

## BAB IV

### PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA

#### 4.1 Pengolahan Data

Setelah melaksanakan pengujian tarik dan impact pada spesimen komposit di Laboraturium Pengujian Material ITN Malang, kemudian data tersebut diolah dengan menggunakan rumus sesuai pada teori di Bab II.

#### 4.2 Data Hasil Pengujian Tarik

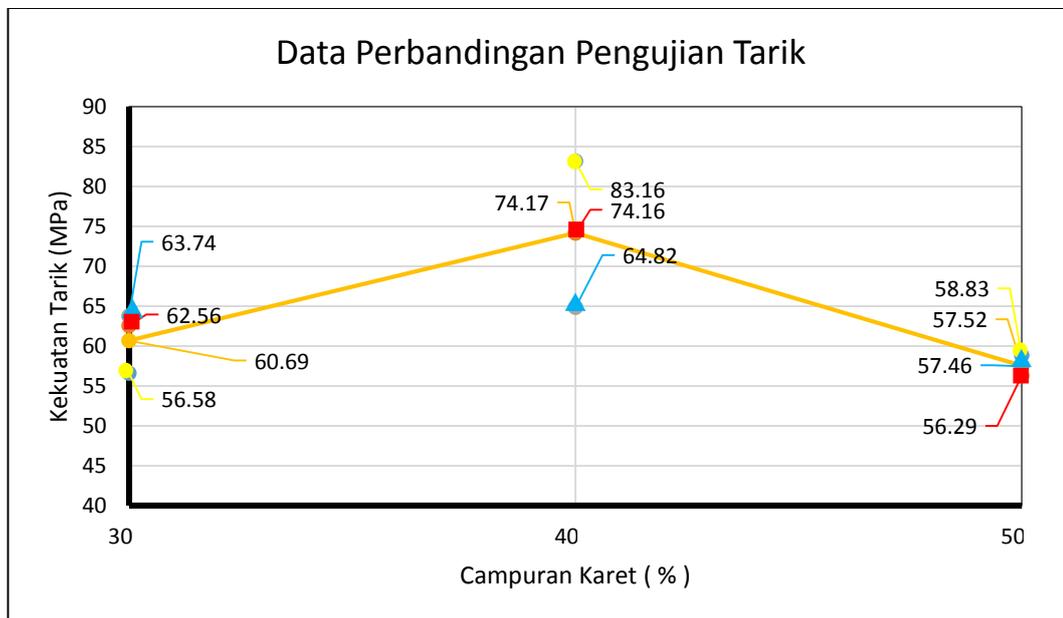
Tabel 4.1 Data Hail Pengujian Tarik

no	Variasi penguat (campuran karet)	Tebal carbon kevlar (mm)	Tebal epoxy-karet (mm)	Tebal anyaman kawat (mm)	Tebal anyaman rami (mm)	Area (A) mm <sup>2</sup>	Gaya (Kgf)	Kekuatan tarik (MPa)
1	<b>30 %</b>	2	2	3	3	231	1335	56,58
2		2	2	3	3	231	1476	62,56
3		2	2	3	3	231	1502	63,74
Rata-rata								<b>60,96</b>
1	<b>40%</b>	2	2	3	3	231	1959	83,16
2		2	2	3	3	231	1757	74,16
3		2	2	3	3	231	1529	64,82
Rata-rata								<b>74,17</b>
1	<b>50 %</b>	2	2	3	3	231	1387	58,83
2		2	2	3	3	231	1327	56,29
3		2	2	3	3	231	1354	57,46
Rata-rata								<b>57,52</b>

Tabel 4.2 Rata-rata Kekuatan Tarik Tiap Spesimen

No	Variasi penguat (campuran karet)	Kekuatan Tarik (MPa)
1	30 %	60,69
2	40 %	74,17
3	50 %	57,52

Grafik 4.1 Data Perbandingan Kekuatan Tarik Tiap Spesimen



Keterangan : ● Spesimen Uji Tarik 1      —●— Rata-rata Kekuatan Tarik  
 ■ Spesimen Uji Tarik 2  
 ▲ Spesimen Uji Tarik 3

#### 4.2.1 Pembahasan Dan Analisa Pengujian Tarik

Serat merupakan suatu material yang sangat penting dalam pembuatan komposit. Serat berfungsi sebagai penguat (reinforcement) dalam matriks, serat juga berfungsi sebagai pengubah atau penambah sifat mekanis dari suatu material komposit namun sifat-sifat bawaan dari matriks maupun serat masih tetap utuh dan tidak melebur seperti halnya logam. Namun dalam penelitian kali ini, penguat yang digunakan bukan

hanya serat alam maupun sintetis, melainkan juga menggunakan matrik epoxy yang dicampur menggunakan silicon rubber dengan persentase tertentu yang diaplikasikan sebagai penguat yang ditempatkan dengan metode laminasi komposit. Dikarenakan sifat silicon rubber yang elastis, maka ditambahkan epoxy untuk mendapatkan material penguat yang kuat namun agak lentur. Pada grafik 4.1 Menunjukkan bahwa material komposit dengan tambahan penguat campuran karet dan epoxy dengan persentase karet 30% memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 60,96 MPa. Kemudian pada penambahan persentase karet sebesar 40% mengalami kenaikan kekuatan rata-rata menjadi 74,17 MPa. Dan pada persentase 50% karet kekuatan rata-rata komposit kembali turun menjadi 57,52 MPa.

Bila dilihat dari data grafik yang tertera diatas, dapat dikatakan bahwa persentase campuran karet 40% memiliki kekuatan tarik terbesar dibandingkan dengan persentase karet 30% dan 50%. Dan persentase campuran karet 40% memiliki elongitas terkecil sebesar 19%. Sedangkan elongitas terbesar terdapat pada campuran karet 50% dengan elongitas sebesar 25%. Sehingga bisa dikatakan bahwa semakin besar persentase kandungan karet maka kekuatan tarik material semakin menurun sedangkan elongitas material meningkat dikarenakan sifat karet yang ulet bila kandungannya semakin banyak. Akan tetapi dalam data hasil pelaksanaan pengujian tarik yaitu pada data hasil pengujian spesimen campuran epoxy-karet dengan persentase karet 30% yang dimana pada persentase 30% kekuatan tariknya lebih kecil yaitu 60,96 MPa dibandingkan dengan dengan persentase 40% karet dengan kekuatan tariknya sebesar 74,17 MPa. Hal ini bertentangan dengan data hasil pengujian yang dilakukan oleh Wayan Sujana, I Komang Astana Widi (2013) yang di dalam kesimpulan hasil pengujian tarik penelitiannya menyatakan bahwa “Kekuatan tarik (Tensile Strenght) komposit semakin menurun seiring bertambahnya fraksi volume karet putih pada matrik, sedangkan regangan (elongation) meningkat”. Hal ini dapat terjadi

dikarenakan pada saat proses pengujian tarik, material tidak putus dengan sempurna (putus sebagian).

#### 4.2.2 Pembahasan Hasil Patahan Spesimen Uji Tarik



Gambar 4.1 Lokasi Patahan Spesimen Uji Tarik



Gambar 4.2 Patahan Uji Tarik Persentase 30%, 40% dan 50 Karet



( A ). Permukaan anyaman Kawat SS304

( B ). Permukaan penguat Campuran epoxy-karet

Gambar 4.3 Permukaan Antar Lapisan Penguat Yang Mengalami Debonding. A). Permukaan anyaman kawat SS304. B). Permukaan penguat campuran Epoxy-karet

Gambar 4.2 Merupakan patahan pada spesimen pengujian tarik. Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa terjadi kecacatan pada spesimen uji tarik saat dilakukan pengujian dimana saat spesimen ditarik terjadi fenomena debonding. Debonding merupakan mekanisme lepasnya ikatan interface antar material penyusun komposit saat terjadi pembebanan dan terkelupasnya serat atau penguat dari matriks. Hal ini disebabkan ikatan antar muka (interfacial bonding) yang lemah antara serat dan matriks. Kondisi ikatan antar serat dan matrik yang lemah apabila diberi beban tarik, ikatan antara serat dan matrik mudah terlepas atau mengalami debonding sebelum dapat mendistribusikan beban pada penguat secara sempurna dan mengurangi performa komposit secara keseluruhan (Hapsoro, D.S.,2010). Cacat debonding dapat dilihat pada gambar 4.2 yang terjadi pada ikatan antar muka antara penguat campuran epoxy-karet dengan anyaman kawat ss304. Cacat debonding pada komposit terjadi karena delaminasi. Delaminasi adalah kegagalan struktur pelapisan komposit yang disebabkan oleh dua lapisan yang mengelupas akibat beban gaya yang diterima lebih besar dibandingkan dengan gaya lekat antar lapisan (Sinta, 2019). Sehingga sebelum gaya yang diterima oleh rami dan penguat campuran epoxy-karet diteruskan ke anyaman kawat, lapisan rami dan penguat campuran epoxy-karet mengalami putus terlebih dahulu sebelum gaya tersebut dapat diteruskan ke anyaman kawat dan serat karbon kevlar. Pada gambar 4.3 (B), menunjukkan permukaan atau interface antara anyaman kawat dengan penguat campuran epoxy-karet. pada permukaan penguat campuran epoxy-karet dapat dilihat bahwa permukaan penguat tersebut tidak memiliki celah atau pori sehingga matriks tidak bisa masuk untuk mengikat penguat tersebut.

Tabel 4.3 Perbandingan Kekuatan Tarik Antar Serat

No	Serat / Penguat	Kekuatan Tarik (MPA)
1	Karbon Kevlar	3620
2	Anyaman kawat SS304	620
3	Rami	931

Dari gambar 4.1 sampai 4.3 dapat dilihat bahwa kawat SS304 DAN serat karbon tidak mengalami putus dikarenakan kekuatan tarik serat karbon kevlar memiliki kekuatan tarik yang lebih besar dibandingkan dengan serat rami, anyaman kawat SS304 juga tidak tidak mengalami patah walaupun kekuatannya lebih kecil dibandingkan dengan serat rami (tabel 4.3) dikarenakan masih menyatunya anyaman kawat dengan karbon kevlar sehingga kekuatan tarik yang lemah pada kawat dapat diisi oleh serat karbon kevlar.

Dari berbagai pemaparan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan bahwa pengujian tarik yang telah dilakukan pada material komposit dengan penguat campuran epoxy-karet kurang maksimal dikarenakan berbagai hal seperti adanya void pada lapisan anyaman kawat pada gambar 4.3 (A), adanya material yang patah tidak sempurna atau tidak berbarengan (cacat delaminasi) atau terpisah (debonding). Debonding pada komposit laminasi juga dipengaruhi oleh gaya lekat penguat dengan matriks. Kawat SS304 merupakan logam dan memiliki permukaan yang halus sehingga matrik epoxy memiliki daya lekat atau (adhesi) yang kecil pada kawat SS304. Daya lekat juga dipengaruhi oleh kekasaran material sehingga semakin kasar suatu bahan, maka koefisien gesekan akan tinggi, dan adhesi juga akan meningkat (Hersyamsi, 2005). Dari hal tersebut, dibutuhkan preparasi permukaan pada material untuk mendapatkan permukaan yang kasar dan juga untuk menghilangkan karat, minyak, lemak dan pengotor lainnya. Dengan permukaan material yang bersih dan kasar maka zat lapis diharapkan dapat melekat dengan baik. (Finanda, F. 2010). Daya lekat yang kurang baik antara epoxy dengan anyaman kawat SS304 dikarenakan kawat yang digunakan dalam pembuatan material komposit tidak melalui proses preparasi permukaan. Sehingga data hasil pengujian tidak sesuai dengan ketentuan yang dimana pengujian tarik merupakan pengujian merusak (destructive) dimana

spesimen atau objek yang akan diujikan sampai material tersebut mengalami kerusakan sepenuhnya (Bayu, 2016).

### 4.3 Data Hasil Pengujian Impact

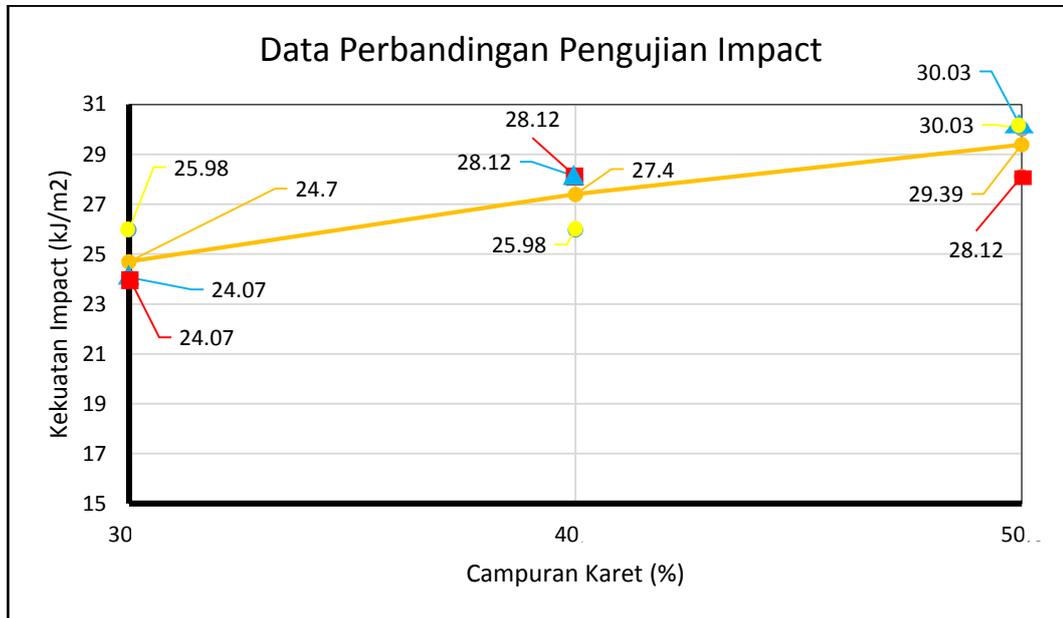
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Impact

no	Variasi penguat (campuran karet)	Tebal carbon kevlar (mm)	Tebal epoxy-karet (mm)	Tebal anyaman kawat (mm)	Tebal anyaman rami (mm)	Luas mm <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$	Energi (Joule)	HI (kJ/m <sup>2</sup> )
1	30 %	2	2	3	3	80	45	34	2,079	25,98
2		2	2	3	3	80	45	35	1,926	24,07
3		2	2	3	3	80	45	35	1,926	24,07
Rata-rata										<b>24,70</b>
1	40%	2	2	3	3	80	45	34	2,079	25,98
2		2	2	3	3	80	45	33	2,250	28,12
3		2	2	3	3	80	45	33	2,250	28,12
Rata-rata										<b>27,40</b>
1	50 %	2	2	3	3	80	45	32	2,403	30,03
2		2	2	3	3	80	45	33	2,250	28,12
3		2	2	3	3	80	45	32	2,403	30,03
Rata-rata										<b>29,39</b>

Tabel 4.5 Rata-rata Kekuatan Impact Tiap Spesimen

	Variasi penguat (campuran karet)	Harga Impact (HI) (kJ/m <sup>2</sup> )
1	30 %	24,70
2	40 %	27,40
3	50 %	29,39

Grafik 4.2 Data Perbandingan Kekuatan Impact Tiap Spesimen



Keterangan : ● Spesimen Uji Impact 1    ● Rata-rata HI  
 ■ Spesimen Uji Impact 2  
 ▲ Spesimen Uji Impact 3

#### 4.3.1 Pembahasan Dan Analisa Pengujian Impact

Pada grafik 4.2 Merupakan data hasil pengujian impact material komposit dengan matriks epoxy berpenguat serat rami, anyaman kawat, serat karbon kevlar dan campuran epoxy-karet dengan variasi persentase karet silicon 30%,40% dan 50%. Pada persentase 30% karet silicon harga impact (HI) rata-rata yang didapatkan yaitu sebesar 24,70 KJ/m<sup>2</sup>. Kemudian pada variasi persentase karet silicon sebanyak 40%, HI mengalami peningkatan dengan rata-rata HI sebesar 27,40 kJ/m<sup>2</sup>. Dan data rata-rata harga impact (HI) terbesar terdapat pada komposit dengan penguat campuran epoxy-karet dengan persentase karet 50% sebesar 29,39 kJ/m<sup>2</sup>. Dari data hasil penelitian data dari grafik, dapat dipaparkan bahwa HI terbesar terdapat pada komposit dengan penguat campuran epoxy-karet dengan persentase karet sebesar 50% (29,39 kJ/m<sup>2</sup>). Sedangkan HI terkecil dari data hasil penelitian dan grafik terdapat pada

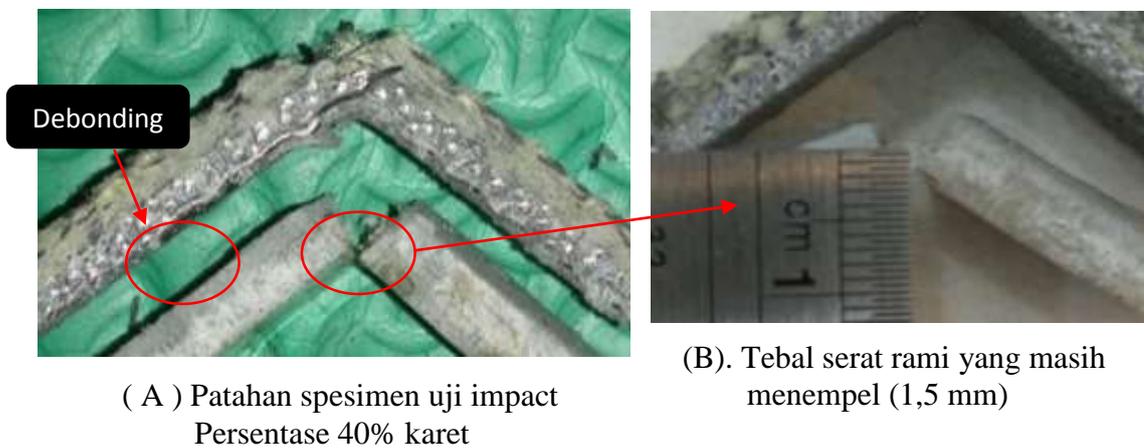
komposit berpenguat campuran epoxy-karet dengan persentase sebesar 30% (24,70 kJ/m<sup>2</sup>).

Dari data hasil pengujian impact dan data dari grafik yang telah dipaparkan diatas, dapat dikatakan bahwa semakin besar variasi persentase penambahan karet pada penguat campuran epoxy-karet maka HI yang didapat akan semakin besar. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh I Wayan Sujana, I Komang Astana Widi (2013). Yang dalam penelitiannya menyatakan bahwa “Semakin banyak fraksi volume karet putih yang ditambahkan, kekuatan impact komposit semakin meningkat”. Walaupun konteks dalam penelitian dapat dibilang berbeda, namun material yang digunakan sama yaitu material campuran epoxy-karet silicon dan yang membedakannya adalah dalam pengaplikasiannya dan persentase penambahan karet silicon rubbernya. Oleh karena itu maka semakin besar persentase volume karet yang ditambahkan maka kekuatan spesimen akan semakin meningkat karena campuran epoxy-karet akan semakin lentur sehingga campuran epoxy-karet dapat lebih lama atau lebih banyak menahan impact dari bandul sebelum gaya tersebut diteruskan ke anyaman kawat dan serat karbon kevlar. Setelah benda uji patah bandul berayun kembali. Makin besar energi yang diserap, makin rendah ayunan kembali dari bandul. (Altari ,S.M. 2016). Dibandingkan dengan persentase karet yang lebih sedikit yang membuat campuran epoxy-karet lebih getas. Dalam penelitian yang dilakukan oleh I Wayan Sujana, I Komang Astana Widi (2013). Terdapat pernyataan yang menyebutkan bahan yang mempunyai titik transisi gelas tinggi apabila dikopolimerkan dengan bahan serupa karet mempunyai titik transisi gelas rendah, kekuatan impaknya lebih baik.

### 4.3.2 Pembahasan Hasil Patahan Pengujian Impact.



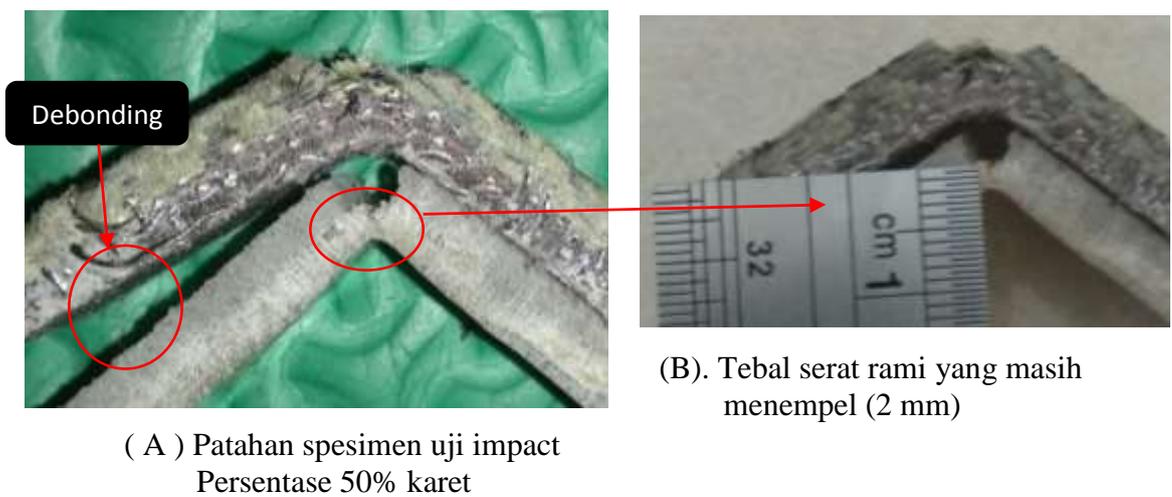
Gambar 4.4 Patahan Spesimen Uji Impact Persentase 30% Karet



( A ) Patahan spesimen uji impact  
Persentase 40% karet

(B). Tebal serat rami yang masih  
menempel (1,5 mm)

Gambar 4.5 Patahan Spesimen Uji Impact Persentase 40% Karet. A). Patahan spesimen uji impact Persentase 40% karet. B). Tebal serat rami yang masih menempel (1,5 mm).



( A ) Patahan spesimen uji impact  
Persentase 50% karet

(B). Tebal serat rami yang masih  
menempel (2 mm)

Gambar 4.6 Patahan spesimen uji impact Persentase 50% karet A). Patahan spesimen uji impact Persentase 50% karet. B). Tebal serat rami yang masih menempel (2 mm).

Pada gambar 4.4 Merupakan patahan dari spesimen komposit dengan penguat serat rami, karbon kevlar, anyaman kawat dan campuran epoxy-karet dengan persentase karet 30%. Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pengujian impact, spesimen mengalami patah keseluruhan pada penguat serat rami dan campuran epoxy-karet. Dari gambar tersebut pula dapat kita lihat bahwa serat rami dan campuran epoxy-karet dapat menyatu dan tidak lepas. Namun penguat campuran epoxy-karet dan serat rami mengalami patah keseluruhan yang dapat dilihat pada gambar 4.4. hal tersebut terjadi karena spesimen dengan penguat campuran epoxy-karet dengan persentase 30% karet memiliki Harga Impact paling kecil dibandingkan dengan spesimen dengan persentase karet 40% dan 50%.

Pada gambar 4.5 Merupakan patahan dari spesimen komposit dengan penguat serat rami, karbon kevlar, anyaman kawat dan campuran epoxy-karet dengan persentase karet 40%. dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pengujian impact, spesimen mengalami patah pada penguat serat rami dan campuran epoxy-karet. namun masih ada serat rami yang masih melekat dengan ketebalan 1,5 mm yang dapat dilihat pada gambar 4.5 (B). Serat yang rami yang masih menempel pada patahan disebabkan karena penambahan persentase karet sebesar 40% pada penguat campuran epoxy-karet memiliki Harga Impact yang lebih besar dibandingkan dengan penguat dengan persentase 30% karet

Pada gambar 4.6 Merupakan patahan dari spesimen komposit dengan penguat serat rami, karbon kevlar, anyaman kawat dan campuran epoxy-karet dengan persentase karet 40%. dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pengujian impact, spesimen mengalami patah pada penguat serat rami dan campuran epoxy-karet. namun masih ada serat rami yang masih melekat dengan ketebalan 2 mm yang dapat dilihat pada gambar 4.6 (B). Serat yang rami yang masih menempel pada patahan disebabkan karena penambahan persentase karet sebesar 50% pada penguat campuran

epoxy-karet memiliki Harga Impact yang lebih tinggi dibandingkan dengan penguat dengan persentase 30% dan 40% karet karena Semakin banyak fraksi volume karet putih yang ditambahkan, kekuatan impact komposit semakin meningkat. (Sujana.W., Widi.I.K.A.,2013). Komposit serat yang memiliki tenaga patah yang lebih tinggi dan lebih ulet ditandai dengan banyaknya serat yang masih menyatu atau menempel pada spesimen pengujian impact (Prabowo, L. 2007).

Dari gambar patahan spesimen pengujian impact, dapat dilihat bahwa semua spesimen rata-rata mengalami debonding pada antar muka (interface) antara penguat campuran epoxy-karet dengan anyaman kawat karena kawat SS304 merupakan logam dan memiliki permukaan yang halus sehingga matrik epoxy memiliki daya lekat (adhesi) yang kecil pada kawat SS304. Dan daya lekat (adhesi) yang rendah juga terdapat pada interface antara penguat campuran epoxy-karet dengan anyman kawat karena bentuk penguat campuran epoxy-karet berupa lempengan dan tidak adanya celah-celah masuknya matriks resin epoxy ke lempengan penguat campuran epoxy-karet tersebut. Daya lekat juga dipengaruhi oleh kekasaran material sehingga semakin kasar suatu bahan, maka koefisien gesekan akan tinggi, dan adhesi juga akan meningkat (Hersyamsi, 2005).

Tabel 4.6 Perbandingan Elongation at Break Antar Serat

No	Sserat / Penguat	Elongation at Break (%)
1	karbon	1,7
2	kawat	70
3	rami	12

Pada gambar 4.4 Sampai 4.6 dapat dilihat juga bahwa anyaman kawat SS304 dan karbon kevlar tidak mengalami patah dan masih menyatu karena sifat kawat yang memiliki keuletan yang tinggi dibandingkan dengan serat rami (tabel 4.6) sehingga sifat getas pada serat karbon kevlar dapat diperbaiki oleh anyaman kawat menjadi lebih ulet sehingga tujuan

dibentuknya material komposit dapat tercapai seperti untuk memperbaiki sifat mekanis (Nariyoh, N. 2013).

Hubungan kekuatan tarik (tensile strength) dengan kekuatan impact (impact strength) adalah, Jika *Ultimate Tensile Strength* semakin tinggi maka *Impact Strength* akan semakin rendah. Sedangkan jika *Elongation* semakin tinggi maka *Impact Strength* juga akan semakin tinggi (Sadino., Fajarin., Mukti, A.S., 2019)

Dari penjelasan tentang patahan yang terjadi pada tiap spesimen uji impact maupun uji tarik, maka dapat dikatakan bahwa lepasnya ikatan (debonding) antara penguat hasil camparan epoxy-karet dengan anyaman kawat. Hal tersebut terjadi karena daya lekat (adhesi) epoxy sebagai pengikat antara penguat campuran epoxy-karet dengan anyaman kawat memiliki daya lekat yang rendah sehingga perlu dilakukan penelitian lanjut tentang daya lekat epoxy dengan material-material pembentuk komposit laminasi.