

**PENGARUH SERAT KARBON TERHADAP SIFAT  
MEKANIK DAN TOPOGRAFI PADA KOMPOSIT  
BERMATERI *POLYESTER* BQTN 157**

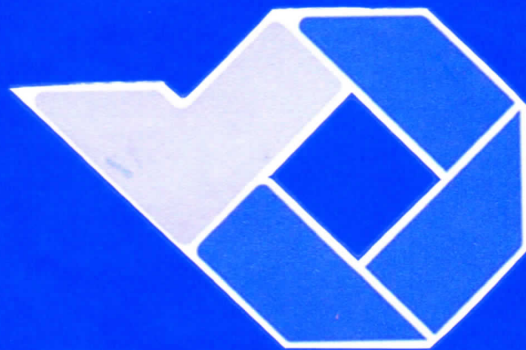
*Effect of Carbon Fiber on Mechanical and Topographic Properties of  
BQTN 157 Polyester Matrix Composites*

**Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan  
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur  
Di Jurusan Teknik Mesin**

Oleh :

**Dedhe Jumriladin Putra Susila**

**NIM : 1041705**



**POLMAN BABEL**

**2021**

**PENGARUH SERAT KARBON TERHADAP SIFAT  
MEKANIK DAN TOPOGRAFI PADA KOMPOSIT  
BERMATERI *POLYESTER* BQTN 157**

*Effect of Carbon Fiber on Mechanical and Topographic Properties of  
BQTN 157 Polyester Matrix Composites*

**Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan  
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur  
Di Jurusan Teknik Mesin**

Oleh :

**Dedhe Jumriladin Putra Susila**

**NIM : 1041705**



**POLMAN BABEL**

**2021**

**PENGARUH SERAT KARBON TERHADAP SIFAT  
MEKANIK DAN TOPOGRAFI PADA KOMPOSIT  
BERMATRIKS *POLYESTER* BQTN 157**

*Effect of Carbon Fiber on Mechanical and Topographic Properties of  
BQTN 157 Polyester Matrix Composites*

**Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan  
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur  
Di Jurusan Teknik Mesin**

**Oleh :**

**Dedhe Jumriladin Putra Susila**

**NIM : 1041705**



**POLMAN BABEL**

**2021**

# **PENGARUH SERAT KARBON TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN TOPOGRAFI PADA KOMPOSIT BERMatriks *POLYESTER* BQTN 157**

Oleh :

Dedhe Jumriladin Putra Susila

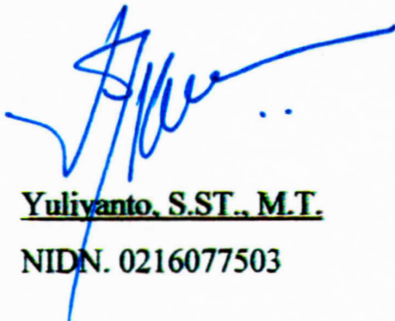
NIM : 1041705

Penguji :

1. Ketua : Yuliyanto, S.S.T., M.T.
2. Anggota : Masdani, S.S.T., M.T.
3. Anggota : Ariyanto, S.S.T., M.T.

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 23 Februari 2021  
Dan disahkan sesuai dengan ketentuan.

Pembimbing Utama,



Yuliyanto, S.S.T., M.T.  
NIDN. 0216077503

Pembimbing Pendamping,



Masdani, S.S.T., M.T.  
NIDN. 0208107301



Ketua Jurusan,  
Pristiansyah, S.S.T., M.T.  
NIDN. 0024018802

## ABSTRAK

Saat ini belum adanya informasi mengenai kekuatan spesifik komposit serat karbon bermatriks *polyester* BQTN 157 membuat pentingnya melakukan pengujian material pada bahan komposit serat karbon bermatriks *polyester* BQTN 157 yang nantinya dapat diterapkan pada industri manufaktur dalam pembuatan produk pada industri tersebut. Sehingga pengujian tarik, impak serta bentuk fisik permukaan komposit dalam penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan suatu industri untuk menggunakan bahan material jenis ini.

Proses pembuatan komposit dibuat dengan metode *hand lay up* dengan panjang serat 20mm, 25mm dan 30mm dengan variasi serat 30%:70%, 40%:60% dan 50%:50% dengan orientasi serat 0°. Setelah spesimen selesai dibuat akan dilakukan *curing time* pada suhu 50°C selama 5 jam, 10 jam dan 15 jam. Spesimen uji tarik dibuat mengacu pada standar ASTM D-638 dan pengujian impak mengacu pada ISO-179. Kemudian patahan hasil uji tarik akan dianalisa dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*).

Hasil penelitian komposit *polyester* dengan penguat serat karbon diperoleh kekuatan tarik tertinggi terdapat pada fraksi volume serat 40% dengan panjang serat 33,41mm yaitu sebesar 135 MPa dan kekuatan impak maksimum dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume serat 56,82% dan panjang serat 25mm yaitu sebesar 208,25 Mpa.

**Kata Kunci :** *komposit, serat karbon, karakteristik, sifat mekanik*

## ABSTRACT

Currently, there is no information regarding the specific strength of carbon fiber composite with polyester matrix BQTN 157 making it important to conduct material testing on carbon fiber composite material with polyester matrix BQTN 157 which can later be applied to the manufacturing industry in manufacturing products in that industry. So that the tensile, impact test and the physical shape of the composite surface in this study can be used as a consideration for an industry to use this type of material.

Composite manufacturing process is made by hand lay up method with fiber lengths of 20mm, 25mm and 30mm with fiber variations of 30%: 70%, 40%: 60% and 50%: 50% with fiber orientation 0 °. After the specimens are made, the curing time will be carried out at 50 ° C for 5 hours, 10 hours and 15 hours. Tensile test specimens are made according to ASTM D-638 standard and impact testing refers to ISO-179. Then the fracture of the tensile test results will be analyzed by SEM (Scanning Electron Microscope).

The results of the research on polyester composites with carbon fiber reinforcement obtained that the highest tensile strength was found in the fiber volume fraction of 40% with a fiber length of 33.41mm, namely 135 MPa and the maximum impact strength possessed by the composite with a fiber volume fraction of 56.82% and a fiber length of 25mm, which was equal to 208.25 Mpa.

**Keywords :** *composite, carbon fiber, characteristics, mechanical properties*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas izin-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Serat Karbon terhadap Sifat Mekanik dan Topografi pada Komposit Bermatriks *Polyester* BQTN 157” dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Manufaktur Negeri Bengka Belitung. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, bapak Ilham dan ibu Rita Setyawati. Tugas Akhir ini ku persembahkan untuk Bapak dan Ibu. Doa, fikiran, jerih payah serta kasih sayang yang kalian limpahkan tak akan terbalas oleh apapun. Terima kasih atas semuanya semoga Allah senantiasa membalas kebaikannya.
2. Bapak Yuliyanto, S.ST., M.T. sebagai pembimbing I yang telah membimbing penulis dari awal, diskusi hingga penyelesaian Tugas Akhir ini serta atas ide-ide, dukungan, bantuan dan saran yang diberikan, semoga Allah membalas semua kebaikan beliau
3. Bapak Masdani, S.ST., M.T. sebagai pembimbing II atas masukan, bimbingan, bantuan dan dukungan yang diberikan hingga penyelesaian Tugas Akhir, ini semoga Allah membalas semua kebaikan beliau.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin, terima kasih untuk ilmu yang sudah diberikan, semoga ilmu ini menjadi ilmu yang bermanfaat dunia dan akhirat.
5. Teman – teman seperjuangan satu angkatan Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur terima kasih bantuan dan dukungannya, sukses selalu untuk kita semua.
6. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung turut membantu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat

membangun demi tercapainya kesempurnaan. Semoga apa yang telah dituliskan dalam skripsi ini dapat bermanfaat, Aamiin.

Sungailiat, 18 Februari 2021

Penulis,

Dedhe Jumriladin P. S



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN SAMPUL DEPAN</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>I-1</b>
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-3
1.4 Manfaat Penelitian .....	I-3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>II-1</b>
2.1 Pengertian Komposit .....	II-1
2.2 Karbon Fiber .....	II-2
2.3 Macam-macam Pengujian .....	II-3
2.4 Sifat Mekanik Material .....	II-6
2.5 Topografi Material .....	II-6
2.6 Desain Eksperimen .....	II-7
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>III-1</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	III-1
3.2 Tempat dan Lokasi Penelitian .....	III-2
3.3 Pelaksanaan Penelitian .....	III-2

3.3.1 Bahan Penelitian .....	III-2
3.3.2 Peralatan Penelitian .....	III-4
3.4 Spesimen Uji.....	III-6
3.5 Pengolahan Data dan Analisa .....	III-7
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>IV-1</b>
4.1 Perbandingan Rasio Volume Matriks dan Serat.....	IV-1
4.2 Pembuatan Spesimen Uji.....	IV-3
4.3 Pengujian Tarik Spesimen .....	IV-3
4.3.1 Permukaan Respon Kekuatan Tarik .....	IV-6
4.3.2 Analisis Variansi Kekuatan Tarik (MPa) .....	IV-8
4.4 Pengujian Impak .....	IV-8
4.4.1 Permukaan Respon Kekuatan Impak.....	IV-11
4.4.2 Analisis Variansi Kekuatan Impak .....	IV-13
4.5 Pengamatan Struktur Mikro dengan SEM.....	IV-14
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>V-1</b>
5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-1

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisika dari Karbon Fiber [11] .....	II-3
Tabel 2.2 <i>Tensile Strength</i> Beberapa Material [12] .....	II-3
Tabel 4.1 Nilai Batas Atas dan Batas Bawah Variabel Uji .....	IV-1
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Rasio Volume untuk Spesimen Uji Tarik .....	IV-3
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Rasio Volume untuk Spesimen Uji Impak .....	IV-3
Tabel 4.4 Hasil Uji Tarik .....	IV-4
Tabel 4.5 Nilai Harga Uji Impak .....	IV-9
Tabel 4.6 Analisis Variasi Kekuatan Impak .....	IV-13

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kombinasi <i>Matrix</i> dan <i>Reinforcement</i> .....	II-1
Gambar 2.2 Aplikasi dari Komposit Serat Karbon .....	II-1
Gambar 2.3 Gaya Tarik terhadap Pertambahan Panjang .....	II-4
Gambar 2.4 Skematis Pengujian Impak <i>Charpy</i> .....	II-5
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian .....	III-1
Gambar 3.2 Serat karbon.....	III-2
Gambar 3.3 Resin Merk Yukalac 157 BQTN.....	III-2
Gambar 3.4 <i>Methyle Ethyl Keton Peroxide</i> (MEKP).....	III-3
Gambar 3.5 <i>Mold Realase</i> .....	III-3
Gambar 3.7 Cetakan Komposit.....	III-4
Gambar 3.8 Timbangan Digital .....	III-4
Gambar 3.9 Gelas Ukur.....	III-4
Gambar 3.10 Jangka Sorong .....	III-5
Gambar 3.11 Alat Uji Impact.....	III-5
Gambar 3.12 Alat Uji Tarik .....	III-5
Gambar 3.13 Alat uji SEM .....	III-6
Gambar 3.14 Spesimen uji ASTM D638.....	III-6
Gambar 3.15 Spesimen uji ISO 179.....	III-6
Gambar 4.1 Proses Uji Tarik.....	IV-4
Gambar 4.2 Grafik Kekuatan Tarik .....	IV-5
Gambar 4.3 Permukaan Respon Model Kuadrat, MPa vs Presentase Serat dan <i>Curing Time</i> .....	IV-6
Gambar 4.4 Permukaan Respon Model Kuadrat, MPa vs Panjang Serat dan <i>Curing Time</i> .....	IV-6
Gambar 4.5 Permukaan Respon Model Kuadrat, MPa vs Panjang Serat dan Presentase Serat.....	IV-7
Gambar 4.6 Analisis Variansi Kekuatan Tarik .....	IV-8
Gambar 4.7 Proses Uji Impak .....	IV-9
Gambar 4.8 Grafik Harga Impak (HI).....	IV-10

Gambar 4.9 Permukaan Respon Model Kuadratik, Uji Impak vs Persentase Serat dan Panjang Serat.....	IV-11
Gambar 4.10 Permukaan Respon Model Kuadratik, Uji Impak vs <i>Curing Time</i> dan Panjang Serat.....	IV-11
Gambar 4.11 Permukaan Respon Model Kuadratik, Uji Impak vs <i>Curing time</i> dan Persentase serat serat .....	IV-12
Gambar 4.12 Hasil Uji SEM Spesimen Uji Tarik Terendah dengan Perbesaran 500 kali .....	IV-14
Gambar 4.13 Hasil Uji SEM Spesimen Uji Tarik Tertinggi dengan Perbesaran 500 kali .....	IV-14
Gambar 4.14 Hasil Uji SEM Spesimen Uji Impak Terendah dengan Perbesaran 500 kali .....	IV-15
Gambar 4.15 Hasil Uji SEM Spesimen Uji Impak Terendah dengan Perbesaran 500 kali .....	IV-15

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Volume Cetakan Uji Tarik Menggunakan *Software Solidworks* 2014

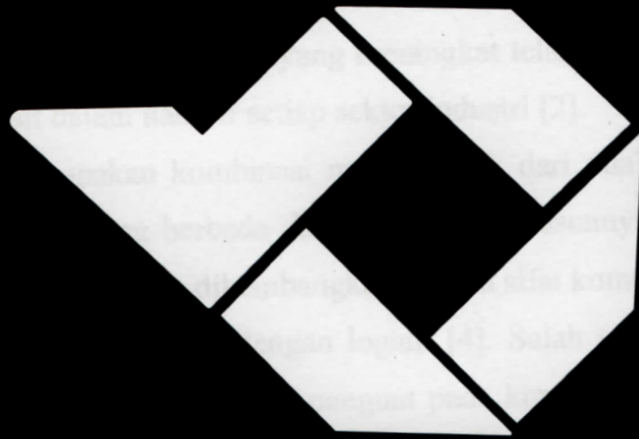
Lampiran 2. Perhitungan Volume Cetakan Uji Impak Menggunakan *Software Solidworks* 2014

Lampiran 3. Perhitungan Rasio Volume Untuk Spesimen Uji Tarik

Lampiran 4. Perhitungan Rasio Volume Untuk Spesimen Uji Impak

Lampiran 5. Proses Pembuatan Spesimen

Lampiran 6. Perhitungan Uji Impak



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan industri di dunia saat ini berkembang sangat pesat, tidak terkecuali halnya dengan teknologi di bidang ilmu material, seiring meningkatnya kebutuhan dunia industri terhadap material dengan karakteristik yang sepadan dengan logam. Kebutuhan akan penggunaan material yang baik mendorong sebagian orang untuk mengembangkan ilmu-ilmu material salah satunya adalah komposit [1]. Inovasi material baru, penurunan harga dan pengembangan proses manufaktur yang meningkat telah mengangkat keberadaan material komposit dalam hampir setiap sektor industri [2].

Komposit merupakan kombinasi makroskopik dari dua atau lebih material, yang memiliki sifat yang berbeda dari material penyusunnya [3]. Komposit dari bahan serat terus diteliti dan dikembangkan karena sifat komposit serat yang lebih kuat dan ringan dibandingkan dengan logam [4]. Salah satu serat sintetik yang dapat dikembangkan sebagai bahan penguat pada komposit adalah serat karbon. Serat karbon (*carbon fibre*) sendiri memiliki beberapa keunggulan diantaranya tahan korosi, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, lebih ringan dan lebih kuat dari pada logam, sehingga serat karbon dapat dijadikan pilihan sebagai penguat dalam bahan komposit polimer berpenguat serat sintetik [5]. Elemen konstruksi dan permesinan yang membutuhkan sifat mekanis tinggi dapat dipenuhi oleh jenis bahan material ini. Selain terdapat penguat yang biasa berupa serat, pada komposit juga terdapat matriks sebagai bahan utama dalam pembuatan material komposit, salah satu bahan matriks yang biasa digunakan dalam pembuatan material komposit adalah jenis *polyester* BQTN 157.

Adapun penelitian material komposit bermatriks *polyester* BQTN 157 yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan serat alam sebagai penguatnya, yaitu berupa serat daun lontar. Hasil penelitian yang diperoleh kekuatan tarik tertinggi yaitu hanya sebesar 90,71 MPa [6]. Penambahan serat karbon pada komposit dapat menambah kekerasan dan kekakuan pada matriks. Oleh karena itu pada



penelitian ini digunakan komposit serat karbon sebagai bahan utama penguat material komposit bermatriks *polyester* BQTN 157 yang berfungsi untuk menambah kekuatan pada bahan komposit.

Selain dipengaruhi oleh jenis serat yang digunakan, kekuatan material komposit juga ditentukan oleh besaran fraksi volume serat yang akan dicampurkan dengan matriks sehingga menjadi satu kesatuan material komposit. seperti halnya penelitian studi fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* berpenguat serat karbon yang telah dilakukan sebelumnya, dimana pada penelitian tersebut menggunakan fraksi volume serat 25%, 35%, 45%, 55%, 65% dan didapatkan hasil bahwa kekuatan tarik terbesar komposit terdapat pada fraksi 55% yaitu sebesar 604,81 Mpa [5]. Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa adanya pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan komposit *polyester* berpenguat serat karbon, dimana kekuatan optimum didapatkan pada presentase faraksi sedang, tidak terlalu rendah maupun tinggi.

Saat ini belum adanya informasi mengenai kekuatan spesifik komposit serat karbon bermatriks *polyester* BQTN 157 membuat pentingnya melakukan pengujian material pada bahan komposit serat karbon bermatriks *polyester* BQTN 157 yang nantinya dapat diterapkan pada industri manufaktur dalam pembuatan produk pada industri tersebut. Sehingga pengujian tarik, impak serta bentuk fisik permukaan komposit dalam penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan suatu industri untuk menggunakan bahan meterial jenis ini.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis melakukan penelitian mengenai pengaruh serat karbon terhadap sifat mekanik dan topografi pada komposit bermatriks *polyester* BQTN 157 untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tarik (*tensile strengh*), kekuatan impak (*impact strength*) dan bentuk fisik permukaan pada material komposit dengan matriks *polyester* BQTN 175 berpenguat serat karbon. Proses pembuatan komposit dibuat dengan metode *hand lay up* dengan panjang serat 20mm, 25mm dan 30mm dengan variasi serat 30%:70%, 40%:60% dan 50%:50% dengan orientasi serat 0°. Setelah spesimen selesai dibuat akan dilakukan *curing time* pada suhu 50°C selama 5 jam, 10 jam dan 15 jam. Spesimen uji tarik dibuat mengacu pada standar ASTM D638 dan pengujian

impak mengacu pada ISO 179. Kemudian patahan hasil uji tarik akan dianalisa dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Variasi fraksi volume serat pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil atau nilai yang bervariasi karena jumlah kandungan serat dalam komposit merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada bahan komposit berpenguat serat. Sedangkan pengujian mekanik dan topografi pada bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh serat karbon terhadap kekuatan material komposit bermatriks *polyester* BQTN 157.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah penelitian yang telah dikemukakan sebelumnya, maka pada penelitian ini akan diteliti mengenai:

1. Bagaimanakah pengaruh penambahan serat karbon (*carbon fibre*) terhadap sifat fisik dan sifat mekanik pada komposit bermatriks *polyester* BQTN 157 ?
2. Berapakah kekuatan tertinggi komposit serat karbon bermatriks *polyester* BQTN 175 dengan fraksi volume serat karbon 30%:70%, 40%:60%, 50%:50% dan panjang serat 20mm, 25mm, 30mm dengan orientasi serat 0° terhadap sifat fisik dan sifat mekanik komposit serat karbon ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

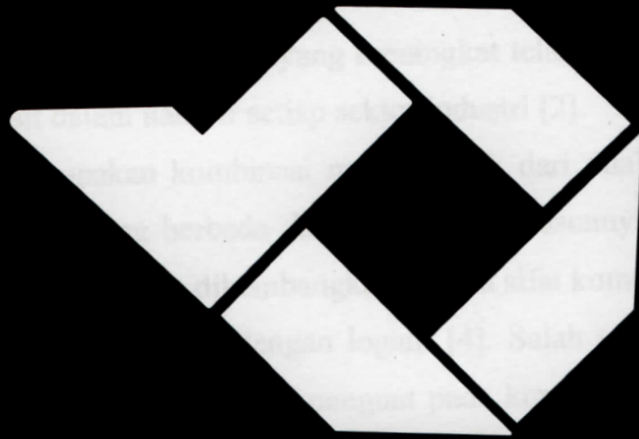
Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanik dan topografi komposit bermatriks *polyester* BQTN 157 berpenguat serat karbon (*carbon fibre*) agar diperoleh komposit dengan karakter terbaik berdasarkan persentase fraksi volume dan panjang serat.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan manfaat dalam mengetahui karakteristik material komposit bermatriks *polyester* BQTN 157 berpenguat serat karbon (*carbon fibre*) dan memberikan informasi tentang pengaruh fraksi volume dan panjang serat karbon terhadap sifat fisik dan mekanik komposit *polyester* BQTN 157, sehingga diperoleh produk komposit *polyester* BQTN 157 dengan penguat

serat karbon dengan performansi dan kinerja yang unggul untuk aplikasi di bidang industri manufaktur.

Dengan adanya penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam hal pemilihan material komposit, sebagai referensi dalam hal proses manufaktur komposit yang ada di industri, penelitian ini juga diharapkan dapat memperluass lingkup pengetahuan dalam dunia pendidikan terhadap ilmu material komposit.

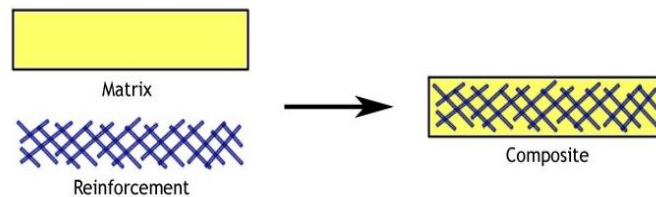


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Komposit

Material komposit adalah bahan struktural yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang digabungkan pada tingkat makroskopik dan tidak larut satu sama lain [7]. Komposit terdiri dari suatu bahan utama (*matriks*) dan suatu jenis penguatan (*reinforcement*) yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan *matriks*. Penguatan ini biasanya dalam bentuk serat (*fiber*) [8]. Kedua tipe material tersebut memiliki fungsi yang berbeda, fiber berfungsi sebagai material rangka yang menyusun komposit, sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan fiber dan menjaganya agar tidak berubah posisi. Campuran keduanya akan menghasilkan material yang keras, kuat, tahan terhadap panas, namun ringan.



Gambar 2.1 Kombinasi *Matrix* dan *Reinforcement*

Secara umum terdapat 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu: 1) *Fibrous Composites* (Komposit Serat), 2) *Laminated Composites* (Komposit Laminat), 3) *Particulate Composites* (Komposit Partikel). Dalam penelitian ini diambil bahan komposit serat (*fiber composite*). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat [9].



Gambar 2.2 Aplikasi dari Komposit Serat Karbon

Muhammad [10] menyatakan bahwa kemajuan kini telah mendorong peningkatan dalam permintaan terhadap bahan komposit. Bidang angkasa lepas, perkapalan, *automobile* dan industri pengangkutan merupakan contoh aplikasi yang memerlukan bahan-bahan yang berdensity rendah, tahan karat, kuat, kokoh dan tegar. Sifat maupun karakteristik dari komposit ditentukan oleh :

- a. Material yang menjadi penyusun komposit.

Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut *rule of mixture* sehingga akan berbanding secara proporsional.

- b. Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun.

Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

- c. Interaksi antar penyusun.

- d. Adanya interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit.

Material komposit mempunyai beberapa kelebihan berbanding dengan bahan konvensional seperti logam. Kelebihan tersebut pada umumnya dapat dilihat dari beberapa sudut penting seperti yang diuraikan dibawah ini :

- a. Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dari bahan konvensional seperti logam aluminium,
- b. Komposit lebih tahan terhadap korosi,
- c. Kemampuan menghantarkan panas dan listrik,
- d. Kemampuan redam yang baik,
- e. Memiliki tampilan (*appearance*) dan kehalusan permukaan yang baik.

## 2.2 Karbon Fiber

Serat karbon banyak digunakan dalam banyak aplikasi karena memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi, umur penggunaan panjang, tahan terhadap stabilitas lingkungan dan korosi [11]. Disamping kekakuan dan modulusnya yang tinggi, karbon memiliki kerapatan dan koefisien dilatasi rendah. Karbon fiber mempunyai beberapa karakteristik, seperti ringan, kekakuan serta kekuatan yang tinggi. Adapun Sifat - sifat fisika dari karbon fiber ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Fisika dari Karbon Fiber [12]

<b>Sifat fisik</b>	<b>Keterangan</b>
Massa jenis (g/mL)	1.75
Titik leleh ( $^{\circ}\text{C}$ )	3600
Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	4200
Panas pembakaran (kJ/mol)	-393.51
Panas peleburan (kJ/mol)	46

Pada tabel di bawah ini nampak perbandingan *tensile strength* antara komposit serat karbon dengan berbagai logam kuat. Nampak *tensile strength* pada serat karbon jauh melampaui material-material logam. Dari Tabel 2.2 dapat dilihat *tensile strength* dari beberapa material termasuk karbon fiber.

Tabel 2.2 *Tensile Strength* Beberapa Material [12]

<b>Material</b>	<b><i>Tensile Strength</i> (MPa)</b>
<i>Carbon steel</i> 1090	3600
<i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)	37
<i>Stainless steel</i> AISI 302	860
Aluminium 2014-T6	483
<b><i>Carbon Fiber</i></b>	4127
Kevlar	2757

Kemudian, selain *tensile strength*, karbon fiber juga memiliki *tensile modulus* yang tinggi yaitu sekitar 230 Gpa, bergantung pada bahan baku yang digunakan pada proses pembuatan [12].

Pada industri otomotif, sebagian besar komponen dibuat dari baja. Ketika menukar komponen baja dengan material serat karbon, dapat mereduksi bobot mobil hingga 60%. Penurunan bobot mobil tersebut dapat memangkas konsumsi BBM hingga 30%, tanpa ganti mesin dan emisi gas buang hingga 20% [13].

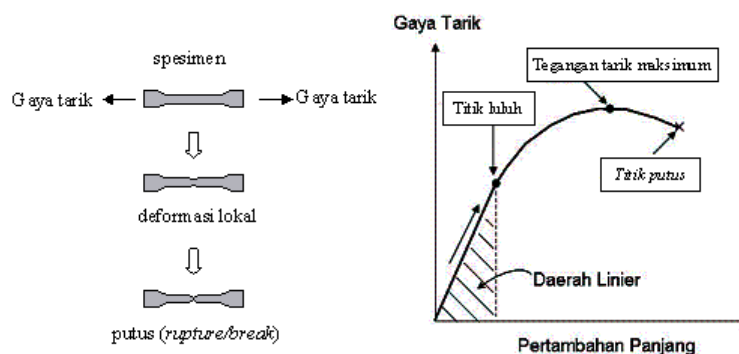
### 2.3 Macam –macam Pengujian

Pengujian material pada komposit serat karbon bertujuan untuk mengetahui karakterisasi sifat mekanik dan topografi yang dimiliki pada setiap spesimen material komposit. Adapun parameter pengujian meliputi:

## 1. Uji tarik

Alat uji tarik adalah salah satu alat uji mekanik untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya, bahan uji ditarik sampai putus, sehingga mampu di analisa ketahanan tarik suatu benda/spesimen. Alat uji tarik yang dipakai yaitu merk ZwickRoell, *type*: BT2-FR020TH.A50, dengan standar uji ASTM D-638.

Spesimen uji tarik apabila mendapat gaya tarik sebesar  $P$  (N), maka spesimen akan bertambah panjang sebesar  $\Delta l$  (mm). Pertambahan panjang benda apabila dibagi dengan panjang semula maka dinamakan regangan (*strain*), sedangkan gaya jika dibagi dengan luas penampang dari spesimen dinamakan tegangan (*stress*). Bila kita terus menarik suatu spesimen serat karbon sampai putus, maka kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap berupa kurva yang menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.3 Gaya tarik terhadap pertambahan panjang

## 2. Uji impak

Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan impak/ketangguhan bahan komposit terhadap beban kejut. Prinsip dari pengujian impak ini yaitu apabila benda diberikan beban kejut, maka benda akan mengalami proses penyerapan energi sehingga terjadi deformasi plastis yang mengakibatkan perpatahan. Penyerapan energi dihitung dari perbedaan antara ketinggian  $H_0$  dengan  $H_1$  yang dinyatakan sebagai energi impak dinyatakan dalam satuan *joule*



(J). Spesimen uji dikatakan ulet apabila hasil patahan pada bidang patah tidak rata dan tampak berserat. Spesimen pengujian impact dibentuk menurut standar ISO-179. Sedangkan untuk mengetahui harga impact suatu spesimen yang diuji pada metode *Charpy* yaitu:

$$HI = E/A \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana:

E: energi yang diserap (*joule*)

A: luas area penampang dibawah takik ( $\text{mm}^2$ )

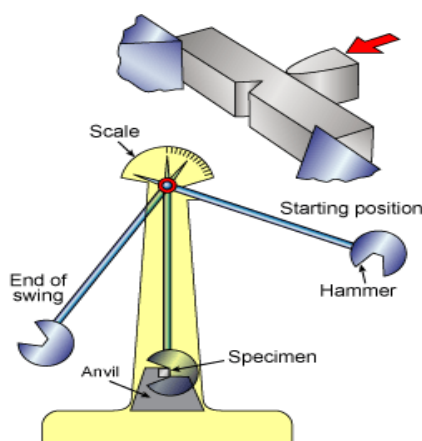
Sedangkan  $E = P (H_0 - H_1)$

dimana:

P : beban yang diberikan (*joule*)

H<sub>0</sub> : ketinggian awal bandul (mm)

H<sub>1</sub> : ketinggian akhir setelah terjadi perpatahan benda uji (mm)



Gambar 2.4 Skematis pengujian impact *Charpy*

### 3. *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Alat uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat topografi dari material speimen yang diuji, termasuk bentuk permukaan dan teksturnya. Dengan menggunakan SEM pembesaran benda uji dapat mencapai 1.000.000 kali dengan kualitas gambar yang masih tampak jelas, berbeda dengan menggunakan mikroskop biasa yang pada pembesaran hingga 300 kali akan turun kualitas gambaranya. Elektron memiliki resolusi mencapai 0,1 – 0,2 $\mu\text{m}$ .

## 2.4 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik material, merupakan salah satu faktor terpenting yang mendasari pemilihan bahan dalam suatu perancangan. Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya. Dalam prakteknya pembebanan pada material terbagi dua yaitu beban statik dan beban dinamik. Perbedaan antara keduanya hanya pada fungsi waktu dimana beban statik tidak dipengaruhi oleh fungsi waktu sedangkan beban dinamik dipengaruhi oleh fungsi waktu. Untuk mendapatkan sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik pada dasarnya bersifat merusak (*destructive test*), dari pengujian tersebut akan dihasilkan kurva atau data yang mencirikan keadaan dari material tersebut.

Setiap material yang diuji dibuat dalam bentuk sampel kecil atau spesimen. Spesimen pengujian dapat mewakili seluruh material apabila berasal dari jenis, komposisi dan perlakuan yang sama. Pengujian yang tepat hanya didapatkan pada material uji yang memenuhi aspek ketepatan pengukuran, kemampuan mesin, kualitas atau jumlah cacat pada material dan ketelitian dalam membuat spesimen. Sifat mekanik tersebut meliputi antara lain: kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan aus, kekuatan impak, kekuatan mulur, kekeuatan leleh dan sebagainya. Sifat-sifat mekanik material yang perlu diperhatikan.

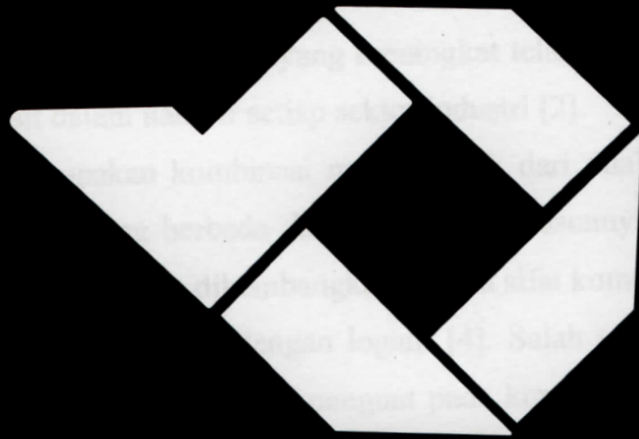
## 2.5 Topografi Material

Topografi secara ilmiah dapat diartikan sebagai studi tentang bentuk fisik permukaan material. Dalam pengertian yang lebih luas, topografi tidak hanya mengenai bentuk permukaan saja, tetapi juga mengenai susunan dan cacat pada suatu material. Topografi umumnya diperlihatkan dalam bentuk gambar dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D). Mengidentifikasi struktur material juga termasuk bagian dari objek studi ini. Studi topografi dilakukan dengan berbagai alasan, diantaranya untuk melihat penyatuan antar struktur material dan penyebab terjadinya kerusakan pada material.

## 2.6 Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan salah satu metode statistik yang digunakan sebagai salah satu alat untuk meningkatkan dan melakukan perbaikan kualitas. Perubahan-perubahan terhadap variabel suatu proses atau sistem diharapkan akan memberikan hasil (*respons*) yang optimal dan cukup memuaskan. Desain dapat didefinisikan sebagai suatu uji atau rentetan uji dengan mengubah-ubah variabel *input* (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan *output* (*respons*).

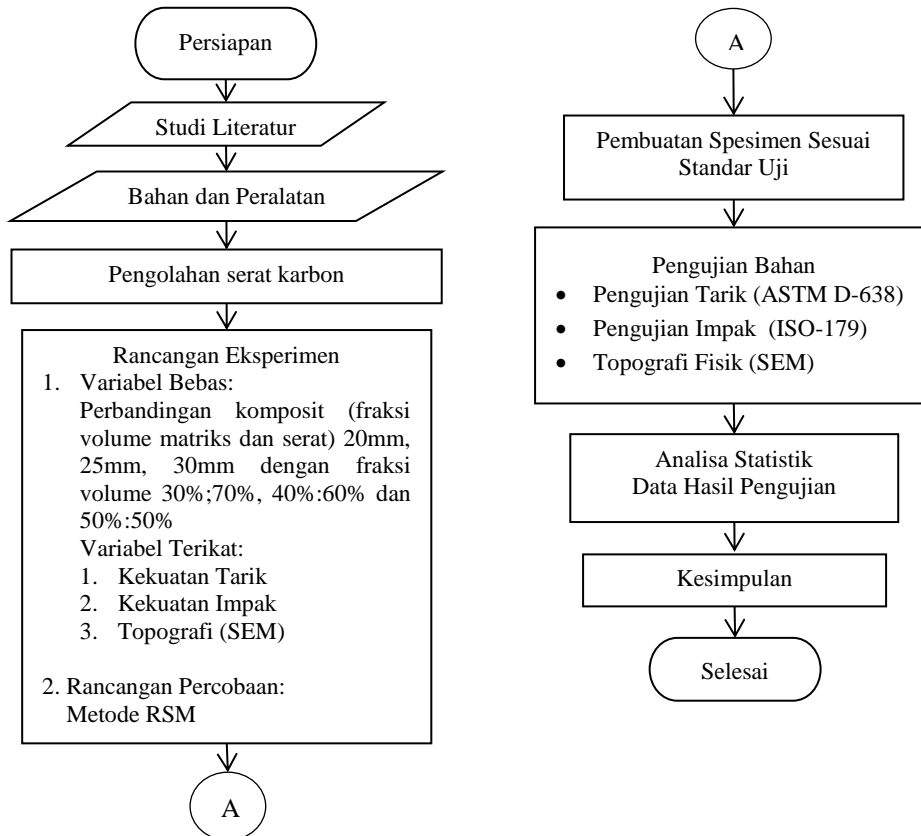
Pada tahap ini metode desain eksperimen yang digunakan adalah metode permukaan respon, dimana akan dilihat pengaruh panjang dan fraksi volumenya kemudian hasil akan dianalisa untuk mencari nilai optimumnya.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian tentang “Pengaruh Serat Karbon terhadap Sifat Mekanik dan Topografi pada Komposit Bermatriks *Polyester* BQTN 157” ini dilakukan dalam dua tahap pelaksanaan, yaitu tahap pembuatan sampel dan tahap pengujian sampel. Tahap pembuatan sampel meliputi proses penguraian serat dari anyaman, pemotongan serat, pencetakan sampel sesuai fraksi volume dan pengeringan sampel. Sedangkan tahap pengujian sampel meliputi pengujian tarik, pengujian dampak serta pengujian SEM. Agar penelitian lebih terarah maka perlu disusun diagram alir. Diagram alir adalah jenis diagram yang mewakili alir kerja atau proses yang menampilkan langkah-langkah dalam bentuk simbol-simbol grafis dan urutannya mewakili ilustrasi atau penggambaran penyelesaian suatu masalah. Secara garis besar diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian

### 3.2 Tempat dan Lokasi Penelitian

Dalam kegiatan penelitian sifat mekanik dan topografi serat karbon pada matriks *Polyester* BQTN 157 ini, pembuatan sampel uji dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Material, sedangkan untuk *curing time* atau pengovenan dilakukan di Laboratorium Las dan Fabrikasi Logam (LAFALO) Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

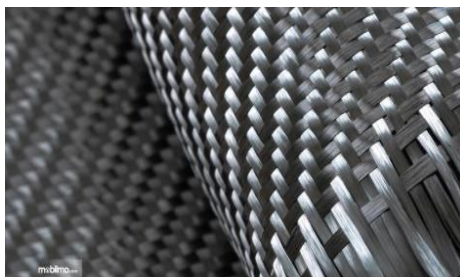
### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.3.1 Bahan Penelitian

Tahap awal dari penelitian ini adalah menyiapkan alat dan bahan penelitian. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 1. Serat Karbon/Karbon Fiber

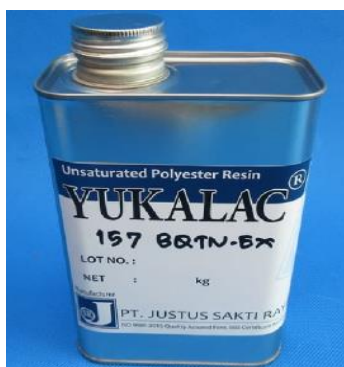
Serat karbon/karbon fiber yang digunakan berfungsi sebagai penguat pada material komposit. Serat karbon dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Serat karbon

##### 2. Resin *Unsaturated Polyester*

Resin yang digunakan berfungsi sebagai matriks dalam komposit. Jenis resin yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Resin Merk Yukalac BQTN 157

### 3. Katalis

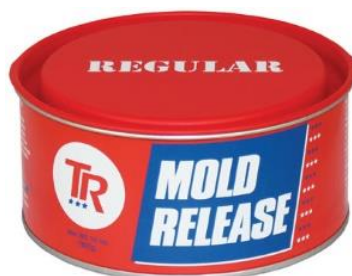
Katalis yang digunakan adalah *Methyle Ethyl Keton Peroxide* (MEKP), berfungsi mempercepat pengerasan pada komposit. Jenis katalis yang digunakan seperti Gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Methyle Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO)

### 4. *Mold Realase/Wax Glasses*

*Mold Realase/Wax Glasses* digunakan untuk melapisi antara cetakan dengan komposit, sehingga komposit mudah dilepaskan dari cetakan. Jenis *Mold Realase* yang digunakan seperti Gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Mold Realase*

### 3.3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan dan pengujian spesimen dalam penelitian ini antara lain:

#### 1. Cetakan Komposit

Cetakan digunakan untuk mencetak sampel uji sesuai dengan standar ISO 179 untuk uji impak dan standar ASTM D638 untuk uji tarik, sedangkan bahan dasar cetakan sendiri berbahan dari plat logam.



Gambar 3.7 Cetakan Komposit

## 2. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur berat dari resin, serat karbon dan katalis sesuai dengan fraksi volume yang telah ditentukan.



Gambar 3.8 Timbangan Digital

## 3. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar volume resin dan katalis yang akan dicampurkan dengan serat karbon.

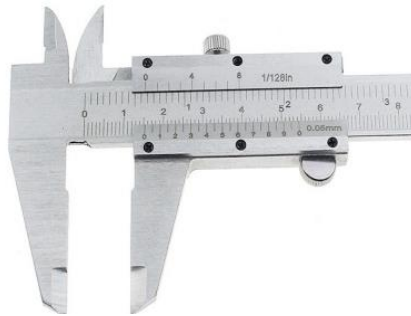


Gambar 3.9 Gelas Ukur

## 4. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur lebar dan ketebalan spesimen uji serta untuk mengukur panjang dari serat karbon.





Gambar 3.10 Jangka Sorong

#### 5. Alat Uji Impak

Dilakukan untuk melakukan pengujian dan pengambilan data uji impak pada material komposit.



Gambar 3.11 Alat Uji Impact

#### 6. Alat Uji Tarik

Dilakukan untuk melakukan pengujian dan pengambilan data uji tarik pada material komposit.



Gambar 3.12 Alat Uji Tarik

## 7. Alat Uji SEM

Digunakan untuk melihat dan mengamati struktur mikro pada material komposit.

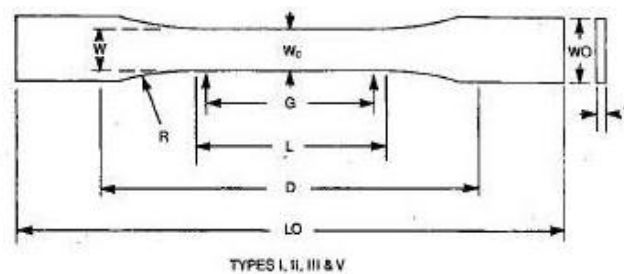


Gambar 3.13 Alat uji SEM

## 3.4 Spesimen Uji

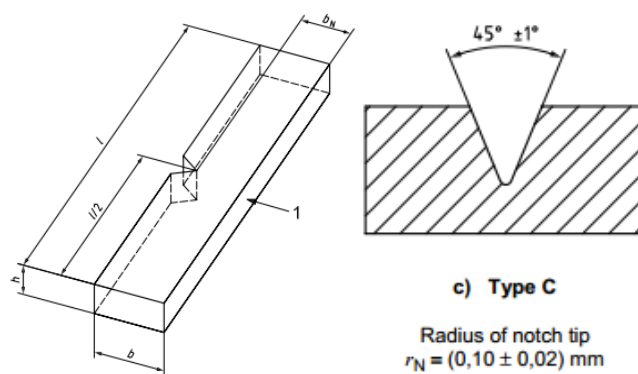
Spesimen uji yang dibuat sebagai media pengambilan data pada saat melakukan penelitian adalah :

### a. Spesimen uji ASTM D638



Gambar 3.14 Spesimen uji ASTM D638

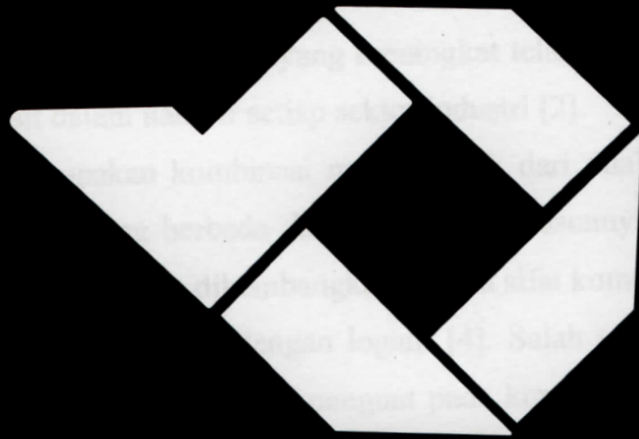
### b. Spesimen uji ISO 179



Gambar 3.15 Spesimen uji ISO 179

### **3.5 Pengolahan Data dan Analisa**

Analisa dilakukan dengan menggunakan serat karbon sebagai *reinforcement* dan resin sebagai matriks yang dikombinasikan menjadi satu kesatuan material komposit. Kemudian dilakukan uji spesimen untuk mengetahui kekuatan tarik, kekuatan impak dan karakteristik topografi spesimen komposit. Dari data tersebut akan diketahui berapakah nilai pengujian yang dilakukan, sehingga dapat disimpulkan mengenai karakteristik serta kekuatan material komposit yang dibuat. Pengolahan data dengan menggunakan metoda *respond surface metodology* (RSM) kemudian dilanjutkan dengan *analysis of variance* (ANOVA).



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil penelitian tentang komposit *polyester* BQTN 157 yang diperkuat serat karbon dengan variasi fraksi volume dan panjang serat yang berbeda. Variasi fraksi volume serat yang digunakan antara lain 30%:70%, 40%:60% dan 50%:50% dengan panjang serat 20mm, 25mm dan 30mm dan arah orientasi serat 0°. Setelah spesimen selesai dibuat, dilakukan *curing time* pada suhu 50°C selama 5 jam, 10 jam dan 15 jam. Sedangkan untuk pengujian yang dilakukan ada tiga tahapan uji, yaitu pengujian kekuatan tarik, pengujian kekuatan impak dan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Data yang diperoleh kemudian diolah sehingga didapatkan nilai yang optimum.

#### 4.1 Tahap *Running Respons Surface Methodology* (RSM)

Dalam penelitian ini akan digunakan variabel uji 3 faktor, maka sesuai *rule of thumb* RSM, maka akan dilakukan penentuan batas atas dan batas bawah variabel uji dengan 20 kali pengujian menggunakan *software Design Expert 9*. Nilai batas atas dan batas bawah dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai Batas Atas dan Batas Bawah Variabel Uji

No.	Kode	Variabel	-1	0	+1
1.	A	Panjang serat (mm)	16,59	25	33,41
2.	B	Presentase serat (%)	23,18	40	56,82
3.	C	<i>Curing time</i> (Jam)	1,59	10	18,41

Level nol (0) merupakan batas tengah dari variabel uji dan sebagai acuan untuk menentukan batas bawah -1 level dan batas atas +1 level. Dengan ini kita dapat menentukan nilai aktifitas terbaik pengujian yang dilakukan. *Software Design Expert 9* akan memberikan berbagai macam bentuk analisis berdasarkan data hasil pengujian, sehingga kita dapat menyimpulkan titik mana yang terbaik dan optimum dari suatu proses.

#### 4.2 Perbandingan Rasio Volume Matriks dan Serat

Dalam pembuatan spesimen uji tarik diperlukan perhitungan untuk menentukan perbandingan rasio volume matriks dan serat.

Adapun rumus untuk menghitung volume serat yaitu :

$$V_{fc} = A_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot v \dots\dots\dots (4.1)$$

Ket. Rumus:

$V_{fc}$  = Volume serat karbon (g)

$A_{fc}$  = Presentase fraksi serat karbon (%)

$\rho_{fc}$  = Massa jenis serat karbon (g/cm<sup>3</sup>)

$v$  = Volume cetakan (cm<sup>3</sup>)

Setelah didapatkan volume serat karbon, kemudian untuk menghitung volume matriks atau resin digunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{mc} = A_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot v \dots\dots\dots (4.2)$$

Ket. Rumus:

$V_{mc}$  = Volume matriks (g)

$A_{mc}$  = Presentase fraksi matriks (%)

$\rho_{mc}$  = Massa jenis matriks (g/cm<sup>3</sup>)

$v$  = Volume cetakan (cm<sup>3</sup>)

Setelah didapatkan volume matriks, kemudian untuk menghitung volume katalis digunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{kt} = A_{kt} \cdot \rho_{kt} \cdot v \dots\dots\dots (4.3)$$

Ket. Rumus:

$V_{kt}$  = Volume katalis (g)

$A_{kt}$  = Presentase fraksi katalis (%)

$\rho_{kt}$  = Massa jenis katalis (g/cm<sup>3</sup>)

$v$  = Volume cetakan (cm<sup>3</sup>)

Adapun data yang didapat untuk perhitungan spesimen uji tarik yaitu volume cetakan = 9,67 cm<sup>3</sup> (Lampiran 1), berat jenis resin = 1,215 g/cm<sup>3</sup> [14], berat jenis katalis = 1,17 g/cm<sup>3</sup> [15]. Sedangkan serat karbon mempunyai berat jenis yang tinggi yaitu sebesar 1,6 g/cm<sup>3</sup> [16]. Setelah didapatkan data, selanjutnya dilakukan

perhitungan perbandingan berat antara serat dan matriks serta katalis seperti yang tertera pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Rasio Volume untuk Spesimen Uji Tarik

<b>Rasio Volume Matriks dan Serat (%)</b>	<b>Berat Serat (g)</b>	<b>Berat Resin (g)</b>	<b>Berat Katalis (g)</b>
23,18 : 76,82	3,63	9,12	0,57
30 : 70	4,50	0,83	0,57
40 : 60	6,26	0,71	0,57
50 : 50	7,82	0,59	0,57
56,82 : 43,18	8,90	0,51	0,57

Sedangkan untuk perhitungan spesimen uji impact yaitu berat jenis resin dan berat jenis serat karbon sama dengan spesimen uji tarik, yang membedakan hanyalah volume cetakan = 3,2 cm<sup>3</sup> yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Setelah didapatkan data, dilakukan perhitungan perbandingan berat antara serat dan matriks serta katalis seperti yang tertera pada Tabel 4.2.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Rasio Volume untuk Spesimen Uji Impact

<b>Rasio Volume Matriks dan Serat (%)</b>	<b>Berat Serat (g)</b>	<b>Berat Resin (g)</b>	<b>Berat Katalis (g)</b>
23,18 : 76,82	1,15	0,29	0,18
30 : 70	1,50	0,26	0,18
40 : 60	2,00	0,22	0,18
50 : 50	2,50	0,18	0,18
56,82 : 43,18	2,83	0,16	0,18

#### 4.2 Pembuatan Spesimen Uji

Setelah didapatkan perhitungan rasio volume untuk spesimen uji maka selanjutnya dilakukan proses pembuatan spesimen dengan cara mencampurkan langsung serat karbon dengan resin didalam cetakan secara merata sesuai fraksi volume dan panjang serat yang telah ditentukan sebelumnya. Namun sebelum

dilakukan pembuatan material spesimen terlebih dahulu dipersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan, seperti serat karbon, resin BQTN 157, katalis dan *wax glass*. Proses pembuatan spesimen dapat dilihat pada Lampiran 5.

### 4.3 Pengujian Tarik Spesimen

Tujuan dilakukannya pengujian tarik yaitu untuk mendapatkan nilai tegangan tarik dari bahan uji. Pengujian tarik digunakan untuk menguji kekuatan bahan komposit dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Spesimen bahan uji dalam penelitian ini yaitu berasal dari serat karbon dan *polyester* BTQN 157 sebagai matriksnya. Kedua bahan tersebut digunakan untuk melakukan eksperimen berupa material komposit berpenguat serat karbon. Pengujian mengacu pada standar uji tarik ASTM D-638 menggunakan mesin penguji merk *ZwickRoell*, tipe: BT2-FR020TH.A50 yang terdapat di Laboratorium Material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.



Gambar 4.1 Proses Uji Tarik

Setelah dilakukan pengujian spesimen, maka didapatkan nilai uji tarik sebagai berikut:

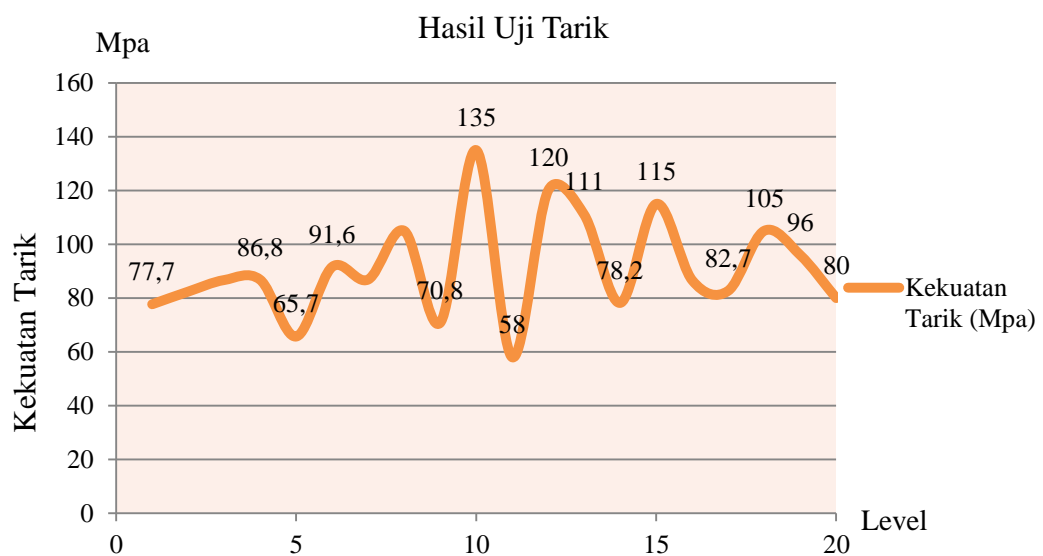
Tabel 4.4 Hasil Uji Tarik

No.	Panjang Serat (mm)	Presentase Serat (%)	Curing Time (Jam)	Hasil Uji Tarik (Mpa)
1.	20	30	5	77,7
2.	30	30	5	82,4
3.	20	50	5	86,7



4.	30	50	5	86,8
5.	20	30	15	65,7
6.	30	30	15	91,6
7.	20	50	15	86,9
8.	30	50	15	105
9.	16,59	40	10	70,8
10.	33,41	40	10	135
11.	25	23,18	10	58
12.	25	56,82	10	120
13.	25	40	1,59	111
14.	25	40	18,41	78,2
15.	25	40	10	115
16.	25	40	10	86,6
17.	25	40	10	82,7
18.	25	40	10	105
19.	25	40	10	96
20.	25	40	10	80

Dari tabel hasil uji tarik di atas dapat dibuatkan grafik untuk melihat kekuatan tarik tertinggi hingga terendah, seperti pada gambar 4.2 dibawah ini.

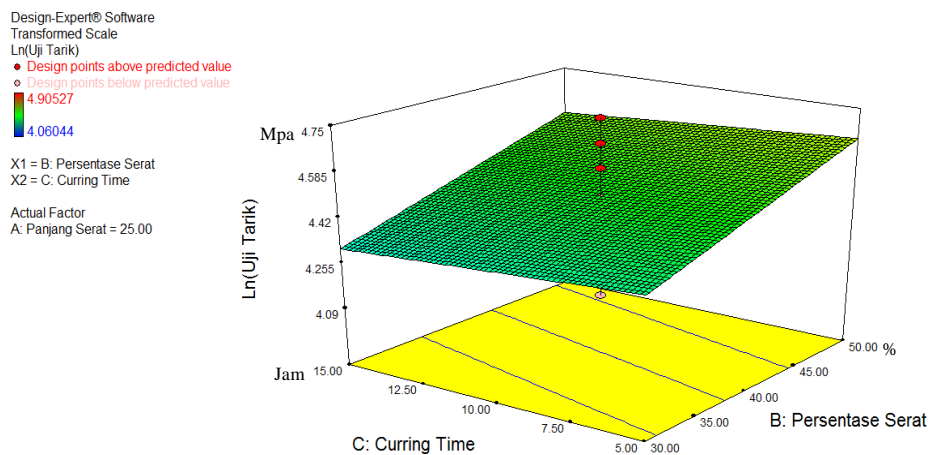


Gambar 4.2 Grafik Kekuatan Tarik

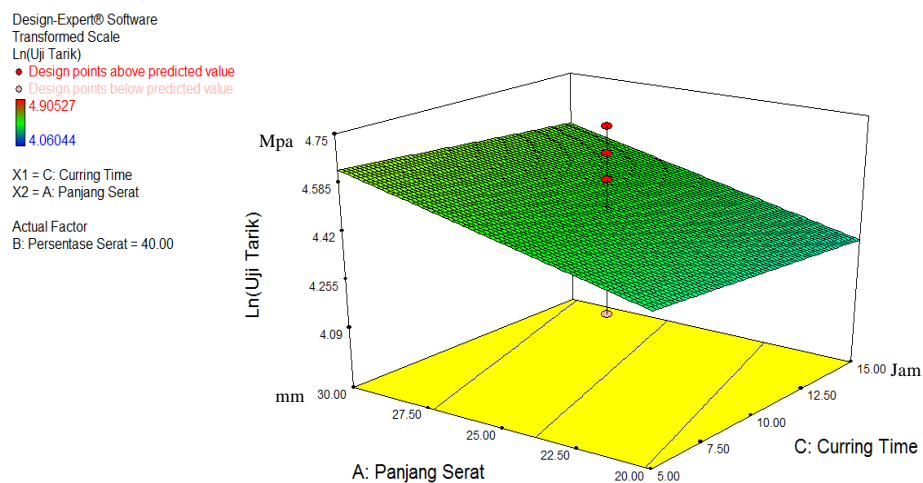
Dari tabel dan grafik hasil kekuatan tarik yang ditampilkan, kekuatan paling rendah ditunjukkan pada fraksi volume serat 23,18% dengan panjang serat 25mm, yaitu sebesar 58 Mpa. Kemudian meningkat seiring bertambahnya fraksi volume serat dan mencapai nilai tertinggi pada fraksi volume serat 40% dengan panjang serat 33,41, yaitu sebesar 135 Mpa.

### 4.3.1 Permukaan Respon Kekuatan Tarik

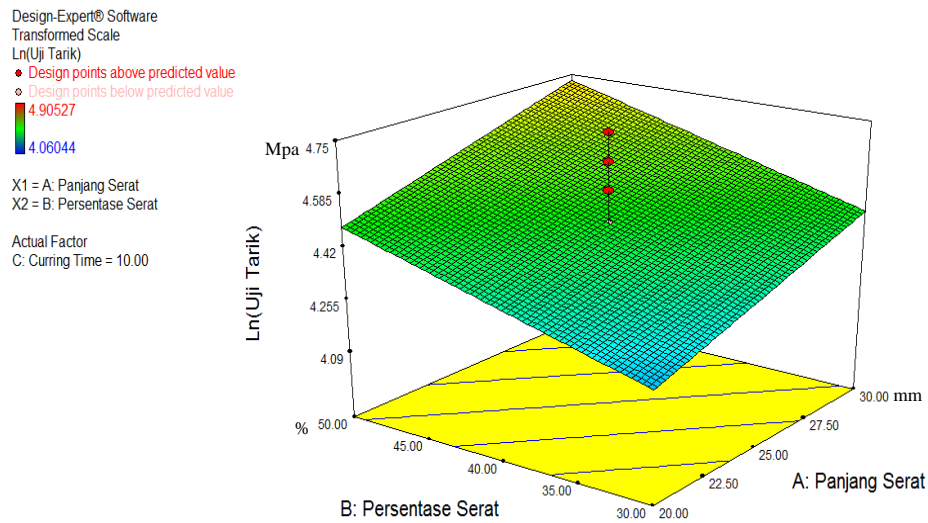
Grafik tiga dimensi (3D) untuk respon permukaan kekuatan tarik yang didapat dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Disign Expert 9.0* dapat dilihat pada Gambar 4.3, Gambar 4.4, dan Gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.3 Permukaan Respon Model Kuadratik, MPa vs Presentase Serat dan *Curing Time*



Gambar 4.4 Permukaan Respon Model Kuadratik, MPa vs Panjang Serat dan *Curing Time*



Gambar 4.5 Permukaan Respon Model Kuadratik, MPa vs Panjang Serat dan Presentase Serat

Pada grafik permukaan respon uji tarik diatas dapat dilihat bahwa untuk panjang serat dan presentase serat sangat mempengaruhi hasil dari kekuatan tarik. Pengaruh *curing time* terhadap kekuatan tarik tidak begitu signifikan. Pertambahan kekuatan seiring bertambahnya fraksi presentase dan panjang serat disebabkan karena serat merupakan unsur yang berfungsi sebagai penahan beban sehingga semakin banyak kandungan serat dalam komposit akan berpotensi memberikan dukungan yang lebih pada komposit untuk menahan beban. Semakin tinggi fraksi volume serat maka tegangan tarik dan kekuatan tarik material komposit semakin meningkat. Kemudian panjang dari serat juga berpengaruh terhadap kekuatan tarik material komposit, karena semakin panjang serat maka distribusi gaya akan lebih merata yang membuat nilai kekuatan komposit lebih tinggi jika dibandingkan dengan serat pendek. Sehingga dapat disimpulkan bahwa besarnya nilai persentase dan panjang serat memberikan dampak yang besar terhadap perubahan nilai kekuatan tarik. Sedangkan semakin besarnya nilai *curing time* yang digunakan justru menunjukkan penurunan nilai kekuatan tarik. Hal ini disebabkan karena perlakuan panas pada spesimen dengan waktu yang panjang justru akan membuat spesimen menjadi rapuh yang membuat kekuatan dari spesimen tersebut menurun.

### 4.3.2 Analisis Variansi Kekuatan Tarik (MPa)

Berikut analisis variansi untuk kekuatan tarik material komposit serat karbon menggunakan perangkat lunak *Desain Expert* 9.0 dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Response	1	Uji Tarik				
Transform:	Natural log	Constant:	0			
<b>ANOVA for Response Surface Linear Model</b>						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	0.46	3	0.15	4.75	0.0148	significant
A-Panjang Ser	0.20	1	0.20	6.36	0.0227	
B-Persentase :	0.24	1	0.24	7.42	0.0150	
C-Curing Tim	0.015	1	0.015	0.48	0.4980	
Residual	0.51	16	0.032			
Lack of Fit	0.25	11	0.023	0.44	0.8815	not significant
Pure Error	0.26	5	0.052			
Cor Total	0.97	19				

Gambar 4.6 Analisis Variansi Kekuatan Tarik

Berdasarkan gambar 4.6 nilai  $F_{\text{Model}} = 4,75$  menunjukkan model tersebut signifikan, yang didapat pada tingkat signifikan sebesar 1,48% dari nilai p (0.0148) memberikan nilai signifikan terhadap model yang ada.

Sedangkan nilai "*Lack of Fit F-value*" sebesar 0,44 yang dapat diartikan bahwa *Lack of Fit* tidak memberikan pengaruh (*not signifikan*) sehingga persamaan regresi model matematika dengan model linear yang digunakan dapat diterima.

### 4.4 Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan impak/ketangguhan bahan komposit terhadap beban kejut. Prinsip dari pengujian impak ini yaitu apabila benda diberikan beban kejut, maka benda akan mengalami proses penyerapan energi sehingga terjadi deformasi plastis yang mengakibatkan perpatahan. Proses pengujian impak material komposit berpenguat serat karbon dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Proses Uji Impak

Harga impak (HI) suatu material yang diuji dengan metode *Charpy* adalah :

$$HI = E/A \dots\dots\dots (4.4)$$

$$= \frac{m \times g \times r (\cos\beta - \cos\alpha)}{A} \text{ (Joule/mm}^2\text{)}$$

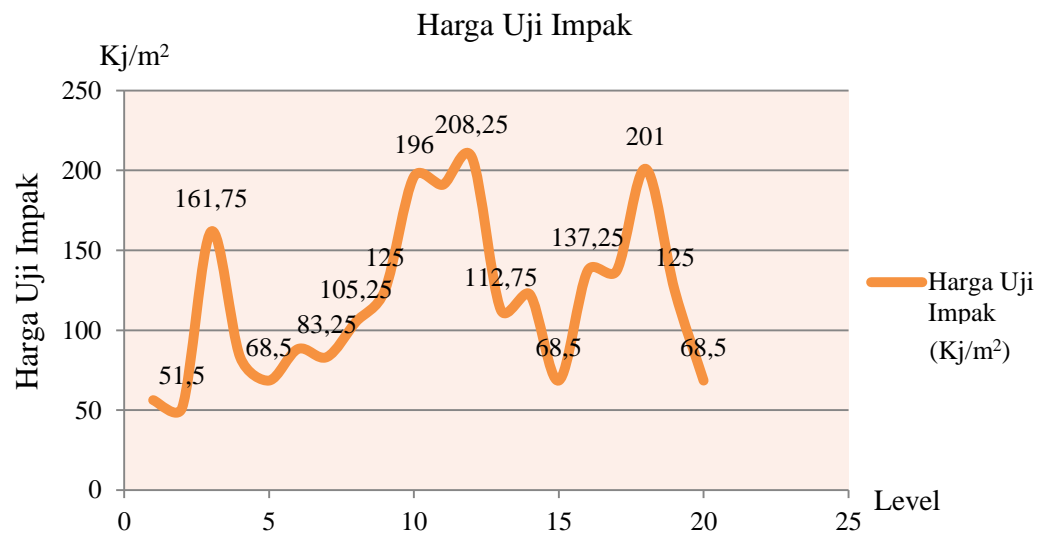
Berdasarkan hasil dari pengujian impak diperoleh kekuatan impak dari masing-masing fraksi volume dan panjang serat. Adapun data hasil pengujian untuk kekuatan impak dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.5 Nilai Harga Uji Impak

No.	Panjang Serat (mm)	Presentase Serat (%0)	Curing Time (Jam)	Harga Uji Impak (Kj/m <sup>2</sup> )
1.	20	30	5	56,25
2.	30	30	5	51,5
3.	20	50	5	161,75
4.	30	50	5	83,25
5.	20	30	15	68,5
6.	30	30	15	88,25
7.	20	50	15	83,25
8.	30	50	15	105,25
9.	16,59	40	10	125

10.	33,41	40	10	196
11.	25	23,18	10	191
12.	25	56,82	10	208,25
13.	25	40	1,59	112,75
14.	25	40	18,41	122,5
15.	25	40	10	68,5
16.	25	40	10	137,25
17.	25	40	10	137,25
18.	25	40	10	201
19.	25	40	10	125
20.	25	40	10	68,5

Jika data dari tabel diubah menjadi sebuah grafik maka hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.8.

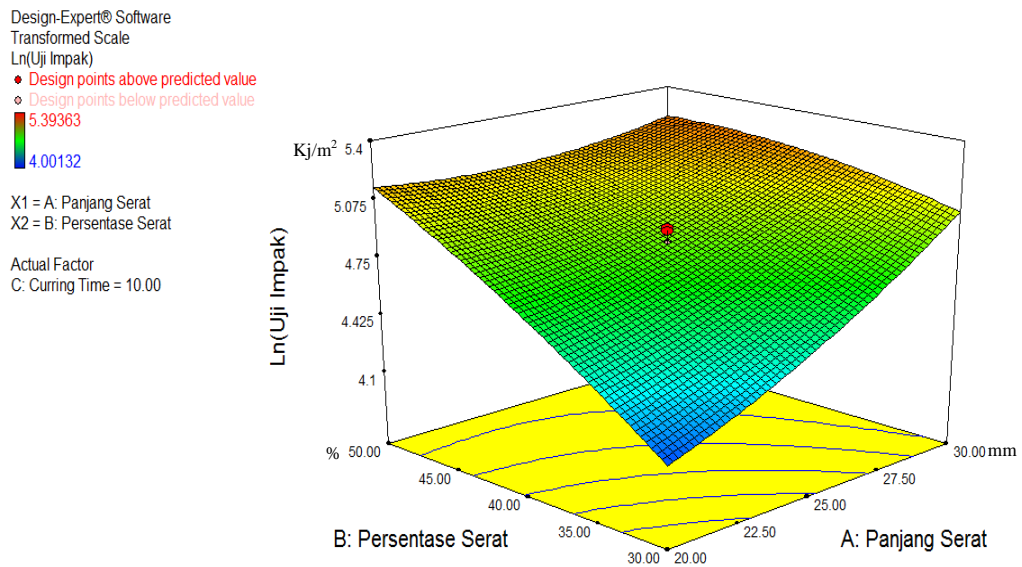


Gambar 4.8 Grafik Harga Uji Impak

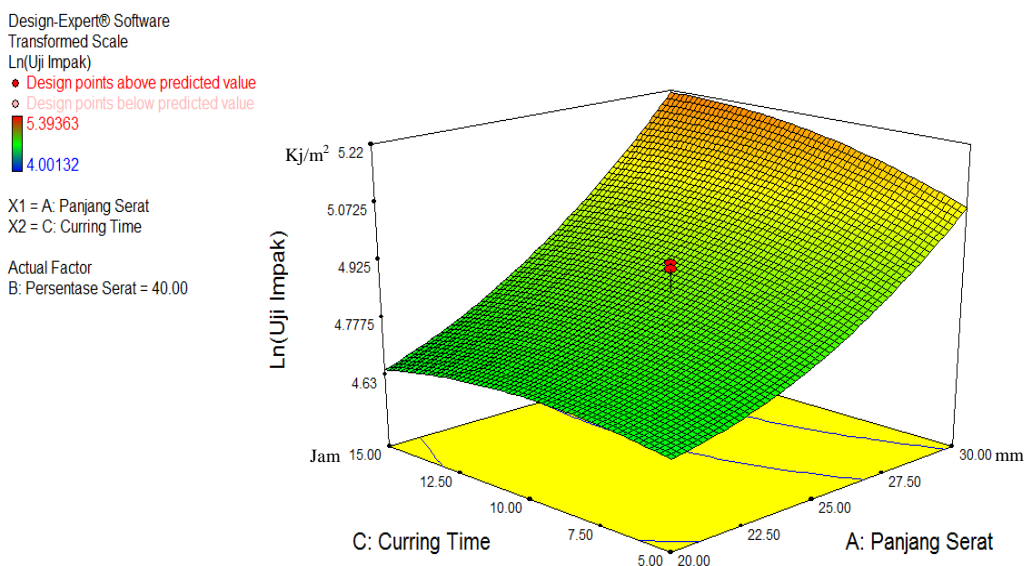
Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 menunjukkan nilai kekuatan impact maksimum yaitu  $208,25 \text{ Kj/m}^2$  pada volume serat  $56,82\%$  dengan panjang serat  $25\text{mm}$  dan *curing time* selama  $10$  jam. Sedangkan nilai terendah terdapat pada fraksi volume serat  $30\%$  dan panjang serat  $30\text{mm}$  dengan nilai uji sebesar  $51,5 \text{ Kj/m}^2$ .

#### 4.4.1 Permukaan Respon Kekuatan Impak

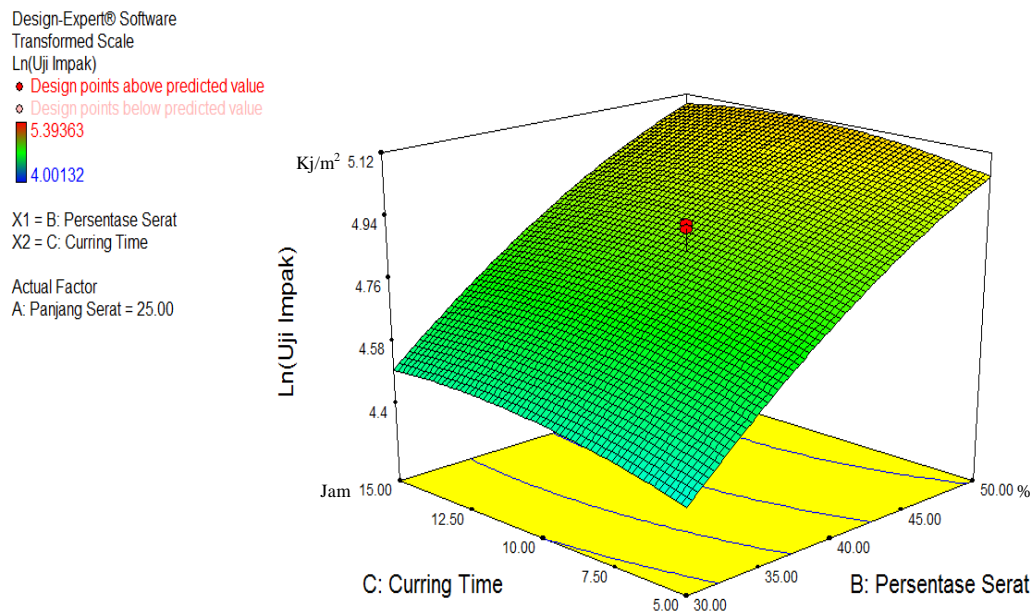
Grafik tiga dimensi (3D) untuk respon permukaan kekuatan impact yang didapat dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Disign Expert 9.0* dapat dilihat pada Gambar 4.9, Gambar 4.10, dan Gambar 4.11 dibawah ini.



Gambar 4.9 Permukaan Respon Model Kuadratik, Uji Impact vs Persentase Serat dan Panjang Serat



Gambar 4.10 Permukaan Respon Model Kuadratik, Uji Impact vs *Curing Time* dan Panjang Serat



Gambar 4.11 Permukaan Respon Model Quadratik, Uji Impak vs *Curing time* dan Persentase serat serat

Pada grafik permukaan respon uji tarik diatas dapat dilihat bahwa kekuatan uji impak lebih cenderung dipengaruhi oleh panjang serat dan presentase dari serat karbon. Sedangkan untuk perlakuan *curing time* justru tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan impak material komposit serat karbon. Dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa semakin tinggi nilai presentase dan panjang serat maka akan semakin tinggi kekuatan impak yang dimiliki oleh material komposit serat karbon. Sama halnya dengan spesimen uji tarik, dimana presentase dan panjang serat memegang peranan penting terhadap kekuatan komposit, hal ini disebabkan dengan banyaknya kandungan serat karbon dalam satu spesimen akan membuat struktur pada spesimen tersebut menjadi lebih kuat serta diiringi dengan panjang serat yang membuat spesimen lebih ulet dan tidak mudah patah ketika diberikan beban kejut, tentu saja dalam hal ini diimbangi dengan percampuran/penggabungan antara serat dan resin harus merata. Untuk *curing time* sendiri pada grafik terlihat tidak menunjukkan nilai peningkatan yang signifikan bahkan justru cenderung menurun, hal ini disebabkan lamanya proses perlakuan panas / *curing time* justru akan menurunkan kekuatan dari spesimen komposit itu sendiri.



#### 4.2.2 Analisis Variansi Kekuatan Impak

Berikut analisis variansi untuk kekuatan impak material komposit serat karbon menggunakan perangkat lunak *Desain Expert 9.0* dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah.

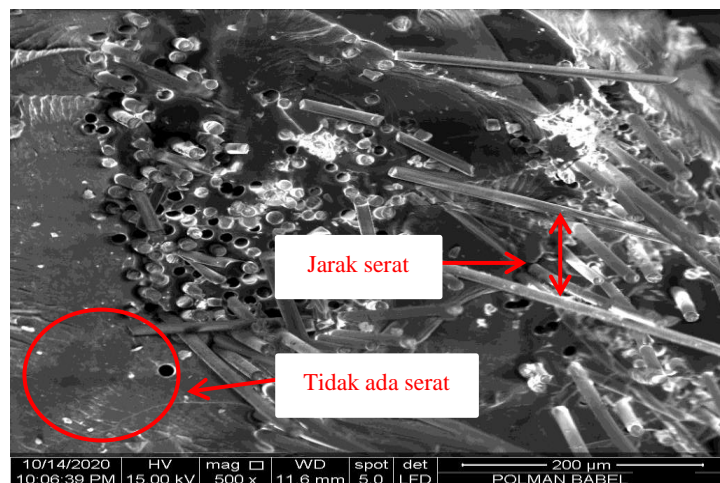
Tabel 4.6 Analisis Variasi Kekuatan Impak

<i>Response</i>	2	Uji Impak				
<i>Transform:</i>	Natural log	<i>Constant:</i> 0				
<i>ANOVA for Response Surface Quadratic Model</i>						
<i>Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]</i>						
<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>p-value Prob &gt; F</i>	
Model	2.66	9	0.30	16.47	< 0.0001	<i>significant</i>
A-Panjang Serat	0.81	1	0.81	45.13	< 0.0001	
B-Persentase Serat	1.32	1	1.32	73.53	< 0.0001	
C-Curing Time	0.016	1	0.016	0.86	0.3746	
AB	0.33	1	0.33	18.37	0.0016	
AC	0.015	1	0.015	0.82	0.3866	
BC	1,61E+00	1	1,61E+00	0.089	0.7710	
A <sup>2</sup>	0.078	1	0.078	4.31	0.0645	
B <sup>2</sup>	0.052	1	0.052	2.88	0.1203	
C <sup>2</sup>	0.024	1	0.024	1.33	0.2759	
<i>Residual</i>	0.18	10	0.018			
<i>Lack of Fit</i>	0.14	5	0.028	3.71	0.0881	<i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	0.038	5	7,62E+00			
<i>Cor Total</i>	1.03	19				

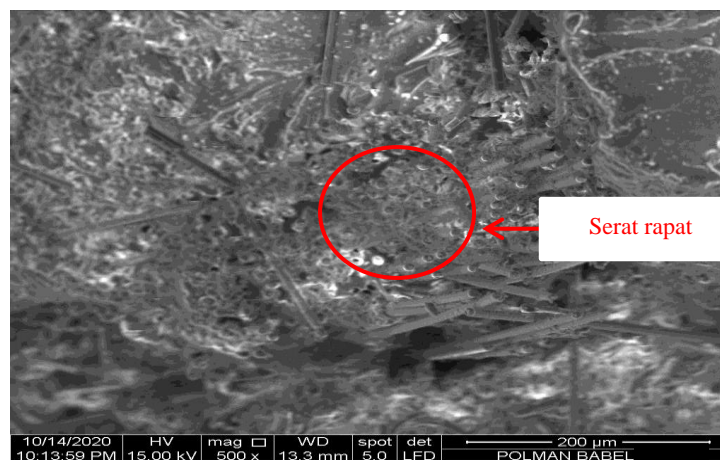
Berdasarkan Tabel Anova diatas terlihat nilai F hitung  $F_{Model} = 16,47$  yang didapat pada tingkat signifikan sebesar 0,01 atau 1% dan nilai p (0,0001) memberikan nilai signifikan terhadap model yang ada. Sedangkan *Lack of Fit* yang terjadi sebesar 0,0881 dan tidak memberikan pengaruh (*not signifikan*) sehingga persamaan regresi model matematika dengan bentuk kuadrat yang digunakan dapat diterima.

#### 4.5 Pengamatan Struktur Mikro dengan SEM

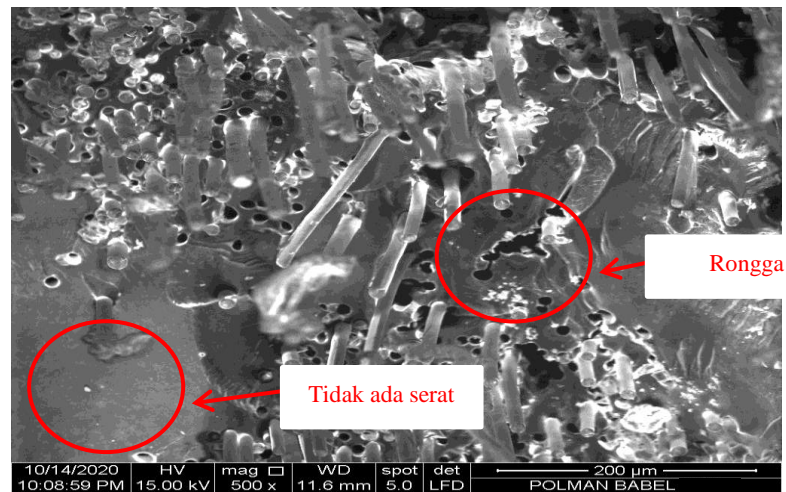
Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk melihat permukaan patahan komposit dan juga untuk melihat struktur antara serat dengan matrik. Sampel yang digunakan untuk uji SEM adalah sampel dengan kekuatan tertinggi dan terendah dari sampel uji tarik dan uji impak. Untuk uji tarik kekuatan paling rendah ditunjukkan pada fraksi volume serat 23,18% sebesar 58Mpa, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada fraksi volume serat 40% yaitu sebesar 135 Mpa. Pada uji impak nilai tertinggi sebesar 208,25 KJ/m<sup>2</sup> pada volume serat 56,82%, sedangkan nilai terendah terdapat pada fraksi volume serat 30% dengan nilai uji sebesar 51,5 KJ/m<sup>2</sup>. Hasil uji SEM dapat dilihat pada Gambar 4.12 sampai dengan Gambar 4.15.



Gambar 4.12 Hasil Uji SEM Spesimen Uji Tarik Terendah (Perbesaran 500 kali)



Gambar 4.13 Hasil Uji SEM Spesimen Uji Tarik Tertinggi (Perbesaran 500 kali)



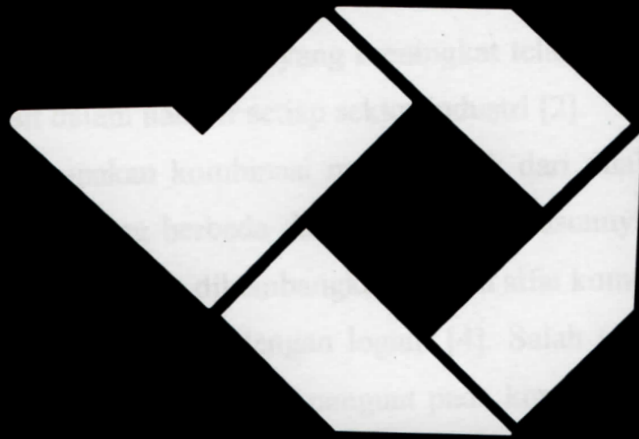
Gambar 4.14 Hasil Uji SEM Spesimen Uji Impak Terendah (Perbesaran 500 kali)



Gambar 4.15 Hasil Uji SEM Spesimen Uji Impak Tertinggi (Perbesaran 500 kali)

Pada hasil SEM terlihat bahwa spesimen uji dengan nilai terendah memiliki jumlah serat lebih sedikit, dimana komposit lebih banyak didominasi oleh matrik, sedangkan spesimen uji dengan nilai tertinggi memiliki jumlah serat lebih banyak yang menyebar keseluruhan bagian komposit. Jumlah serat inilah yang mempengaruhi kekuatan komposit. Dari hasil foto SEM spesimen uji nilai terendah distribusi serat pada komposit kurang merata, jarak antara serat dan serat lainnya didalam komposit tidak sama serta terlihat masih ada rongga yang terbentuk antara serat dengan matrik. Semakin kecil rongga yang terbentuk maka menunjukkan semakin baik ikatan yang terjadi antara serat dengan matrik, begitu

pula sebaliknya semakin besar rongga yang terbentuk maka menunjukkan ikatan yang kurang baik antara serat dengan matrik. Hal ini menyebabkan nilai kekuatan disetiap komposit berbeda. Pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.14 dapat diketahui terdapat rongga yang terbentuk. Ukuran rongga dalam satu sampel berbeda-beda, hal ini menunjukkan sampel tidak homogen. Sedangkan pada gambar 4.13 dan 4.15 hanya sedikit celah atau rongga yang terlihat sehingga dapat dipastikan pada spesimen tersebut mengandung jumlah serat yang tinggi dan tersebar dan tercapur secara merata dengan matriks didalam cetakan, hal inilah yang membuat spesimen tersebut memiliki kekuatan lebih tinggi.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisa dan perhitungan data yang diperoleh dari hasil pengujian tentang pengaruh serat karbon terhadap sifat mekanik dan topografi pada komposit bermatriks *polyester* BQTN 157 maka dapat diambil kesimpulan bahwa variasi fraksi volume dan panjang serat karbon dapat mempengaruhi sifat mekanik dari komposit *polyester* berpenguat serat karbon. Kekuatan komposit naik seiring bertambahnya fraksi volume maupun panjang serat. Kekuatan tarik tertinggi komposit *polyester* dengan penguat serat karbon terdapat pada fraksi volume serat 40% dengan panjang serat 33,41mm yaitu sebesar 135 MPa dan kekuatan impak maksimum dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume serat 56,82% dan panjang serat 25mm yaitu sebesar 208,25 Mpa.

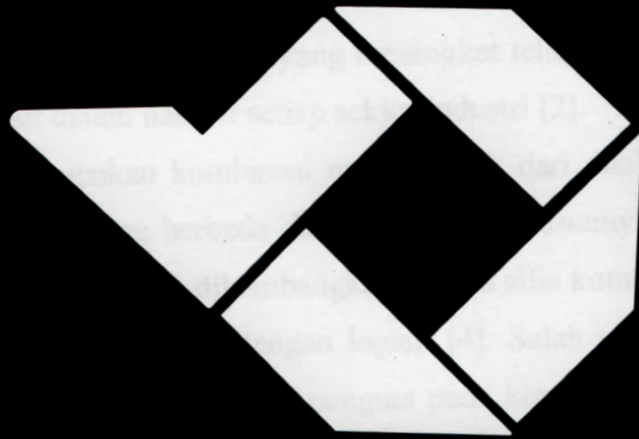
Dari analisa SEM kekuatan material komposit dipengaruhi oleh kerapatan antara serat karbon dengan matriks. Ketidakrapatan menyebabkan adanya rongga (*void*) yang terbentuk antara serat dengan matriks. Semakin kecil rongga yang terbentuk maka menunjukkan semakin baik ikatan yang terjadi antara serat dengan matrik yang dibuktikan dengan kekuatan dari spesimen yang tinggi, begitu pula sebaliknya semakin besar rongga yang terbentuk maka menunjukkan ikatan yang kurang baik antara serat dengan matrik yang dibuktikan dengan kekuatan dari spesimen yang rendah. Hal ini menyebabkan nilai kekuatan disetiap komposit berbeda.

#### **5.2 Saran**

Penulis menyadari bahwa hasil penelitian ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menyarankan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penelitian komposit serat karbon, antara lain:

1. Perlu adanya pengujian lebih lanjut secara masif dengan menggunakan fraksi volume dan variasi lain yang berbeda, agar didapatkan nilai data kekuatan bahan yang beragam.

2. Pada proses pembuatan komposit serat disusun merata agar memudahkan pencetakan dan menghasilkan cetakan komposit yang tebalnya sama dalam satu bidang.
3. Meminimalkan keberadaan rongga udara (*void*) pada komposit yang akan dibuat sehingga akan menaikkan kekuatan komposit dengan menggunakan peralatan cetak yang lebih baik.

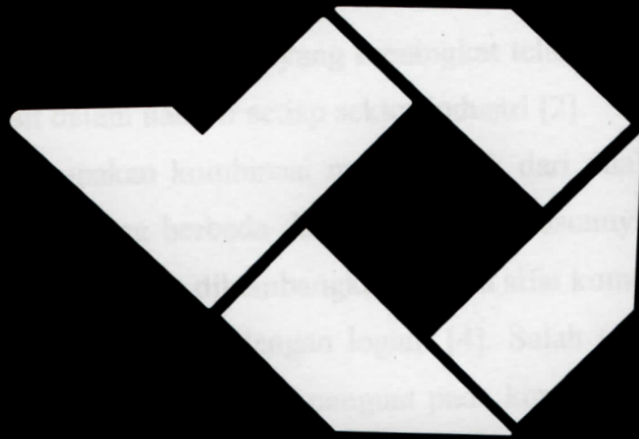




## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramono, GE dan Setya P. Sutisna., 2017. Perbandingan Karakteristik Serat Karbon antara Metode *Manual Layup* dan *Vacuum Infusion* dengan Penggunaan Fraksi Berat Serat 60%, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 3. No. 1, pp. 1-6.
- [2] Pramono, Agus Edy. 2012. “Karakteristik Komposit Karbon-Karbon Berbasis Limbah Organik Hasil Proses Tekan Panas”. *Disertasi*. Fakultas Teknik, Program Doktor, Universitas Indonesia, Depok.
- [3] Bakir, B. and H. Hashem., 2013. Effect of Fiber Orientation for Fiber Glass Reinforced Composite Material on Mechanical Properties, *International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering (IJMMME)*, Vol.1, Issue 5 (2013).
- [4] Widiartha, I Gede, dkk., 2012. *Study Kekuatan Bending dan Struktur Mikro Komposit Polyethylene yang diperkuat oleh Hybrid Serat Sisal dan Karung Goni*, *Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 2, No. 2.
- [5] Umam, A.F., 2019. Studi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Polyester* berpenguat Serat Karbon, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 7, No. 1, pp. 67-72.
- [6] Nurhidayah, Ninis., 2016. “Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Daun Lontar (*Borassus Flabelifer* ) terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit *Polyester*”. *Skripsi*. Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.
- [7] Guru Raja, M.N., Hari Rao, A.N., *Effect of an angle-ply orientation on textile properties of kevlar/glass hybrid composites*. *International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering*, Vol. 2, No. 3, pp. 63-67.
- [8] Kristianto, Galeh. 2015. “Pengaruh Penambahan Abu Terbang Batubara Terhadap Kekerasan Komposit Matriks *Phenolic*”. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- [9] Pratama, Anang Bio. 2019. “Analisis Sifat Material Komposit Epoxy diperkuat Serat Pandan Alas dengan Perendaman Naoh 25% pada Pengujian Impact dan Tarik”. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- [10] Muhammad dan Reza P., 2017. Uji Mekanik Komposit Berpenguat Serat Pandan Duri dan Resin Polyester dengan Variasi Komposisi Metoda Fraksi Berat, *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, Vol. 6, No. 2, pp. 63-72.

- [11] Guled F. D. and H. C. Chittappa., *Evaluation of Tensile Strength of Carbon - Kevlar Fiber Reinforced Epoxy Hybrid Composites by Experimentation*. International Journal of Scientific Research and Reviews, Vol. 8, No. 2, pp. 3697 – 3704.
- [12] Agustina Gunawan, Sarah Yarden Palinggi. 2015. “Prarencana Pabrik *Carbon Fiber* Kapasitas Produksi : 13.500 Ton/Tahun”. *Tugas Akhir*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- [13] Deltalube, Mengenal Teknologi Serat Karbon, diakses pada tanggal 16 Agustus 2020, Available : <https://www.deltalube.com/mengenal-teknologi-serat-karbon/>.
- [14] Savetlana S dan Andriyanto A., 2012. Sifat-sifat Mekanik Komposit Serat TKKS-Poliester, *Jurnal Mechanical*, Vol. 3, No. 1, pp. 45-50.
- [15] Pranata I Made dkk., 2019. Pengaruh Variasi Presentase Hardener MEKPO Terhadap Kekuatan Bending dan Densitas pada Bioresin Getah Pinus (*Pinus Merkusii*), *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, Vol. 8, No. 1, pp.432-436.
- [16] Respati Sri M. B dkk., 2020. *Body Mobil dengan Komposit Matriks Fiber Carbon-Honeycomb dan Penguat Resin Lycal*, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol.17, No. 2, pp. 29-33.



## LAMPIRAN 1

### Perhitungan Volume Cetakan Uji Tarik Menggunakan *Software Solidworks 2014*

The screenshot shows the SolidWorks 2014 interface with the Mass Properties dialog box open for a part named 'Spesimen Uji tarik.SLDPRT'. The dialog box displays the following mass properties:

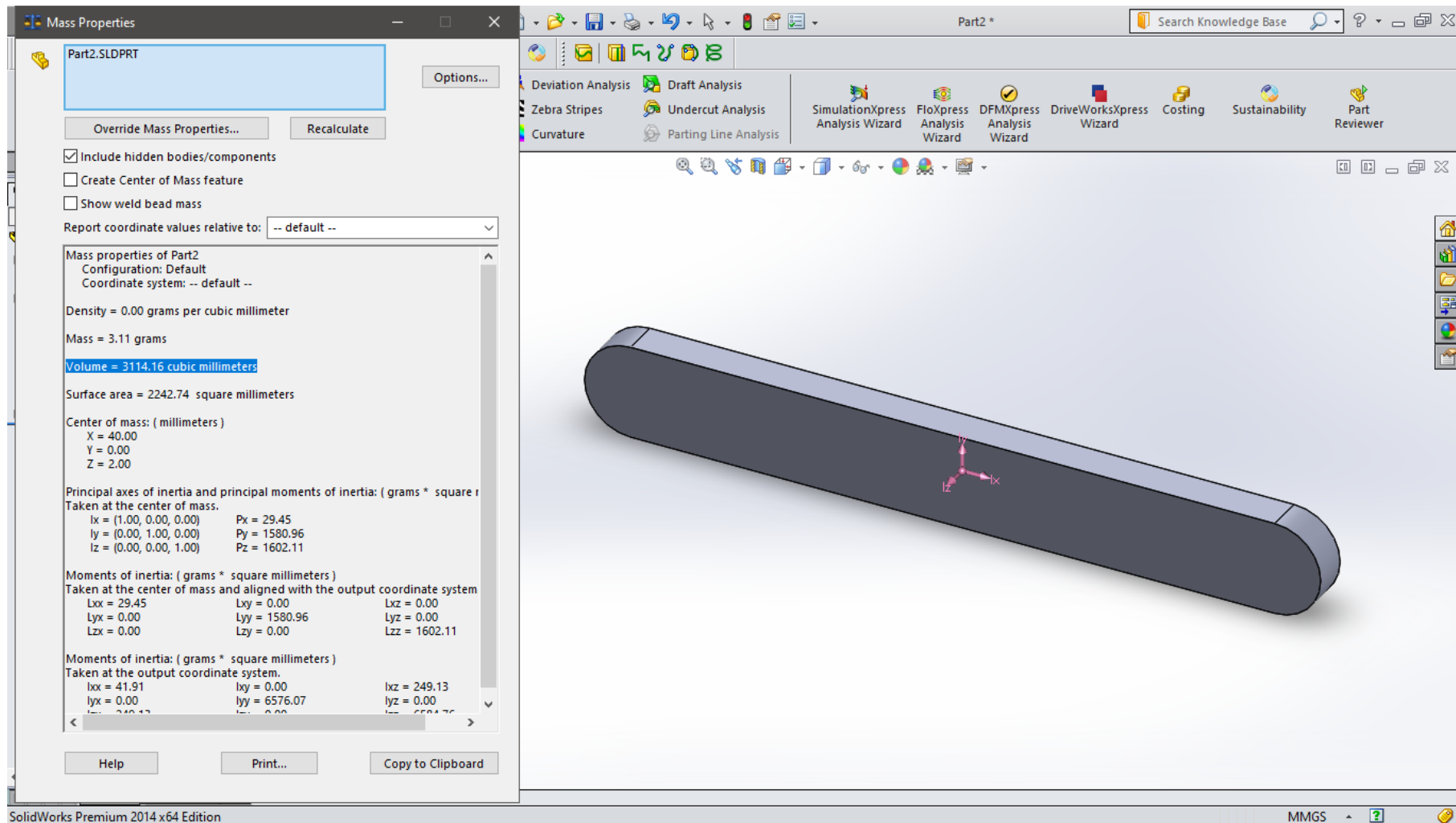
- Density = 0,00 grams per cubic millimeter
- Mass = 9,67 grams
- Volume = 9673,74 cubic millimeters**
- Surface area = 5007,35 square millimeters
- Center of mass: ( millimeters )
  - X = 57,88
  - Y = 0,24
  - Z = 2,75
- Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams \* square millimeters )
  - lx = 1,00, 0,00, 0,00      Px = 252,71
  - ly = -0,00, 1,00, 0,00      Py = 12876,89
  - lz = 0,00, 0,00, 1,00      Pz = 13080,83
- Moments of inertia: ( grams \* square millimeters )
  - Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system
    - Lxx = 252,80      Lxy = 34,05      Lxz = 0,00
    - Lyx = 34,05      Lyy = 12876,80      Lyz = 0,00
    - Lzx = 0,00      Lzy = 0,00      Lzz = 13080,83
  - Taken at the output coordinate system.
    - lxx = 326,54      lxy = 170,41      lxz = 1539,75
    - lyx = 170,41      lyy = 45356,97      lyz = 6,48
    - lzx = 1539,75      lzy = 6,48      lzz = 13080,83

The 3D model in the background shows a tensile specimen with a central necked section. The coordinate system (X, Y, Z) is centered on the necked section.

Volume cetakan =  $9,67 \text{ cm}^3$

## LAMPIRAN 2

### Perhitungan Volume Cetakan Uji Impak Menggunakan *Software Solidworks 2014*



Volume cetakan =  $3,11 \text{ cm}^3$

### LAMPIRAN 3

#### Perhitungan Rasio Volume Untuk Spesimen Uji Tarik

##### 1. Presentase serat karbon 23,18%

- Serat Karbon

$$\begin{aligned}V_{fc} &= A_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot v \\ &= 23,18 \% \cdot 1,6 \cdot 9,67 \\ &= 3,63\end{aligned}$$

- Resin

$$\begin{aligned}V_{mc} &= A_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot v \\ &= 76,82 \% \cdot 1,215 \cdot 9,67 \\ &= 0,91\end{aligned}$$

- Katalis

$$\begin{aligned}V_{kt} &= A_{kt} \cdot \rho_{kt} \cdot v \\ &= 5 \% \cdot 1,17 \cdot 9,67 \\ &= 0,57\end{aligned}$$

##### 2. Presentase serat karbon 30%

- Serat Karbon

$$\begin{aligned}V_{fc} &= A_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot v \\ &= 30 \% \cdot 1,6 \cdot 9,67 \\ &= 4,50\end{aligned}$$

- Resin

$$\begin{aligned}V_{mc} &= A_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot v \\ &= 70 \% \cdot 1,215 \cdot 9,67 \\ &= 0,83\end{aligned}$$

- Katalis

$$\begin{aligned}V_{kt} &= A_{kt} \cdot \rho_{kt} \cdot v \\ &= 5 \% \cdot 1,17 \cdot 9,67 \\ &= 0,57\end{aligned}$$

### 3. Presentase serat karbon 40%

- Serat Karbon

$$\begin{aligned}V_{fc} &= A_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot v \\ &= 40 \% \cdot 1,6 \cdot 9,67 \\ &= 6,26\end{aligned}$$

- Resin

$$\begin{aligned}V_{mc} &= A_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot v \\ &= 60 \% \cdot 1,215 \cdot 9,67 \\ &= 0,71\end{aligned}$$

- Katalis

$$\begin{aligned}V_{kt} &= A_{kt} \cdot \rho_{kt} \cdot v \\ &= 5 \% \cdot 1,17 \cdot 9,67 \\ &= 0,57\end{aligned}$$

### 4. Presentase serat karbon 50%

- Serat Karbon

$$\begin{aligned}V_{fc} &= A_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot v \\ &= 50 \% \cdot 1,6 \cdot 9,67 \\ &= 7,82\end{aligned}$$

- Resin

$$\begin{aligned}V_{mc} &= A_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot v \\ &= 50 \% \cdot 1,215 \cdot 9,67 \\ &= 0,59\end{aligned}$$

- Katalis

$$\begin{aligned}V_{kt} &= A_{kt} \cdot \rho_{kt} \cdot v \\ &= 5 \% \cdot 1,17 \cdot 9,67 \\ &= 0,57\end{aligned}$$

### 5. Presentase serat karbon 56,82%

- Serat Karbon

$$V_{fc} = A_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot v$$

$$= 56,82 \% \cdot 1,6 \cdot 9,67$$

$$= 8,90$$

- Resin

$$V_{mc} = A_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot v$$

$$= 43,18 \% \cdot 1,215 \cdot 9,67$$

$$= 0,51$$

- Katalis

$$V_{kt} = A_{kt} \cdot \rho_{kt} \cdot v$$

$$= 5 \% \cdot 1,17 \cdot 9,67$$

$$= 0,57$$



## LAMPIRAN 4

### Perhitungan Rasio Volume Untuk Spesimen Uji Impak

#### 1. Presentase serat karbon 23,18%

- Serat Karbon

$$\begin{aligned}V_{fc} &= A_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot v \\ &= 23,18 \% \cdot 1,6 \cdot 3,11 \\ &= 1,15\end{aligned}$$

- Resin

$$\begin{aligned}V_{mc} &= A_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot v \\ &= 76,82 \% \cdot 1,215 \cdot 3,11 \\ &= 0,29\end{aligned}$$

- Katalis

$$\begin{aligned}V_{kt} &= A_{kt} \cdot \rho_{kt} \cdot v \\ &= 5 \% \cdot 1,17 \cdot 3,11 \\ &= 0,18\end{aligned}$$

#### 2. Presentase serat karbon 30%

- Serat Karbon

$$\begin{aligned}V_{fc} &= A_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot v \\ &= 30 \% \cdot 1,6 \cdot 3,11 \\ &= 1,50\end{aligned}$$

- Resin

$$\begin{aligned}V_{mc} &= A_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot v \\ &= 70 \% \cdot 1,215 \cdot 3,11 \\ &= 0,26\end{aligned}$$

- Katalis

$$\begin{aligned}V_{kt} &= A_{kt} \cdot \rho_{kt} \cdot v \\ &= 5 \% \cdot 1,17 \cdot 3,11 \\ &= 0,18\end{aligned}$$

### 3. Presentase serat karbon 40%

- Serat Karbon

$$\begin{aligned}V_{fc} &= A_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot v \\ &= 40 \% \cdot 1,6 \cdot 3,11 \\ &= 2,00\end{aligned}$$

- Resin

$$\begin{aligned}V_{mc} &= A_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot v \\ &= 60 \% \cdot 1,215 \cdot 3,11 \\ &= 0,22\end{aligned}$$

- Katalis

$$\begin{aligned}V_{kt} &= A_{kt} \cdot \rho_{kt} \cdot v \\ &= 5 \% \cdot 1,17 \cdot 3,11 \\ &= 0,18\end{aligned}$$

### 4. Presentase serat karbon 50%

- Serat Karbon

$$\begin{aligned}V_{fc} &= A_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot v \\ &= 50 \% \cdot 1,6 \cdot 3,11 \\ &= 2,50\end{aligned}$$

- Resin

$$\begin{aligned}V_{mc} &= A_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot v \\ &= 50 \% \cdot 1,215 \cdot 3,11 \\ &= 0,18\end{aligned}$$

- Katalis

$$\begin{aligned}V_{kt} &= A_{kt} \cdot \rho_{kt} \cdot v \\ &= 5 \% \cdot 1,17 \cdot 3,11 \\ &= 0,18\end{aligned}$$

### 5. Presentase serat karbon 56,82%

- Serat Karbon

$$V_{fc} = A_{fc} \cdot \rho_{fc} \cdot v$$

$$= 56,82 \% \cdot 1,6 \cdot 3,11$$

$$= 2,83$$

- Resin

$$V_{mc} = A_{mc} \cdot \rho_{mc} \cdot v$$

$$= 43,18 \% \cdot 1,215 \cdot 3,11$$

$$= 0,51$$

- Katalis

$$V_{kt} = A_{kt} \cdot \rho_{kt} \cdot v$$

$$= 5 \% \cdot 1,17 \cdot 3,11$$

$$= 0,18$$

## LAMPIRAN 5

### Proses Pembuatan Spesimen



1. Penguraian serat karbon



2. Pemotongan serat karbon



3. Pemisahan serat karbon  
sesuai ukuran



4. Penimbangan serat karbon,  
resin dan katalis



8. *Curing time*



7. Pencampuran resin kedalam  
cetakan



6. Penataan serat karbon pada  
cetakan



5. Pemberian *wax glass* pada  
cetakan



Spesimen yang sudah jadi



Spesimen yang telah  
dilakukan pengujian

## LAMPIRAN 6

### Perhitungan Uji Impak

1. 20 mm x 30% / 5 Jam

$$\begin{aligned} E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 130^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 9,8 (-0,64 - (-0,87)) \\ &= 2,25 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}^2 \\ &= 40 / 1000 \\ &= 0,04 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HI &= E / A \\ &= 2,25 / 0,04 \\ &= 56,25 \text{ Joule/m}^2 \end{aligned}$$

2. 30 mm x 30% / 5 Jam

$$\begin{aligned} E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 131^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 9,8 (-0,66 - (-0,87)) \\ &= 2,06 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}^2 \\ &= 40 / 1000 \\ &= 0,04 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HI &= E / A \\ &= 2,06 / 0,04 \\ &= 51,5 \text{ Joule/m}^2 \end{aligned}$$

3. 20 mm x 50% / 5 Jam

$$\begin{aligned} E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 102^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 9,8 (-0,21 - (-0,87)) \\ &= 6,47 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$= 40 / 1000$$

$$= 0,04 \text{ m}^2$$

$$HI = E / A$$

$$= 6,47 / 0,04$$

$$= 161,75 \text{ Joule/m}^2$$

4. 30 mm x 50% / 5 Jam

$$E = m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 122^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 9,8 (-0,53 - (-0,87))$$

$$= 3,33 \text{ Joule}$$

$$A = P \times L$$

$$= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$$

$$= 40 \text{ mm}^2$$

$$= 40 / 1000$$

$$= 0,04 \text{ m}^2$$

$$HI = E / A$$

$$= 3,33 / 0,04$$

$$= 83,25 \text{ Joule/m}^2$$

5. 20 mm x 30% / 15 Jam

$$E = m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 126^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 9,8 (-0,59 - (-0,87))$$

$$= 2,74 \text{ Joule}$$

$$A = P \times L$$

$$= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$$

$$= 40 \text{ mm}^2$$

$$= 40 / 1000$$

$$= 0,04 \text{ m}^2$$

$$HI = E / A$$

$$= 2,74 / 0,04$$

$$= 68,5 \text{ Joule/m}^2$$

6. 30 mm x 30% / 15 Jam

$$E = m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 121^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 9,8 (-0,51 - (-0,87))$$

$$= 3,53 \text{ Joule}$$

$$A = P \times L$$

$$\begin{aligned}
&= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\
&= 40 \text{ mm}^2 \\
&= 40 / 1000 \\
&= 0,04 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{HI} &= E / A \\
&= 3,53 / 0,04 \\
&= 88,25 \text{ Joule/m}^2
\end{aligned}$$

7. 20 mm x 50% / 15 Jam

$$\begin{aligned}
E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
&= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 122^\circ - \cos 150^\circ) \\
&= 9,8 (-0,53 - (-0,87)) \\
&= 3,33 \text{ Joule}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A &= P \times L \\
&= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\
&= 40 \text{ mm}^2 \\
&= 40 / 1000 \\
&= 0,04 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{HI} &= E / A \\
&= 3,33 / 0,04 \\
&= 83,25 \text{ Joule/m}^2
\end{aligned}$$

8. 30 mm x 50% / 15 Jam

$$\begin{aligned}
E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
&= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 116^\circ - \cos 150^\circ) \\
&= 9,8 (-0,44 - (-0,87)) \\
&= 4,21 \text{ Joule}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A &= P \times L \\
&= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\
&= 40 \text{ mm}^2 \\
&= 40 / 1000 \\
&= 0,04 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{HI} &= E / A \\
&= 4,21 / 0,04 \\
&= 105,25 \text{ Joule/m}^2
\end{aligned}$$

9. 16,59 mm x 40% / 10 Jam

$$\begin{aligned}
E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
&= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 111^\circ - \cos 150^\circ) \\
&= 9,8 (-0,36 - (-0,87))
\end{aligned}$$

$$= 5 \text{ Joule}$$

$$A = P \times L$$

$$= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$$

$$= 40 \text{ mm}^2$$

$$= 40 / 1000$$

$$= 0,04 \text{ m}^2$$

$$HI = E / A$$

$$= 5 / 0,04$$

$$= 125 \text{ Joule/m}^2$$

10. 33,41 mm x 40% / 10 Jam

$$E = m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 94^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 9,8 (-0,07 - (-0,87))$$

$$= 7,84 \text{ Joule}$$

$$A = P \times L$$

$$= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$$

$$= 40 \text{ mm}^2$$

$$= 40 / 1000$$

$$= 0,04 \text{ m}^2$$

$$HI = E / A$$

$$= 7,84 / 0,04$$

$$= 196 \text{ Joule/m}^2$$

11. 25 mm x 23,18 % / 10 Jam

$$E = m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 95^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 9,8 (-0,09 - (-0,87))$$

$$= 7,64 \text{ Joule}$$

$$A = P \times L$$

$$= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$$

$$= 40 \text{ mm}^2$$

$$= 40 / 1000$$

$$= 0,04 \text{ m}^2$$

$$HI = E / A$$

$$= 7,64 / 0,04$$

$$= 191 \text{ Joule/m}^2$$

12. 25 mm x 56,82% / 10 Jam

$$E = m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha)$$



$$\begin{aligned}
&= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 91^0 - \cos 150^0) \\
&= 9,8 (-0,02 - (-0,87)) \\
&= 8,33 \text{ Joule}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A &= P \times L \\
&= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\
&= 40 \text{ mm}^2 \\
&= 40 / 1000 \\
&= 0,04 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
HI &= E / A \\
&= 8,33 / 0,04 \\
&= 208,25 \text{ Joule/m}^2
\end{aligned}$$

13. 25 mm x 40% / 1,59 Jam

$$\begin{aligned}
E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
&= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 114^0 - \cos 150^0) \\
&= 9,8 (-0,41 - (-0,87)) \\
&= 4,51 \text{ Joule}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A &= P \times L \\
&= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\
&= 40 \text{ mm}^2 \\
&= 40 / 1000 \\
&= 0,04 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
HI &= E / A \\
&= 4,51 / 0,04 \\
&= 112,75 \text{ Joule/m}^2
\end{aligned}$$

14. 25 mm x 40% / 18,41 Jam

$$\begin{aligned}
E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
&= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 112^0 - \cos 150^0) \\
&= 9,8 (-0,37 - (-0,87)) \\
&= 4,90 \text{ Joule}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A &= P \times L \\
&= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\
&= 40 \text{ mm}^2 \\
&= 40 / 1000 \\
&= 0,04 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
HI &= E / A \\
&= 4,90 / 0,04 \\
&= 122,5 \text{ Joule/m}^2
\end{aligned}$$

15. 25 mm x 40 % / Jam

$$\begin{aligned} E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 126^0 - \cos 150^0) \\ &= 9,8 (-0,59 - (-0,87)) \\ &= 2,74 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}^2 \\ &= 40 / 1000 \\ &= 0,04 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HI &= E / A \\ &= 2,74 / 0,04 \\ &= 68,5 \text{ Joule/m}^2 \end{aligned}$$

16. 25 mm x 40% / 10 Jam

$$\begin{aligned} E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 108^0 - \cos 150^0) \\ &= 9,8 (-0,31 - (-0,87)) \\ &= 5,49 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}^2 \\ &= 40 / 1000 \\ &= 0,04 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HI &= E / A \\ &= 5,49 / 0,04 \\ &= 137,25 \text{ Joule/m}^2 \end{aligned}$$

17. 25 mm x 40% / 10 Jam

$$\begin{aligned} E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 108^0 - \cos 150^0) \\ &= 9,8 (-0,31 - (-0,87)) \\ &= 5,49 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}^2 \\ &= 40 / 1000 \\ &= 0,04 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HI &= E / A \\ &= 5,49 / 0,04 \end{aligned}$$

$$= 137,25 \text{ Joule/m}^2$$

18. 25 mm x 40% / 10 Jam

$$\begin{aligned} E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 87^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 9,8 (-0,05 - (-0,87)) \\ &= 8,04 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}^2 \\ &= 40 / 1000 \\ &= 0,04 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HI &= E / A \\ &= 8,04 / 0,04 \\ &= 201 \text{ Joule/m}^2 \end{aligned}$$

19. 25 mm x 40% / 10 Jam

$$\begin{aligned} E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 111^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 9,8 (-0,36 - (-0,87)) \\ &= 5 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}^2 \\ &= 40 / 1000 \\ &= 0,04 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HI &= E / A \\ &= 5 / 0,04 \\ &= 125 \text{ Joule/m}^2 \end{aligned}$$

20. 25 mm x 40% / 10 Jam

$$\begin{aligned} E &= m \times g \times r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 126^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 9,8 (-0,59 - (-0,87)) \\ &= 2,74 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}^2 \\ &= 40 / 1000 \\ &= 0,04 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HI} &= E / A \\ &= 2,74 / 0,04 \\ &= 68,5 \text{ Joule/m}^2 \end{aligned}$$

