



## ANALISIS UJI TARIK DAN SIMULASI KEGAGALAN PADA BAJA SS400 DENGAN VARIASI KETEBALAN LAPISAN KARBON FIBER UNTUK APLIKASI KERANGKA MOBIL LISTRIK

\*Viktor Naubnome<sup>1</sup>, Aldo Dwi Cahyo<sup>2</sup>, Najmudin Fauji<sup>3</sup>, Iwan Nugraha Gusniar<sup>4</sup>  
(1,2,3,4)Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang  
Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Kec. Telukjambe Timur., Kabupaten Karawang, Jawa Barat 41361  
\*E-mail: viktornaubnome@ft.unsika.ac.id

### Abstract

*This study aims to analyze the tensile strength of steel SS400 with carbon fiber layer thickness variation to the application framework of electric cars, as well as proving the existence of an increase in the strength of the material. The method used to collect data in this study is the experimental method. This study uses tensile testing, a test to refine to be paid out starting on 12 specimens with some variation the thickness of the carbon fibers layer. A gluing naturally occurring carbon fiber use resin. The test results show that the yield strength value of steel SS400 with a 1 mm layer of carbon fiber has a strength of 427,435 N/mm<sup>2</sup>, the specimen with a layer of 3 mm carbon fiber has a yield strength value of 606,956 N/mm<sup>2</sup>, and specimens with carbon fiber layer has a thickness of 7 mm yield strength value of 823,230 N/mm<sup>2</sup>, while on the specimen without using carbon fiber layer showed yield strength smallest value is 345,509 N/mm<sup>2</sup>. Carbon fiber layer thickness affects the yield strength value specimens SS400. The thicker the layer is given, the higher the yield strength values obtained. Simulation results of failure based on static test with multiple speed variations, von misses stress value does not exceed the maximum yield strength of material that is owned by the materials in steel material SS400 with this carbon fiber coating well tested for further testing of the resulting minimum safety factor has a good value or more than one value which means that the construction is declared safe or can be further tested.*

**Keywords:** carbon fiber; layer thickness; steel SS400; yield strength; von misses

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis kekuatan tarik baja SS400 dengan variasi ketebalan lapisan karbon fiber untuk aplikasi kerangka mobil listrik, serta membuktikan adanya peningkatan kekuatan pada material. Metode yang digunakan untuk pengumpulan data pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan pengujian tarik. Pengujian dilakukan pada 12 spesimen dengan beberapa variasi ketebalan lapisan karbon fiber. Perakatan serat karbon menggunakan resin. Hasil pengujian tarik memperlihatkan bahwa nilai *yield strength* baja SS400 dengan lapisan serat karbon 1 mm memiliki kekuatan 427,435 N/mm<sup>2</sup>, spesimen dengan lapisan karbon fiber 3 mm memiliki nilai *yield strength* 606,956 N/mm<sup>2</sup>, dan spesimen dengan lapisan karbon fiber ketebalan 5 mm memiliki nilai *yield strength* 823,230 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan pada spesimen tanpa menggunakan lapisan serat karbon menunjukkan nilai *yield strength* yang paling kecil yaitu 345,509 N/mm<sup>2</sup>. Ketebalan lapisan karbon fiber berpengaruh terhadap nilai *yield strength* spesimen baja SS400. Semakin tebal lapisan yang diberikan, maka semakin tinggi pula nilai *yield strength* yang didapat. Hasil Simulasi kegagalan berdasarkan *static test* dengan beberapa variasi kecepatan, nilai *von misses stress* tidak melebihi batas maksimal kekuatan luluh (*yield strength*) yang dimiliki material dalam artian material baja SS400 dengan pelapisan karbon fiber ini layak diuji lebih lanjut begitu pun untuk hasil *safety factor* minimum yang dihasilkan memiliki nilai baik atau nilainya lebih dari satu yang artinya konstruksi dinyatakan aman atau dapat diuji lebih lanjut.

**Kata Kunci :** baja SS400; karbon fiber; ketebalan lapisan; yield strength; von misses

## 1. PENDAHULUAN

Beberapa tahun belakangan ini pertumbuhan jumlah angka penggunaan kendaraan bermotor baik roda dua maupun roda empat semakin meningkat. Sesuai data dari Badan Pusat Statistik, [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id) tentang jumlah kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun 1949-2017 yang mengalami peningkatan dari tahun ketahun [1]. Dengan pertumbuhan penggunaan kendaraan bermotor yang semakin banyak tersebut, maka terjadi pula peningkatan angka konsumsi yang tidak sebanding dengan angka produksi bahan bakar minyak (BBM) yang ada di Indonesia berdasarkan data dari Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi atau biasa disebut BPH Migas [2]. Untuk menekan jumlah konsumsi BBM seiring bertambahnya penggunaan kendaraan bermotor, dibutuhkan sebuah solusi dan salah satunya solusinya adalah penggunaan Mobil listrik [3]. Mobil listrik adalah mobil yang digerakkan dengan motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai [3]. Penggunaan mobil listrik dirasa efektif selain bisa menekan angka penggunaan BBM juga tidak menimbulkan polusi udara dan konstruksi mesin lebih sederhana, tentu pada mobil listrik membutuhkan kerangka yang kuat berfungsi sebagai penopang semua beban yang ada pada kendaraan [4]. Kerangka yang baik juga harus mampu menjaga agar mobil tetap rigid, kaku, dan tidak mengalami bending atau deformasi waktu digunakan.

Dalam penelitian kali ini, material untuk perancangan pembuatan kerangka mobil listrik digunakan baja SS400. Baja ini sering digunakan untuk memenuhi kebutuhan pembuatan struktur rangka baja secara umum. Baja ini sendiri termasuk kedalam golongan logam berat. Adapun langkah untuk mendapatkan material yang ringan dan memiliki karakteristik yang sama dengan material awal, maka penggunaan SS400 pada pembuatan kerangka dikurangi dimensinya. Pengurangan berat adalah satu aspek yang penting dalam industry pembuatan seperti *automobile* dan pesawat terbang, hal ini karena berhubungan dengan penghematan bahan bakar. Selain itu untuk memprediksi ketahanan lelah material terhadap benturan hingga terjadi kegagalan lelah. Pengurangan dimensi material dirasa akan mengurangi kenyamanan dan keamanan, karena semakin kecil dimensi material pada kerangka mobil maka semakin kecil pula kekuatan yang dapat diterima material SS400 tersebut [4].

Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan terobosan baru salah satunya adalah dengan material awal baja SS400 yang dikurangi dimensinya kemudian diberikan perlakuan pelapisan. Pelapisan yang digunakan ialah menggunakan lapisan komposit serat karbon (*Carbon Fiber Reinforced Plate*). *Carbon Fiber Reinforced Plate (CFRP)* menawarkan beberapa keunggulan yang tidak dimiliki oleh baja tulangan. Bahan komposit mempunyai *density* yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan bahan konvensional. Penentuan kekuatan struktur *frame* kendaraan yang bisa dilakukan dalam dunia otomotif antara lain dengan pengujian tarik, selain itu pengujian simulasi dirasa penting guna mengetahui nilai *von misses*, *displacement*, dan *safety factor* dari rangka tersebut dan simulasi menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2015. Sehubungan dengan itu, maka akan dilakukan penambahan lapisan komposit pada material, sehingga diperoleh material dengan karakteristik yang lebih baik dari material utamanya [4]. Berdasarkan uraian diatas, maka akan dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Uji Tarik dan Simulasi Kegagalan pada Baja SS400 dengan Variasi Ketebalan Lapisan Karbon Fiber Untuk Aplikasi Kerangka Mobil Listrik”.

## 2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

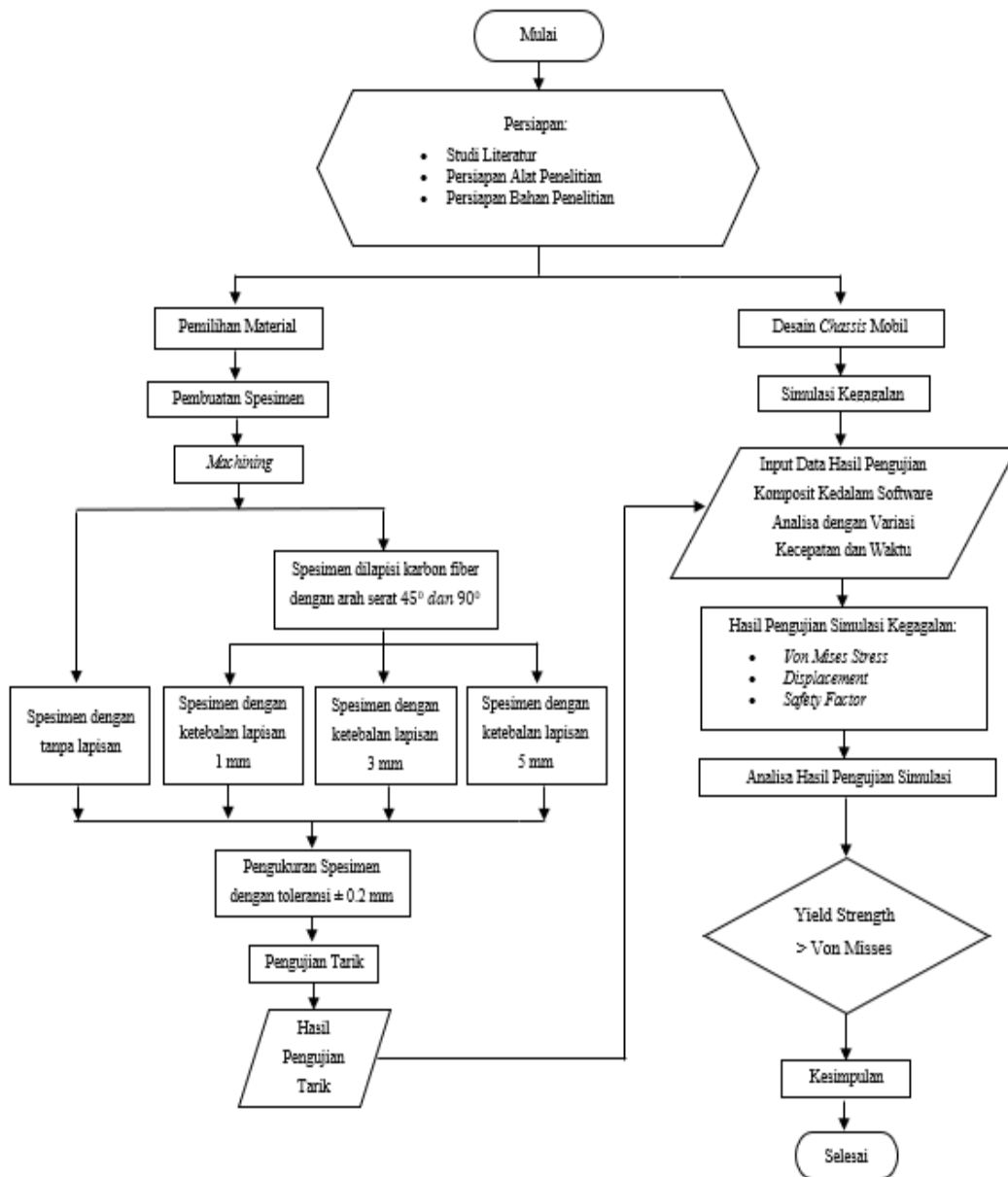
### 2.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Maret sampai Agustus 2019. Tempat yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan spesimen dilaksanakan di Lab. Teknik Mesin UNSIKA.
2. Pengujian Tarik dilakukan di PT. SAGA TEKNINDO SEJATI.
3. Pengujian Simulasi dilakukan di Lab. Teknik Mesin UNSIKA.

### 2.2. Diagram Alir

Ada beberapa tahap yang harus dilakukan dalam kegiatan pengujian ini. Untuk mempermudah dan menghasilkan perhitungan yang akurat, disusun diagram alir sebagai urutan proses yang dilakukan dalam melakukan pengujian tarik. Diagram alir itu ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir

### 2.3. Material

#### 2.3.1. Alat dan Bahan

##### A. Alat Penelitian

Ada beberapa alat yang dibutuhkan agar penelitian ini berjalan dengan baik, antara lain:

1. Mesin Uji Tarik
2. Jangka Sorong
3. Kuas
4. Gelas Plastik
5. Gunting
6. Sarung Tangan
7. Amplas

##### B. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pelat baja SS400
2. Resin Epoxy
3. Hardener
4. Serat Karbon

## 2.4. Metodologi Penelitian

### 2.4.1 Proses Pelapisan

Pada proses ini, perlu diperhatikan arah serat yang akan dilapiskan pada pelat baja karbon SS400, adapun variasi arah serat tersebut adalah  $90^0$  dan  $45^0$  sedangkan variasi ketebalan serat adalah 1 mm, 3 mm, dan 5 mm. Proses pelapisan ini membutuhkan ketelatenan agar menghasilkan fiber yang bagus. adapun langkah-langkahnya adalah [4]:

- Oleskan campuran perekat ke spesimen secara merata pada salah satu bidang spesimen.
- Tempelkan ujung serat karbon dengan arah sudut yang telah dibuat pada spesimen. Tekan serat karbon hingga tertempel dengan spesimen dan tidak ada rongga udara.
- Setelah lapisan pertama tertempel, tempelkan serat kedua yang berbeda arah seratnya dengan sebelumnya.
- Lakukan pada kedua bidang spesimen sampai dengan ketebalan yang diinginkan yaitu 1 mm, 3 mm, 5 mm.
- Tunggu spesimen hingga kering dan spesimen siap diujikan.

Berikut ini adalah gambar tata cara pelapisan dan hasil dari spesimen yang telah selesai dibuat dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Spesimen Hasil Pelapisan

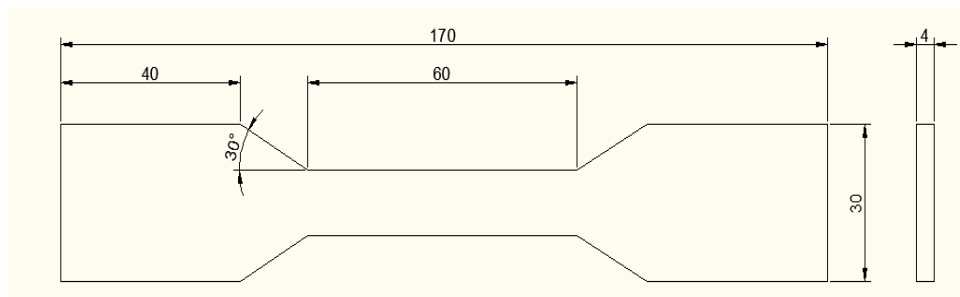
### 2.4.2. Pengujian Tarik

Salah Satu hal yang bisa menyebabkan kegagalan pada elemen sebuah konstruksi mesin adalah beban yang bekerja pada elemen mesin besarnya melebihi kekuatan material. Kekuatan merupakan sifat yang dimiliki oleh setiap material. Kekuatan pada material dibagi menjadi dua bagian yaitu kekuatan tarik dan kekuatan mulur. Kekuatan material bisa diperoleh dari sebuah pengujian yang dikenal dengan nama uji tarik [5].

Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan [6]. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji [7]. Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji. Tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik yang diperoleh dengan membagi beban dengan luas awal penampang melintang benda uji.

### 2.4.3. Spesimen Uji Tarik

Spesimen uji tarik bentuk dan ukurannya sudah terstandar, dalam kasus-kasus tertentu diijinkan memakai bentuk dan ukuran spesimen uji tidak standar. Bentuk dan ukuran spesimen uji terstandar disebut juga spesimen uji proporsional, dan yang tidak terstandar disebut juga spesimen uji non proporsional. Bentuk penampang spesimen uji dapat berbentuk lingkaran atau bentuk segi empat [8]. Dalam penelitian kali ini ukuran spesimen yang digunakan untuk uji tarik merujuk kepada standar JIS Z2201 No. 13B [9]. Gambar spesimen dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Spesimen Uji Tarik

**2.4.4. Pengujian Simulasi**

Pengujian simulasi rangka mobil ini bertujuan untuk mengetahui *von mises stress*, *displacement* dan *safety factor* pada rangka mobil dengan variasi kecepatan dan waktu langkah tumbukan (*step time*) yang berbeda dengan menggunakan software Inventor Profesional 2015. Dalam simulasi ini Rangka harus mendapatkan berupa gaya benturan atau tumbukan. Gaya benturan (*Force*) yaitu perubahan momentum persatuan waktu. Untuk mengetahui gaya benturan yang akan diterima rangka mobil saat benturan terjadi dapat menggunakan persamaan.

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} \dots\dots\dots (1)$$

Simbol F menyatakan gaya benturan yang diterima rangka mobil dalam satuan N, simbol  $\Delta P$  menyatakan perubahan momentum rangka mobil saat terjadi benturan dalam satuan kg.m/s, simbol  $\Delta t$  menyatakan perubahan waktu langkah sentuh (*step time*) dalam satuan s

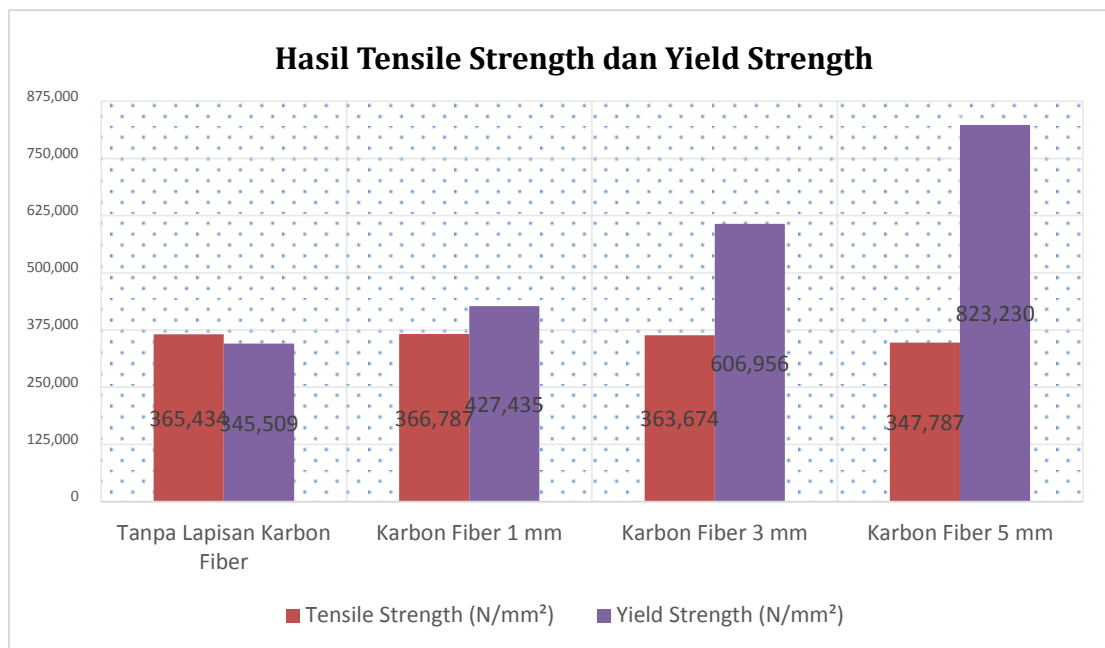
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1. Analisis dan Hasil Pengujian Tarik**

Setelah melakukan pembuatan spesimen uji di laboratorium produksi UNSIKA. Dilanjutkan dengan pengujian tarik di PT. SAGA TEKNINDO SEJATI. Didapat hasil pengujian tarik berupa nilai *yield strength* dan *tensile strength*, namun yang jadi perhatian utama disini ialah pada nilai *yield strength* sendiri karena terjadi perbedaan mencolok antara tiap variasi ketebalan lapisan karbon fiber pada tiap spesimen uji, namun tidak berlaku kepada nilai *tensile strength* yang cenderung sama dari tiap variasi spesimen uji. Hasil uji tarik untuk keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1** Hasil Uji Tarik Keseluruhan

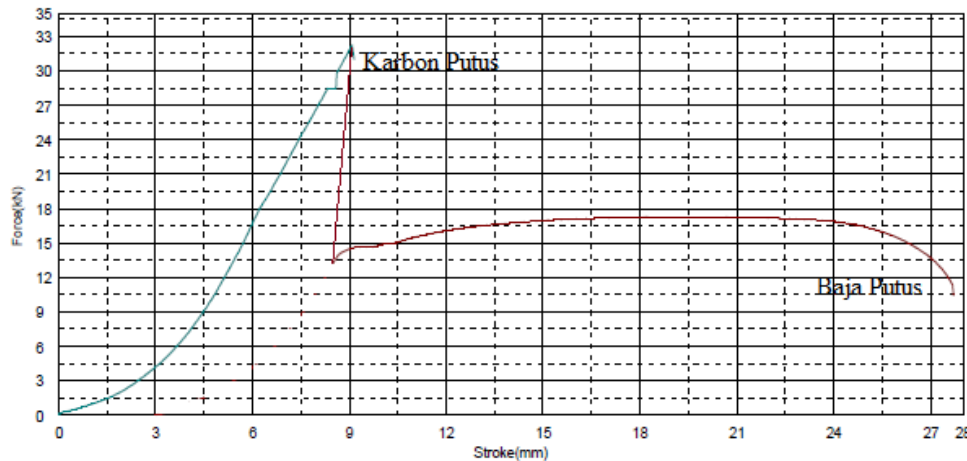
Hasil Uji Tarik Keseluruhan					
No	Spesimen	Beban Maksimum (N)	Yield Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)
1	Tanpa Lapisan Karbon Fiber	17635	345,509	365,293	34,50
2	Dengan Karbon Fiber 1 mm	20612	427,435	366,787	33,20
3	Dengan Karbon Fiber 3 mm	29291	606,956	363,674	33,53
4	Dengan Karbon Fiber 5 mm	39720	823,230	347,787	31,49



**Gambar 4.** Grafik Nilai Tensile Strength dan Yield Strength Keseluruhan

Pada Gambar 4 menunjukkan grafik nilai *tensile strength* yang cenderung menurun pada tiap spesimen yang memiliki ketebalan lapisan karbon yang semakin besar walaupun penurunan itu tidak terlalu signifikan, berbeda dengan nilai hasil *yield strength* dimana semakin tebal variasi lapisan karbon fiber mampu meningkatkan nilai *yield strength* tiap spesimen uji contohnya pada spesimen dengan ketebalan karbon fiber 5 mm mampu mendapatkan nilai *yield strength* sebesar 823,230 (N/mm<sup>2</sup>).

Meningkatnya nilai *yield strength* dan menurunnya nilai *tensile strength* baja SS 400 tentu sangat dipengaruhi oleh lapisan karbon fiber, dimana pada saat pengujian tarik serat karbon hanya mampu menahan kekuatan tarik sampai titik *yield strength* baja SS 400 atau bisa dikatakan karbon fiber putus dititik *yield strength* baja dan tidak putus berbarengan bersama dengan baja. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



**Gambar 5.** Kurva Tegangan – Regangan Hasil Pengujian Tarik

Dilihat pada Gambar 5 ini diambil dari salah satu hasil pengujian yaitu pengujian dengan tebal karbon fiber 3 mm, karena keseluruhan grafik hasil uji tarik dirasa memiliki bentuk yang sama dan hanya berbeda dari besaran nominalnya saja. Terdapat garis biru pada grafik yang menjelaskan terjadinya karbon putus terlebih dahulu sebelum kemudian dilanjutkan dengan garis berwarna merah maroon yang menjelaskan grafik putusnya baja SS 400 tanpa diikuti penarikan karbon fiber yang telah terlebih dahulu putus. Hal ini dapat disebabkan oleh 2 faktor, yang pertama ialah karena perbedaan sifat kedua unsur dimana karbon fiber memiliki sifat getas dan baja SS 400 yang cenderung ulet, untuk faktor yang kedua bisa disebabkan karena media perekat yang berperan sebagai matriks yakni resin epoxy kurang kuat merekatkan antara karbon fiber dengan baja.

**3.2. Hasil Pengujian Simulasi**

Pengujian Simulasi Kegagalan pada *chassis* mobil listrik dilakukan dengan beberapa variasi kecepatan tumbukan, antara lain pada kecepatan 60 km/jam, 80 km/jam dan 100 km/jam yang nantinya guna menghasilkan nilai *F (force)* yang bervariasi untuk mengetahui kekuatan tiap jenis material. Selanjutnya pengujian dilakukan dengan metode simulasi menggunakan *Autodesk Inventor professional 2015* berdasarkan parameter-parameter tertentu.

**3.2.1. Tumbukan Pada Kecepatan 60 km/jam**

**Tabel 2** Hasil Simulasi Dengan Kecepatan 60 Km/Jam

60 KM/JAM				
No	Spesimen	Von Misses (Mpa)	Displacement (mm)	Safety Factor (ul)
1	Tanpa Lapisan Karbon	150,9	0,2557	2,29
2	Karbon Fiber 1 mm	150,8	0,2557	2,83
3	Karbon Fiber 3 mm	151	0,2557	4,02
4	Karbon Fiber 5 mm	150,9	0,2557	5,45

Pada tabel 2 dengan variasi kecepatan 60 km/jam dihasilkan nilai von misses yang cenderung sama dari tiap variasi spesimen dengan nilai rata-rata sebesar 150.9 Mpa dan juga nilai Displacement yang dihasilkan sama dari tiap variasi spesimen yaitu sebesar 0,2557 mm. berbeda dengan nilai von misses dan displacement, nilai safety factor mengalami kenaikan dari tiap variasi spesimen dengan nilai terkecil yang dimiliki baja tanpa

lapisan karbon fiber yaitu 2,29 ul dan nilai terbesar dimiliki oleh spesimen baja dengan ketebalan lapisan karbon fiber 5 mm yaitu 5,45 ul.

### 3.2.2. Tumbukan Pada Kecepatan 80 Km/Jam

**Tabel 3** Hasil Simulasi Dengan Kecepatan 80 Km/Jam

80 KM/JAM				
No	Spesimen	Von Misses (Mpa)	Displacement (mm)	Safety Factor (ul)
1	Tanpa Lapisan Karbon	201,1	0,341	1,72
2	Karbon Fiber 1 mm	201,1	0,341	2,13
3	Karbon Fiber 3 mm	201,4	0,341	3,01
4	Karbon Fiber 5 mm	201,3	0,341	4,09

Pada Tabel 3 dengan variasi kecepatan 80 km/jam dihasilkan nilai *von misses* yang cenderung sama dari tiap variasi spesimen dengan nilai rata-rata sebesar 201,2 Mpa dan juga nilai *Displacement* yang dihasilkan sama dari tiap variasi spesimen yaitu sebesar 0,341 mm. berbeda dengan nilai *von misses* dan *displacement*, nilai *safety factor* mengalami kenaikan dari tiap variasi spesimen dengan nilai terkecil yang dimiliki baja tanpa lapisan karbon fiber yaitu 1,72 ul dan nilai terbesar dimiliki oleh spesimen baja dengan ketebalan lapisan karbon fiber 5 mm yaitu 4,09 ul.

### 3.2.3. Tumbukan Pada Kecepatan 100 Km/Jam

**Tabel 4** Hasil Simulasi Dengan Kecepatan 100 Km/Jam

100 KM/JAM				
No	Spesimen	Von Misses (Mpa)	Displacement (mm)	Safety Factor (ul)
1	Tanpa Lapisan Karbon	251,4	0,4262	1,37
2	Karbon Fiber 1 mm	251,5	0,4262	1,7
3	Karbon Fiber 3 mm	251,6	0,4262	2,41
4	Karbon Fiber 5 mm	251,6	0,4262	3,27

Pada Tabel 4 dengan variasi kecepatan 100 km/jam dihasilkan nilai *von misses* yang cenderung sama dari tiap variasi spesimen dengan nilai rata-rata sebesar 251,5 Mpa dan juga nilai *Displacement* yang dihasilkan sama dari tiap variasi spesimen yaitu sebesar 0,4262 mm. berbeda dengan nilai *von misses* dan *displacement*, nilai *safety factor* mengalami kenaikan dari tiap variasi spesimen dengan nilai terkecil yang dimiliki baja tanpa lapisan karbon fiber yaitu 1,37 ul dan nilai terbesar dimiliki oleh spesimen baja dengan ketebalan lapisan karbon fiber 5 mm yaitu 3,27 ul.

## 3.3. Analisis Pengujian Simulasi

Setelah dilakukan pengujian simulasi dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2015, didapatkan tiga nilai dari tiap masing-masing variasi spesimen dan variasi tumbukan pada simulasi yaitu nilai *von misses*, *displacement* dan *safety factor*. Dimana nilai tersebut nantinya akan menjadi parameter apakah material tersebut dikatakan layak atau tidak, berikut penjelasan hasil dari ketiga nilai tersebut secara keseluruhan:

### 3.3.1. Von Misses

Tegangan *von misses* digunakan untuk memprediksi produksi material di bawah pembebanan kompleks dari hasil uji tarik uniaksial [10]. Material dikatakan gagal apabila tegangan *von misses* melebihi nilai *yield strength* yang dimiliki oleh material [12]. Berikut hasil dari pengujian simulasi dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

**Tabel 5** Hasil Nilai Von Misses

No	Spesimen	Tumbukan (Km/Jam)	Yield Strength (Mpa)	Von Misses (Mpa)	Keterangan
1	Tanpa Lapisan Karbon	60	345,509	150,9	Berhasil
		80	345,509	201,1	Berhasil
		100	345,509	251,4	Berhasil
2	Karbon Fiber 1 mm	60	427,435	150,8	Berhasil
		80	427,435	201,1	Berhasil
		100	427,435	251,5	Berhasil

3	Karbon Fiber 3 mm	60	606,956	151	Berhasil
		80	606,956	201,4	Berhasil
		100	606,956	251,6	Berhasil
4	Karbon Fiber 5 mm	60	823,230	150,9	Berhasil
		80	823,230	201,3	Berhasil
		100	823,230	251,6	Berhasil

Dari Tabel 5 menyatakan bahwa seluruh variasi spesimen dinyatakan “berhasil” karena nilai *von misses* tidak melebihi nilai *yield strength*, dan semakin tebal karbon fiber maka nilainya semakin baik.

### 3.3.2. Displacement

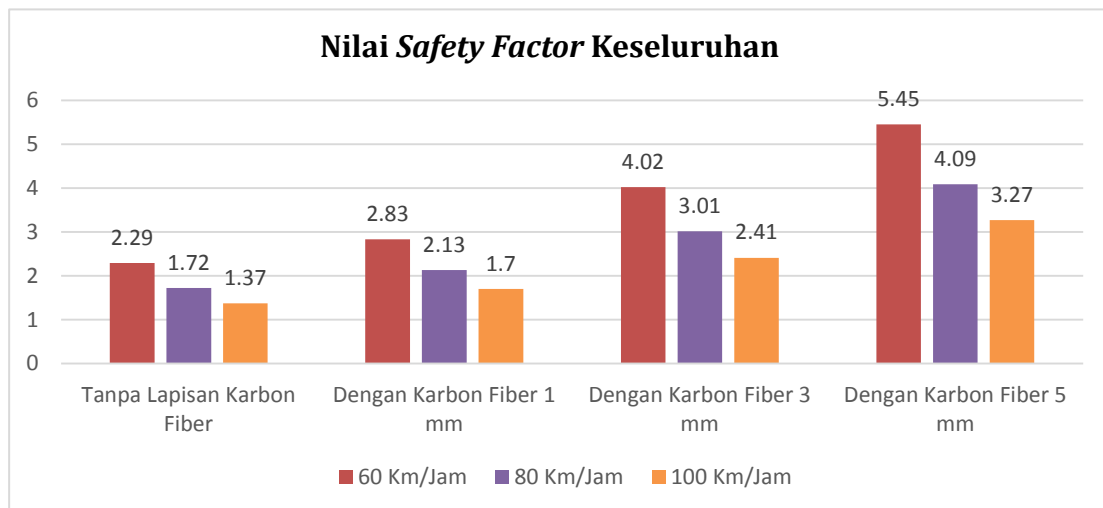
Hasil yang ditunjukkan oleh Tabel 2, 3 dan 4 menunjukkan hasil yang sama dari tiap variasi spesimen yakni, pada simulasi kecepatan 60 km/jam nilai *displacement* maksimal yaitu 0,2557 mm, pada simulasi kecepatan 80 km/jam nilai *displacement* maksimal yaitu 0,341 mm dan terakhir pada simulasi kecepatan 100 km/jam nilai *displacement* maksimal yaitu 0,4262 mm. Berdasarkan hasil tersebut, nilai pertambahan panjang (*displacement*) setiap variasi kecepatan yang dihasilkan kecil yaitu memiliki perbedaan perubahan panjang antara 0,1 sampai 0,2 mm. Semakin besar *displacement* yang terjadi, material tersebut akan lunak. Namun sebaliknya, jika *displacement* yang terjadi kecil, maka material tersebut adalah material yang kuat yang mampu menerima dan menahan beban (*force*) yang besar.

### 3.3.3. Safety Factor

Faktor keamanan (*safety factor*) yang diperbolehkan ialah ketika nilai *safety factor* mampu lebih dari 1 agar desain dapat diterima (kurang dari 1 berarti ada beberapa deformasi permanen). Berikut hasil dari pengujian simulasi dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6 Hasil Nilai Safety Factor

No	Spesimen	Tumbukan (Km/Jam)	Nilai Safety Factor (ul)	Nilai Yang Diizinkan (ul)	Keterangan
1	Tanpa Lapisan Karbon	60	2,29	>1	Aman
		80	1,72	>1	Aman
		100	1,37	>1	Aman
2	Karbon Fiber 1 mm	60	2,83	>1	Aman
		80	2,13	>1	Aman
		100	1,7	>1	Aman
3	Karbon Fiber 3 mm	60	4,02	>1	Aman
		80	3,01	>1	Aman
		100	2,41	>1	Aman
4	Karbon Fiber 5 mm	60	5,45	>1	Aman
		80	4,09	>1	Aman
		100	3,27	>1	Aman



Gambar 6. Grafik Nilai Safety Factor Keseluruhan



Dari tabel 6 dan Gambar 6 menyatakan bahwa seluruh variasi spesimen dinyatakan “aman” karena nilai *safety factor* dari tiap spesimen memiliki nilai diatas nilai yang diizinkan yakni 1, dan semakin tebal karbon fiber maka nilai *safety factor* semakin baik.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian penulis dengan judul “Analisis Uji Tarik dan Simulasi Kegagalan pada Baja SS400 dengan Variasi Ketebalan Lapisan Karbon Fiber untuk Aplikasi Kerangka Mobil Listrik” dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ketebalan lapisan karbon fiber pada spesimen menyebabkan nilai *yield strength* baja SS400 semakin meningkat. Terlihat bahwa nilai rata-rata *yield strength* spesimen tanpa lapisan karbon fiber sebesar 345,509 N/mm<sup>2</sup>. Pada spesimen dengan lapisan 1 mm nilai *yield strength* nya naik 23,71% menjadi 427,435 N/mm<sup>2</sup>. Pada spesimen dengan lapisan 3 mm nilai *yield strength* nya naik 41,99% menjadi 606,956 N/mm<sup>2</sup>. Pada spesimen dengan lapisan 5 mm nilai *yield strength* nya naik 35,63% menjadi 823,230 N/mm<sup>2</sup>.
2. Hasil Simulasi kegagalan berdasarkan *static test* dengan kecepatan 60 km/jam, 80 km/jam dan 100 km/jam nilai *von misses stress* tidak melebihi batas maksimal kekuatan luluh (*yield strength*) yang dimiliki material dalam artian material baja SS400 dengan pelapisan karbon fiber ini layak diuji lebih lanjut. Kemudian untuk hasil *displacement* yang terjadi kecil yaitu memiliki perbedaan perubahan panjang antara 0,1 mm sampai 0,2 mm yang artinya jika *displacement* yang terjadi kecil, maka material tersebut adalah material yang kuat yang mampu menerima dan menahan beban (*force*) yang besar. Untuk hasil *safety factor* minimum dinyatakan di atas atau lebih dari satu yang artinya kontruksi dinyatakan aman atau dapat diuji lebih lanjut.

##### 2.5 Saran

Adapun saran untuk penelitian ini sebagai berikut:

1. Agar didapat kepadatan merata pada setiap sisi serat, dalam pembuatan spesimen yaitu pada pelapisan komposit diperlukan dan diperhatikan penekanan campuran resin pada saat penekanan serat.
2. Pada penelitian ini semua spesimen mengalami *debonding* (lepasnya lekatan antara lapisan karbon fiber dengan *raw materials*) di daerah yang dimana mengalami deformasi pada saat pengujian tarik, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi masalah ini, misalnya mengganti proses pembuatan komposit dengan cara *hand layup manual* dengan cara yang lebih baik, seperti *vacuum infusion* dan lainnya, agar dapat melekat dengan baik atau mengganti material perekatnya dengan yang lebih kuat lagi.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variasi pengujian yang lain seperti uji bending, dan lainnya atau juga dengan penambahan variasi pada saat pengujian simulasi dengan cara lainnya menggunakan *software* yang sama ataupun berbeda.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://bps.go.id>. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis. Tahun 1949-2017. <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>. Akses 4 April 2019.
- [2] <http://bphmigas.go.id>. Konsumsi BBM Nasional Pertahun, Tahun 2006-2017. <http://www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional>. Akses 4 April 2019.
- [3] Sigit J, Purnomo.dkk. 2017. Uji Eksperimental Kinerja Mobil Listrik. *Prosiding SNATIF*. Volume 4:679-686. Universitas Tidar. Magelang.
- [4] Umam, Nasrul. 2015. Analisa Uji *Impact* Pada Baja ST60 Dengan Variasi Ketebalan Lapisan Karbon Fiber Untuk Aplikasi Kerangka Mobil Listrik. (Skripsi). Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- [5] Modul Praktikum Pengujian Tarik. *Modul Praktikum*. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta 2010.
- [6] Dieter, G. Terjemahan oleh Sriati Djaprie. 1987. *Metalurgi Mekanik*. Jilid 1. Edisi ketiga. Jakarta : Erlangga.
- [7] Davis, H.E., Troxell, G.E., Wiskocil, C.T., 1955, *The Testing and Inspection of Engineering Materials*, McGraw Hill Book Company, New York, USA.
- [8] Budiman, Haris. 2016. Analisis Pengujian Tarik (*Tensile Test*) Pada Baja ST37 Dengan Alat Bantu Ukur Load Cell. *Jurnal J-Ensitac*. Volume 3. No 1:9-13. Universitas Majalengka. Majalengka.
- [9] *Japanese Industrial Standars (JIS)*. JIS Z2201 No 13B.