

ANALISA PENGARUH CAMPURAN KARET PADA MATRIKS EPOXY DALAM KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT KARBON DAN SERAT KAPUK TERHADAP SIFAT MEKANIK

I Komang Gede Sastrawan

Jurusan Teknik Mesin S-1, FTI – Institut Teknologi Nasional
Malang e-mail: komangsastrawan79@gmail.com

ABSTRAK

Pesatnya perkembangan dunia industri manufaktur di era modern seperti sekarang ini menimbulkan adanya tuntutan untuk mengembangkan penggunaan material yang ramah lingkungan dan mudah untuk di produksi, kuat, ringan, murah dan tahan lama, misalnya seperti penggunaan material pengisi (*filler*) serat alami maupun serat sintetis. Maka dari itu penulis saat ini ingin mengembangkan sifat mekanis dari komposit yang biasanya menggunakan matrik poliester dan akan menggunakan matrik epoxy yang diharapkan mampu melebihi kekuatan maupun sifat *poliester*, resin ini juga memiliki ketahanan aus dan ketahanan kejut yang lebih baik bila dibandingkan dengan resin yang lain, selain itu resin epoxy juga mempunyai modulus tinggi, ketahanan thermal dan chemical resistant (Hartomo, 1996). Dalam *experimen* kali ini penulis akan menggunakan serat dan material yaitu serat karbon dan serat kapuk dengan matrik epoxy campur karet dengan menggunakan metode hand lay-up. Setelah penulis membuat spesimen dengan persentase karet 15%, 30%, dan tanpa karet lalu dilakukan pengujian impak dan uji tarik yang dilaksanakan di LAB Teknik Mesin kampus 2 ITN Malang yang beralamat di JL. Raya Karanglo KM.2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65153 dan mendapatkan hasil uji impak tertinggi pada campuran karet silikon 0% yaitu sebesar 0,0260 Joule/mm² dan hasil uji tarik mendapatkan nilai tertinggi pada capuran 0% karet yaitu sebesar 13,09 Kgf/mm²

Kata kunci : Campuran karet, karbon, kapuk, uji impak, uji tarik

PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan dunia industri manufaktur di era modern seperti sekarang ini menimbulkan adanya tuntutan untuk mengembangkan penggunaan material yang ramah lingkungan dan mudah untuk di produksi, kuat, ringan, murah dan tahan lama, misalnya seperti penggunaan material pengisi (*filler*) serat alami maupun serat sintetis. Dalam usaha pencarian peningkatan performa material tersebut maka para ilmuwan terutama berkaitan dengan ilmu bahan, insinyur, dan peneliti selalu melakukan usaha untuk menghasilkan suatu material yang baru yang berbasis material yang sudah ada. Salah satu contoh dari pengembangan atau penelitian tersebut adalah bahan komposit.

Pada dasarnya material komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi suatu bentuk unit mikroskopik yang berbeda dan sifat yang beda pula atau gabungan antara serat dan matrik. Saat ini bahan komposit yang digabung dengan kekakuan spesifik maka akan mendapatkan hasil yang sesuai dengan kebutuhan dan kegunaannya.

Komposit banyak digunakan pada peralatan atau perlengkapan militer karena memiliki sifat yang berbeda dan bisa di sesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya dan tidak dapat ditemukan pada

material lainnya apabila berdiri sendiri. Komposit pada umumnya terdiri dari bahan utama (*matriks*) dan bahan penguat (*filler*) dan terkenal ringan dan kuat dibandingkan dengan logam.

Pada umumnya bahan komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih dari tiga bahan yang memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya (Surdia dan Saito, 1999), yang akan menghasilkan sifat material yang mempunyai sifat lebih baik dari material- material sebelumnya

Maka dari itu penulis saat ini ingin mengembangkan sifat mekanis dari komposit yang biasanya menggunakan matrik poliester dan akan menggunakan matrik epoxy yang diharapkan mampu melebihi kekuatan maupun sifat *poliester*, resin ini juga memiliki ketahanan aus dan ketahanan kejut yang lebih baik bila dibandingkan dengan resin yang lain, selain itu resin epoxy juga mempunyai modulus tinggi, ketahanan thermal dan chemical resistant (Hartomo, 1996). Dalam *experimen* kali ini penulis akan menggunakan serat dan material yaitu serat karbon dan serat kapuk dengan matrik epoxy campur karet dengan menggunakan metode hand lay-up.

Dari permasalahan yang muncul dalam penelitian ini, agar tidak menimbulkan masalah yang menyimpang jauh dari tujuan penelitian maka diperlukan batasan masalah. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Matrik yang digunakan adalah epoxy campur karet
2. Jenis serat yang digunakan yaitu serat karbon dan serat kapuk
3. Menggunakan dua variasi persentase campuran karet 15% dan 30%, serta tanpa campuran karet sebagai data pendukung
4. Menggunakan serat semaksimal mungkin sesuai dengan dimensi spesimen standar pengujian tarik dan impak serta menggunakan matrik seminimal mungkin
5. Pengujian yang dilakukan antara lain: Uji tarik, Uji impak, Uji makro
6. Proses pengerjaan produk adalah dengan menggunakan cara .

Tinjauan Pustaka

Komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih dari tiga bahan yang memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya (Surdia dan Saito, 1999). Pada definisi yang lebih mendalam khususnya dalam istilah *engineering* komposit didefinisikan berdasarkan tingkat dari definisinya. Pada *elemental* atau tingkat dasar, dimana molekul dan sel kristal masih tunggal, semua material tercampur dari dua atau lebih atom yang berbeda dapat dianggap sebagai komposit. Pada definisi ini komposit terdiri dari campuran, baik itu logam campuran, polimer ataupun campuran keduanya (Schwartz, 1992).

1. Serat

Salah satu unsur penyusun bahan komposit adalah serat. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik lainnya. Serat inilah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja pada bahan komposit.

2. Karet Silikon (*silikon rubber*)

Karet silikon / *silikon rubber* adalah jenis polimer sintetik yang memiliki fungsi dan kelebihan yang sangat istimewa, hal ini disebabkan karena karet silikon / silikon rubber memiliki beberapa sifat fisik yang tidak ditemukan pada jenis polimer sintetik / karet sintetik lainnya.

3. Matriks (Resin Epoxy)

Resin *epoxy* memperlihatkan tipe khusus polieter yang dipreparasi melalui reaksi polimerisasi tahap antara *epoksida* dan senyawa *dihidroksida*, biasanya *bisfenol*. Tampak bahwa suatu *diepoksida* mungkin diperlukan untuk membentuk polimer, tetapi pada prakteknya *epiklorohidrin* paling umum dipakai karena bereaksi dengan cara suatu *diepoksida*.

4. Karbon

Serat karbon merupakan bahan yang sangat tipis yang terdiri dari serat dan sebagian besar terdiri dari karbon atom. Atom karbon berada sejajar dengan panjang serat dan terikat bersama di dalam satu kristal mikroskopis. Beberapa ribu serat karbon tersusun menjadi sebuah benang, yang pada akhirnya akan dapat dibentuk anyaman atau kain. Serat karbon dapat digunakan sebagai penguat pada material komposit dikarenakan memiliki *weight-to-strength* yang baik dikarenakan kepadatan yang rendah jika dibandingkan dengan baja. Sifat serat karbon seperti kekuatan tarik tinggi, berat jenis rendah, dan ekspansi dikarenakan panas yang rendah sangat cocok bila diaplikasikan pada material otomotif dan luar angkasa

5. Serat Kapuk

Serat Kapuk Secara fisik memiliki tekstur licin, halus dan tidak elastis. Dinding serat sangat tipis, melenting dan berlemak bagian luarnya. Kualitas serat dipengaruhi oleh berbagai factor antara lain umur serat dalam buah, kondisi buah, warna, aroma, keutuhan serat dan kadar air yang terkandung (Setiadi, 1983).

6. Pencetakan tangan (*hand lay-up*)

Proses ini dilakukan dengan cara menuang resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Aplikasi : pembuatan kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin.

METODELOGI PENELITIAN

1. Alat, bahan dan penelitian
 - a. Mesin bor
 - b. Mesin gerinda
 - c. Gergaji halus
 - d. Kunci pas ring
 - e. Gunting
 - f. Kikir segitiga
 - g. Cetakan spesimen
 - h. Kuas
 - i. Gelas takar
 - j. Spet
 - k. Lap kain
 - l. Sarung tangan
 - m. Gelas plastik
 - n. Sendok
 - o. Timbangan gram digital
 - p. Jangka sorong
 - q. Mistar baja
- Bahan
 - a. Cling wrap
 - b. Wax
 - c. Serat karbon
 - d. Serat kapuk
 - e. Epoxy
 - f. Karet silikon

Proses pembuatan

1. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan yaitu, cetakan akrilik, serat karbon kevlar, dan serat kapuk yang sudah dipotong sesuai dengan ukuran cetakan.
2. Bersihkan dan lapisi cetakan dengan *cling wrap* serta lapisi cetakan dengan silikon murni secara merata agar specimen mudah dilepas dari cetakan.
3. Membuat campuran matriks *epoxy* dengan perbandingan karet silikon 0% dan *epoxy* 100%, karet silikon 15% dan 75% *epoxy*, 30 % karet silikon dengan 70% *epoxy* dengan ketebalan 2 mm (lama waktu pengeringan kisaran 8 jam) setelah kering angkat dari cetakan.
4. Tuang campuran matriks *epoxy* pada cetakan specimen dan ratakan menggunakan kuas.
5. Taruh serat sesuai dengan urutannya yaitu yang pertama serat karbon kevlar, dan serat kapuk, lapisi matriks setiap lapisannya secara merata sampai lapisan terakhir.
6. Pasangkan penekan diatas lapisan teratas specimen yang dibuat kemudian press

lalu kencangkan baut untuk mengunci cetakan.

7. Tunggu specimen mengering dalam waktu 8 jam, setelah kering lepas specimen dari cetakan.
8. Setelah specimen mengering, angkat dari cetakan dengan hati-hati.
9. Amplas specimen yang telah di angkat dari cetakan menggunakan kertas amplas agar rapi.
10. Buat alur pada ujung specimen uji tarik menggunakan gergaji besi kemudian lilit dengan kawat, hal ini dilakukan agar saat dilakukan uji tarik specimen tidak slip dari pegangan alat uji.
11. Pada specimen uji impact dibuatkan takik menggunakan kikir dengan radius 45° dengan kedalaman 2 mm.

PELAKSANAAN PENGUJIAN

Penelitian ini dilaksanakan di LAB Teknik Mesin kampus 2 ITN Malang yang beralamat di JL. Raya Karanglo KM.2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65153 pada tanggal 10 sampai 11 Desember 2019 yang dibantu oleh Kepala Laboratorium Uji Material Bapak Ir. Teguh Rahardjo, MT.

PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data

Pengujian material penelitian ini terdiri dari pengujian mekanik yang terbagi menjadi tiga jenis pengujian, yaitu uji tarik, uji impact dan uji makro. Kerusakan dari pengujian mekanis ini kemudian dianalisa dengan mengidentifikasi bentuk patahan dari specimen setelah pengujian.

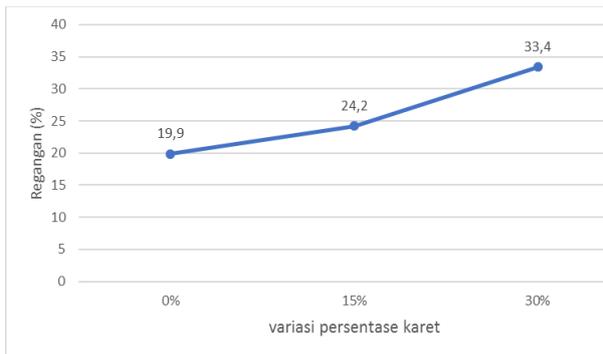
Pengolahan Data Hasil Uji Tarik

Dari pengujian komposit dengan matriks epoxy campur karet dan tanpa campuran karet berpenguat serat karbon, dan kapuk didapatkan data komposit yang disajikan pada tabel 1. terlihat bahwa setiap variasi campuran karet dapat mempengaruhi kekuatan tariknya.

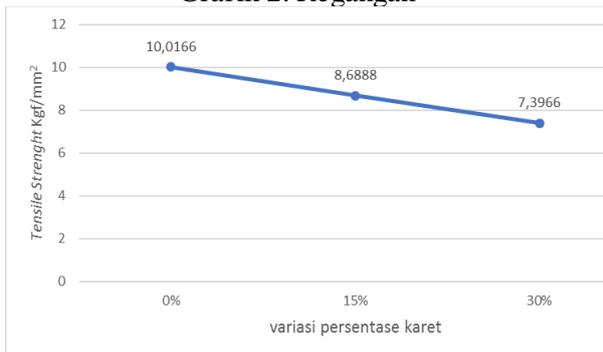
Tabel 1 pengolahan data hasil uji kekuatan tarik

Variasi Persentase Karet	Jumlah Specimen	Area mm ²	Max Force Kgf	0.2% Y.S Kgf/mm ²	Tensile Strength Kgf/mm ²	Regangan %
0%	1	209	2216	4.37	10.60	18,3
	2	209	2735	5.98	13.09	22,3
	3	209	1330	2.67	6.36	19,1
Rata-rata					10,0166	19,9
15%	1	209	1693	2.93	8.10	18,5
	2	209	2009	4.69	9.61	35,4
	3	209	17481	3.19	8.33	18,7
Rata-rata					8,6888	24,2
30%	1	209	1675	6.39	6.39	36,2
	2	209	2380	4.96	11.39	37,5
	3	209	922	3.15	4.41	26,3
Rata-rata					7,3966	33,4

Grafik.1 *Tensile Strenght*



Grafik 2. Regangan



Pembahasan Pengujian Tarik

Berdasarkan dari data grafik di atas menunjukkan bahwa pengujian pada uji tarik variasi campuran karet berpengaruh terhadap kekuatan tarik. Hal ini terbukti pada grafik 4.1 dimana pada variasi campuran karet dan tanpa campuran karet kekuatan tariknya yaitu sebesar 10,0166 kgf/mm², pada spesimen tanpa campuran karet 0%, spesimen dengan campuran karet 15% kekuatan tariknya menurun yaitu sebesar 8,6888 kgf/mm², dan variasi campuran karet 30% mengalami penurunan dari variasi campuran karet 15% yaitu sebesar 4,8333 kgf/mm², dan untuk kekuatan tarik tertingginya terdapat pada campuran karet 15% yaitu sebesar 17,481 kgf/mm². Hal ini di karenakan variasi campuran karet memberikan pengaruh terhadap kekuatan uji tarik.

Dari ketiga sampel pengujian variasi , 0% , 15% , dan 30% . Diperoleh rata-rata kekuatan tarik 0% yaitu 10,0166 kgf/mm². Pada variasi campuran karet 15% diperoleh nilai rata-rata kekuatan tarik yaitu: 8.688 kgf/mm² dan variasi campuran karet 30% diperoleh nilai rata-rata kakuatan tarik yaitu: 7,3966 kgf/mm²

Hal ini disebabkan karena perbedaan variasi campuran karet yang berbeda dan tidak terikat dengan sempurna. Selain itu juga matriks tidak masuk sepenuhnya kedalam pori- pori serat sehingga metriks mudah terperangkap gelembung udara, dan pada saat pengujian tarik serat tidak

mampu menahan gaya pada matriks dikarenakan karena ikatan antara serat dengan matrik tidak terjaga baik. Sedangkan kekuatan variasi berat serat terbaik di peroleh oleh variasi 0% dengan kekuatan tarik paling optimal 13,09 kgf/mm².

Kenapa kekuatan tarik 0% paling optimal?

Hal ini disebabkan karena variasi campuran karet 0% memiliki gaya yang fokus kepada satu berat dan kekuatannya tidak terpecah menjadi beberapa arah. Kekuatan komposit akan berkurang dengan perubahan sudut atau campuran komposisi, sehingga komposit akan mempunyai kekuatan yang baik jika tekstur serat dan campuran komposisi bekerja dengan baik

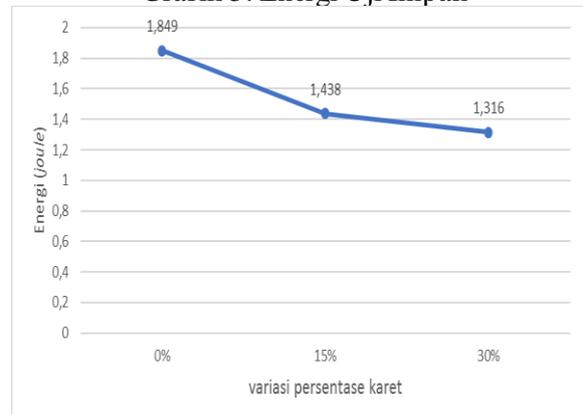
Dari hasil pengujian tarik komposit serat karbon, dan serat kapuk menunjukkan bahwa data suatu komposit tidak memiliki sifat yang homogen pada setiap titiknya, hal ini di jujung oleh pendapat (Matthews dkk 1990) yang menyatakan bahwa komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari dua kombinasi atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak hemogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing pembentuknya berbeda.

Pengolahan Data Hasil Pengujian Impak

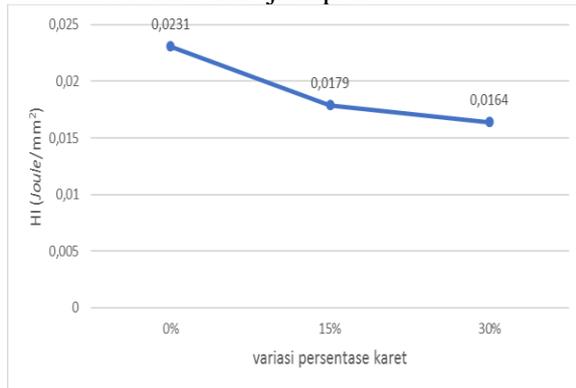
Tabel 2. pengolahan data hasil uji impak

Variasi Persentase Karet	l (mm)	b (mm)	T (mm)	h (mm)	Luas (mm ²)	α (°)	β (°)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm ²)
0%	55	10	10	8	80	45	36	1,7354	0,0217
	55	10	10	8	80	45	36	1,7354	0,0217
	55	10	10	8	80	45	34	2,0764	0,0260
Rata-rata								1,849	0,0231
15%	55	10	10	8	80	45	38	1,3777	0,0172
	55	10	10	8	80	45	38	1,3777	0,0172
	55	10	10	8	80	45	37	1,5586	0,0195
Rata-rata								1,4380	0,0179
30%	55	10	10	8	80	45	38	1,3777	0,0172
	55	10	10	8	80	45	38	1,3777	0,0172
	55	10	10	8	80	45	39	1,1927	0,0149
Rata-rata								1,3160	0,0164

Grafik 3. Energi Uji Impak



Grafik 4. HI uji impak



Pembahasan Uji Impak

Setelah dilakukan pengujian impak di laboratorium material dan metalurgi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang. Maka hasil yang diperoleh dari pengujian impak adalah. Besar sudut awal sebelum dan sesudah memukul spesimen, sehingga bisa di tentukan besarnya energi impak persatuan luas penampang patahan spesimen dan harga impaknya.

Dilihat dari hasil pengujian komposisi presentase karet yang berbeda dinilai dari energi impak dan harga impak yang paling rendah terdapat pada presentase karet 30% yaitu : 1,1927 Joule dengan harga impak 0,0149 joule/mm. sedangkan untuk energi impak dan harga impak yang sedang terdapat pada presentase karet 0% dan 15% yaitu: dengan campuran 0% 2,0764 Joule yaitu dengan harga impak 0,0260 Joule/mm² sedangkan pada campuran karet 15% 1,3777 Joule yang tertinggi terdapat pada variasi berat serat 15% yaitu: 1,5586 joule dengan harga impak 0,0195 Joule/mm²,

Bisa dilihat dari tabel grafik ke empat, dapat di ambil kesimpulan bahwa spesimen yang memiliki campuran karet 0% merupakan campuran yang terbaik Karena memiliki nilai energi impak dan harga yang paling tinggi di dibandingkan dengan campuran karet yang lain, kenapa demikian karena campuran epoxy murni sangat kuat dan kaku (getas)

Foto Struktur Makro

Pengambilan foto makro bertujuan untuk mengetahui jenis/bentuk patahan dan pola kegagalan yang terjadi pada spesimen komposit akibat pengujian tarik dan impak. Objek yang diambil dari penampang patahan dan samping untuk pengujian impak sedangkan untuk uji tarik diambil dari samping benda uji.

Foto makro kerusakan spesimen akibat uji tarik



Gambart 1 hasil pengujian tarik 0% karet.



Gambar 2 hasil pengujian tarik 15% karet.



Gambar 3 hasil pengujian tarik 30% karet.

Foto makro kerusakan spesimen akibat uji impak



Gambar 4 hasil pengujian impak spesimen 0% karet

Dari foto diatas kerusakan yang terjadi pada spesimen dengan 0% karet adalah patahan berserat yang terjadi pada patahan serat karbon dan patahan getas pada kapuk. Hal ini diakibatkan karena tidak menyatunya kapuk dengan karbon dan kekuatan mekanis yang berbeda dari karbon dan kapuk



Gambar 5 spesimen hasil uji impact 15% karet



Gambar 6 spesimen hasil uji impact 15% karet
 Dari foto diatas kerusakan yang terjadi pada spesimen dengan campuran 15% karet adalah patahan campuran yaitu patahan berserat terjadi pada patahan serat karbon, serat kapuk dan patahan granular terjadi pada lepasnya ikatan antara karbon dan kapuk. Hal ini diakibatkan karena tidak menyatunya kapuk dengan karbon dan perbedaan kekuatan mekanis dari karbon dan kapuk

Foto kerusakan spesimen 30% campuran karet.



Gambar 7 spesimen hasil uji impact 30% karet



Gambar 8 Spesimen hasil uji impact 30% karet
 Dari foto diatas kerusakan yang terjadi pada spesimen dengan campuran karet 30% adalah hanya terjadi perubahan bentuk (bengkok). Hal ini diakibatkan karena material agak lembek oleh campuran karet yang meningkat menyebabkan material matriks pada spesimen tidak mampu mentransfer tegangan gaya impact dari bandul alat uji dengan baik keserat penguat hingga serat tidak putus.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang penulis lakukan yaitu tentang analisa pengaruh campuran karet pada matriks epoxy dalam komposit berpenguat serat karbon dan serat kapuk terhadap sifat mekanik dapat disimpulkan hasilnya sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kekuatan impact menunjukkan harga impact terbesar adalah pada variasi campuran karet silikon 0% yaitu sebesar 2,0764 Joule/mm² dengan kondisi material komposit yang kaku, sedangkan harga impact terendah pada campuran 30% karet silikon yaitu sebesar 0,0175 Joule/mm² dengan kondisi material komposit yang lembek.
2. Hasil foto makro kerusakan uji impact campuran karet silikon 0% terjadi patahan campuran, campuran karet silikon 15% mengalami patah granular yang terjadi pada ikatan antar serat yang terlepas, dan campuran karet silikon 30% mengalami patah granular yang terjadi pada ikatan antar serat yang terlepas dan deformasi plastis yang sangat sedikit karena material lembek.
3. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan sifat dari masing masing campuran karet silikon 0% dengan sifat getas 15% dengan sifat agak ulet dan 30% campuran karet dengan sifat uletnya.

4. Menurut *tensile strength* terbaik dari hasil pengujian kekuatan tarik mendapat nilai sebesar 13,09 Kgf/mm² dengan campuran presentase karet 0 %

5. Menurut *tensile strength* terbaik dari hasil pengujian kekuatan impak mendapat nilai sebesar 0,0260 Joule/mm² dengan campuran presentase karet 0 % .

DAFTAR PUSTAKA

Anton J. Hartomo 1996. Polimer mutakhir. Yogyakarta. Andi Offset.
Anton J. Hartomo 1992. Komposit Metal. Cetakan Pertama. Yogyakarta. Andi Offset.
<https://www.teknikmesin-manufaktur.co.id/2015>. Diakses tanggal 14 Oktober 2019.
Hidayat Achmad. 2019. Analisa Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impak Komposit Matrik Polyester Berpenguat Campuran Karbon dan Kapas. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional, Malang
<https://www.industri.karet.com/2015>. Diakses tanggal 14 Oktober 2019.
<https://www.indonesian.carbonaramidfabric/2019>. Diakses tanggal 14 Oktober 2019.
<https://www.researchgate.net/publication/2019> Diakses tanggal 14 Oktober 2019.
<http://dwiseptyawan.blogspot.com/2010/01/ke-klar-composite.html>, Diakses tanggal 18 oktober 2019
Ismono, Irwan. 1984, Thesis Studi Pemanfaatan Serat Kapok Dalam Pembuatan Kain Non Woven Penyerap Minyak, Institut Teknologi Tekstil. Bandung.
Prabowo Lukas. Pengaruh Perlakuan Kimia Pada Serat Kelapa (Coir Fiber) Terhadap Sifat Mekanis Komposit Serat 2007 Diakses Tanggal 15 Oktober 2019

Matthews, F.L. & Rawlings, R.D. (1999). Composite Materials: Engineering and Science. Boca Raton: CRC Press. ISBN0-8493-0621-
Ramadhona ilham, 2018. Analisa pengaruh variasi arah serat komposit matriks polyester terhadap sifat mekanis. Edisi 1. Institut Teknologi Nasional Malang
Schwartz, Shalom H. 1992. Universal in The Content and Structure of Values: Theoretical Advances and Empirical Test in 20 Countries, In Zanna M. P., Ed. Advance in experimental Social Psychology Vol. 25, pp.1-65. Orlando, FL: Academic Press.
Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. Mc. Graw-Hill Inc New York.
Surdia, T.; Saito, S., 1999, Pengetahuan Bahan Teknik, Cetakan ke-4, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
Setiadi, 1983, *Kapok Randu / Disusun Oleh Setiadi*, Penebar Swadaya, Jakarta.
Teuku Rihayat dan Suryani. 2015. Pembuatan Polimer Komposit Ramah Lingkungan Untuk Aplikasi Industri Otomotif Dan Elektronik. Diakses tanggal 15 Oktober 2019
Vlack, Lawrence H. Van. 199). Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam). Jakarta: Penerbit Erlangga.