

Pengaruh Kombinasi Serat Karbon-Serat Sabut Kelapa Terhadap Kekuatan *Impact* dan *Bending* pada Aplikasi Helm Sepeda Motor

Fajar Andi Nugroho ^{1*}, Mohamad Hakam ², Widya Emilia Primaningtyas ³

Program Studi D4 Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*,2,3}

Email: fajarandinugroho75@gmail.com^{1*}; m_hakam@ppns.ac.id²; widyaemilia@ppns.ac.id³

Abstract – Coconut coir fiber is a fiber derived from coconut shell waste which has economic value, is easy to process and easy to develop for the environmentally friendly composite industry, especially for motorcycle helmets. Carbon fiber is a synthetic fiber made of polyacrylonitrile, a study was conducted to see the response of variations in coconut fiber and carbon fiber layers on the impact and bending strength of composites used for motorcycle helmet applications. The use of synthetic carbon fiber in this composite provides several advantages including high tensile strength, relatively lighter weight, and low thermal expansion so that when combined with natural fibers, in this case coconut fiber, it will increase its structural strength. In this study, the bending strength of 50.765 MPa and impact strength of 0.038 J/mm² were produced. The two highest values from each of these tests were obtained from the composite composition using 3 layers of carbon fiber and 2 layers of coconut fiber.

Keyword: Bending test, Carbon Fiber, Coconut Fiber, Composite, Impact test

Nomenclature

J/mm^2	satuan kekuatan impact
MPa	satuan kekuatan bending
G	Satuan percepatan gravitasi
□	sudut awal bandul
□	sudut akhir bandul
J	energi impact
L	panjang spesimen
b	lebar spesimen bending
h	tebal spesimen bending
F(N)	gaya yang diberikan pada spesimen

1. PENDAHULUAN

Pada abad ke-17 helm diciptakan untuk melindungi kepala seorang prajurit ketika berperang dan terbuat dari bahan besi yang tebal, pada masa ini fungsi helm sebatas sebagai alat perang saja. Seiring berkembangnya teknologi helm yang awalnya terbuat dari besi lambat laun dibuat dari bahan yang lebih mudah dicetak yaitu *polimer polypropylene*. Pada abad 21 kepedulian masyarakat terhadap bahan ramah lingkungan semakin bertambah, maka dikembangkanlah suatu produk komposit yang berbahan dasar dari serat alam. Biaya produksi komposit serat alam yang rendah dibanding komposit sintetis menjadi perhatian utama sebagai pengembangan material baru yang ramah lingkungan, salah satunya adalah serat sabut kelapa.

Bahan alternatif yang berasal dari serat alam salah satunya adalah sabut kelapa, dikenal sebagai tanaman yang sangat mudah didapatkan dan memiliki banyak manfaat karena hampir seluruh bagian kelapa dapat diolah atau dimanfaatkan oleh manusia. Dengan demikian, kelapa dianggap sebagai tanaman serbaguna oleh penduduk, dan secara ekonomi, tanaman kelapa telah digunakan sebagai bahan pokok dalam bisnis

mereka oleh pengrajin. Pada penelitian kali komposit diuji dengan memvariasikan komposisi seratnya. Serat alam yang digunakan adalah serat kelapa. Diharapkan penelitian ini akan berkontribusi pada pengembangan industri bahan komposit yang diperkuat serat alam dan lebih meningkatkan kemungkinan produksi sumber daya alam dari serat alam. Digunakan untuk produk yang memiliki nilai jual yang sangat tinggi di masyarakat.

Serat sabut kelapa merupakan serat yang berasal dari limbah tempurung kelapa yang memiliki nilai ekonomis dan mudah diolah serta mudah dikembangkan bagi industri komposit ramah lingkungan khususnya untuk bahan pembuatan helm sepeda. Material ini merupakan material penguat komposit yang masih baru dan jarang ditemukan penggunaannya, maka penulis tertarik untuk meneliti respon material komposit serat sabut kelapa.

Serat karbon merupakan suatu serat sintetis yang terbuat dari polyacrylonitrile, maka pada penelitian ini penulis ingin melihat respon penambahan serat karbon pada pembuatan helm dari bahan serat sabut kelapa.

Penggunaan serat karbon sebagai penguat pada komposit serat sabut kelapa-serat karbon, serat karbon memiliki beberapa keuntungan diantaranya kekuatan tarik tinggi, berat yang lebih ringan, dan ekspansi termal yang rendah sehingga ketika dipadukan dengan serat kelapa akan menambah kekuatan strukturnya.

Pada penelitian ini, untuk mengetahui apakah material bisa digunakan untuk pembuatan helm dan layak digunakan sebagai pelindung kepala maka dilakukanlah pengujian mekanik. Uji mekanik dilakukan dengan 2 metode, yaitu impact dan bending. Uji mekanis impact digunakan untuk mengetahui apakah material bisa menahan beban kejutan dengan gaya tertentu, sedangkan uji bending dilakukan untuk

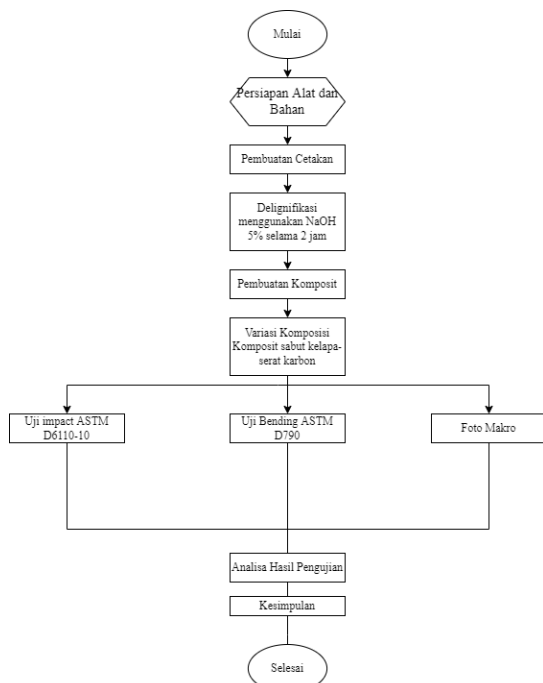
mengetahui apakah komposit ini cukup lentur untuk dicetak menjadi spesimen maupun helm itu sendiri.

Inti dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan uji impact dan uji bending terhadap sifat mekanik serat sabut kelapa-serat karbon, menunjukkan bahwa material komposit ini dapat dimanfaatkan pada industri khususnya untuk pembuatan helm sepeda motor, dan untuk menambah nilai ekonomis dari serat sabut kelapa itu sendiri.

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui metode pembuatan spesimen bending dan impact dengan metode hand lay up, untuk mengetahui kekuatan impact komposit, dan mengetahui nilai kekuatan bending komposit.

2. METODOLOGI

Tahapan penelitian dilakukan berdasarkan diagram alir di bawah ini agar penelitian lebih terarah sesuai dengan tujuan.



Gambar 1 Flowchart Penelitian

2.1 Persiapan Alat dan Bahan

a. Alat

1. Mesin Uji Impact

Mesin ini merupakan alat utama untuk melakukan pengujian impact pada spesimen komposit. Pada penelitian ini, mesin uji impact yang digunakan milik Politeknik Negeri Malang yang mempunyai panjang lengan sebesar 62 cm dan beban bandul sebesar 8,1 kg.

2. Mesin Uji Bending

Mesin ini merupakan alat utama untuk melakukan pengujian bending pada spesimen komposit. Pada penelitian ini, mesin uji bending yang digunakan milik Politeknik Negeri Malang dengan merek Tarno Grocki yang mempunyai kapasitas sebesar 100 kN.

b. Bahan

1. Serat Karbon

Material serat karbon digunakan untuk *reinforcement* pada komposit. Serat karbon yang digunakan berjenis 200 GSM.

2. Sabut Kelapa

Sabut kelapa digunakan untuk *reinforcement* yang dipadukan dengan serat karbon pada komposit.

2.2 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen pada penelitian ini mengacu pada standar ASTM, baik pada uji bending dan uji impact. Uji impact mengacu pada standar ASTM D6110-10 dan uji bending pada ASTM D790. Serat kelapa yang digunakan untuk pembuatan spesimen telah melalui proses delignifikasi selama 120 menit dengan NaOH 5% untuk mengurangi kandungan ligninnya.

2.3 Variasi Komposisi Komposit

Pada penelitian ini digunakan 4 variasi komposisi komposit, seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1: Variasi Lapisan

No.	Komposisi Lapisan	
	Serat Karbon	Sabut Kelapa
1 (A1)	0	5
2 (A2)	1	4
3 (A3)	2	3
4 (A4)	3	2

2.4 Pengolahan Data

Data hasil pengukuran dan pengujian dianalisis menggunakan metode ANOVA *One-way*. Perumusan hipotesis melalui ANOVA dituliskan dengan H1 dan H0, dimana:

H1 = perlakuan berpengaruh terhadap respon.

H0 = perlakuan tidak berpengaruh terhadap respon.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

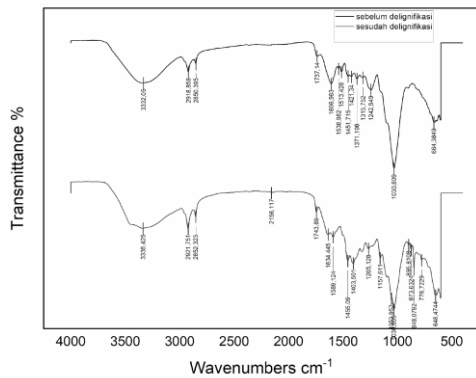
3.1 Pengambilan Data

Sebelum dilakukannya pembuatan spesimen impact dan bending, dilakukan proses delignifikasi untuk menghilangkan kandungan lignin pada serat kelapa. Proses delignifikasi juga memberikan pengaruh terhadap penurunan massa jenis serat kelapa, berikut tabel perbandingan massa jenis sebelum dan sesudah delignifikasi.

Tabel 2 Perbandingan Massa Jenis Sabut Kelapa

Waktu delignifikasi	Massa jenis (ρ)
0 menit	2 gr/mL
120 menit	0,74 gr/mL

Untuk mengetahui penurunan kandungan senyawa organik termasuk lignin, dilakukannya uji FTIR. Berikut merupakan gambar grafik dan tabel kandungan senyawa organik uji FTIR.



Gambar 2 Grafik perbandingan FTIR sebelum dan sesudah delignifikasi

Tabel 3 Puncak Wavenumber FTIR

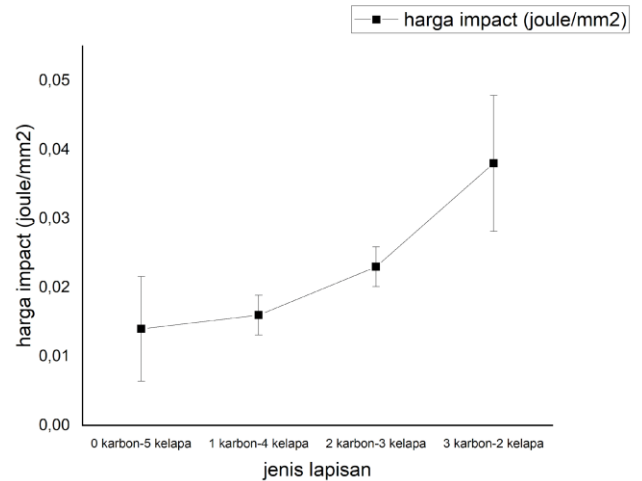
Ikatan kimia	Interval serapan (cm ⁻¹)	Sebelum delignifikasi	Delignifikasi 120 menit
-CH ₂	650 - 1000	664	648,47
C-O	1000 - 1300	1030,80	1030,80
-CH ₃	1375 - 1450	1421,34	1403,50
C=C	1450 - 1600	1606,96	1589,12
C-H	2850 - 3000	2918,85	2921,75
-OH	3300 - 3400	3332,05	3335,42

Pada hasil uji FTIR, Gugus fungsi C=C berada pada puncak wavenumber 1450 – 1600 menunjukkan lignin pada sabut kelapa yang mengalami penurunan nilai kandungan dengan dilakukannya proses delignifikasi dimana pada sebelum delignifikasi menunjukkan puncak gelombang 1606,96 cm⁻¹ kemudian puncak gelombang 1589,12 cm⁻¹ setelah delignifikasi selama 120 menit. Dari analisa yang dilakukan terhadap proses delignifikasi, masih terdapat gugus C=C namun dengan nilainya yang sudah berkurang. Proses delignifikasi yang dilakukan dapat dikatakan berhasil, karena tidak menghilangkan kandungan lignin seluruhnya namun hanya mengurangi kandungan lignin sebagian pada sabut kelapa.

Setelah dilakukannya delignifikasi dan pembuatan spesimen, pengujian dilanjutkan dengan pengujian impact dan bending. Dari dua pengujian tersebut diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil uji Impact

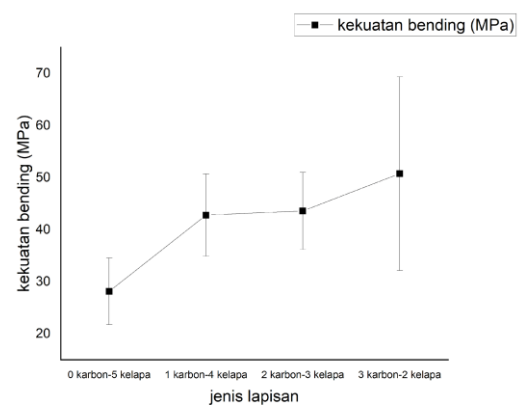
No.	Penandaan variasi	Jenis takik	Lokasi takik	α (°)	β (°)	E	Kekuatan Impact (J)	Rata-rata (J/mm ²)	Jenis pataha
1	A1	V Notch	Center	30	26	1,613	0,020	0,014	Getas
				30	27	1,229	0,015	±	Getas
				30	29	0,423	0,005	0,00759	Getas
2	A2	V Notch	Center	30	27	1,229	0,015	0,016	Getas
				30	27	1,229	0,015	±	Getas
				30	26	1,613	0,020	0,00288	Getas
3	A3	V Notch	Center	30	25	1,983	0,025	0,023	Getas
				30	25	1,983	0,025	±	Getas
				30	26	1,613	0,020	0,00288	Getas
4	A4	V Notch	Center	90	86	3,433	0,043	0,038	Getas
				60	55	3,621	0,045	±	Getas
				60	57	2,197	0,027	0,00986	Getas



Gambar 3 Grafik rata-rata hasil uji impact

Tabel 5 Hasil uji bending

No.	Variasi	Hasil Bending (MPa)	
		Repetisi	Rata-Rata
1	A1 (0 KARBON-5 SABUT KELAPA)	20,286	28,158 ± 6,4
		28,158	
		36,031	
2	A2 (1 KARBON-4 SABUT KELAPA)	34,516	42,792 ± 7,9
		40,269	
		53,591	
3	A3 (2 KARBON-3 SABUT KELAPA)	48,747	43,6 ± 7,4
		49,051	
		33,002	
4	A4 (3 KARBON-2 SABUT KELAPA)	30,883	50,765 ± 18,6
		45,719	
		75,694	



Gambar 4 Grafik rata-rata hasil uji bending

Berdasarkan hasil pengujian impact dan bending, didapatkan hasil yang terbesar pada komposisi A4 (3 serat karbon-2 serat kelapa).

3.2 Pengolahan Data

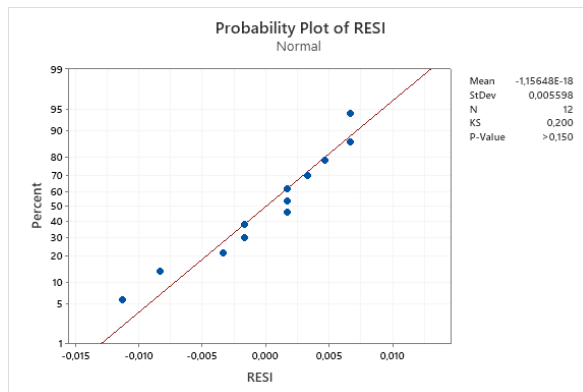
Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan analisis statistik ANOVA. Terdapat dua jenis ANOVA yaitu *one way* ANOVA dan *two way* ANOVA, dikarenakan hanya ada satu variabel bebas yang

mempengaruhi penelitian ini maka dipilihlah jenis *one way* ANOVA.

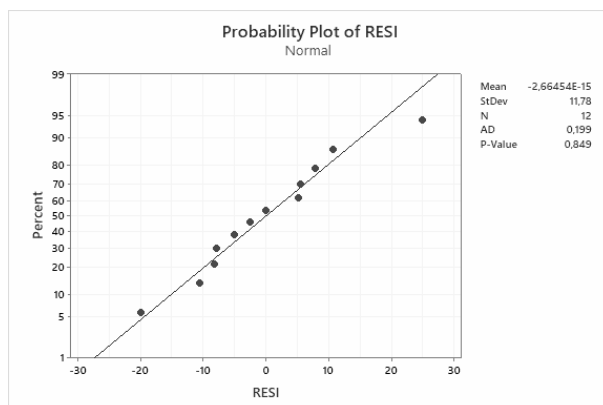
Terdapat 2 hipotesis awal yang telah dibuat, berikut adalah kedua hipotesa awal tersebut:

- a. H_0 = Sampel berasal dari populasi yang terdistribusi normal
- b. H_1 = Sampel berasal dari populasi yang tidak terdistribusi normal

Selanjutnya dilakukan uji normalitas pada residual dengan menggunakan *software* Minitab. Di bawah ini adalah gambar hasil uji normalitas kekuatan *bending* dan harga *impact*.



Gambar 5 Uji normalitas harga *impact*



Gambar 6 Uji normalitas kekuatan *bending*

Tabel 6 P-Value uji normalitas

Jenis Uji Material	P-Value
<i>Bending</i>	0,849
<i>Impact</i>	0,150

Kesimpulan dapat diketahui dengan membandingkan nilai P-Value dengan nilai signifikansi ($\alpha=0,05$). Apabila nilai P-Value lebih besar dari nilai signifikansi, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, apabila nilai P-Value lebih kecil dari nilai signifikansi maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan uji gambar 4.10 dan 4.11, nilai P-Value yang didapat lebih besar dari nilai signifikansi ($\alpha=0,05$) yakni sebesar 0,150 dan 0,849, sehingga H_0 diterima. Dapat disimpulkan bahwa sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Setelah dilakukannya uji normalitas, hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa sampel uji berasal dari populasi yang terdistribusi secara normal. Data telah memenuhi syarat untuk dilakukannya analisis *one way* ANOVA. Berikut merupakan hipotesis awal untuk kekuatan *bending*:

1. H_0 = Variasi lapisan komposit serat karbon-sabut kelapa tidak mempengaruhi hasil pengujian *bending*.
2. H_1 = Variasi lapisan komposit serat karbon-sabut kelapa mempengaruhi hasil pengujian *bending*.

Lalu hipotesis awal untuk pengujian *Impact*:

1. H_0 = Variasi lapisan komposit serat karbon-sabut kelapa tidak mempengaruhi uji *impact*.
2. H_1 = Variasi lapisan komposit serat karbon-sabut kelapa mempengaruhi uji *impact*.

Berikut merupakan tabel yang menunjukkan hasil *one way*

Tabel 7 One Way ANOVA *Bending*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Variasi Lapisan	3	809,4	269,8	1,41	0,308
Error	8	1526,2	190,8		
Total	11	2335,6			

Tabel 8 One Way ANOVA *Impact*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Variasi Lapisan	3	0,001106	0,000369	8,56	0,007
Error	8	0,00345	0,000043		
Total	11	0,001451			

Nilai signifikansi yang digunakan pada uji ANOVA ini adalah sebesar 0,05. Berdasarkan tabel 4.8 yang menguji ANOVA terhadap kekuatan *bending*, P-Value bernilai 0,308 yang mana lebih besar dari nilai signifikansi yang hanya 0,05. Dengan begitu H_0 diterima dan H_1 ditolak, yang artinya penambahan serat karbon tidak memengaruhi kekuatan *bending*. Untuk ANOVA harga *impact* didapatkan nilai P-Value sebesar 0,007, ini berarti lebih kecil dari nilai signifikansi yang sebesar 0,05. Dengan begitu H_0 ditolak H_1 diterima, sehingga penambahan serat karbon berpengaruh terhadap harga *impact*.

Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan serat karbon memberikan pengaruh yang tidak signifikan terhadap kekuatan *bending*, sedangkan untuk harga *impact* penambahan serat karbon memiliki pengaruh terhadap harga *impact* yang terus naik seiring dengan penambahan serat karbon.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan spesimen *impact* dan *bending* dilakukan pada komposisi 20% : 80% (serat : matriks) sesuai dengan dimensi standar pengujian ASTM D6110-10 dan ASTM D790 berturut-turut dengan menggunakan metode *hand lay-up*, seiring dengan penambahan lapisan serat karbon dan penurunan

jumlah lapisan sabut kelapa dapat meningkatkan harga *impact*. Variasi lapisan dengan harga *impact* tertinggi terjadi pada variasi dengan 3 lapis serat karbon dan 2 lapis sabut kelapa dimana, harga *impact* tertinggi diperoleh sebesar $0,038 \pm 0,00986 \text{ J/mm}^2$. Komposit dengan harga *impact* tertinggi dapat diaplikasikan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan helm yang memenuhi SNI 1811:2007 perihal penerapan standar wajib helm pengendara roda dua., dan dengan penambahan lapisan serat karbon dapat meningkatkan nilai kekuatan bending. Variasi lapisan dengan kekuatan bending tertinggi terjadi pada variasi dengan 3 lapis serat karbon dan 2 lapis sabut kelapa, dimana kekuatan bending yang diperoleh sebesar $50,765 \pm 18,6 \text{ MPa}$.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada keluarga, dosen pembimbing, rekan-rekan Teknik Desain dan Manufaktur angkatan 2018, serta teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan secara moril dan materiil dalam penyelesaian tugas akhir.

7. PUSTAKA

- [1] Dwipayana, I Made Agung. 2020. Analisa Uji Tarik dan Impak Komposit Penguat Karbon, Campuran Epoxy-Karet Silikon 30%, 40%, 50%, Rami, Kenaf Matrik Epoxy. Jurusan Teknik Mesin. Institut Teknologi Nasional Malang, Malang.
- [2] Hardiansyah, Fery. 2019. Pembuatan Helm Sepeda Motor Menggunakan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.
- [3] Purba, Fabri Yohannes. 2018. STUDI EKSPERIMENTAL KETANGGUHAN STRUKTUR HELM SEPEDA MATERIAL POLIMER BUSA KOMPOSIT DIPERKUAT SERAT SERABUT KELAPA DENGAN METODE IMPAK JATUH BEBAS. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [4] Susila, Dedhe Jumriladin Putra. 2021. PENGARUH SERAT KARBON TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN TOPOGRAFI PADA KOMPOSIT BERMATRIKS BQTN 157. Tugas Akhir. Politeknik Manufaktur Bangka Belitung, Bangka Belitung.
- [5] Wibisono, Tri Pungkas. 2021. ANALISIS PENGUJIAN TARIK SPESIMEN HELM SEPEDA MOTOR BAHAN KOMPOSIT MENGGUNAKAN SERAT SABUT KELAPA. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.
- [5] Pramono, Gatot Eka dan Sutisna, Setya Permana. 2017. PERBANDINGAN KARAKTERISTIK SERAT KARBON ANTARA METODE MANUAL LAY-UP DAN VACUUM INFUSION DENGAN PENGGUNAAN FRAKSI BERAT SERAT 60%. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor
- [6] Callister, William D dan David G. Rethwisch. MATERIAL SCIENCE AND ENGINEERING 10th EDITION. Iowa: University of Iowa.
- [7] Harijono dan Purwanto, Hengki. (2017). Analisis Keakuratan Hasil Uji Impact dengan Metode Izod dan Charpy.
- [8] Supriyatna, Ari & Solihin, Yudi M. (2018). Pengembangan Komposit Epoxy Berpenguat Serat Nanas untuk Aplikasi Interior Mobil.
- [9] Badan Standarisasi Nasional. 2007. Standar Nasional Indonesia 1811-2007. Indonesia.
- [10] Bagus Tri Mulyo & Heri Yudiono (2018), Analisis kekuatan impak pada komposit serat daun nanas untuk bahan dasar pembuatan helm SNI, Jurnal Kompetensi Teknik, Vol. 10, No. 2, November.
- [11] Nugroho, Joko Ade (2018), Aplikasi Komposit Epoxy -HGM- Sisal 90o Woven Sebagai Material Sungkup Helm yang Mampu Menahan Penetrasi dan Beban Impact, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Page 80.
- [12] Annual Book of ASTM Standard, 2010, ASTM D6110-10 Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [13] Annual Book of ASTM Standard, 2017, ASTM D790 Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA.