

**PENGARUH *FILLER* MIKRO PARTIKEL KARBON TEMPURUNG  
KELAPA (CMP-CS) TERHADAP PHOTO MAKRO DAN KEKUATAN  
TARIK KOMPOSIT *POLYESTER***



**PUBLIKASI ILMIAH**

**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**JAYI WAHYUDYANTO**

**D 200 110 035**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

PENGARUH FILLER MIKRO PARTIKEL KARBON TEMPURUNG  
KELAPA (CMP-CS) TERHADAP PHOTO MAKRO DAN KEKUATAN

**PENGARUH FILLER MIKRO PARTIKEL KARBON TEMPURUNG  
KELAPA (CMP-CS) TERHADAP PHOTO MAKRO DAN KEKUATAN  
TARIK KOMPOSIT POLYESTER**

**PUBLIKASI ILMIAH**

D 200 110 035

Telah dipertimbangkan di Dewan Dosen Pengajar

Universitas Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Universitas Muhammadiyah Surabaya

Pada hari Minggu, 24 Juni 2016

dan disetujui untuk diproses lebih lanjut

**JAYI WAHYUDYANTO**

**D 200 110 035**

1. Ir. Ngafwan, MT

(Anggota Dewan Pengajar)

2. Agus Yulianto, ST, MT

(Anggota Dewan Pengajar)

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

3. Ir. H. H. H. H. H.

(Anggota II Dewan Pengajar)

Dosen Pembimbing

**Ir. Ngafwan, MT**

**NIK. 611**

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH FILLER MIKRO PARTIKEL KARBON TEMPURUNG  
KELAPA (CMP-CS) TERHADAP PHOTO MAKRO DAN KEKUATAN  
TARIK KOMPOSIT POLYESTER**

OLEH

**JAYI WAHYUDYANTO**

D 200 110 035

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Kamis, 30 Juni 2016  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Ngafwan, MT

(Ketua Dewan Penguji)


2. Agus Yulianto, ST, MT

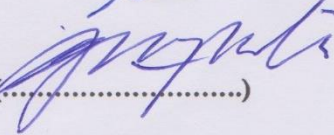
(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Bibit Sugito, MT

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



**Ir. H. Sri Sunarjono, MT, Ph.D**

NIK. 682

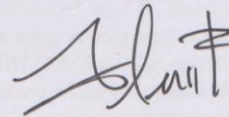
## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 27 Juli 2016

Penulis



**JAIY WAHYUDYANTO**

D 200 110 035

# **PENGARUH *FILLER* MIKRO PARTIKEL KARBON TEMPURUNG KELAPA (CMP-CS) TERHADAP PHOTO MAKRO DAN KEKUATAN TARIK KOMPOSIT *POLYESTER***

**Jayi Wahyudyanto, Ngafwan, Agus Yulianto**  
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura  
Email: [Jayiwahyudyanto96@gmail.com](mailto:Jayiwahyudyanto96@gmail.com)

## **Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh mikro partikel karbon tempurung kelapa (CMP-CS) sebagai filler terhadap struktur material (photo makro) dan kekuatan tarik komposit polyester. Metode pembuatan komposit dengan cara press mold. Pembuatan komposit menggunakan variasi fraksi berat filler mikro partikel karbon (CMP-CS) 1%, 3% dan 6% dengan resin polyester dengan tipe Yukalac 157 BQTN-EX. Pencampuran mikro partikel karbon dengan resin menggunakan metode pengadukan dengan kecepatan putaran 2200 rpm selama 7 menit. Pembuatan spesimen uji tarik menggunakan standar uji tarik ASTM D 638-01. Sebelum dilakukan uji tarik, dilakukan photo makro untuk mengetahui susunan partikel karbon dalam komposit. Dari hasil photo makro didapatkan nilai jarak dan diameter mikro partikel karbon. Jarak rata-rata pada spesimen komposit dengan filler mikro partikel karbon (FK) 1% sebesar 45  $\mu\text{m}$ , FK 3% sebesar 38,9  $\mu\text{m}$  dan FK 6% sebesar 30,6  $\mu\text{m}$ . Semakin tinggi fraksi berat karbon maka semakin rendah jarak partikel karbon. Diameter partikel karbon yang terukur yaitu berukuran 8,48  $\mu\text{m}$  sampai 29,42  $\mu\text{m}$ . Hasil uji tarik didapatkan nilai kekuatan tarik (yield) rata-rata pada spesimen Raw Material sebesar 25,37 N/mm<sup>2</sup>, FK1% sebesar 27,34 N/mm<sup>2</sup>, FK3% sebesar 27,44 N/mm<sup>2</sup> dan FK6% sebesar 28,44 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai regangan tarik (yield) rata-rata pada spesimen Raw Material sebesar 0,73 %, FK1% sebesar 0,87 %, FK3% sebesar 0,93 % dan FK6% sebesar 0,94 %. Dari hasil pembahasan hasil pengujian maka dapat disimpulkan bahwa penambahan filler mikro partikel karbon mampu meningkatkan kekuatan tarik dan regangan tarik komposit polyester.*

**Kata Kunci:** *Filler, Mikro Partikel Karbon, Tempurung Kelapa, Polyester, Photo Makro, Kekuatan Tarik*

## **Abstracts**

*This study aims to describe about effect of carbon micro particle-coconut shell (CMP-CS) as filler to the structure of the material (photo macro) and tensile strength of the polyester composite. Composite manufacturing method using a press mold. Composite manufacturing using the variation of the fraction of weight filler carbon micro particle-coconut shell (CMP-CS) 1 %, 3 %, and 6 % with a polyester resin with type Yukalac 157 BQTN-EX. Mixing of the carbon micro particle with resin using stirring method with the rotation speed of 2200 rpm for 7 minutes. Manufacturing of tensile test specimens using a standard ASTM D 638-01. Before to the tensile test, do macros photos to find out arrangement of carbon particles in the composite. The result of the macro photos obtained is the value of distance and diameter carbon micro particles. The average distance to the specimen micro filler composite with carbon particles (FK) 1% is 45  $\mu\text{m}$ , FK 3% is 38,9  $\mu\text{m}$  and FK 6% is 30,6  $\mu\text{m}$ . The higher the weight fraction of carbon, the lower distance of carbon particles. Carbon particle diameter is measured size of 8,48  $\mu\text{m}$  to 29,42  $\mu\text{m}$ . The result of tensile test on specimen obtained the average value of tensile strength (yield) of raw material is 25,37 N/mm<sup>2</sup>, FK 1% is 27,34 N/mm<sup>2</sup>, FK 3% is 27,44 and FK 6% is 28,44 N/mm<sup>2</sup>. While the average value of tensile strain (yield) in the specimen raw material is 0,73%, FK 1% is 0,87%, FK 3% is 0,93% and FK 6% is 0,94%. Discussion of the result of the test result it can be concluded that the provision of carbon micro particles can improve tensile strength and tensile strain polyester composite.*

**Keywords:** *Filler, Carbon Mirco Particles, Coconut Shell, Polyester, Photo Macro, Tensile Strength*

## 1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya zaman dan teknologi ini mengakibatkan kebutuhan akan penelitian dan pengembangan dalam segala bidang semakin meningkat pesat, terutama dalam bidang material. Hal yang mendasarkan kemajuan teknologi ini adalah semakin dibutuhkannya material baru guna menunjang bidang industri yang lain. Pengembangan material terfokus dalam komposit, karena dengan terbatasnya sumber daya, material komposit diharapkan dapat meningkatkan sifat material dan juga rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi kekakuan, ketahanan terhadap korosi dan lain-lain sehingga mengurangi konsumsi terhadap bahan kimia. Sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan untuk menerima beban / gaya / energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan tersebut. Seringkali bila suatu bahan komposit mempunyai sifat mekanik yang kurang baik, maka diambil langkah untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan penambahan elemen penguat. Salah satunya adalah mikro partikel karbon tempurung kelapa yang diperkuat dengan resin polyester. Hal ini juga sebagai sarana pemanfaatan limbah rumah tangga dan industri yang menggunakan bahas dasar kelapa.

### 1.1 Rumusan Masalah

Untuk memudahkan penelitian maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- 1) Bagaimana pengaruh variasi fraksi berat terhadap struktur material dan fraksi volume *filler* secara teoritis pada komposit
- 2) Bagaimana pengaruh variasi fraksi berat terhadap kekuatan tarik komposit

### 1.2 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah diatas, maka penelitian ini berkonsentrasi pada:

- a) Jenis arang yang digunakan yaitu arang tempurung kelapa
- b) Ukuran mikro partikel karbon yang digunakan paling besar adalah mesh 200 (74  $\mu\text{m}$ )
- c) Variasi fraksi berat *filler* ( $w_f$ ) mikro partikel karbon (FK) 1%, 3%, 6%.
- d) Metode pencampuran *filler* mikro partikel karbon dan resin menggunakan *mixer* dengan kecepatan putaran max 2200 rpm selama 7 menit.
- e) Resin *thermosetting* jenis *polyester Yukalac 157 BQTN-EX*.
- f) Pembuatan komposit dengan metode *press mold*
- g) Pengujian struktur material menggunakan photo makro (Dino-Lite Digital Microscope).
- h) Pengujian komposit dilakukan secara mekanis (uji tarik) untuk mengetahui kakuatan tarik komposit.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

- 1) Untuk mengetahui pengaruh fraksi berat *filler* mikro partikel karbon terhadap struktur material (photo makro) dan fraksi volume *filler* secara teoritis pada komposit.
- 2) Untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi berat *filler* mikro partikel karbon pada kekuatan tarik komposit.

## 2. METODE PENELITIAN



### 2.1 Pengambilan dan Pembakaran Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa diperoleh dari pasar tradisional (pasar kleco) dan bekas limbah rumah tangga. Tempurung kelapa yang digunakan adalah kelapa yang sudah masak, tidak muda dan tidak terlalu tua. Tempurung kelapa dibersihkan dari sabutnya menggunakan pisau. Setelah tempurung kelapa dibersihkan dari sabutnya, selanjutnya adalah proses pembakaran tempurung kelapa menjadi karbon.

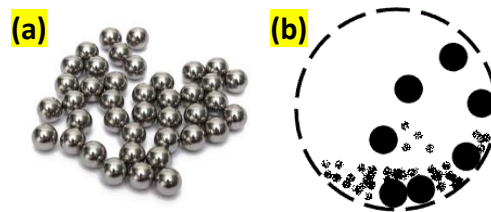


Gambar 1. (a) Tempurung Kelapa dan (b) Proses Pembakaran

### 2.2 Penggilingan Karbon Tempurung Kelapa

Karbon hasil dari proses pembakaran ditumbuk hingga hancur menjadi butiran – butiran berukuran Mesh 60. Setelah itu serbuk karbon dikocok dalam pralon bersama steel ball hingga berukuran Mesh

200. Kemudian serbuk karbon masuk proses mechanical steel ball milling hingga berukuran kurang dari sama dengan Mesh 200 atau 74  $\mu\text{m}$ .



Gambar 2. (a) *Steel Ball* dan (b) *Sistem Steel Ball Milling*

### 2.3 Pencucian Serbuk Karbon

Serbuk karbon dicuci menggunakan Alkohol 96% untuk menghilangkan kotoran serpihan pralon dan kandungan minyak, lalu dijemur hingga Alkohol menguap seluruhnya.

### 2.4 Persiapan Resin (*Polyester*) dan Katalis (MEKPO)

Resin sebagai matrix yang digunakan dalam penelitian ini adalah *unsaturated polyester matrix Yukalac 157® BTQN-EX* dan katalis jenis MEKPO (*Metyl Etyl Keton Peroksida*) yang diperoleh dari PT. Justus Kimia Raya, Semarang. Perbandingan komposisi antara resin dengan katalis yaitu 1 kg resin polyester dan 10 cc katalis MEKPO. Ciri – ciri resin *polyester* warna bening kekuning-kuningan dan berbau tajam sedangkan MEKPO berwarna bening dan berbau menyengat.



Gambar 3. (a) Resin *Polyester* dan (b) Katalis (MEKPO)

### 2.5 Pembuatan Komposit

Mempersiapkan peralatan untuk membuat spseimen komposit yaitu

- a) Cetakan specimen uji Tarik
- b) Timbangan digital
- c) Alat pengaduk
- d) Jangka sorong

Setelah semua peralatan disiapkan maka selanjutnya adalah langkah-langkah pembuatan specimen komposit uji tarik sebagai berikut :

- 1) Pembuatan spesimen komposit sesuai standar pengujian tarik ASTM D 638 – 01.
- 2) Persiapan serbuk karbon, resin polyester dan hardener MEKPO. Kemudian ditimbang sesuai perbandingan fraksi berat filler (serbuk karbon) dengan resin polyester yang telah ditentukan. Dengan variasi fraksi berat :



- a. Fraksi berat 1 yaitu 1% filler dengan 99% resin
  - b. Fraksi berat 2 yaitu 3% filler dengan 97% resin
  - c. Fraksi berat 3 yaitu 6% filler dengan 94% resin
- 3) Pencampuran resin dengan filler serbuk karbon menggunakan metode putaran bur tangan. Bur sebagai mixer disini memiliki kecepatan putaran maksimal 2200 rpm. Pengadukan dilakukan selama 7 menit lalu dilanjutkan pencampuran katalis diaduk selama 30 detik.
  - 4) Proses penuangan campuran kedalam cetakan dilakukan secara merata hingga memenuhi seluruh sisi dan sudut ruang cetakan. Lalu ditutup dengan kaca dan dijepit dengan penjepit.
  - 5) Pengeringan spesimen dalam cetakan dilakukan selama 15 jam.
  - 6) Pengambilan spesimen dari cetakan dilakukan dengan melepas kaca alas dan tutup cetakan, kemudian melepas kertas cetakan yang mengelilingi spesimen dengan cutter. Melepas dilakukandengan hati-hati agar spesimen tidak rusak.
  - 7) Sisi spesimen dirapikan dengan cutter sampai dimensi spesimen mendekati ukuran yang ditentukan.
  - 8) Sisi spesimen dihaluskan menggunakan amplas lalu digosok dengan autosol sampai benar-benar halus.

## 2.6 Pengujian Komposit

### a) Struktur Material (Photo Makro)

Photo makro dilakukan bertujuan untuk melihat struktur material penyusun komposit. Alat photo yang digunakan adalah Dino Lite.



Gambar 4. Photo Makro (Dino Lite)

Langkah – langkah Photo makro sebagai berikut :

- 1) Menyalakan komputer lalu membuka software Dino Lite
- 2) Menyalakan lampu senagai sumber cahaya pada Dino Lite dengan menekan tombol “ON”
- 3) Meletakkan spesimen di bawah lensa lalu memastikan nilai perbesaran menunjukkan 50 kali dengan memutar “Zoom Control Knoop”
- 4) Melihat ke layar monitor lalu memfokuskan gambar dengan memutar “Focusing Knoop”

- 5) Menkalibrasi ukuran garis ukur tebal spesimen pada gambar di layar monitor dengan ukuran tebal spesimen yang sebenarnya dengan cara :
  - Klik icon "calibration"
  - Klik "new calibration"
  - Masukkan nama kalibrasi lalu "continue"
  - Setelah muncul garis pada layar, lalu tarik garis mulai dari sisi kiri sampai sisi kanan spesimen.
  - Lalu klik "Enter"
- 6) Untuk melakukan pemotretan dengan cara klik icon Photo untuk melakukan pemotretan.
- 7) Hasil pemotretan akan muncul di layar monitor.

#### **b) Kekuatan Tarik**

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik komposit yang akan diuji. Alat uji tarik yang digunakan adalah UTM (*Universal Testing Machine*) merk Instron tipe 3367 di BLK (Balai Latihan Kerja) Surakarta. Pengujian tarik dengan standar ASTM D 638-01.



Gambar 5. Universal Testing Machine (Instron 3367)

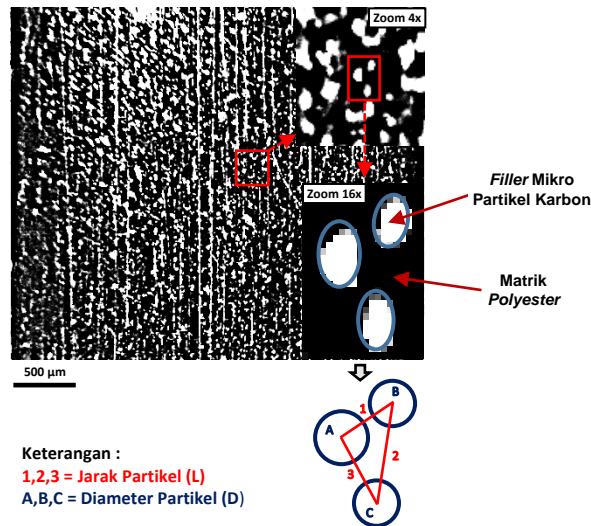
Langkah – langkah pengujian tarik sebagai berikut :

- 1) Menyalakan komputer lalu jalankan software Instron
- 2) Masukkan data jenis bahan dan dimensi spesimen uji sesuai standar ASTM D 638-01 ke dalam softwarena
- 3) Memasang spesimen uji tarik dengan cara menjepit tepat pada bagian atas dan bawah spesimen komposit
- 4) Menjalankan proses pengujian dengan cara klik "Test" pada software Instron
- 5) Melakukan proses pengujian sebanyak 35 kali sesuai spesimen yang akan diuji

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

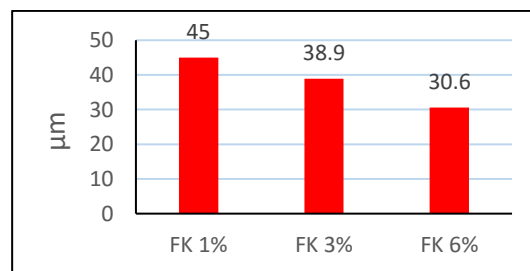
#### **3.1 Pengujian Struktur Material (Photo Makro)**

Spesimen sebelum diuji tarik terlebih dahulu dilakukan Photo makro pada bagian sisi tebal di area gage specimen untuk mengetahui jarak atau kerapatan partikel karbon sebagai *filler*, besar diameter partikel dan fraksi volume *filler*. Hasil photo makro selanjutnya diolah menggunakan software Picasa untuk menampakkan partikel karbon.



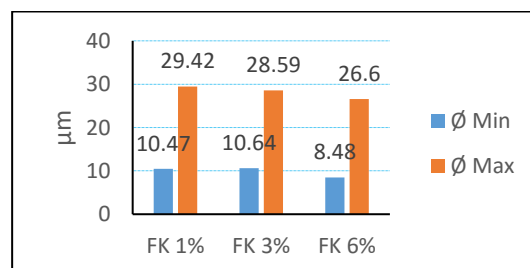
Gambar 6. Hasil photo makro specimen komposit *filler* karbon

Dari hasil olah photo makro di atas menggunakan teori pendekatan bentuk segitiga maka didapatkan data jarak dan diameter partikel rata-rata sekaligus fraksi volume *filler* mikro partikel karbon dari seluruh spesimen uji tarik. Maka didapatkan grafik hasil pengujian sebagai berikut:



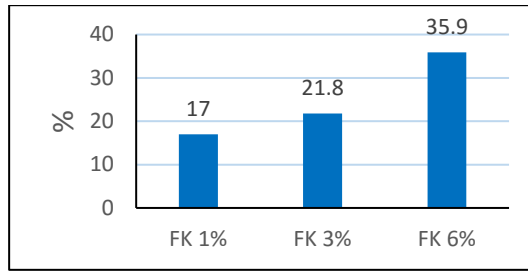
Gambar 7. Grafik jarak rata-rata *filler* mikro partikel karbon

Pada grafik di atas nilai jarak rata-rata partikel karbon pada variasi berat filler mikro partikel karbon (FK) pada spesimen FK 1% sebesar 45 µm, FK 3% sebesar 38,9 µm dan FK 6% sebesar 30,6 µm.



Gambar 8. Grafik diameter filler mikro partikel karbon

Pada grafik di atas diambil dari hasil pengukuran diameter keseluruhan spesimen seluruh fraksi berat filler, didapat data besar diameter terkecil pada spesimen FK 6% sebesar 8,48 µm dan diameter terbesar pada spesimen FK 1% sebesar 29,42 µm.

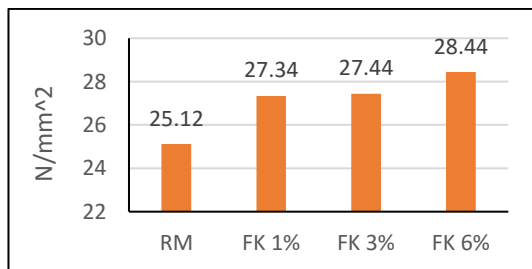


Gambar 9. Grafik fraksi volume filler ( $v_f$ ) rata-rata mikro partikel karbon

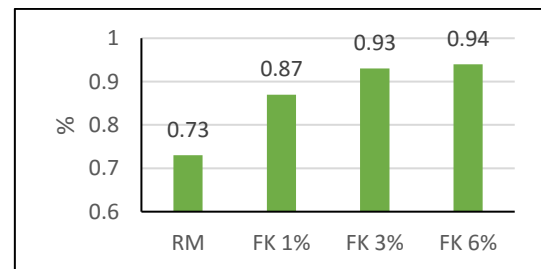
Pada grafik di atas fraksi volume filler ( $v_f$ ) mikro partikel karbon pada spesimen FK 1% sebesar 17 %, FK 3% sebesar 21,8 % dan FK 6% sebesar 35,9 %.

### 3.2 Pengujian Kekuatan Tarik

Setelah dilakukan pengujian tarik maka diperoleh data hasil uji tarik berupa tegangan, regangan dan modulus elastisitas. Data hasil pengujian tarik dengan variasi fraksi berat filler mikro partikel karbon (FK) 1%, 3%, dan 6%. Kemudian data tersebut distandar deviasi dengan simpangan baku sebesar 7 %. Maka diperoleh grafik hasil pengujian sebagai berikut:

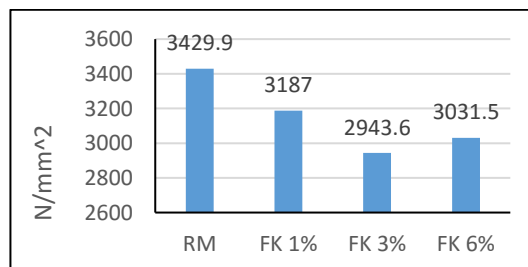


Gambar 10. Grafik nilai tegangan rata-rata pada titik *yield*



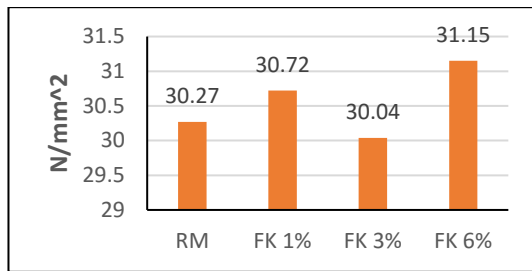
Gambar 11. Grafik nilai regangan rata-rata pada titik *yield*

Pada gambar 10 di atas, grafik menunjukkan nilai tegangan rata-rata pada titik luluh (*yield*) tertinggi yaitu spesimen FK 6% sebesar 28,44 N/mm<sup>2</sup>. Selanjutnya pada gambar 11 di atas grafik menunjukkan nilai regangan rata-rata pada titik luluh (*yield*) tertinggi yaitu spesimen FK 6% sebesar 0,94 %.

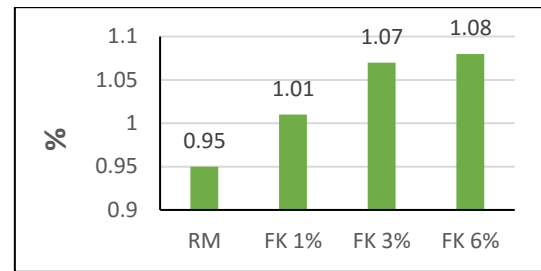


Gambar 12. Grafik nilai modulus elastisitas rata-rata pada titik *yield*

Pada grafik di atas menunjukkan nilai modulus elastisitas rata-rata pada titik luluh (*yield*) tertinggi yaitu spesimen Raw Material sebesar 3429,9 N/mm<sup>2</sup>.



Gambar 13. Grafik nilai tegangan rata-rata pada titik *ultimate*



Gambar 14. Grafik nilai regangan rata-rata pada titik *ultimate*

Pada gambar 13 di atas grafik menunjukkan nilai tegangan rata-rata pada titik maksimum (*ultimate*) tertinggi yaitu spesimen FK 6% sebesar 31,15 N/mm<sup>2</sup>. Selanjutnya pada gambar di atas grafik menunjukkan nilai regangan rata-rata pada titik maksimum (*ultimate*) tertinggi yaitu spesimen FK 6% sebesar 1,08 %.

### 3.3 Pembahasan Grafik Hasil Pengujian

#### 3.4.1 Pengujian Struktur Material (Photo Makro)

Dalam grafik hasil pengujian struktur material (Photo Makro) maka dapat dianalisa melalui pembahasan sebagai berikut :

##### a) Pembahasan Grafik Jarak Partikel Karbon

Pada grafik nilai jarak rata-rata partikel karbon pada variasi berat filler mikro partikel karbon (FK) pada spesimen FK 1% sebesar 45  $\mu\text{m}$ , FK 3% sebesar 38,9  $\mu\text{m}$  dan FK 6% sebesar 30,6  $\mu\text{m}$ . Diketahui jarak rata-rata partikel tertinggi pada spesimen FK 1% dan terendah pada spesimen FK 6%. Hal ini disebabkan semakin tinggi fraksi berat filler ( $w_f$ ) mikro partikel karbon maka semakin rendah atau dekat jarak partikel karbon.

##### b) Pembahasan Grafik Diameter Partikel Karbon

Pada grafik diambil dari hasil pengukuran diameter partikel keseluruhan spesimen seluruh fraksi berat filler, didapat data besar diameter terkecil pada spesimen FK 6% sebesar 8,48  $\mu\text{m}$  dan diameter terbesar pada spesimen FK 1% sebesar 29,42  $\mu\text{m}$ , Diketahui dari keseluruhan spesimen yang diukur didapat ukuran diameter mikro partikel dari yang terkecil hingga terbesar yaitu dari ukuran 8,48  $\mu\text{m}$  sampai 29,42  $\mu\text{m}$ .

##### c) Pembahasan Grafik Fraksi Volume Filler

Pada grafik fraksi volume *filler* pada spesimen FK 1% sebesar 17 %, FK 3% sebesar 21,8 % dan FK 6% sebesar 35,9 %, Diketahui fraksi volume *filler* ( $v_f$ ) tertinggi pada spesimen FK 6% dan terendah pada FK 1%, Hal ini disebabkan semakin tinggi fraksi berat *filler* ( $w_f$ ) atau bertambahnya berat mikro partikel karbon maka bertambah pula volume atau jumlah mikro partikel karbon dalam komposit.

### 3.4.2 Pengujian Kekuatan Tarik (Uji Tarik)

Dalam grafik hasil pengujian kekuatan Tarik (Uji Tarik) maka dapat dianalisa melalui pembahasan sebagai berikut :

#### a) Pembahasan Grafik Uji Tarik Pada Titik Luluh (*Yield*)

Pada grafik menunjukkan bahwa nilai rata - rata tertinggi di titik yield pada spesimen FK 6% dengan Tegangan *Yield* rata-rata sebesar 28,44 N/mm<sup>2</sup>, Regangan *Yield* rata-rata sebesar 0,94 % dan Modulus Elastisitas rata-rata 3031,5 N/mm<sup>2</sup>. Diketahui nilai tegangan rata-rata dan regangan rata-rata pada titik luluh (*yield*) tertinggi pada spesimen komposit filler karbon (FK) 6%. Pada saat proses pertambahan panjang terjadi pengecilan penampang pada area gage, kemudian menyebabkan Kekuatan Tarik dan Regangan Tarik meningkat seiring bertambah banyaknya jumlah *filler* karbon dalam komposit. Hal ini disebabkan partikel karbon tidak dapat dimampatkan pada saat proses pengecilan penampang, partikel karbon hanya bergeser searah dengan gaya tarik komposit.

#### b) Pembahasan Grafik Uji Tarik Pada Titik Maksimum (*Ultimate*)

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa nilai rata-rata tegangan maksimal tertinggi pada spesimen Filler Karbon (FK) 6% sebesar 31,15 N/mm<sup>2</sup> dan nilai rata-rata regangan maksimum tertinggi pada spesimen FK 6% sebesar 1,08 %, Diketahui nilai tegangan rata-rata tertinggi pada spesimen FK 6%. Sedangkan nilai regangan rata-rata mengalami peningkatan seiring dengan penambahan fraksi berat *filler* ( $w_f$ ) mikro partikel karbon. Hal ini disebabkan partikel karbon mampu menurunkan tingkat kekakuan suatu material komposit polyester pada kadar fraksi berat *filler* ( $w_f$ ) tertentu.

## 3.4 Kutipan dan Acuan

### 3.4.1 Tinjauan Pustaka

Tanaman kelapa dikenal sebagai pohon yang mempunyai banyak kegunaan, mulai dari akar sampai pada ujungnya (daun). Tinggi pohon kelapa dapat mencapai 15 sampai 30 meter di daerah perkebunan. Buah kelapa berbentuk lonjong dan dilapisi oleh kulit yang licin yang berwarna hijau terang, jingga cerah atau warna - warna gading. Di bawah lapisan kulit terdapat lapisan serat tebal yang digunakan untuk sabut. Lapisan berikutnya adalah tempurung. Tempurung dapat digunakan untuk membuat arang dan alat - alat makan. Berat dan tebal tempurung kelapa sangat ditentukan oleh jenis tanaman kelapa. Tempurung kelapa beratnya sekitar 15 - 19 % bobot buah kelapa dengan ketebalan 3 - 5 mm. Komposisi kimia tempurung kelapa terdiri atas selulosa (26,60 %), pentosan (27,70 %), lignin (29,40 %), abu (0,60 %), solvent ekstraktif (4,20 %), uronat anhidrat (3,50 %), nitrogen (0,11 %) dan air (8,00 %) (Rusdianto, 2011). Dalam pembuatan komposit partikel tentunya

ingin menghasilkan material baru yang memiliki sifat material yang baik. Namun, biaya adalah salah satu factor utama yang menghambat dalam pengembangan material ini. Biaya dapat dikurangi baik dengan metode pengolahan yang murah atau bahan pengisi yang murah. Serbuk Tempurung Kelapa adalah bahan pengisi alami yang sangat mudah diperoleh dan murah dalam metode pengolahannya (Siddhartha dkk, 2003).

Bahan pengisi alam seperti serbuk tempurung kelapa dan serbuk gergaji menunjukkan beberapa keunggulan. Bahan tersebut dapat terurai dan tidak beracun. Saat ini bahan limbah pertanian ini sering digunakan untuk memproduksi karbon sebagai bahan pengisi komposit (Keerthika dkk, 2016). Serbuk tempurung kelapa sebagai bahan pengisi suatu komposit yang digunakan dalam suatu rancangan diproduksi secara massal menggunakan metode penggilingan selama 70 jam pada 5 jam per hari menggunakan ball milling (Bello dkk, 2015).

Karbon hitam yang dapat dihasilkan dari bahan limbah pertanian dan perhutanan akan tetapi selama abad terakhir ini karbon hitam diperoleh dari perengkahan termal dari gas alam yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna minyak bumi. Produksi karbon hitam relatif sangat mahal. Oleh karena itu para peneliti menemukan sumber alternatif yaitu sumber daya terbarukan seperti limbah pertanian. Menurut penyelidikan karbon hitam dapat dihasilkan dengan proses pirolisis batubara, kayu, tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit dan bahan lignoselulosa lainnya karena berasal dari alam. Biomassa ini dapat dikonversi menjadi karbon hitam sehingga dapat mengurangi dan memanfaatkan limbah pertanian sekaligus bernilai tinggi (Ojha dkk, 2014). Komposit poliester tak jenuh (UPC), akibat sifat material yang dimilikinya semakin menggantikan bahan-bahan tradisional seperti kayu, kaca dan logam, di gedung, furniture, mesin dan komponen kendaraan, serta produk konsumen lainnya (Riberio dkk, 2015).

### **3.4.2 Landasan Teori**

Definisi dari komposit dalam lingkup ilmu material merupakan gabungan antara dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat. Komposit terdiri dari dua unsur yaitu serat (*fiber*) sebagai reinforcement atau penguat dan bahan pengikat serat yang disebut dengan matrik. Unsur utama dari bahan komposit adalah serat, serat inilah yang menentukan karakteristik suatu bahan seperti kekuatan, keuletan, kekakuan dan sifat mekanik yang lain. Serat berfungsi untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada material komposit, sedangkan matrik berfungsi untuk mengikat serat melindungi dan meneruskan gaya antar serat (Ronald F. Gibson, 1994).

#### **a) Klasifikasi Komposit**

Komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu:

1. Fibrous Composite Material (komposit serat)

2. Laminate Composites (komposit lapis)
3. Particulate Composites (Komposit Partikel)

**b) Unsur Pembentuk Komposit *Filler* Mikro Partikel Karbon**

Dalam struktur komposit filler karbon, bahan komposit partikel tersusun dari matrik polimer dan partikel karbon. Partikel ini berbentuk beberapa macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi rata-rata berdimensi sama. Secara definisi partikel itu sendiri adalah bukan serat, sebab partikel itu tidak mempunyai ukuran panjang. Sedangkan pada bahan komposit ukuran dari bahan penguat menentukan kemampuan bahan komposit menahan gaya dari luar.

**c) Tempurung Kelapa**

Sebagian besar dipedesaan sabut dan tempurung kelapa dimanfaatkan untuk bahan bakar, baik dalam tempurung kering maupun arang tempurung kelapa. Beberapa tahun terakhir ini tempurung kelapa juga sering digunakan sebagai alat peraga edukatif (APE) seperti halnya dalam pelajaran biologi, matematika, fisika dan bahan pembuatan souvenir. Komposisi kimia tempurung kelapa antara lain : selulosa (26,60 %), pentosan (27,70 %), lignin (29,40 %), abu (0,60 %), solvent ekstraktif (4,20 %), uronat anhidrat (3,50 %), nitrogen (0,11 %) dan air 8,00 %).

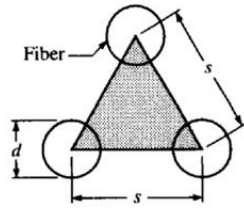
**d) Matrik *Thermoset* Jenis *Polyester***

Bahan pengikat atau penyatu serat dalam material komposit disebut matrik. Matriks berfungsi sebagai pelindung, pendukung, transfer beban, dan perekat serat. Matriks jenis ini memiliki sifat dapat mengeras pada suhu kamar dengan penambahan katalis tanpa pemberian tekanan ketika proses pembentukannya.. Poliester dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79 0C atau lebih tinggi tergantung partikel resin dan keperluannya, berat jenis 1,215 kg/cm<sup>3</sup>, dan kekuatan tarik 55 MPa.

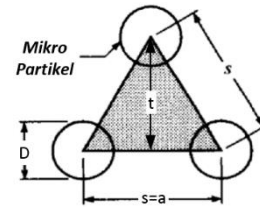
**3.4.3 Hubungan Antara Fraksi Berat dengan Fraksi Volume**

Salah satu unsur penting dalam susunan struktur material pada komposit adalah karakteristik fraksi volume dan fraksi berat dari berbagai bahan penyusunnya. Untuk mengetahui fraksi volume dari material penyusun pada sebuah komposit, yaitu dengan mengolah hasil dari photo makro dan didekati dengan menggunakan bentuk geometris seperti susunan segitiga seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah. Pada penelitian ini susunan partikel karbon didekati dengan menggunakan bentuk segitiga. Fraksi volume partikel untuk susunan segitiga dapat dihitung dengan membagi luas area lingkaran yang tertutup pada segitiga dengan luas segitiga tersebut. (Ronald F.Gibson, 1994)





Gambar 15. Metode pengukuran susunan *fiber* bentuk segitiga



Gambar 16. Susunan partikel bentuk segitiga dalam pengukuran fraksi volume *filler* ( $v_f$ )

Dalam mencari fraksi volume *filler* perlu mengolah data hasil photo makro kemudian mengukur jarak dan diameter partikel karbon menggunakan metode bentuk segitiga seperti gambar di atas. Maka didapat rumus sebagai berikut :

➤ Rumus Tinggi Segitiga

$$t = \sqrt{s^2 - \frac{1}{4}a^2}$$

➤ Rumus Luas Segitiga

$$\text{Luas } \Delta = \frac{a \times t}{2}$$

➤ Rumus Luas 3 Juring Lingkaran Dalam Luasan Segitiga (j)

$$\text{Luas } j = \frac{1}{2} [\pi/4 \times D^2]$$

**Keterangan :**

- S = sisi segitiga sebagai jarak partikel (L)
- D = diameter lingkaran sebagai diameter partikel (D)
- t = tinggi segitiga
- a = panjang alas segitiga
- j = luas 3 juring lingkaran dalam luasan segitiga

Dalam perhitungan fraksi volume *filler* ( $v_f$ ) dengan pendekatan model segitiga. Luas segitiga diasumsikan sebagai volume komposit ( $V_c$ ) dan luas juring diasumsikan sebagai volume *filler* ( $V_f$ ) mikro partikel karbon. Hal ini disebabkan karena pada rumus volume komposit ini, nilai tinggi (t) dianggap satu satuan. Jika fraksi volume komposit ( $v_c$ ) sama dengan 1 maka didapatkan rumus fraksi volume *filler* ( $v_f$ ) sebagai berikut :

$$\Rightarrow v_f + v_m = v_c = 1$$

$$\Rightarrow \frac{V_c}{v_c} = \frac{V_f}{v_f}$$

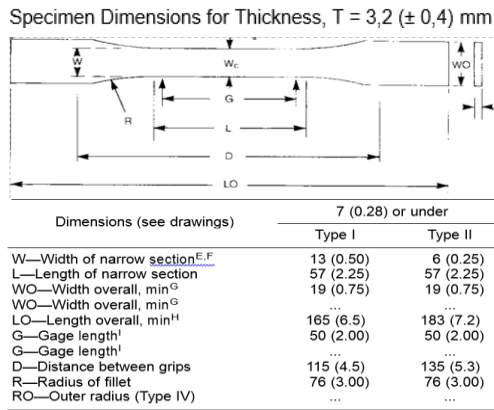
$$\Rightarrow v_f = \frac{V_f}{V_c} \times v_c$$

**Keterangan:**

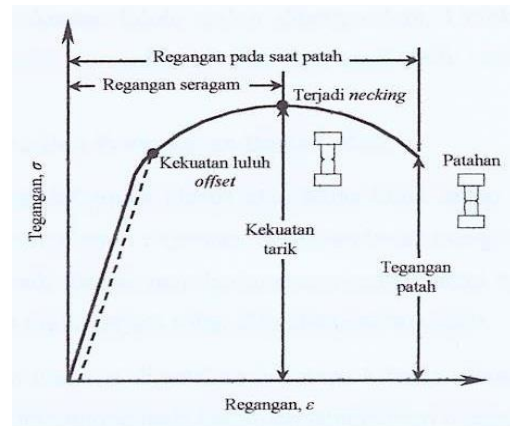
- $V_c$  = volume komposit ( $\mu\text{m}^3$ )
- $V_f$  = volume *filler* ( $\mu\text{m}^3$ )
- $v_c$  = fraksi volume komposit (%)
- $v_f$  = fraksi volume komposit (%)
- $v_m$  = fraksi volume matrik (%)

### 3.4.4 Pengujian Kekuatan Tarik (Uji Tarik)

Dalam pengujian tarik disini menggunakan standar ASTM D638-01 seperti pada gambar berikut :



Gambar 17. Geometri specimen uji tarik (ASTM D 638-01)



Gambar 18. Kurva tegangan regangan

Tegangan luluh offset ditentukan dengan mengukur perpotongan antara kurva tegangan-regangan dengan garis sejajar dengan elastis offset, diambil sebesar 0,1 – 0,2 % seperti gambar di atas. Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Hubungan antara tegangan, regangan dan modulus elastisitas pada beban tarik ditentukan dengan rumus sebagai berikut: (Kurniawan, 2012)

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

dimana :  $\sigma$  = Tegangan tarik ( $N/mm^2$ )

P = Beban (N)

$A_0$  = Luas penampang patahan ( $mm^2$ )

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibanding dengan panjang daerah ukur (gage length). Nilai regangan ini adalah regangan proposional yang didapat dari garis proporsional pada grafik tegangan-regangan. Nilai regangan dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut: (Kurniawan, 2012)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \left( \frac{L_1 - L_0}{L_0} \right) \times 100\%$$

dimana :  $\varepsilon$  = Regangan tarik (%)

$\Delta L$  = Deformasi atau pemanjangan (mm)

$L_1$  = Panjang daerah ukur (mm)

$L_0$  = Panjang mula-mula (mm)

Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan (stiffness) atau ketahanan terhadap deformasi elastis. Semakin besar modulus elastisitas, maka bahan semakin kaku. Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional, berlaku hukum Hooke, dapat dihitung dengan persamaan: (Kurniawan, 2012)

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

dimana : E = Modulus elastisitas (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Tegangan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  = Regangan tarik (%)

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa pengujian komposit dan pembahasan data yang diperoleh, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Dalam pengujian struktur makro dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi fraksi berat *filler* ( $w_f$ ) mikro partikel karbon maka jarak partikelnya semakin dekat dan fraksi volume *filler* ( $v_f$ ) mikro partikel karbon semakin tinggi karena jumlah atau volume mikro partikel karbon semakin bertambah.
- 2) Dalam pengujian tarik dapat disimpulkan bahwa penambahan mikro partikel karbon sebagai *filler* dalam material ini mampu meningkatkan kekuatan tarik dan regangan tarik komposit polyester seiring dengan penambahan jumlah fraksi berat *filler* ( $w_f$ ) mikro partikel karbon.

### 4.2 Saran

- a) Fraksi berat *filler* yang digunakan terlalu rendah dan jarak antar variasi terlalu dekat mengakibatkan sulit mendapatkan hasil grafik uji tarik yang signifikan
- b) Pengadukan yang kurang efektif mengakibatkan mikro partikel karbon kurang merata keseluruhan bagian komposit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bello S. Adekunle, Agunsove J.Olumuyiwa & Hassan S. Bolaji, 2015. “*Synthesis of coconut shell nanoparticles via a top down approach: Assessment of milling duration on the particle sizes and morphologies of coconut shell nanoparticles*” Department of Metallurgical and Materials Engineering, Faculty of Engineering, University of Lagos, Lagos, Nigeria.
- Dea C. Eqitha, 2013. “*Pembuatan dan Karakteristik Komposit Polimer Berpenguat Bagase*”, Tugas Akhir S-1, Institute Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Ojha. S, Kumar A. Samir & Gujjala. R, 2014. “*Characterization and Wear Behavior of Carbon Black Filled Polymer Composites*” PhD Student, Department of Mechanical Engineering, NIT, Rourkela, Odisha, 769008, INDIA.
- Keerthika. B, Umayavalli. M, Jeyalalitha. T & Krishnaveni. N, 2016. “*Coconut shell powder as cost effective filler in copolymer of acrylonitrile and butadiene rubber*” Department of Chemistry, Sri Subramania College of Engineering and Technology, Palani 624601, Tamil Nadu, India.
- Kurniawan, K., 2012, “*Uji Karakteistik Sifat Fisis Dan Mekanis Serat Agave Cantula Roxb (Nanas) Anyaman 2D Pada Vraksi Berat (40%, 50%, 60%)*”, Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

- R. M. Jones, 1975. "*Mechanics of Composite Materials*", McGraw-Hill Kogakusha, LTD: Wasingthon D.C.
- Riberio. M.C.S, Sousa S.P.B & Novoa P.R.O, 2015. "*An investigation on fire and flexural mechanical behaviors of nano and micro polyester composites filled with SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles*" INEGI, Institute of Mechanical Engineering and Industrial Management, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal.
- Ronald F. Gibson, 1994. "*Principles of Composite Material Mechanics. Internasional Edition*", MC.Graw – Hill Inc, New York.
- Rusdianto, A. 2011. "*Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Campuran Gypsum Plafon Dengan Bahan Pengikat Lateks Akrilik*". Tugas Akhir. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Siddhartha K. Pradhan, E.S. Dwarakadasa & Philip J. Reucroft, 2003. "*Processing and characterization of coconut shell powder filled UHMWPE*" Department of Chemical and Materials Engineering, University of Kentucky, 177 Anderson Hall, Lexington, KY 40506, USA.