OH (Karnani, *et.al.*, 1997). Perlakuan kimia ini akan membersihkan lapisan-lapisan tertentu pada permukaan serat seperti lignin dan hemiselulose. Hilangnya lapisan-lapisan tertentu tersebut membuat permukaan serat menjadi kasar. Hal ini yang menyebabkan gaya adhesi antar matriks dan serat meningkat dari sebelumnya sehingga ikatan mekanik yang terjadi pun menjadi kuat. Perbandingan permukaan serat antara *untreatment* dan *silane treatment* bisa dilihat pada Gambar 4.7. Pada gambar terlihat bahwa permukaan serat serabut kelapa yang mengalami perlakuan kimia *silane treatment* tampak lebih berkontur daripada yang *untreatment*.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Panigrahi, S (2003) diketahui bahwa *silane treatment* juga mempengaruhi daya serap serat terhadap air. Dari penelitian tersebut didapat bahwa daya serap air menurun 30% daripada serat *untreatment*. Daya serap air yang rendah ini juga dapat memberikan keuntungan berkaitan dengan kekuatan tariknya karena kondisi serat akan terjaga tetap kering karena pengaruh kelembaban udara yang diserap juga sedikit sehingga tegangan *ultimate* serat dapat terjaga.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kekuatan tarik komposit serat serabut kelapa-*polypropylene* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya volume serat. Peningkatan kekuatan tarik hanya sampai volume serat 30% dan setelah itu kekuatan tarik akan kembali menurun. Kedua perlakuan baik *untreatment* dan *silane treatment* mengalami hal yang sama. Kekuatan tarik tertinggi dicapai pada volume serat 30% dengan perlakuan *silane treatment* yaitu sebesar 77,64 N/mm<sup>2</sup>. Permukaan serat yang kasar yang dihasilkan dari proses *silane treatment* membuat ikatan mekanik serat-matriks menjadi lebih kuat sehingga kekuatan tarik komposit meningkat. Kekuatan tarik komposit meningkat sekitar 12% dari sebelum diberikan perlakuan kimia *silane treatment*.

#### 5.2. Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan meneliti :

1. Alternatif serat alami yang lain untuk dijadikan *filler* kompositnya.
2. Perlakuan kimia terhadap serat lainnya agar didapatkan kekuatan tarik yang lebih tinggi.
3. Menambahkan reaktan pengikat seperti MAPP untuk meningkatkan kekuatan tarik.