

## Analisa Kekuatan Mekanis pada Baja ST 42 Dengan Variasi Ketebalan Lapisan Karbon Fiber

Mohammad Komarudin<sup>1,\*</sup>, Soeparno Djiwo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang, Jawa Timur, Indonesia

### Kata kunci

Baja ST 42  
Karbon Fiber  
Uji Tarik  
Impact  
Struktur Micro  
*Electron Microscopy*

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa Baja ST 42 dengan variasi lapisan Karbon Fiber terhadap sifat mekanis yang meliputi pengujian Tarik, pengujian Impact, pengujian Mikro, pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM). Standarisasi sampel pengujian, sampel pengujian ketahanan Impact menggunakan standar ASTM-E-23 dan sampel pengujian Tarik menggunakan standar (ASTM)E 8M-04. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan Tarik, kekuatan Impact, kekuatan Struktur Mikro, kekuatan Scanning Electron Microscopy, setelah Baja ST 42 diberi lapisan karbon fiber. Pengujian Tarik digunakan untuk mengukur kekuatan bahan dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah, pengujian Impact digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan memberikan gaya yang sesumbu, pengujian Struktur Mikro mempelajari tentang struktur mikroskopis logam dan paduan menggunakan mikroskop optik, pengujian Scanning Electron Microscopy pengujian ini menggunakan teknik dan metode yang tepat agar dihasilkan gambar yang optimal mengingat proses pembentukan images pada alat ini merupakan fisika. Untuk pengujian Tarik dilakukan di Lab. Politeknik Negeri Malang, untuk pengujian Impact dilakukan di Lab. Politeknik Negeri Malang, Untuk pengujian Struktur Mikro dilakukan di Laboratorium Uji Logam Universitas Merdeka Malang, untuk pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM) dilakukan di Laboratorium Uji Logam Universitas Merdeka Malang.

### \* Corresponding author:

Mohammad Komarudin (email: [komarudin130320@gmail.com](mailto:komarudin130320@gmail.com))

Diterima: 11 September 2023

Disetujui: 24 Maret 2026

Dipublikasikan: 31 Maret 2026

## 1 Pendahuluan

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari dua komposisi atau lebih, dimana sifat mekanik dari material yang pembentuknya berbeda-beda. Dikarenakan suatu karakteristik pembentuknya berbeda-beda maka dari itu dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda-beda dari material-material pembentuknya. Bahan komposit diharapkan dapat menambahkan kekuatan dari baja ST 42 yang dikurangi dimensinya sebagai material utama kerangka. Bahan komposit bukan termasuk jenis *ferro* dan gabungan dua atau lebih yang berbeda sifat dan komposisinya.

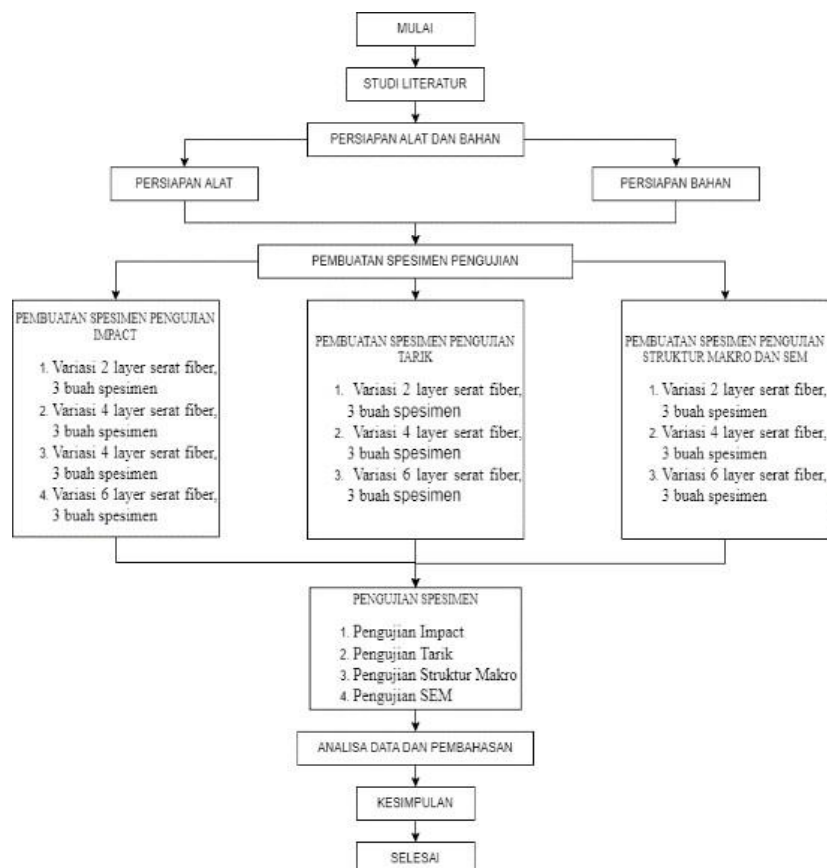
Baja ST 42 adalah jenis baja konstruksi yang mempunyai kekuatan tarik  $42\text{Kg/mm}^2$  sampai  $50\text{Kg/mm}^2$ . Baja ini mempunyai kandungan karbon (C) dibawah 0,3%, jadi termasuk dalam baja karbon rendah. Metode penambahan karbon padat merupakan cara yang paling sederhana untuk meningkatkan kualitas baja ST42, makna dari penamaan Baja ST42 sendiri adalah dari ST memiliki arti (STahl) angka 42 dalam baja ini menunjukkan bahwa maksimum ketangguhan adalah  $42\text{Kg/mm}^2$ , agar dapat memperluas penggunaannya. Pada akhirnya melalui proses carburizing penggunaan baja karbon rendah untuk bahan baku (rawmaterials) dapat memperluas penggunaannya.

- Pengujian yang akan dilakukan meliputi :

- a. Pengujian ketahanan Impact dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
  - b. Pengujian kekuatan Tarik dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
  - c. Pengujian Struktur Mikro dilakukan di Laboratorium Uji logam Universitas Merdeka Malang.
  - d. Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Uji Logam Universitas Merdeka Malang.
- Variable yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
    - a. Variable bebas
      1. Rasio campuran Baja ST 42 dilapisi serat karbon 2 mm
      2. Rasio campuran Baja ST 42 dilapisi serat karbon 4 mm.
    - Rasio campuran Baja ST 42 dilapisi serat karbon 6 mm.
    - b. Variable tetap
      1. Uji Impact.
      2. Uji tarik.
      3. Uji Sruktur Mikro.
      4. Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*).
    - c. Variable Kontrol
      1. Baja ST 42.
      2. Perekat resin epoxy dan katalis dengan ketetapan 200m.
      3. Serat komposit (serat karbon)

## 2 Metode Penelitian

Diagram Alir Penelitian



### 2.1 *Proses Pengujian Impact Standart ASTM E23*

Proses pengambilan data-data nilai pengujian impact dilakukan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang dengan ukuran panjang 55mm lebar 10 mm dengan Langkah-langkah sebagai berikut

- ❖ Siapkan dan periksalah benda kerja.
- ❖ Buatlah alur (takik) pada benda kerja.
- ❖ Ukurlah panjang, diameter dan kedalaman takiknya.
- ❖ Bukalah “the safety lock key”.
- ❖ Bukalah “triggers”.
- ❖ Rentangkan “the outer tup” dan “the inner tup”.
- ❖ Pasanglah benda kerja pada “the V notch”.
- ❖ Aturlah jarum dial pada angka nol.
- ❖ Tarik “the spring loaded pin”.
- ❖ Bacalah pada dial.

### 2.2 *Proses Pengujian Tarik Standart ASTM A370*

Proses pengujian Tarik dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang dengan ukuran spesimen 300mm. Dalam setiap uji tarik, dengan beban tarik yang diberikan akan menghasilkan regangan tertentu berdasarkan tegangan yang diberikan.

- ❖ Menyiapkan spesimen.
- ❖ Pembuatan gauge length.
- ❖ Pengukuran dimensi.
- ❖ Pengujian pada mesin uji tarik.

### 2.3 *Pengujian Struktur Mikro*

Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Uji Uji Logam Universitas Merdeka Malang untuk mengetahui isi unsur kandungan yang terdapat didalamspesimen Baja ST 42 dengan lapisan karbon fiber yang akan diuji. Dengan menggunakan spesimen uji yang telah dihaluskan agar dapat terlihat kandungan didalam benda uji tersebut.

- ❖ Tahap pertama, melakukan grinding material.
- ❖ Tahap kedua, setelah proses pengamlasan hingga halus.
- ❖ Tahap ketiga, meneteskan cairan etsa berupa nital 5% dan alcohol 95%.
- ❖ Tahap keempat, letakkan specimen strukturmikro yang telah dietsa pada meja uji mikroskop.

### 2.4 *Pengujian SEM EDX*

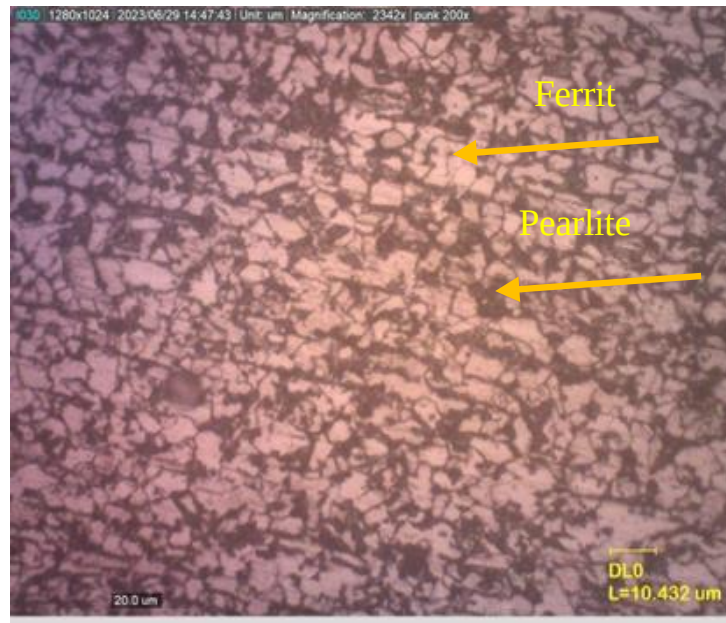
Proses pengambilan data pengujian SEM EDX dilakukan di Universitas Merdeka Malang Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah jenis mikroskop elektron yang menghasilkan gambar sampel dengan memindai permukaan dengan sinar elektron yang terfokus dengan perbesaran hingga skala tertentu.

- ❖ Pengembangan model teoritis.
- ❖ Pengembangan diagram jalur.
- ❖ Konversi diagram jalur ke persamaan structural.
- ❖ Memilih matriks input dan jenis estimasi.
- ❖ Mengidentifikasi model.
- ❖ Menilai kriteria goodness of fit.
- ❖ Menginterpretasikan hasil.

### 3 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisa Dan Pembahasan Hasil Pengujian Struktur Mikro.

Berikut ini merupakan Analisa hasil pengujian Struktur mikro yang dilaksanakan di Laboratorium Uji Logam Universitas Merdeka Malang



Gambar 4.1 Struktur mikro Baja ST42

( Sumber ; Laboratorium Uji Logam Universitas Merdeka Malang )

Jumlah presentase fasa : Ferrit 84,8% dan

Pearlite 15,2%

( Etsa = Nital 5% dan Alkohol 95% ) ( Pembesaran 300x )

Pengujian struktur mikro pada perbesaran 300x Baja ST42 didapatkan jumlah fasa pada keseluruhan 192 kotak dengan fasa yang terdiri dari:

- Ferrit 163
- Pearlite 29

$$P_{ms} ( ) = \frac{Q_{ms}}{Q_o} \times 100\%$$

Keterangan :

$P_{ms} ( )$  : Presentase mikro struktur tertentu (%)

$Q_{ms} ( )$  : Jumlah titik mikro tertentu

$Q_o ( )$  : Jumlah titik total

- Perhitungan fasa ferrit pada Baja ST42

$$P_{ms} (Ferrit) = \frac{163}{192} \times 100\%$$

- Total fasa Ferrit sebesar **84,8%**
- Perhitungan fasa Pearlite

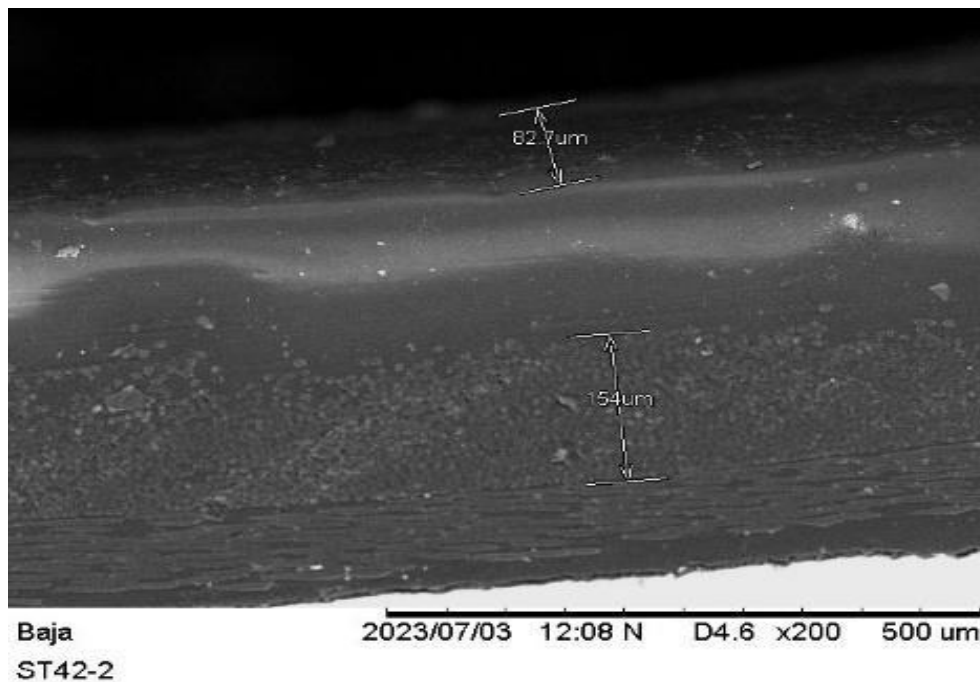
$$P_{ms} (Pearlite) = \frac{29}{192} \times 100\%$$

Total fasa Pearlite sebesar **15,2%**

#### 3.2 Analisa Dan Pembahasan Pengujian SEM EDX

Berikut ini merupakan Analisa hasil pengujian SEM EDX yang dilaksanakan di Laboratorium Uji Logam Universitas Merdeka Malang.

1. Hasil pengamatan pengujian SEM EDX ketebalan lapisan serat karbon 2 layer.

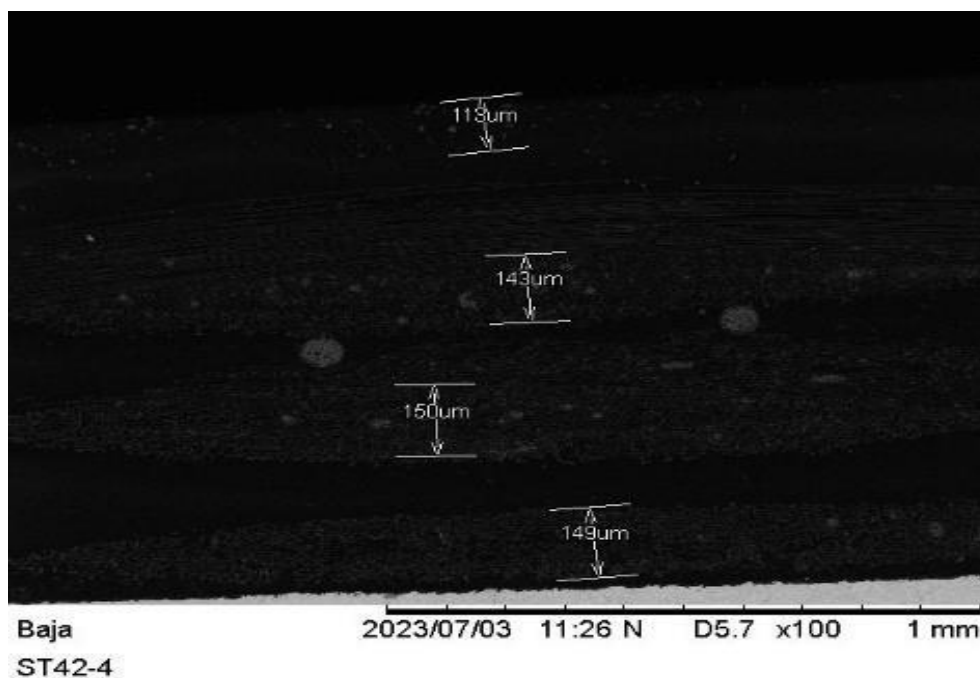


Gambar 4.2 Hasil pengamatan Uji SEM EDX lapisan 2 layer (Pembesaran 200x)

(Sumber ; Laboratorium Uji Logam Universitas Merdeka Malang)

Menunjukkan perbesaran 300x terlihat bahwa permukaan Baja ST42 dengan lapisan serat karbon fiber. gambar diatas juga menunjukkan tebal serat karbon sebesar 197 μm dan 193 μm dan terdapat rongga udara pada spesimen uji. ini menunjukkan bahwa terdapat oksigen yang terperangkap pada proses pelapisan berlangsung.

2. Hasil pengamatan pengujian SEM EDX ketebalan lapisan serat karbon fiber 4 layer

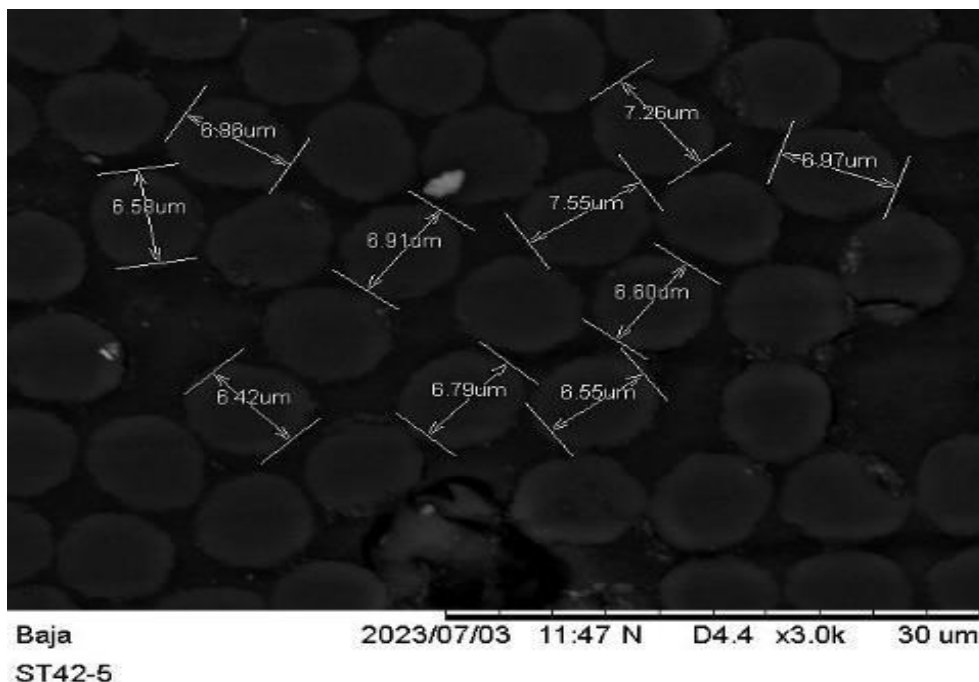


Gambar 4.3 Hasil pengamatan uji SEM EDX lapisan 4 layer

(Pembesaran 200x) (Sumber ; Laboratorium Uji Logam Universitas Merdeka Malang )

Menunjukkan perbesaran 200x pada Baja ST42 lapisan serat karbon fiber dengan tebal lapisan 4 layer. dari gambar diatas sangat terlihat jelas bahwa pada lapisan serat karbon fiber 4 layer terdapat rongga udara yang begitu banyak serta serat karbon fiber tidak menempel sempurna pada Baja ST42.

### 3. Hasil pengamatan pengujian SEM EDX ketebalan lapisan serat karbon fiber 6 layer



Gambar 4.4 Hasil pengamatan uji SEM EDX lapisan 6 layer ( Pembesaran 200x )

(Sumber ; Laboratorium Uji Logam Universitas Merdeka Malang)

Menunjukkan perbesaran 200x terlihat bahwa permukaan Baja ST42 dengan lapisan serat karbon fiber.gambar diatas juga menunjukkan tebal serat karbon sebesar 313  $\mu\text{m}$  , 320  $\mu\text{m}$  dan 311  $\mu\text{m}$  serta terdapat rongga udara pada spesimen uji. ini menunjukkan bahwa terdapat oksigen yang terperangkap pada proses pelapisan berlangsung.

### 3.3 Analisa Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Table 4.1 hasil pengujian Tarik dengan ketebalan lapisan serat karbon fiber 2 layer

| Jumlah Layer         | Nomor Spesimen | Area ( $\text{mm}^2$ ) | 0,2% Y,S ( $\text{Kgf/mm}^2$ ) | Max Force (Kgf) | Tensile Strength ( $\text{Kgf/mm}^2$ ) | Elongation (%) |
|----------------------|----------------|------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------------------|----------------|
| 2 Layer serat Karbon | A              | 112.00                 | 17.86                          | 2760            | 24.64                                  | 39             |
|                      | B              | 139.32                 | 16.51                          | 3079            | 22.42                                  | 23             |
|                      | C              | 137.23                 | 14.47                          | 3269            | 23.82                                  | 27             |
|                      | Rata- rata     |                        |                                | 3036            | 23.62                                  | 29.66          |

Menunjukkan bahwa Baja ST42 dengan lapisan karbon fiber 2 layer menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 23,62 Mpa dan regangan sebesar 29,66%.



Table 4.2 hasil pengujian Tarik dengan ketebalan lapisan serat karbon fiber 4 layer.

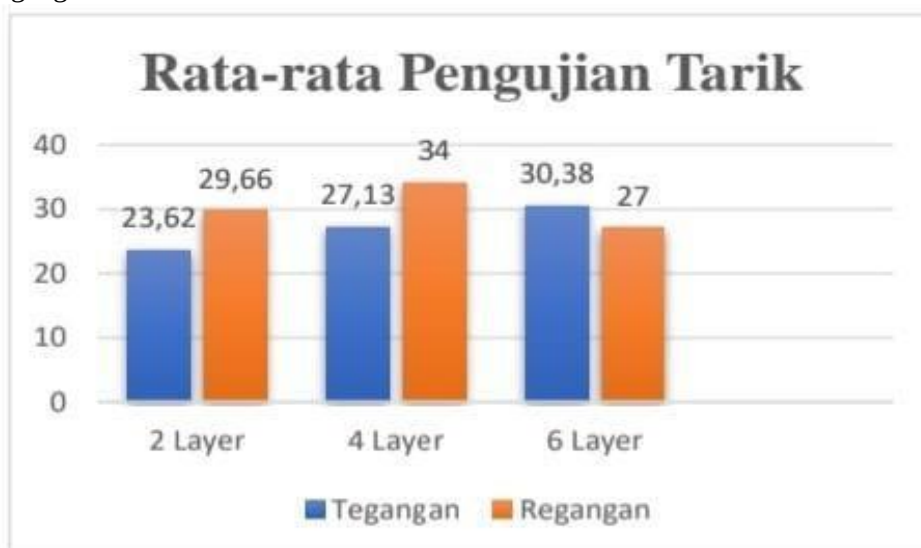
| Jumlah Layer         | Nomor Spesimen | Area (mm <sup>2</sup> ) | 0,2% Y,S (Kgf/mm <sup>2</sup> ) | Max Force (Kgf) | Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> ) | Elongation (%) |
|----------------------|----------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|----------------|
| 4 Layer serat karbon | A              | 111.60                  | 9.95                            | 3347            | 30.26                                   | 46             |
|                      | B              | 144.59                  | 15.32                           | 3724            | 25.75                                   | 28             |
|                      | C              | 146.16                  | 15.39                           | 3710            | 25.39                                   | 28             |
|                      | Rata- rata     |                         |                                 | 3593            | 27.13                                   | 34             |

Menunjukkan bahwa Baja ST 42 dengan lapisan karbon fiber 4 layer menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 27,13 Mpa dan regangan sebesar 34%.

Table 4.3 hasil pengujian Tarik dengan ketebalan lapisan serat karbon fiber 6 layer

| Jumlah Layer         | Nomor Spesimen | Area (mm <sup>2</sup> ) | 0,2% Y,S (Kgf/mm <sup>2</sup> ) | Max Force (Kgf) | Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> ) | Elongation (%) |
|----------------------|----------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|----------------|
| 6 Layer serat karbon | A              | 121.00                  | 19.09                           | 3836            | 31.71                                   | 24             |
|                      | B              | 144.86                  | 17.32                           | 4015            | 27.72                                   | 33             |
|                      | C              | 121.00                  | 19.09                           | 3836            | 31.71                                   | 24             |
|                      | Rata- rata     |                         |                                 | 3895            | 30.38                                   | 27             |

Menunjukkan bahwa Baja ST42 dengan lapisan karbon fiber 6 layer menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 30,38 Mpa dan regangan sebesar 27%.



Gambar 4.5 Grafik hasil rata-rata pengujian kekuatan Tarik

Dapat di ketahui bahwa Baja ST42 dengan lapisan serat karbon fiber 6 layer menghasilkan kekuatan tegangan yang paling tinggi yang berarti serat karbon fiber dapat meningkatkan kekuatan Baja ST42 Tegangan sebagai perbandingan antara gaya Tarik yang berkerja terhadap luas penampang benda.

### 3.4 Analisa Hasil Pengujian Kekuatan Impact

#### 3.4.1 Hasil pengujian kekuatan impact Baja ST42 dengan ketebalan serat karbon 2 layer

Table 4.4 Hasil pengujian impact Baja ST42 dengan ketebalan lapisan 2 layer serat karbon

| Jumlah Layer         | Nomor Spesimen | $A^\circ$ (mm <sup>2</sup> ) | $\alpha$ (°) | $\beta$ (°) | Energi (Joule) | HI (Joule/mm) |
|----------------------|----------------|------------------------------|--------------|-------------|----------------|---------------|
| 2 Layer serat karbon | A              | 100                          | 90           | 67          | 10.37          | 12.96         |
|                      | B              | 100                          | 90           | 61          | 8.78           | 10.97         |
|                      | C              | 100                          | 90           | 63          | 9.31           | 11.63         |
|                      | Rata- rata     |                              |              |             | 9.48           | 11.85         |

Menunjukkan hasil pengujian kekuatan impact Baja ST42 dengan lapisan serat karbon 2 layer, menghasilkan nilai rata-rata harga impact sebesar 11,85 Joule/mm, rata-rata energi yang terserap oleh komposit sebesar 9,48 Joule.

#### 3.4.2 Hasil pengujian kekuatan impact Baja ST42 dengan ketebalan serat karbon 4 layer

Table 4.5 Hasil pengujian impact Baja ST42 dengan ketebalan lapisan 4 layer serat karbon

| Jumlah Layer         | Nomor Spesimen | $A^\circ$ (mm <sup>2</sup> ) | $\alpha$ (°) | $\beta$ (°) | Energi (Joule) | HI (Joule/mm) |
|----------------------|----------------|------------------------------|--------------|-------------|----------------|---------------|
| 4 Layer serat karbon | A              | 100                          | 90           | 68          | 10.64          | 13.35         |
|                      | B              | 100                          | 90           | 61          | 8.78           | 10.97         |
|                      | C              | 100                          | 90           | 64          | 9.57           | 11.96         |
|                      | Rata- rata     |                              |              |             | 9.66           | 12.09         |

Menunjukkan hasil pengujian kekuatan impact Baja ST42 dengan lapisan serat karbon 4 layer, menghasilkan nilai rata-rata harga impact sebesar 12,09 Joule/mm, rata-rata energi yang terserap oleh komposit sebesar 9,66 Joule.



### 3.4.3 Hasil pengujian kekuatan impact Baja ST42 dengan ketebalan serat karbon 4 layer

Table 4.6 Hasil pengujian impact Baja ST42 dengan ketebalan lapisan 6 layer serat karbon

| Jumlah Layer         | Nomor Spesimen | $A^\circ$ (mm <sup>2</sup> ) | $\alpha$ (°) | $\beta$ (°) | Energi (Joule) | HI (Joule/mm) |
|----------------------|----------------|------------------------------|--------------|-------------|----------------|---------------|
| 6 Layer serat karbon | A              | 100                          | 90           | 69          | 10.91          | 13.36         |
|                      | B              | 100                          | 90           | 66          | 10.11          | 12.63         |
|                      | C              | 100                          | 90           | 65          | 9.50           | 11.87         |
|                      | Rata- rata     |                              |              |             | 10.17          | 12.62         |

Menunjukkan hasil pengujian kekuatan impact Baja ST42 dengan lapisan serat karbon 6 layer, menghasilkan nilai rata-rata harga impact sebesar 12,62 Joule/mm, rata-rata energi yang terserap oleh komposit sebesar 10,17 Joule.



Gambar 4.6 Grafik hasil rata-rata pengujian impact

Hasil pengolahan data uji impact Baja ST42 diperkuat dengan lapisan serat karbon variasi jumlah laminasi 2 layer, 4 layer dan 6 layer. Didapatkan hasil grafik perbandingan dari rata-rata harga impact yang tercantum pada grafik 4.16. Harga Impact (HI) merupakan perbandingan antara energi terserap yang digunakan untuk mematahkan bahan (E) dengan luas penampang sisa setelah diberi takikan (A).

## 4 Kesimpulan

- Pada pengujian Scanning Elektron Mikroskopi (SEM) dilihat Dari variasi lapisan 2 layer, 4 layer, 6 layer maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perubahan dari banyaknya kandungan karbon yang disebabkan oleh bertambahnya laminasi layer dan untuk berkurangnya oksigen disebabkan oleh berkurangnya rongga udara pada benda uji.
- Pengujian Struktur Mikro pada baja ST 42 menunjukkan bahwa adanya perubahan fasa pada setiap variasi lapisan 2 layer, 4 layer, 6 layer. Dapat disimpulkan bahwa terdapat perubahan dari banyaknya fasa ferrit dan pearlite dimana lapisan 6 layer paling banyak dengan fasa Ferrit sebesar 33,4% dan fasa Pearlite paling rendah sebesar 66,6%.
- Berdasarkan hasil pengujian impact bahwa dengan melakukan penambahan lapisan serat karbon terhadap pelat Baja ST42 dengan ketebalan 2 layer dapat meningkatkan nilai energi yang terserap. Hal ini terlihat dari nilai rata- rata terkecil terjadi di variasi 2 layer Baja ST42 dengan ketebalan lapisan 4 layer dan 6 layer sehingga semakin tebal lapisan serat karbon semakin besar nilai untuk

mematahkan benda uji. 2 layer serat karbon sebesar 11,85 *Joule/mm<sup>2</sup>* dan energi yang terserap 9,48 Joule. Pada variasi laminasi 4 layer serat karbon mengalami peningkatan sebesar 4,68% menjadi 12,09 *Joule/mm<sup>2</sup>* dengan energi yang terserap sebesar 9,66 Joule, dan pada variasi laminasi 6 layer serat karbon sebesar mengalami peningkatan sebesar 3,59% menjadi 12,62 *Joule/mm<sup>2</sup>* dengan energi sebesar 10,17 Joule. Berdasarkan hasil dari nilai rata-rata energi yang terserap pada Baja ST42 dengan ketebalan lapisan 4 layer dan 6 layer sehingga semakin tebal lapisan serat karbon semakin besar nilai untuk mematahkan benda uji.

- D. Pada pengujian Tarik menunjukkan ketebalan lapisan karbon fiber pada spesimen menyebabkan nilai tegangan semakin meningkat. Dapat dilihat dari nilai rata-rata Tegangan pada spesimen variasi laminasi 2 layer serat karbon 23,62 *Kgf/mm<sup>2</sup>*. Pada spesimen dengan lapisan 4 layer mengalami peningkatan nilai dengan persentase kenaikan 32,98% menjadi 27,13 *Kgf/mm<sup>2</sup>* dan pada spesimen dengan lapisan 6 layer memiliki peningkatan nilai dengan persentase kenaikan 16,80% menjadi 30,38 *Kgf/mm<sup>2</sup>*. Dapat dilihat dari grafik rata-rata nilai tegangan terbesar dihasilkan pada variasi laminasi 6 layer serat karbon yaitu sebesar 30,38 *Kgf/mm<sup>2</sup>*, sedangkan nilai tegangan terkecil dihasilkan pada variasi laminasi 2 layer serat karbon yaitu sebesar 23,62 *Kgf/mm<sup>2</sup>*. Sementara regangan rata-rata pada variasi 2 layer serat karbon sebesar 29,66%, pada variasi 4 layer serat karbon mengalami peningkatan yaitu sebesar 34%, dan pada variasi 6 layer serat karbon juga mengalami peningkatan yaitu sebesar 27%. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah lapisan serat karbon maka elastisitasnya bertambah dan daya tarik yang dihasilkan semakin besar.

## 5 Referensi

- [1] Ermawan, A. A. (2018). Penambahan persentase serat dan jumlah lapisan (1-3) terhadap kekuatan tarik komposit fiberglass-polyester. *Yukalac C-108 B Justus*, 1.
- [2] Farikhin, F. (2016). *Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester Dengan Filler Karbon Aktif dan Karbon non Aktif*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.: UMLibrary.
- [3] Hariyanto, A. (2013). Rekayasa Dan Manufaktur Random Coconut Fiber Composites Bermatrik Epoxy untuk Panel Interior Automotive. *Prosiding SNST*, 3.
- [4] Nofri, M. (2019). ANALISIS KETANGGUHAN ANTARA BAJA ST 37 DAN ST42 DENGAN KETEBALAN DAN VARIASI LAPISAN KARBON FIBER UNTUK KERANGKA MOBIL LISTRIK. *Universitas Tama Jagakarsa*, 1-10.
- [5] Sri Mulyo Bondan Respati, I. K. (2020). Body Mobil dengan Komposit Matriks Fiber Carbon- Honeycomb dan Penguat Resin Lycal. *Jurnal Teknik Mesin*, 1. Susila, D. J. (2021). *Pengaruh Serat Karbin Terhadap Sifat Mekanik Dan Topografi Pada Komposit Bermatriks Polyester BQTN 157*. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung: Doctoral dissertation.
- [6] Umam, A. F. (2019). Studi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Karbon. *JTM*, 1.
- [7] Umam, N. (2015). *ANALISIS UJI IMPACT PADA BAJA ST60 DENGAN VARIASI KETEBALAN LAPISAN KARBON FIBER UNTUK APLIKASI KERANGKA MOBIL LISTRIK*. UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG : Unnes.
- [8] Viktor Naubnome, A. D. (2020). ANALISIS UJI TARIK DAN SIMULASI KEGAGALAN PADA BAJA SS400 DENGAN VARIASI KETEBALAN LAPISAN KARBON FIBER UNTUK APLIKASI KERANGKA MOBIL LISTRIK. *Gorontalo Journal of Infrastructure & Science Engineering*, 2.