Pengaruh Variasi Matriks dan Orientasi Sudut *Filler* Karbon pada Polymer *Matrix Composite* terhadap Kekuatan Tarik dan *Impact*

M Habib Maulana[1], Vuri Ayu Setyowati[2]
[1,2] Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
E-mail: maulanah709@gmail.com

ABSTRACT

Composite is a material that is formed from a combination of two or more materials so that a composite material that has different mechanical properties and characteristics is produced. This study aims to determine the effect of matrix variations and the orientation of the carbon filler angle on the tensile strength and impact strength tests. variations in the angular orientation of the fiber (+/- 45˚, + / - 60˚ and +/- 90˚) and the matrix used, namely polyester, epoxy, vinylester with the fiber used, namely carbon fiber. The higher the orientation of the fiber, the greater the tensile stress value in because the direction of fiber loading is distributed evenly by the binder matrix, the increase in tensile strength on the vinylester is due to the presence of bisphenol A in the vinylester so that more benzene groups are repeated in the material [1]. The results of the highest tensile strength, namely the highest value obtained from the results of the angle of 90° with a variation of the matrix Vinylester with Carbon produces 165.53 MPa and while the lowest value is obtained from an angle of 60° with a variation of the Polyester with Carbon matrix resulting in 72.37 Mpa. In the modulus of elasticity, the greatest value is obtained, namely the result of the 90 ° angle orientation. The results of the impact test were obtained from the 90° angle with the variation of the Polyester with Carbon matrix resulting 10.6x10 J / mm^2 while the lowest value was obtained from the 90° angle with the variation of the Epoxy with Carbon matrix yielding 3.1x10 J / mm^2. These results indicate that The fiber direction is not able to withstand the magnitude of the force in the transverse direction by stressing the impact tester.

Keywords*: composite, carbon fiber, angular orientation, tensile strength, impact strength*

ABSTRAK

Komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik berbeda. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi matriks dan orientasi sudut *filler* karbonterhadap pengujian kekuatan tarik dan kekuatan impak. variasi orientasi sudut serat (+/- 45˚,+/- 60˚ dan +/- 90˚) dan Matrik yang digunakan yaitu *polyester*, *epoxy*, *vinylester*dengan serat yang digunanakan yaitu serat*carbon.*Semakin tinggi orientasi serat maka nilai tegangan tarik akan semakin besar di karenakan arah pembebanan serat di distribusikan secara merata oleh matriks pengikat.Peningkatan kekuatan tarik pada vinylester tersebut di sebabkan adanya bisphenol A pada vinylester sehingga semakin banyak gugus benzene yang berulang dalam material tersebut. Hasil kekuatan tarik tertinggi yaitu pada untuk nilai tertinggi didapatkan dari hasil sudut 90° dengan variasi matriks Vinylester dengan *Carbon* menghasilkan 165,53 MPa dan sedangkan untuk nilai terendah didapatkan dari sudut 60° dengan variasi matriks Polyester dengan *Carbo n*menghasilkan 72,37 Mpa. Pada modulus elastisitas didapat nilai paling besar yaitu pada hasil orientasi sudut 90°. Hasil pada pengujian impak didapatkan dari hasil sudut 90° dengan variasi matriks Polyester dengan *Carbon* menghasilkan 10,6x10 J/mm^2 sedangkan untuk nilai terendah didapatkan dari sudut 90° dengan variasi matriks Epoxy dengan *Carbon* menghasilkan 3,1x10 J/mm^2.hasil tersebut menunjukkan bahwa arah serat tidak mampu menahan besarnya gaya pada arah transfersal dengan cekam alat uji *impact*.

Kata kunci : Komposit, *Serat Carbon, orientasi sudut,* kekuatan tarik, kekuatanimpak

PENDAHULUAN

Seiring berkembanya ilmu pengetahuan dan teknologi memberikan inovasi dalam industri manufaktur. Salah satu contohnya adalah inovasi material yang digunakan untuk kehidupan sehari-hari maupun aplikasi di industri. Komposit merupakan material inovatif yang memiliki keunggulan diantaranya mudah dibentuk. Selain itu, komposit juga memiliki karakteristik yang lebih unggul

seperti ketangguhan dan kekuatan yang tinggi dengan massa jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan material logam. Hal tersebut menunjukkan bahwa komposit merupakan material alternatif yang dapat diaplikasikan pada berbagai industri, terutama industry manufaktur [2].

Material komposit merupakan material yang tersusun dari matriks sebagai komponen dan penguat. Maatriks yang digunakan bermacam-macam diantaranya, matriks jenis polimer, matriks jenis keramik, maupun matriks jenis keramik. Sifat mekanik material matriks lebih rendah dibandingkan dengan penguat. Penguat merupakan material pengisi (*filler*) yang memiliki sifat lebih kakku, kuat, dan getas. Terdapat variasi jenis penguat berdasarkan yaitu serat alam dan serat buatan (serat sintetik). Serat alam merupakan serat yang tersedia dari alam, akan tetapi perlu dilakukan perlakuan untuk memisahkan serat selulosa dari lignin yang tekandung di dalamnya. Contoh serat alam diantaranya serat goni (knaf), bambu, ijuk, dan sabut kelapa. Sedangkan serat sintetik adalah serat buatan manusia seperti *fiber glass*, serat karbon, dan serat asbestos.

Penggunaan serat merupakan salah satu factor yang mempengaruhi karakteristik material komposit. Berdasarkan penelitian sebelumnya dilakukan analisis variabel serat terhadap sifat mekanik komposit. Sedangkan pada penelitian ini focus pada penggunaan serat karbon. Tujuan penelitian ini dilakukan yaitu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh orientasi *filler* dan jumlah layer serat karbon pada polymer matrix composite terhadap kekuatan tarik dan *impact*. Berdasarkan uraian diatas, maka yang menjadi rumusan masalah penelitian ini yaitu Bagaimana pengaruh orientasi *filler* serat karbon pada polymer matrix terhadap kekuatan *impact* dan uji tarik.

TINJAUAN PUSTAKA

Kata komposit berasal dari kata "*tocompose*" yang berarti menyusun atau menggabung, komposit adalah penggabungan dari dua atau lebih material yang berbeda sebagai suatu kombinasi yang menyatu [3]. Komposit merupakan gabungan dari dua material atau lebih untuk menghasilkan material kombinasi dan mamiliki karakteristik dari kombinasi material tersebut [4]. Material komposit memiliki sifat yang lebih bagus dari pada logam, material komposit ini memiliki sifat kekuatan dan kekakuan jenis modulus *Young density* yang lebih tinggi dari pada logam, tahan korosi, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik [5].

Komposit terdiri dari 2 bagian yaitu matriks dan *filler*, matriks merupakan perekat dan pelindung *filler* dari kerusakan *external* dan *filler* berfungsi sebagai penguat matriks. *Filler* yang umum digunakan adalah serat karbon atau serat alam. *Filler* adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk, *filler* ini berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit.

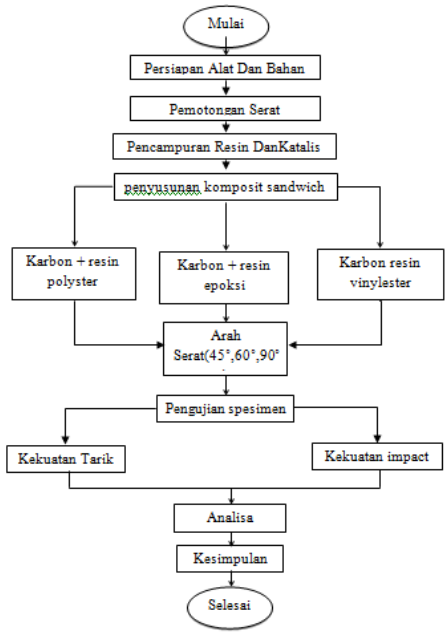
Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit penguat yang di gunakan adalah *Fibrous Composites* (komposit serat) merupakan jenis komposit menggunakan serat sebagai penguatnya. Dalam pembuatan komposit serat dapat diatur memanjang atau atau di potong dan di susun secara acak serta dapat juga dianyam. Serat panjang mempunyai struktur yang lebih sempurna [6]. *Laminaet composites* (komposit laminat) Adalah komposit dengan susunan dua layer atau lebih, dimana setiap layer dapat berbeda bentuk atau orientasi penguatnya. *Particulate Composites* (komposit partikel) salah satu jenis komposit yang dimana ditambahkan material lain seperti serbuk.

Orientasi serat ini dapat menentukan suatu bahan komposit, penyusun serat pada komposit dapat dibedakan sebagai berikut. Undirectional merupakan serat yang disusun secara bertahap satu sama lain, kekuatan tarik yang paling tinggi terdapat pada bahan yang sejajar dengan arah serat, untuk kekuatan yang paling rendah pada bahan yang tegak lurus. Pseudoisotropic merupakan serat yang disusun secara acak, pada susunan serat tersebut menpunyai nilai yang sama pada satu titik. *Bidirectional merupakan s*erat yang disusun secara tegak lurus. Susunan serat dengan kekuatan paling tinggi terdapat pada 60^0 dan 90^0 dan untuk kekuatan paling rendah terdapat pada arah 45^0.

METODE

Metode penelitian ini menggunakan studi eksperimental (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya kekuatan tarik dan kekuatan impak untuk orientasi sudut dan jumlah bahan pengisi. Bahan komposit yang terbuat dari poliester bertulang serat karbon yang akan banyak digunakan di industri manufaktur dan otomotif, misalnya untuk produksi bodi dan komponen mobil. Bahan utama dalam penelitian ini adalah resin *polyester, epoxy* dan *vinylester* sebagai matriks dan serat karbon. Katalis yang digunakan adalah katalis adalah katalis *mepoxe* untuk polyester, katalis *hardener* untuk *epoxy*, katalis *mepoxe-M* untuk *vinylester* dalam bentuk cair, berwarna transparan. Keunggulan dari katalis sendiri adalah percepatan proses pengeringan (pengerasan) material matriks komposit.

Penimbangan *filler* dan matriks sebagai langkah awal pembuatan material komposit. Cetakan komposit diolesi *Wax Mold Release* pada permukaan cetakan yang terbuat dari alumunium agar komposit tidak menempel dengan cetakan.Pencampuran resin dan katalis dilakukan dengan komposisi perbandingan Katalis 5 ml dari jumlah resin untuk polyester, resin dan katalis 3:1 untuk epoxy, resin katalis dan cobalt. 3% katalis, 1% cobalt dari jumlah resin. *Filler* dan *matriks* yang telah ditimbang selanjutnya dimasukkan dalam cetakan dengan orientasi serat 45˚,60˚ dan 90˚. Selanjutnya tutup cetakan dengan plastik tebal dan diberikan beban,agar komposit padat. Material kompositdibiarkan hingga mengering selama ± 5 jam, kemudian komposit dikeluarkan dari cetakan. Setelah spesimen uji jadi potong spesimen dengan kikir dan diamplas disetiap sisi spesimen uji agar tidak kasar.Spesimen uji yang telah didapat dilakukan pengujian di antaranya: pengujian tarik dan pengujian *impact*. Setelah spesimen dilakukan pengujian tarik, pengujian *impact*, spesimen di analisa untuk mengetahui variasi spesimen terbaik.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian material komposit *Fiberglass* dengan variasi matriks Polyester, Epoksi, Vinylester dengan jumlah layer. Penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian tarik didapatkan

sifat-sifat mekanik yaitu kekuatan tarik dan regangan. Pengujian ini mengacu pada standart pengujian ASTM D-3039.45°, 60° dan 90°

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tarik

Variasi Matriks	Sudut *Filler*	Ao mm^2	Lo mm	Lf mm	Pmax (N)	ε (%)	UTS (σ) Mpa	E (Gpa)
Polyester	45°	27	138	139	240	0,72	38,18	12,1
	60°	42	138	143,2	310	3,77	72,4	1,92
	90°	36	138	139	455	0,72	123,98	17,21
Epoxy	45°	48	138	143,2	625	3,77	127,73	3,38
	60°	45	138	139,4	580	1,01	126,44	12,51
	90°	48	138	138,6	760	0,43	155,32	36,21
Vinylester	45°	48	138	140	515	1,45	105,25	7,25
	60°	45	138	145	505	5,07	110,09	2,17
	90°	48	138	139,4	810	1,01	165,54	16,39

Tabel 2. *Tensile Strength*

Variasi Matriks	Sudut *Filler*	Ao mm^2	Pmax (N)	UTS (σ) Mpa
Polyester	45°	27	240	87,18
	60°	42	310	72,4
	90°	36	455	123,98
Epoxy	45°	48	625	127,73
	60°	45	580	126,44
	90°	48	760	155,32
Vinylester	45°	48	515	105,25
	60°	45	505	110,09
	90°	48	810	165,54



Gambar 2. Grafik uji tarik komposit.

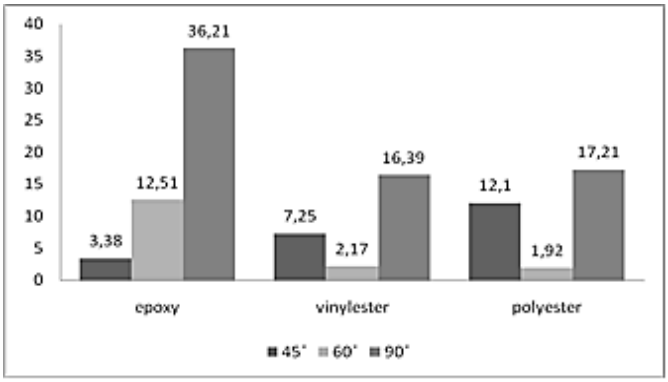
Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian *Tensile Strenght* (σ) dari material kompositdan Matriks Polyester sudut 45° menghasilkan nilai 87,18 MPa, sedangkansudut 60° menghasilkan nilai 72,37 MPa, sedangkan untuk Matriks Polyester sudut 90° menghasilkan nilai 123,95 MPa. Hasil pengujian dari material kompositdan *Matriks Epoxy* sudut 45°imenghasilkan nilai 127,68 MPa , sedangkan sudut 60° menghasilkan nilai 126,40 MPa, sedangkan sudut 90° menghasilkan nilai 155,23 MPa. Hasil pengujian dari material komposit *carbon*dan *Matriks Vinylester* sudut 45° menghasilkan nilai 105,22 MPa, sedangkan sudut 60° menghasilkan nilai 110,03 Mpa, sedangkan untuk sudut 90° menghasilkan nilai 165,53 Mpa. untuk sudut 90° memiliki nilai paling tinggi karena serat karbon merupakan serat anyaman yang berjenis bidireksional terdapan arah serat 0° dan 90°

yang memiliki kekuatan terbesar mampu menahan arah pembebanan vertical dan horizontal.Peningkatan kekuatan tarik pada vinylester tersebut di sebabkan adanya bisphenol A pada vinylester sehingga semakin banyak gugus benzene yang berulang dalam material tersebut [1]. Sudut 60°memiliki nilai paling rendah di sebabkan arah serat yang menjauhi arah pembebanan tidak sejajar dengan arah pembebanan dan dapat mempengaruhi kekuatan tarik Dari hasil tersebut pada grafik menunjukan hasil kekuatan tarik terbesar.

Modulus Elastisitas

Tolak ukur yang umum dan sifat elastisitas suatu bahan adalah pengertian dari modulus elastisitas. Makin besar nilai modulus elastisitasnya benda, maka makin kecil regangan elastis yang dapat dihasilkan dari pemberian tegangan. Nilai tegangan memiliki nilai yang sama dengan modulus elastisitas, jika nilai modulus naik sama juga dengan nilai tegangan. Modulus elastisitas dari serat *carbon* dan matriks Polyester Sudut 45° nilai 12,10 GPa, sedangkan sudut 60° menghasilkan nilai 1,91 GPa, dan untuk sudut 90° menghasilkan nilai 17,21 GPa. Hasil pengujian dari material komposit*Carbon* dan *Matriks Epoksi sudut* 45° menghasilkan nilai 3,38 GPa, sedangkan Sudut 60° menghasilkan nilai 12,51 GPa, dan untuk sudut 90° menghasilkan nilai 36,1 GPa. Hasil pengujian dari material komposit *Carbon*dan *Matriks Vinylester*sudut 45°menghasilkan nilai 7,25 Gpa, sedangkan sudut 60° menghasilkan nilai 2,17 GPa, dan untuk sudut 90° menghasilkan nilai 16,38 GPa. Serat disusun secara tegak lurus satu dengan yang lain. Pada susunan serat ini kekuatan tarik yang paling tinggi terdapat pada arah 90 sedangkan kekuatan paling rendah pada serat dengan arah 45 [7].

Hubungan tegangan dan regangan pada modulus elastisitas pada matriks *Epoxy* dengan orientasi sudut 90 memiliki kekuatan tarik semakin tinggi maka *modulus elastisitas* semakin tinggi. Menurut **Hukum Hooks** (*Hooke's Law*) menyatakan " Jika gaya tarik yang bekerja pegas tidak melampaui batas elastisitas pada pegas, maka pertambahan panjang pegas berbanding lurus dengan gaya yang bekerja pada pegas''. Semakin besar gaya tarik yang bekerja pada pegas, semakin besar pertambahan panjang pegas [8].



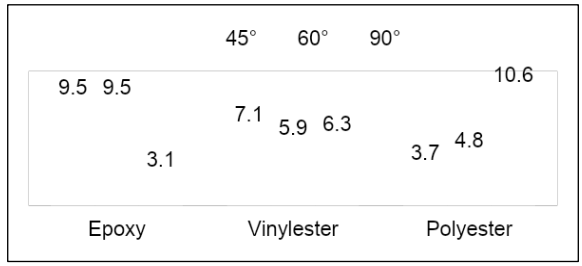
Gambar 3. Grafik modulus elastisitas uji tarik komposit.

Kekuatan *Impact*

Penelitian komposit ini menggunakanvariasi matriks dan orientasi sudut layer. Pada pengujian *impact*standar pengujian menggunakan ASTM D- 6110 dan alat *impact* yang menggunakan jenis *charpy.* Setelah semua data didapat, dilakukan pengolahan data dan perhitungan. Hasil yang didapat ditampilkan dalam bentuk grafik maupun tabel.

Tabel 4. Data Hasil Uji *Impact Strength*

Variasi Matriks	Sudut *Filler*	A0 mm^2	α (°)	B (°)	M (kg)	R (m)	Is (J/mm^2)
Polyester	45°	127,035	30	26	26,2	0,75	$3,7x10^{-2}$
	60°	127,585	30	25	26,2	0,75	$4,8x10^{-2}$
	90°	129,355	30	19	26,2	0,75	$10,6x10^{-2}$
Epoxy	45°	126,505	30	21,1	26,2	0,75	$9,5x10^{-2}$
	60°	127,817	30	21	26,2	0,75	$9,5x10^{-2}$
	90°	129,582	30	27	26,2	0,75	$3,1x10^{-2}$
Vinylester	45°	125,724	30	23	26,2	0,75	$7,0x10^{-2}$
	60°	128,029	30	24	26,2	0,75	$5,9x10^{-2}$
	90°	129,913	30	23,5	26,2	0,75	$6,3x10^{-2}$



Gambar 4. Grafik *Impact Strength.*

Setelah pengujian terdapat nilai uji *impact* yang sudah terlampir di Gambar4.4 Grafik *Impact Strength*, dimana variasi matriks polyester dengan sudut 45° memiliki nilai$3,7x10^{-2}$ J/mm^2, sedangkan sudut 60° memiliki nilai $4,8x10^{-2}$ J/mm^2, dan sudut 90° memiliki nilai $10,6x10^{-2}$ J/mm^2. Dimana variasi matriks Epoksi dengan sudut 45° memiliki nilai $9,5x10^{-2}J/mm^2$,sedangkan sudut 60° memiliki nilai $9,5x10^{-2}J/mm^2$,dan sudut 90° memiliki nilai $3,1x10^{-2}$ J/mm^2. Dimana variasi matriks Vinylester dengan sudut 45° memiliki nilai$7,0x10^{-2}$ J/mm^2, sedangkan sudut 60° memiliki nilai $5,9x10^{-2}$ J/mm^2, dan sudut 90° memiliki nilai $6,3x10^{-2}$ J/mm^2. Dari hasil nilai tersebut grafik menunjukkan hasil yang tinggi terdapat pada sudut 90 dengan matriks polyester, bentuk laminasi dengan arah sudut yang sejajar dapat menghentikan patahan horinsontal atau inter lamina crack dalam pengujian *impact*. Matriks Epoxy dengan sudut 90° dan Vinylester sudut 60° mengalkami penurunan, Karena segi patahan setelah pengujian terdapat banyak rongga diantara matriks dan *filler* membuat interface tidak dapat mendistribusikan beban dari matriks menuju *filler*.

KESIMPULAN

Dari hasil kesimpulan yang telah di lakukan, dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan data diatas, material komposit dengan variasi matriks Polyester dengan *Carbon*, matriks Epoksi dengan *Carbon*dan matriks Vinylester dengan *Carbon.* Dari sudut 45°, 60°, 90° untuk nilai tertinggi didapatkan dari hasil sudut 90° dengan variasi matriks Vinylester dengan *Carbon*menghasilkan 165,53 Mpa.Peningkatan kekuatan tarik pada vinylester tersebut di sebabkan adanya bisphenol A pada vinylester sehingga semakin banyak gugus benzene yang berulang dalam material tersebut [1]. sedangkan untuk nilai terendah didapatkan dari sudut 60° dengan variasi matriks Polyester dengan *Carbon*menghasilkan 72,37 MPa.hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi orientasi serat maka nilai tegangan tarik akan semakin besar di karenakan arah pembebanan serat di distribusikan secara merata oleh matriks pengikat.

2. Berdasarkan hasil pengujian *impact* didapatkan nilai *impact strength* tertinggi didapatkan dari hasil sudut 90° dengan variasi matriks Polyester dengan *Carbon* menghasilkan 10,6x10 J/mm^2 sedangkan untuk nilai terendah didapatkan dari sudut 90° dengan variasi matriks Epoxy dengan *Carbon* menghasilkan 3,1x10 J/mm^2.Dari hasil nilai tersebut grafik menunjukkan hasil yang tinggi terdapat pada sudut 90 dengan matriks polyester, bentuk laminasi dengan arah sudut yang sejajar dapat menghentikan patahan horinsontal atau inter lamina crack dalam pengujian *impact*.Matriks Epoxy dengan sudut 90° dan Vinylester sudut 60° mengalkami penurunan, Karena segi patahan setelah pengujian terdapat banyak rongga diantara matriks dan *filler* membuat interface tidak dapat mendistribusikan beban dari matriks menuju *filler*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] X. Cao, *integrated Analysis Of Low Prifile Unsaturated Polyester And Vinylester Resin Cured at Low Temperatures.* USA: Ohio State University, 2002.
[2] R. M. Jones, *Mechanics of Composite Material*. 1999.
[3] Nurmalita, "Pengaruh Orientasi Serat Sabut Kelapa Dengan Resin," pp. 1–3, 2010.
[4] d suhdi, "analisa kekuatan mekanik komposit serat sabut kelapa (cocos nucifera) untuk pembiatan panel panjat tebing sesuai standart bsapi," pp. 29–36, 2016.
[5] sirait, "material komposit berbasis polimer," 2010.
[6] R. F. Gibson, *Principle of composite material mechanic.* New York: Mc Graw Hill International Book Company., 1994.
[7] M. M. Schwartz, *Composite Materials Handbook*. New York: Mc. Graw - Hill Inc, 1984.
[8] M. Kannginan, *Fisika SMU Jilid 1 C*. 2006.