

Analisis sifat Mekanik Material Komposit Ecenggondok Berbahan Filler Ampas Singkong dengan Matrik Polyester

Karyanik^{1*}, Nasmi Herlina Sari²

¹Jurusan Teknik Mesin, Staf Pengajar, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Sidoarjo, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin, Staf pengajar, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

ABSTRAK

The using of composites material currently more developed together with the using of it from the simpler like larges of housing tools to industry sector. The composite resech supported by fiber of eichhornia crassipes solms that has filler of cassava waste that has functions to know tensile strength and impact strength. This reseach used the various added of cassava waste , 0, 20, 25, and 30 (% of weight) and using of polyester resin matrix, the form of the composite speciment is plat with the fractions volume eichhornia crassipes solms fiber 20 % (constant), the fiber length 25 mm, because methode to found eichhornia crassipes solms fiber using methode of manual so that nothing of fibers have cuality and length with the same. Composite manufacturing process carried out by the methode of hand lay up with emphasis manually using glass as a mold and pressure. The results tensile reseach founded that lests of filler as used so that the highest that tensile strength, the highest tensile strength at variations added of cassava waste 0 % (9,311 N/mm²) and for impact strength the biggest added of cassava waste so that the highest energy to fight of materials , the high tensile strength found in the variations added of cassava waste 25 % (0,018282 J/mm²).

Keywords: Eichornia crassipes solms fiber, cassava waste, tensile strength, impact strength.

Karyanik menyelesaikan program magister di kampus perjuangan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2013 dengan gelar Magister Teknik(M.T) di bimbing oleh Prof. Dr.-Ing. Ir. Suhardjono, M.Sc. Dia bekerja sebagai seorang pengajar di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Saat ini ia aktif membimbing mahasiswa dalam mengerjakan tugas akhir yang khususnya dalam bidang manufaktur, dan melaksanakan tri dharma perguruan tinggi yang lain seperti bimbingan Kuliah Kerja Nyata Terpadu serta kegiatan abdimas yang lain.



Nasmi Herlina Sari dosen dari jurusan teknik mesin Universitas Mataram. Beliau aktif mengajar dan meneliti dalam bidang material komposit. Saat ini beliau sedang melanjutkan kuliah program Doktor di Universitas Brawijaya Malang, dan sudah sidang tertutup sehingga tinggal beberapa langkah lagi akan menyelesaikan kuliah dan mendapatkan gelar Doktor(Dr).



dari yang sederhana seperti alat-alat rumah tangga seperti plafon rumah, dan alat-alat elektronik sampai sektor industri baik industriskala kecil maupun industri skala besar seperti pada industri pesawat terbang sebagai kerangka, sayap, lantai dan baling-baling untuk helikopter kemudian pemakaian di industri otomotif di gunakan untuk fanel mobil. Komposit mempunyai keunggulan tersendiri dibandingkan dengan bahan teknik alternative lain seperti kuat, ringan, tahan korosi, ekonomis dsb.

Limbah ampas singkong adalah limbah organik yang jumlahnya sangat banyak dan nilai ekonomisnya sangat murah. Agar bahan limbah ini dapat dipakai sebagai material teknik maka perlu dikembangkan sebagai bahan komposit yang sesuai sifat fisis dan mekanisnya.

Singkong merupakan umbi yang panjang dengan fisik rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm, tergantung dari jenis singkong yang ditanam. Daging umbinya berwarna putih atau kekuning-kuningan. Umbi singkong tidak tahan simpan meskipun ditempatkan di lemari pendingin. Gejala kerusakan ditandai dengan keluarnya warna biru gelap akibat terbentuknya asam sianida yang bersifat racun bagi manusia. Umbi singkong merupakan sumber energi yang kaya karbohidrat namun sangat miskin protein. Dari proses pengolahan singkong menjadi tepung tapioka,

Pendahuluan

Latar Belakang

Penggunaan dan pemanfaatan material komposit dewasa ini semakin berkembang, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas mulai

*Corresponding author.

E-mail address: karyanik86@yahoo.com.

Peer reviewed under responsibility of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

© 2017 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved, This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

dihasilkan limbah sekitar 2/3 bagian atau sekitar 75% dari bahan mentahnya. Selama ini orang hanya memanfaatkan daging singkong sebagai bahan pangan, namun limbahnya tidak diolah kembali. Bagi kebanyakan orang limbah tapioka hanyalah sampah dan polutan yang mencemari lingkungan. Limbah tapioka oleh para petani hanya digunakan sebagai pakan ternak atau dibuang begitu saja ke sungai atau parit-parit. Hal tersebut dapat membahayakan lingkungan karena dapat merubah kandungan oksigen di air menjadi berkurang. Serat eceng gondok merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif dalam pembuatan komposit secara ilmiah pemanfaatannya masih dikembangkan, karena belum ditemukan material komposit yang menggunakan serat eceng gondok. Serat eceng gondok sekarang banyak digunakan dalam industri-industri mebel dan kerajinan rumah tangga karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*) sehingga komposit ini mampu mengatasi permasalahan lingkungan, serta tidak membahayakan kesehatan. Pengembangan serat eceng gondok sebagai material komposit ini sangat dimaklumi mengingat dari segi ketersediaan bahan baku serat alam, Indonesia memiliki bahan baku yang cukup melimpah. Penelitian senada seperti yang dilakukan oleh Pramuko I Purboputro 2006, mengembangkan komposit serat eceng gondok yang diikat dengan polyester, dalam penelitiannya menunjukkan bahwa semakin panjang serat eceng gondok maka kekuatan *impact* komposit semakin menurun.

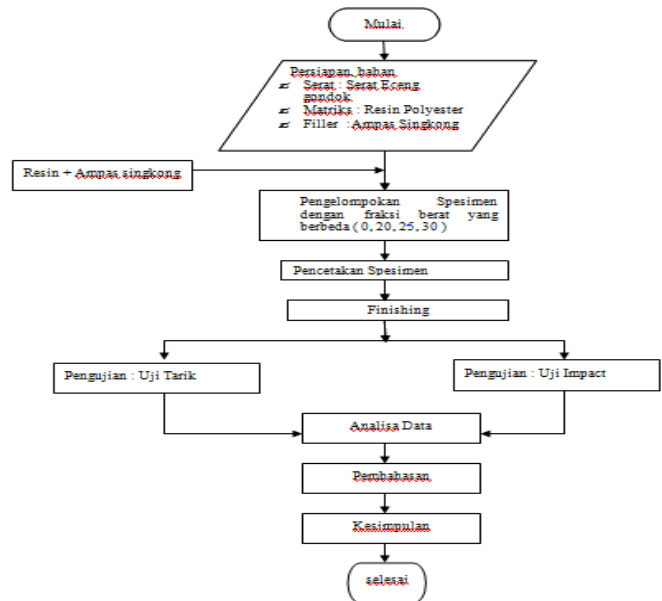
Berdasarkan uraian diatas mengindikasikan bahwa penelitian mengenai komposit dengan memadukan atau menggabungkan serat alam dan memasukkan limbah ampas singkong masih terbatas, maka dapat dirumuskan yang menjadi obyek penelitian ini yaitu bagaimana memanfaatkan limbah ampas singkong untuk mendapatkan sifat mekanik material komposit yang lebih baik, lebih murah dengan kualitas yang baik pada material komposit. Dan meningkatkan *value added* limbah tapioca yang sangat berlimpah daripada hanya dibuang begitu saja ke lingkungan atau hanya digunakan sebagai pakan ternak saja.

Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh penambahan ampas singkong terhadap sifat kekuatan tarik, dan kekuatan *impact* material komposit serat eceng gondok bermatrik *polyester*.

Metode Penelitian

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian Alat dan Bahan penelitian Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- ✍ Alat uji tarik (Universal testing Mesin)
- ✍ Alat Uji Impact (*Impact Charpy*)
- ✍ Cetakan spesimen
- ✍ Parutan untuk mendapatkan limbah ampas singkong
- ✍ Jangka sorong untuk mengukur spesimen
- ✍ Ayakan untuk mengayak ampas singkong dengan ukuran 140 *mesh*.
- ✍ Timbangan digital untuk menimbang berat serat eceng gondok, ampas singkong .
- ✍ Wadah sebagai tempat untuk mencampur *polyester* tak jenuh, ampas singkong.
- ✍ Amplas untuk menghaluskan permukaan spesimen
- ✍ Roller untuk menekan serat eceng gondok.
- ✍ Sikat kawat untuk pengambilan serat eceng gondok
- ✍ Bambu penjepit untuk pengambilan serat eceng gondok dan
- ✍ Kamera digital

Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan antara lain:

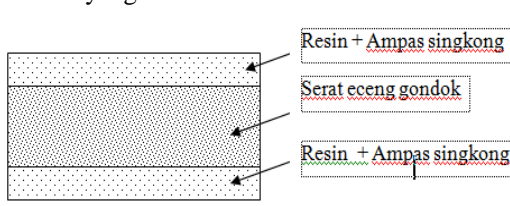
- ✍ Resin *Polyester* tak jenuh sebagai matrik
- ✍ Serat eceng gondok acak dengan panjang 25 mm
- ✍ Ampas singkong
- ✍ Larutan NaOH 4 (% berat)
- ✍ Aquades sebagai bahan pencuci ampas singkong

Persiapan spesimen

Spesimen dipersiapkan dengan cara *hand lay-up* dengan cetakan terbuat dari kaca. Langkah-langkah dalam mempersiapkan spesimen, yaitu:

- ✍ Tanaman enceng gondok dicuci, lalu dikeringkan selama \pm dua jam
- ✍ Pengambilan serat dari tanaman enceng gondok dengan menggunakan bantuan sikat kawat, tanaman enceng gondok tersebut setelah kering disikat dengan cara membujur searah dengan sikat kawat tersebut, lalu serat tersebut akan memisah dari daging tanaman. Serat tersebut lalu dipotong dengan panjang 25mm.
- ✍ Ampas singkong 0, 20, 25, 30 (% berat) dan resin *Polyester* diaduk menggunakan *blender* sampai keduanya tercampur secara merata.
- ✍ Pengolesan *wax mold release* atau *kit mobil* pada cetakan untuk memudahkan pengambilan benda uji dari cetakan.
- ✍ Proses *Hand Lay Up*

Cetakan yang sudah siap dipakai di atasnya diberikan serat yang mana disusun secara gambar dibawah ini kemudian ditambahkan ampas singkong. Selanjutnya diberikan resin sampai batas yang di hendaki.



Gambar 2 *Lay Up* komposit

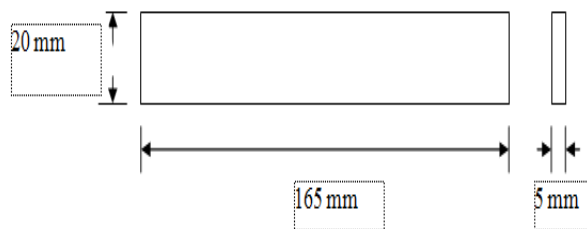
- ✍ Campur resin dengan *hardener*. Tuangkan resin ke dalam cetakan setelah langkah e.
- ✍ Penutupan dengan menggunakan kaca yang bertujuan agar *void* yang kelihatan dapat diminimalkan jumlahnya. Selanjutnya dilakukan pengepresan dengan menggunakan plat kaca yang dikencangkan dengan baut dan mur.
- ✍ *Demold*, Pelepasan spesimen dari *mould* atau cetakan, menggunakan pisau ataupun *cutter*.
- ✍ Proses *curing*. Proses pengeringan dibawah sinar matahari, proses ini dilakukan sampai benar-benar kering yaitu 5 – 10 jam dan apabila masih belum benar-benar kering maka proses pengeringan dapat dilakukan lebih lama.
- ✍ *Finishing*, menghaluskan spesimen. Benda uji komposit siap untuk dipotong menjadi spesimen benda uji

Tahap Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil dan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram. Pengujian yang dilakukan adalah Uji Tarik, uji *Impact*. Adapun variabel yang akan diuji adalah penambahan ampas singkong 0, 20, 25, 30 (% berat).

Untuk Uji Tarik

Ukuran spesimen untuk komposit dipotong dengan ukuran 165mm x 20mm x 5 mm mengikuti standar uji tarik material komposit, seperti pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3 Spesimen uji tarik ASTM D638

- Jumlah Spesimen Uji Tarik

Pada penelitian ini digunakan spesimen yaitu Variasi penambahan ampas singkong 0, 20, 25, 30 (% berat), dimana setiap sampel mengalami pengulangan sebanyak 3 kali.

- Instruksi Pengujian

1. Persiapkan Mesin UTM

Langkah yang dilakukan dalam mempersiapkan mesin UTM adalah menghidupkan kontak dan saklar dan mempersiapkan komputer pada program testing metal.

2. Pemasangan benda uji

Benda uji yang telah disiapkan lalu dicekam pada pegangan yang terdapat pada mesin UTM. Untuk pegangan diukur sepanjang 7 cm agar mempunyai kekuatan yang cukup sehingga benda uji tidak terlepas atau tergelincir pada saat dilakukan uji tarik.

3. Melengkapi data program

Komputer yang terdapat pada alat UTM ini membutuhkan data-data masukan (input) yang berkaitan dengan dimensi spesimen uji tarik. Data-data yang dibutuhkan diantaranya seperti lebar, tebal, panjang pegangan (*grip*), model pengujian dan hasil yang diinginkan serta bentuk satuan yang digunakan.

4. Penarikan benda uji

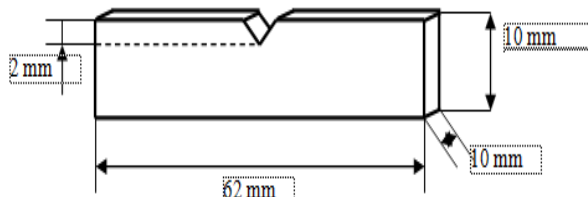
Penarikan benda uji dilakukan setelah semua data telah lengkap dimasukkan ke dalam komputer yang terhubung dengan mesin UTM. Penarikan benda uji dilakukan dengan memberi beban sampai benda uji mengalami putus. Sewaktu melakukan uji tarik hasilnya berupa diagram tegangan-regangan yang dapat dipantau dilayar komputer.

5. Pencetakan hasil uji

Hasil uji tarik yang terdapat dilayar monitor dapat di cetak melalui printer. Hasil uji tarik tersebut berupa grafik tegangan-regangan dan dapat dicetak *test report* yang berisikan data hasil pengujian kuat tarik.

Untuk uji *impact*

Pengujian *impact* untuk mengetahui kekuatan *impact*. Dimensi spesimen seperti gambar 3.4 (Smith, 1990)



Gambar 4 Spesimen uji *impact* sesuai ASTM D265

- Jumlah Spesimen Uji *Impact*

Pada penelitian ini digunakan spesimen yaitu variasi penambahan ampas singkong 0, 20, 25, 30 (% berat) , dimana setiap sampel mengalami pengulangan sebanyak 3 kali.

- Instruksi Pengujian

- ✍ Ukur benda uji dan sket benda uji tersebut sebelum dibentur alat *impact*.
- ✍ Naikkan pengangkat pembentur sesuai dengan sudut yang telah ditentukan dengan memutar handle beban pembentur, kunci pembentur dengan benar.
- ✍ Lepaskan pengunci pembentur setelah beban berada pada puncak yang telah ditentukan, beban berayun tanpa tahanan pemberat benda uji (sudut α).
- ✍ Setelah kembali dari puncak ayunan tersebut dapat dihentikan perlahan-lahan dengan rem.
- ✍ Amati dan catat jarum yang terdorong, berapa derajat pemberat sudut ayunan tanpa benda uji.
- ✍ Pasanglah pembentur dengan baik dan benar sehingga tidak membahayakan.
- ✍ Pasanglah benda uji pada anvil, tepatkan dengan penyenter dan lepaskan
- ✍ Pembentur dapat dinaikkan perlahan-lahan dengan memutar handle tepat pada, sudut yang ditentukan.
- ✍ Lepaskan pengunci dengan menarik handelnya.
- ✍ Setelah pembentur berayun mematahkan benda uji, maka pembentur yang berayun dapat dihentikan dengan cara direm.
- ✍ Amati sudut pada, dial yang ditunjukkan oleh jarum beban, catat sudut maupun tenaganya (sudut β).
- ✍ Hitung harga GR dan keuletanya

Jumlah spesimen uji tarik dan uji *impact*

Tabel 1 Jumlah spesimen Uji Tarik dan Uji *Impact*

Variasi penambahan ampas singkong (% berat)	Uji Traik	Uji Impack
0	3	3
20	3	3
25	3	3
30	3	3
Jumlah	12	12

Hasil dan Pembahasan

Material komposit sangat efisien dalam menerima beban, karena mekanisme transfer beban adalah beban akan di transfer ke serat,dalam hal ini seratlh yang bertugas menerima beban, sehingga material komposit sangat kuat dan kaku bila dibebani dalam arah tegak lurus. Serat-serat ini biasanya terdiri dari bahan yang kuat dan kaku hal ini terjadi karena seratlh yang terutama menahan gaya luar. Sehingga untuk mengetahui kelebihan sifat-sifat mekanik dari material komposit tersebut, maka dilakukan suatu penelitian lebih lanjut dengan berbagai macam pengujian antara lain uji tarik dan uji *impact*.

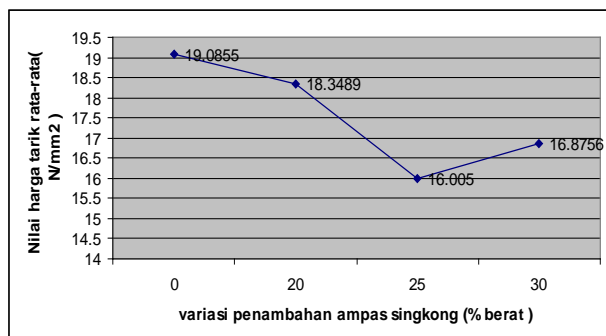
Uji Tarik

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari komposit eceng gondok seperti kekutan tarik, tegangan luluh dan regangan yang terjadi. Dari hasil pengujian tarik yang dilakukan dapat di peroleh kekuatan tarik antara komposit dengan penambahan ampas singkong yaitu 0, 20, 25, dan 30(% berat). Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium struktur dan bahan teknik sipil universitas mataram. Pengujian tarik menggunakan alat UTM (*Universal Testing Mechine*). Adapun hasil pengujian tarik rata-rata dapat di lihat pada table 3.1 di bawah ini.

Tabel 2 Harga Rata-rata kekuatan tarik.

Variasi penambahan ampas singkong (% berat)	No	Harga tarik (N/mm ²)	Harga tarik Rata-rata (N/mm ²)
0	1	19.6882	19.0855
	2	17.2774	
	3	20.2909	
20	1	20.2909	18.3489
	2	16.4738	
	3	18.2819	
25	1	8.8396	16.0050
	2	25.5143	
	3	13.6612	
30	1	23.3044	16.8756
	2	13.2594	
	3	14.063	

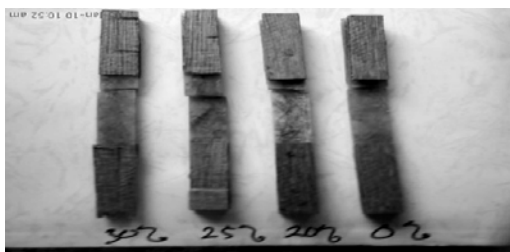
Dari table 2 dapat di buat grafik hubungan antara variasi penambahan ampas singkong terhadap kekuatan tarik rata-rata.



Gambar 5 Grafik hubungan antara variasi penambahan ampas singkong terhadap kekuatan tarik rata-rata.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa tipe spesimen dengan variasi penambahan ampas singkong yang berbeda mempunyai kekuatan tarik yang berbeda, dimana kekutan tarik dari 0, 20,dan 25(% berat) mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena pada waktu di uji tarik pada ketiga variasi tersebut beban yang diberikan tidak dapat di tahan oleh serat maupun ampas singkong karena ampas singkong sebagai filler penguat terlalu banyak sehingga terjadi pergeseran antara serat dan filler lebih besar menyebabkan spesimen cepat putus sehingga kekuatan tariknya semakin kecil tetapi pada variasi penambahan ampas singkong 30% mengalami kenaikan lagi karena disebabkan oleh pergeseran antar muka terjadi lebih kecil sehingga pada waktu diberikan beban serat dan ampas singkong mampu menahan beban yang diberikan sehingga kekuatan tariknya meningkat lagi. hasil pengujian ini juga penurunan di sebabkan oleh alat uji tarik yang sudah tidak presisi lagi dalam pembacaan hasil pengujian atau grafik hasil pengujian. Hal ini dapat diperkirakan bahwa dengan penambahan variasi ampas singkong diatas 25% akan terus mengalami peningkatan kekuatan tarik dengan range peningkatannya berkisar satu atau lebih ini bisa kita lihat perbedaan penurunan pada setiap variasi penambahan ampas singkong di bawah 30%.

Kemudian untuk pola patahan setelah spesimen di uji dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6 Bentuk patahan setelah diuji tarik

Dari gambar diatas maka dapat dilihat patahan spesimen terjadi pada tempat titik perpatahan yang berbeda dan apabila benda uji atau spesimen langsung patah pada saat diuji dengan UTM mesin uji tarik menandakan spesimen tersebut getas. Namun dengan dasar pertimbangan bobot yang ringan, kaku, dan kuat serta tahan korosi yang lebih baik bila di dibandingkan dengan logam maka komposit ini banyak di gunakan.

Uji Impact

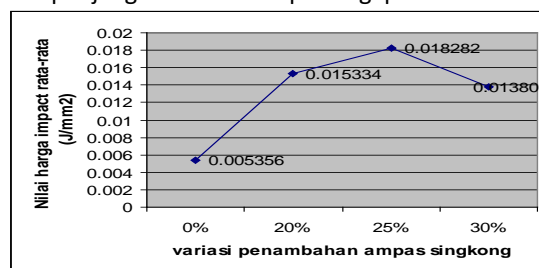
Pengujian *impact* menggunakan alat uji *impact* (*Testing equipment*) dengan kapasitas pralatan 300 joule charpy – DIP 1 joule di laboratorium metallurgy teknik mesin universitas mataram. Tujuan di lakukannya pengujian *impact* untuk mengetahui besarnya energi yang diserap untuk mematahkan benda uji (dengan variasi penambahan Ampas singkong) untuk membandingkan antara variasi penambahan ampas singkong 0, 20, 25, dan 30 % penambahan ampas singkong .

Dari hasil pengujian di peroleh data-data seperti di tunjukan pada tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 3 Data-data hasil pengujian *Impact* komposit eceng gondok dengan fraksi volume serat 20% serta 0, 20, 25, dan 30 % ampas singkong, dan resin polyester.

Variasi penambahan ampas singkong	No	α^0	β^0	A ₀ (mm ²)	Energi yang diserap (j)	HI (j/mm ²)	HI rata-rat (j/mm ²)
0%	1	15	14.3	79.38	0.4784	0.006021	0.005356
	2	15	14.5	80.36	0.32376	0.004028	
	3	15	14.3	79.38	0.4784	0.006021	
20%	1	15	13.6	78.18	1.01704	0.013008	0.015334
	2	15	13.2	78.28	1.56556	0.019999	
	3	15	13.6	78.25	1.01704	0.012996	
25%	1	15	12.2	74.42	1.28282	0.017237	0.018282
	2	15	12.7	74.73	1.40061	0.018743	
	3	15	12.7	74.24	1.40061	0.018866	
30%	1	15	11.5	81.77	0.99438	0.012216	0.013805
	2	15	11.8	78.06	1.18409	0.015168	
	3	15	11.3	75.20	1.05942	0.014088	

Dari table 3 dapat dibuat grafik hubungan antara variasi panjang serat terhadap energi patah rata-rata.



Gambar 7 Grafik hubungan antara variasi penambahan ampas singkong dengan harga *impact* rata-rata

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa variasi penambahan Ampas singkong 25% mempunyai harga *impact* yang paling tinggi yakni 0.018282 joule/mm² dan variasi tanpa penambahan Ampas singkong 0% mempunyai harga *impact* yang terkecil yakni 0.005356

joule/mm². Pada pengujian ini berarti energi yang di butuhkan untuk mematahkan penambahan Ampas singkong terbanyak lebih besar bila dibandingkan dengan energi untuk mematahkan benda uji tanpa penambahan Ampas singkong hal ini di sebabkan karena penambahan Ampas singkong terbanyak mampu menahan beban lebih bagus (mampu meneruskan tegangan lebih baik) bila di bandingkan dengan tanpa penambahan ampas singkong yang kurang baik di dalam meneruskan tegangan.

Perbedaan harga *impact* rata-rata dari ketiga jenis komposit dapat disebabkan oleh beberapa sebab diantaranya adalah kekurangan komposit yang kurang merata disetiap tempat dan distribusi penambahan ampas singkong yang kurang merata sehingga energi yang di serap menjadi lebih kecil. sedangkan patahan yang terjadi adalah jenis patahan getas. Kemudian dari jenis patahan tersebut dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 8 Bentuk patahan setelah diuji Impact

Apabila benda uji atau spesimen langsung patah pada saat diuji dengan impact charpy menandakan spesimen tersebut getas. Namun dengan dasar pertimbangan bobot yang ringan, kaku, dan kuat serta tahan korosi yang lebih baik bila di bandingkan dengan logam maka komposit ini banyak di gunakan.

Kesimpulan

Dari hasil proses pembuatan dan pengolahan data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- ☞ Dari hasil pengujian tarik di dapatkan bahwa semakin sedikit filler yang digunakan maka semakin besar kekuatan tariknya. Kekuatan tarik terbesar pada penambahan ampas singkong (0% atau tanpa penambahan ampas singkong) dan terkecil pada penambahan ampas singkong 25%.
- ☞ Untuk uji impact semakin banyak penambahan ampas singkong yang di gunakan maka, semakin besar energi patah yang di butuhkan untuk mematahkan material, kekuatan impact terbesar di peroleh pada penambahan ampas singkong 25%

dan terkecil pada penambahan ampas singkong 0%.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim, 2005, Mengekspor Sampah, Kenapa Tidak?, Harian Suara Pembaruan, edisi 22
- [2] ASTM, 1990, *Standards and Literature References for Composite Materials*, 2d ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- [3] Budinski, Kenneth, 2000, *Engineering Materials Properties and Selection sixth Edition*, Prentice Hall, New Jersey.
- [4] Crawford R.J. 1998, *Plastics Engineering 3ed*, Johannesburg.
- [5] Dr. Evelin Jähne, 2008, *Chemie und Technologie der Faserstoffe*, Vorlesung Winter Semester. TU Dresden.
- [6] Gibson. Ronald F., 1994, *Principles Of Composite Material Mechanics*, Mc Graw Hill Inc, New York.
- [7] Jamasri, 2002, *Buku Pegangan Kuliah Komposit*, Surakarta
- [8] Jones, M. R., 1975, *Mechanics of Composite Materials*, Mc Graw Hill Kogakusha, Ltd.
- [9] Pramuko I Purboputro, 2007, Pengaruh Panjang Serat terhadap Kekuatan *Impact* Eceng Gondok dengan Matrik Poliester
- [10] Roseno, Seto, 2003, *Karakteristik dan Model Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Alam*, BPPT, Jakarta.
- [11] Shackelford James F, 1996, *Introduction To Materials Science For Engineers*, Prentice Hall International. Inc, London.
- [12] Staf Laboratorium Bahan Teknik, 2005., *Petunjuk Praktikum Ilmu Logam, Teknik Mesin* UGM, Yogyakarta.
- [13] Surdia T., Saito S, 1991, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [14] Widayat, dkk, 1975, *Serat-serat Tekstil*, Institut Teknologi Tekstil, Bandung.