

KEKUATAN *IMPACT STRENGTH* DARI ANYAMAN SERAT KARUNG PLASTIS SEBAGAI PENGGANTI *WOVEN ROVING* UNTUK PENGUAT FIBER GLASS

Mardjuki¹

Abstrak

Material Komposit mulai berkembang pesat dengan adanya kebutuhan akan material yang mempunyai *stregth with ratio* yang tinggi disamping material ini mudah dibentuk dan tahan korosi. Material komposit merupakan paduan makrokopis yaitu resin sebagai matrik dan fiber (serat), (matrik) memiliki fungsi sebagai pengikat antara penguat yang satu dengan penguat yang lain untuk mendapatkan kekuatan antara serat-serat yang tertanam dalam matrik, maka pada bahan matrik perlu ditambahkan katalis yang berfungsi mempercepat proses pengikat antara bahan pembentuk matrik, sehingga proses pengeringan berlangsung lebih cepat.

Pengujian impact merupakan suatu pengujian untuk mengetahui ketahanan suatu bahan. Pada pengujian impact ini, digunakan benda uji yang diberi takik. Besaran yang diukur dalam pengujian ini adalah harga impact, yaitu besarnya energi yang diserap dibagi dengan luasan patahannya (Kerja persatuan Luas) yang diserap dibagi dengan luasan patahannya. Pada umumnya suatu bahan bersifat getas dan bersifat ulet. Pada pengujian impact yang ideal, dikatakan bahwa energi yang berasal dari bahan pembentuk tetap (tidak ada yang hilang) tetapi pada kenyataannya, energi ini akan berubah sebagian digunakan untuk; gesekan pada sistem mekanis mesin; getaran pada waktu tumbukan; gesekan dengan udara dan melemparkan specimen yang patah.

Rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut 1. Kerugian energi akibat gesekan $E_f = m.g.R (\cos \beta - \cos \alpha)$ joule. 2. Energi yang digunakan secara ideal $E_{id} = m.g.R(\cos \beta - \cos \alpha)$ joule. 3. Energi yang digunakan secara actual $E_{akt} = (E_{id} - E_f)$ joule. 4. Harga impact (Impact Strenght) $HI = \frac{E_{akt}}{h.L}$

Hubungan antara jumlah lapis serat dengan ketahanan Impact yaitu semakin banyak jumlah lapisan serat dalam resin maka akan didapatkan ketahanan Impact yang semakin tinggi, pada lapisan 5 dan harga impek 0,100 J/mm^2 sedangkan Pada lapis serat 1 ketahanannya yang terendah yaitu 0.0121 J/mm^2 sehingga semakin sedikit seratnya, maka energi yang diserap semakin kecil dan begitu Sebaliknya.

Kata Kunci : komposit, serat, matrik, ketahanan impact

PENDAHULUAN

Material Komposit mulai berkembang pesat dengan adanya kebutuhan akan material yang mempunyai *stregth with ratio* yang tinggi disamping material ini mudah dibentuk dan tahan korosi. Material komposit banyak digunakan dalam berbagai hal misalnya dibidang kontruksi, perpipaan, alat rumah tangga dan lain-lainnya. Material komposit merupakan paduan makrokopis yaitu resin sebagai matrik dan *fiber*, (matrik) memiliki fungsi sebagai pengikat antara penguat yang satu dengan penguat yang lain untuk mendapatkan kekuatan antara serat-serat yang tertanam dalam matrik, maka pada bahan matrik perlu ditambahkan katalis yang berfungsi mempercepat proses pengikat antara bahan

pembentuk matrik, sehingga proses pengeringan berlangsung lebih cepat.

Pada proses pembuatan material komposit, serat yang digunakan salah satunya adalah serat *woven roving*, dalam hal ini serat *woven roving* akan diganti oleh serat karung plastik yang berfungsi sebagai penguat untuk material komposit. Untuk proses pembuatannya dilakukan dengan *hand lay up*. Proses ini dikerjakan secara manual yaitu dengan menuangkan bahan kedalam cetakan. Setelah itu diratakan dengan rol. Untuk material komposit yang mempergunakan serat karung sebagai bahan penguat pengganti *woven roving* bertujuan untu mendapatkan komposit yang memiliki ketahanan impact yang baik. Untuk mendapatkan seperti hal

¹ Dosen Teknik Jurusan Mesin Universitas Merdeka Malang

tersebut diatas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui sampai seberapa jauh peranan serat karung plastik sebagai bahan penguat agar mendapatkan material komposit yang lebih baik.

KAJIAN PUSTAKA

Material Komposit

Material komposit adalah salah satu material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya, melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. pada umumnya bentuk komposit adalah material dari satu tipe material yang diperkuat dengan bentuk serat. Serat ini bisa berukuran pendek atau panjang dan mempunyai sifat *non isotropic* serta non homogen, non isotropic dapat diartikan fungsi serat berubah dengan berubahnya arah atau posisi non homogen, berarti sifat serat tidak sama disemua tempat.

Dengan mengkombinasikan bahan-bahan tertentu maka akan diperoleh suatu bahan lain dengan sifat yang lebih baik. Pemakaian komposit apabila dibandingkan dengan bahan lainnya memiliki keuntungan diantaranya: 1. Tahan terhadap korosi 2. Memiliki sifat mudah dibentuk. 3. Memiliki sifat mampu cetak yang baik..

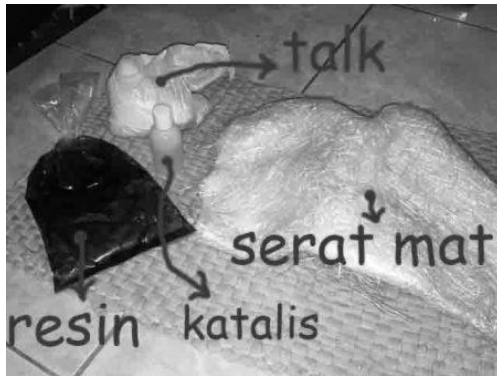
Bahan-bahan Utama Penyusunan

Bahan serat gelas sifat penguat serat gelas berasal dari proses *drawing monofilament* yang dihasilkan dari gelas (kaca). Prosesnya sebagai berikut : bahan baku pembentuk serat gelas berupa : pasir, kaolin, batu kapur dan *celomanit* dimasukkan kedalam tanur yang bersuhu 1600⁰C hingga menghasilkan busur kaca, busur kaca berbentuk cairan gelas dialirkan kedalam *oven* agar bubuk kaca tetap mencair sebagai bahan

elemen serat, keluaran dari *oven* diberi lapisan dan ukuran untuk membentuk benang-benang yang berbentuk gulungan dan diberi bahan pelarut cetakan pengisian. Setelah itu pembentukan benang-benang panjang. Serat gelas yang berfungsi sebagai penguat umumnya berbentuk benang yang memiliki sifat mekanik yang baik. Beberapa macam serat gelas diantaranya yaitu: 1. *Strandt* benang yang terdiri dari gabungan beberapa *monofiber* dengan panjang kurang lebih 10 cm. 2. *Roving Gain* berupa benang panjang sebagai bahan baku *woven roving*. 3. *Woven roving* berupa anyaman serat gelas seperti tikar. 4. *Chopped Roving* yaitu *roving* yang berbentuk potongan kecil-kecil dengan ukuran kurang dari 10 cm pemakaiannya disebarkan di area resin.

Serat Karung Plastik

Pembuatan serat karung plastik berasal dari *polipropelin* dan kalsium karbonat dalam bentuk biji. Adapun untuk proses pembuatan serat karung plastik adalah sebagai berikut : bahan baku yaitu *polipropelin* dan kalsium karbonat dalam bentuk biji dimasukkan kedalam mesin yaitu di dalamnya terdapat ulir penggerus, bahan baku keluar dari mesin berbentuk lembaran yang masih lembek kemudian bergerak menuju ke dalam *oven* bersuhu 145⁰ C keluar dari *oven* berupa lembaran plastik agak kaku atau bahan belum sempurna kemudian bergerak menuju pemotong yang berupa silet dan terbentuk serat plastik. Setelah itu serat plastik masuk kedalam *oven* yang bersuhu 130⁰C untuk menyempurnakan kekakuannya kemudian serat bergerak ke dalam penggulungan, setelah ke dalam penggulungan serat bergerak menuju mesin anyaman dan selanjutnya menghasilkan serat karung plastik.



Gambar 1. Bahan Fiberglass

Keterangan gambar

- Resin. Ini buat bahan utamanya, berbentuk cair warna merah.
- Matrik bentuknya serat-serat putih
- Katalis. Ini bahan campuran resin yang berfungsi memperkeras resin.
- Talk. Tugasnya ngebikin hasil akhir lebih keras dan kaku.

Matrik

Matrik merupakan material pengikat serat gelas pada komposit sifat dari matrik umumnya getas dan memiliki kekuatan yang lebih kecil dibandingkan dengan material penguatnya. Bahan yang umumnya dipakai sebagai material adalah: Resin *Polvester resin* ini sering digunakan pada proses *manufacturing*. Pada proses pelapisan digunakan katalis *accelatur* untuk mempercepat proses pengerasan. Resin ini mempunyai sifat keseimbangan yang baik dan dapat dibentuk dalam suhu kamar.

Resin Epoksi, resin ini mempunyai sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan resin lainnya yang digunakan pada material komposit, antara lain tegangan tarik dan tekan yang sangat tinggi, tahan terhadap bahan kimia.

Resin Silikon, resin silikon biasanya digunakan sebagai matrik untuk jenis komposit dengan tujuan tertentu yaitu : Silikon merupakan

material khusus yang mempunyai ketahanan panas hingga suhu 316° C. Hal tersebut dikarenakan *silicon* berupa senyawa organik yang mempunyai ikatan antara atom *silicon* dan oksigen tanpa dapat rantai karbon. Ini menjadikan *silicon* mempunyai nilai ekonomi yang lebih dibanding jenis lain.

Resin Phenol, *Resin Pehmol* merupakan salah satu bahan plastic *termoseting* yang banyak digunakan oleh industri. Resin sintetik ini dibuat dengan mereaksikan *Penol* dengan *Formaldehida*. Sifat bahan keras, kuat, awet dan dapat diberi bermacam – macam warna. *Rhesin Phenol* banyak digunakan untuk bahan pelapis dan laminating, pengikat gelas dan dapat dicetak menjadi kotak, tutup botol, tangkai pisau, kotak radio dan televisi.

Harderner

Harderner adalah bahan baku yang memungkinkan proses polimerisasi akan terjadi proses pengelasan bahan. Ini tidak lain adalah katalis. Katalis digunakan bertujuan untuk mempercepat reaksi pembentukan polimer yang kemudian terjadi ikatan antara molekul-molekulnya sehingga proses pengerasan (*curing*) berjalan cepat.

Kegagalan pada *Fiber Glass* struktur material dianggap gagal bila struktur material tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik sesuai perencanaan. Pada *fiber Glass* yang tersusun atas dua komponen utama yaitu serat dan matrik, Kegagalan bisa dimulai dari salah satu komponen atau keduanya. Kegagalan yang terjadi adalah : 1. Serat patah. 2. Serat terlepas dari matriknya. 3. Keretakan mikro pada matriknya. 4. Terlepas dari *Laminate*.

Jenis Petahan Pada *Fiber Glass* terdapat kemungkinan bahwa patahan tidak terjadi pada

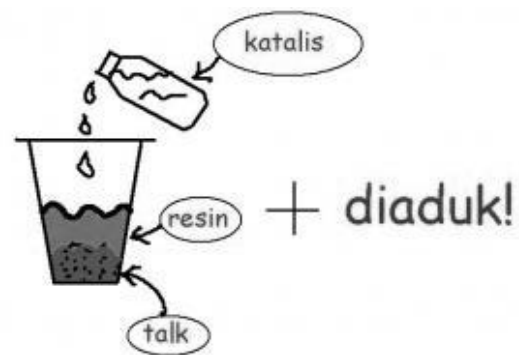
satu garis saja namun beberapa tempat yang berbeda sehingga dapat mengakibatkan terjadinya dua jenis patahan yaitu rata dan patahan tidak rata.

Proses Pembuatan *Fiber Glass*.

Proses pembuatan *Fiber Glass* dilakukan dengan cara proses *open mould process*. Untuk proses ini dapat diambil contoh yaitu proses *hand lay up*. Proses *hand lay up* yaitu proses pelapisan atau laminasi yang dilakukan secara manual. Proses ini merupakan metode yang digunakan untuk membentuk dan membuat *Fiber Glass*, proses ini banyak digunakan untuk memproduksi sebuah produk yang berukuran besar. Dimana cetakan yang dilapisi dengan *mirror glaze* sebelum bahan utama diletakkan dan ditempatkan resin dan katalis dicampur kemudian di tuangkan dan diratakan keseluruh penguat dan seluruhnya dikerjakan dengan menggunakan rolt tangan. Untuk menjamin atau memastikan hasil yang baik antara resin dan penguat diusahakan dengan memisahkan dengan bahan-bahan yang tidak dipakai dan gelembung udara, karena gelembung udara ini dapat merugikan sifat mekanik dari hasil pembentukannya. Selanjutnya dilakukan pelapisan penguat dan resin lagi sesuai dengan ketebalan yang diinginkan.

Untuk *hand lay up* bahan penguat yang salah satunya adalah *woven roving* ditempatkan dalam cetakan kemudian dilapisi dengan resin dan dikuatkan dengan rol untuk mencegah terperangkapnya udara. Proses terutama dilakukan untuk ukuran besar seperti body mobil, bodi kapal dan tangki. Setelah seluruh pekerjaan sesuai, maka untuk menuntaskan dan mengeringkan dilakukan pada temperature ruang, setelah padat dan kering, hasil cetakan diambil dari cetakannya. Keuntungan proses *hand lay up* adalah : a dapat

menggunakan peralatan yang sederhana, b. materialnya relatif murah sedangkan kerugian proses *hand lay up ini* adalah : a. proses tidak konsisten, yaitu kualitas produk tergantung pada keahlian operator. b. Upah buruhnya relative tinggi c. lambatnya proses produksi d. membentuk hanya satu permukaan. Proses *hand lay up* merupakan proses produksi yang paling sederhana, prosesnya dilakukan dengan pelapisan secara manual. Diperlukan sebuah cetakan yang memiliki permukaan yang halus untuk mendapatkan hasil dengan permukaan yang rata. Resin yang dicampur dengan katalis dilapiskan pada cetakan, kemudian bahan penguat berupa serat dapat diletakkan diatasnya. Proses tersebut berulang-ulang dengan pengolesan resin, terjadi penumpukan serat hingga mencapai ketebalan yang diinginkan.



Gambar 2. Penyiapan Bahan Fiberglass

Pengujian Impak

Teori Dasar Uji Impak, uji impak merupakan suatu pengujian untuk mengetahui ketahanan suatu bahan. Pada pengujian impak ini, digunakan benda uji yang diberi takik. Besaran yang diukur dalam pengujian ini adalah harga impak, yaitu besarnya energi yang diserap dibagi dengan luasan patahannya (Kerja persatuan Luas) yang diserap dibagi dengan luasan patahannya.

Pada umumnya suatu bahan bersifat getas dan bersifat ulet. Pada pengujian impact yang ideal, dikatakan bahwa energi yang berasal dari bahan pembentuk tetap (tidak ada yang hilang) tetapi pada kenyataannya, energi ini akan berubah sebagian digunakan untuk gesekan, hilang akibat gesekan pada system mekanis mesin, getaran pada waktu tumbukan; gesekan dengan udara dan melemparkan specimen yang patah.

Pada pengujian impact ada dua macam metode yang bisa digunakan yaitu :Metode Charphy dan Metode Izod . Metode Charphy. Mesin uji Charphy mempunyai kapasitas 150-300 Joule. Pendulumnya terbuat dari bahan yang ringan, tetapi batang tegar yang terletak diujungnya mempunyai piringan yang berat. Specimen diletakkan horizontal diatas landasan, sehingga pendulum akan menumbuk berlawanan dengan *notch* (taktik). Kekuatan impact atau penyerapan energi yang diambil dari specimen adalah sama dengan perbedaan antara energi pendulum sesudah dan sebelum impact. Perbedaan energi ini dapat dihitung dari berat dan ketinggian pendulum sebelum dan sesudah menumbuk. Untuk lebih tepat, koreksi diperlukan, yaitu menghitung pengaruh udara factor-faktor lain yang dapat menyerap energi adapun caranya dengan mengayunkan pendulum tanpa specimen.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Adapun alur penelitian ini mengikuti diagram alir penelitian sebagai berikut :

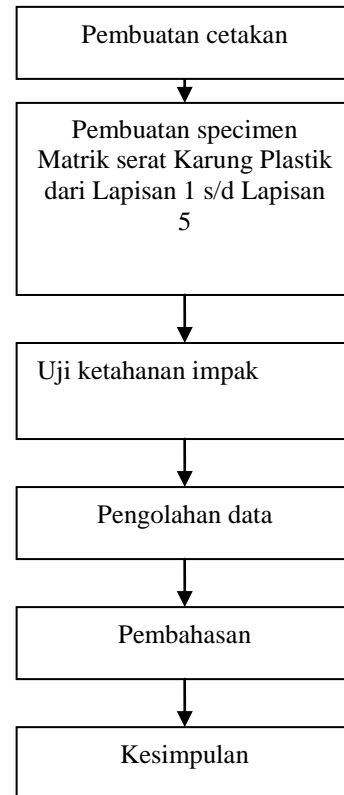


Diagram Alir Penelitian

Tahap Penelitian

Dimensi Spesimen Dalam penelitian ini bentuk dan dimensi specimen uji ketahanan impact yang sesuai dengan standard ASTM sebagai berikut:

Bahan Pembuat Spesimen a. Bahan penguat (serat) Untuk serat atau penguat yang digunakan adalah serat karung plastik b. Bahan pengikat (Matrik) 1. Resin-resin yang digunakan adalah *resin polyester Yukalac BQTN 157 Ex*. 2. Katalis yang digunakan adalah *metil etil keton periksida (MEKP)*. 3. Bahan Pendukung, bahan pendukung ini sebenarnya bukan merupakan bahan dasar pembentuk komposit, tetapi bahan pembentuk ini sangat diperlukan agar proses pengerjaannya dapat dipermudah. Bahan pendukungnya yaitu :*Mirror Glaze*, berfungsi pengeringan komposit tidak melekat dicetakan dan mudah dilepas dari cetakan. Bahan cetakan dalam pembuatan cetakan

untuk memperoleh kehalusan permukaan yang baik maka, bahan dibuat dari kaca, disini dibutuhkan cetakan atas dan cetakan bawah pada sisi tegak dibuat miring dengan tujuan, spesimen uji mudah dilepas atau dikeluarkan dari cetakan. Sedangkan cetakan atas berfungsi sebagai penutup.

Cetakan untuk membuat specimen. Alat Penunjang yang digunakan untuk membuat specimen uji untuk kelancaran proses *hand lay up* adalah sebagai berikut: penggaris, kuas, gayung, gergaji tangan dan gunting.

Proses Pembuatan Spesimen yang dilakukan dengan proses *open mouldprocess* Untuk ini dapat diambil contoh yaitu proses Hand Lay Up. Langkah-langkah pencetakan specimen dengan proses Hand Lay Up: 1. Resin yang sudah siap tuangkan kedalam cetakan dioleskan rata kepermukaan kaca cetakan dengan menggunakan kuas, setelah merata di atasnya ditaruh serat karung plastik dan ditekan agar serat terbenam kedalam resin, setelah itu diolesi resin lagi begitu seterusnya sampai ketebalan 1 cm. 2. setelah mencapai ketebalan 1 cm cetakan ditutup dengan cetakan atas dijepit setiap sisi-sisinya dan dibiarkan mengering dan mengeras. 3. setelah mengeras cetakan dibuka dan specimen uji dapat diambil. 4. Hasil cetakan dipotong-potong sesuai dengan dimensi Uji impact.

DATA HASIL PENGUJIAN

Pengujian Impact Rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut 1. Kerugian energi akibat gesekan $E_f = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$ joule. 2. Energi yang digunakan secara ideal $E_{id} = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$ joule. 3. Energi yang

digunakan secara actual $E_{akt} = (E_{id} - E_f)$ joule. 4.

$$\text{Harga impact (Impact Strenght) HI} = \frac{E_{akt}}{h \cdot L}$$

Data yang diketahui

Tinggi Specimen(h) = 8 mm

Lebar Specimen(L) = 10 mm

Jari-jari pendulum(R) = 0,750 m

Sudut simpangan awal $\alpha = 90^\circ$

Gravitasi (g) = 9,81 m/dt²

Berat pendulum (m) = 26,2 kg

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, maka didapat harga impact rata-rata setelah tiga kali pengujian impact pada specimen menggunakan serat karung plastik dan ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Impact

NO	Jumlah Lapisan Serat	Spes	β	E _f (joule)	E _{id} (joule)	E _{akt} (joule)	HI (J/mm ²)	Σ HI (J/mm ²)
1	lapis 1	Spes 1	88,5	3,354	5,05	1,696	0,0212	0,0212
		Spes 2	88,5	3,354	5,05	1,696	0,0212	
		Spes 3	89,5	3,354	0	0	0	
2	lapis 2	Spes 1	88	3,354	6,72	3,37	0,042	0,035
		Spes 2	88	3,354	6,72	3,37	0,042	
		Spes 3	88,5	3,354	5,05	1,696	0,0212	
3	lapis 3	Spes 1	88	3,354	6,72	3,37	0,042	0,042
		Spes 2	88	3,354	6,72	3,37	0,042	
		Spes 3	88	3,354	6,72	3,37	0,042	
4	lapis 4	Spes 1	87	3,354	10,09	6,73	0,086	0,056
		Spes 2	88	3,354	6,72	3,37	0,042	
		Spes 3	88,5	3,354	6,72	3,37	0,042	
5	lapis 5	Spes 1	87	3,354	10,09	6,73	0,086	0,100
		Spes 2	87	3,354	10,09	6,37	0,086	
		Spes 3	86	3,354	13,45	10,09	0,13	

Tabel 2. Tinggi Pendulum Uji Impact

NO	Jumlah Lapisan serat	Distribusi H ₂ beban = 26,2 kg			Tinggi Rata-rata
		Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	
1	Lapis 1	0,73 m	0,73 m	0,74 m	0,733 m
2	Lapis 2	0,72 m	0,72 m	0,73 m	0,723 m
3	Lapis 3	0,73 m	0,73 m	0,73 m	0,73 m
4	Lapis 4	0,71 m	0,72 m	0,72 m	0,716 m
5	Lapis 5	0,72 m	0,71 m	0,69 m	0,70 m

Tabel 3. Hubungan Jumlah Lapisan serat Dengan Harga Impak (*impact strength*)

NO	Jumlah Lapisan Serat	Harga Impact(<i>Impact Strength</i>)(J/mm ²)
1	Lapis 1	0,0212
2	Lapis 2	0,035
3	Lapis 3	0,042
4	Lapis 4	0,056
5	Lapis 5	0,100

Tabel 4. Hubungan Jumlah Lapisan serat Dengan Tinggi Simpangan Akhir (H2)

NO	Jumlah Lapis Serat	Dengan Tinggi Simpangan Akhir (H2)(m)
1	Lapis 1	0,733
2	Lapis 2	0,723
3	Lapis 3	0,722
4	Lapis 4	0,716
5	Lapis 5	0,691



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Jumlah Lapisan dengan Ketahanan Impak

PEMBAHASAN

Setelah diadakan pengujian maka didapatkan harga impak (*Impact strength*) berdasarkan Gambar Grafik No.3. Hubungan antara jumlah lapis serat dengan ketahanan Impak yaitu semakin banyak jumlah lapisan serat dalam resin maka akan didapatkan ketahanan Impak yang semakin tinggi, pada lapisan 5 dan harga impek 0,100 J/mm² sedangkan Pada lapis serat 1 ketahanannya yang terendah yaitu 0.0121 J/mm²

Hal ini disebabkan karena penambahan komposisi serat dan peralatan sangat berpengaruh pada kekuatan impak, dikarenakan adanya masalah tatanan, tebaran, dan proses hand lay up. Pada saat proses *hand lay up*, tergantung kepada keterampilan operator. memungkinkan terjadinya kesalahan atau kekurangan-kekurangan terutama yaitu kurangnya ketelitian yang berakibat pada tatanan, tabaran dan pembasahan pada serat kurang merata. Penuangan resin yang tidak merata juga memungkinkan terjadinya gelembung udara yang apabila specimen kering akan terbentuk rongga-rongga akibat adanya gelembung udara. Kemungkinan lain karena tidak sempurnanya specimen yang dibuat ini disebabkan juga oleh adanya perencanaan cetakan yang kurang sempurna sehingga terjadi penyimpangan ketebalan. Specimen yang dibuat kurang rapi dan presisi sehingga antara specimen yang satu dengan yang lainnya tidak sama kekuatan impeknya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan maka Dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah lapis serat akan sangat berpengaruh pada ketahanan Impak. Yaitu semakin banyak jumlah lapis seratnya maka ketahanan akan semakin tinggi. Sehingga dapat pula disimpulkan, bahwa serat merupakan hal yang mempengaruhi kekuatan Suatu *fiber glass*. Mengenai energi yaitu semakin banyak serat yang tertanam pada resin maka Energi yang diserap semakin besar.

Saran-saran, saran yang perlu ditekankan yaitu dalam Proses *manufacturing* homogenitas lapis harus sangat diperhatikan, karena akan sangat berpengaruh pada kekuatan suatu *fiber*

glass. Homogenitas lapisan yang kurang baik misalnya letak serat yang kurang seragam harus dihindari.

DAFTAR PUSTAKA

Bor Z Jang. 1994, *Advanced Polimer Composit: principles and Aplication* Librari of Congres Cataloging in Publication Data,ASM International,Canbridge

Surdia Tata Satio Shinroku 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik* PT Pradnya Paramita

Sriati, Djaprie, George E. Dieter. *Metalurgi Mekank*, Jilid II, Edisi ketiga

<http://kumbangjantan.wordpress.com/2009/05/01/belajar-bikin-fiberglass-yuk/>

Japrie Sriati, 1983. *Ilmu Dan Teknologi Bahan*. Airlangga. Surabaya

Wahyono Suprpto. *Prinsip Dan Aplikasi Material Komposit*

Sugiarto. *Pedoman Praktikum Uji Logam*, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang