

# Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa

I Made Astika<sup>1)</sup>, I Putu Lokantara<sup>1)</sup> dan I Made Gatot Karohika<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362  
email: imdastika@yahoo.com

## Abstrak

Penggunaan serat alam sebagai penguat komposit dalam beberapa tahun terakhir ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Salah satunya adalah serat sabut kelapa. Potensi sabut kelapa yang begitu besar belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produksi yang mempunyai nilai tambah ekonomis. Dengan tidak adanya pemanfaatan yang optimal, sabut kelapa ini hanya akan menjadi limbah dan menimbulkan masalah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sifat mekanis yaitu kekuatan tarik, impact dan lentur dari komposit polyester yang diperkuat dengan serat sabut kelapa. Di masa depan, komposit ini dapat digunakan sebagai asesoris kendaraan, plafon ataupun papan sebagai pengganti kayu, eternit, bambo dan gipsun yang harganya mahal dan relatif tidak tahan air. Komposit dibuat dengan memanfaatkan serat sabut kelapa dan matriks resin *Unsaturated-Polyester (UPRs)* jenis Yucalac 157 BQTN, campuran 1 % *hardener* jenis MEKPO (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*) dan perendaman serat dalam larutan alkali NaOH 5%. Metode produksi yang digunakan adalah *press hand lay up* dengan orientasi serat acak. Desain komposit dengan variasi fraksi volume serat 20, 25 dan 30% dan variasi panjang serat 5, 10 dan 15 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar fraksi volume dan panjang serat dalam komposit maka kekuatan tarik, impact dan lentur semakin tinggi. Mode patahan yang teramati adalah patah getas, *debonding*, *pullout* dan *crack deflection*.

**Kata kunci:** Komposit, sabut kelapa, sifat mekanis, mode patahan

## Abstract

The use of natural fibers as reinforcement of composites in recent years has been developing very rapidly. One of the natural fiber, coconut coir fiber has not been fully utilized for the production activities, so it is just going to be a waste and cause environmental problems. The purpose of this study is to investigate the mechanical properties i.e. tensile strength, impact strength and flexural strength of composites coir fiber. In the future this material can be used for vehicle accessories, ceilings and cabinet and will be able to replace the wood, eternit, bamboo and gipsun which are high price and lower water resistance. The research material made with coconut coir fiber as reinforcement and matrix resin unsaturated polyester (UPRs) type Yukalac BQTN 157, with 1% hardener types MEKPO (Methyl Ethyl Ketone Peroxide) and fiber treatment by 5% NaOH. Production methods are press hand lay-up and the variations of fiber volume fraction are 20, 25 and 30% and fiber length are 5, 10 and 15 mm. Testing of mechanical properties are impact test (ASTM - D256), tensile test (ASTM - D3039) and flexural test (ASTM - D790). The results of research show that the longer of fiber and the bigger of fiber volume fraction, the higher of tensile strength, impact strength and flexural strength are obtained. The fracture mode are overload, *debonding*, *pullout* and *crack deflection*

**Keywords:** Composites, coir fiber, mechanical properties

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Sebagai negara kepulauan serta kondisi argoklimat yang mendukung Indonesia merupakan penghasil kelapa utama di dunia. Kelapa merupakan tanaman perkebunan dengan areal terluas, lebih luas dibandingkan dengan tanaman karet dan kelapa sawit dan menempati urutan teratas untuk tanaman budidaya setelah padi. Kelapa menempati areal seluas 3,70 juta ha atau 26% dari 14,20 juta ha total areal perkebunan di Indonesia. Selain daging buahnya, bagian lain dari kelapa juga memiliki nilai ekonomis seperti tempurung, batang pohon dan daun kelapa, tetapi sabut kelapa (*coco fiber*) kurang mendapat perhatian. Menurut Budisuari, 2007 [1], sabut kelapa hampir mencapai 1,7 juta ton dari hasil produksi buah kelapa sekitar 5,6 juta ton pertahun. Potensi limbah sabut kelapa yang begitu besar belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produksi yang mempunyai nilai tambah

---

\* Penulis korespondensi, Hp : +628164748992  
Email: imdastika@yahoo.com

ekonomis. Dengan tidak adanya pemanfaatan yang optimal, limbah ini hanya akan menimbulkan masalah lingkungan.

Sabut kelapa mengandung serat yang merupakan material serat alami alternatif dalam pembuatan komposit. Serat kelapa ini mulai dilirik penggunaannya karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*) sehingga penggunaan sabut kelapa sebagai serat dalam komposit akan mampu mengatasi permasalahan lingkungan yang mungkin timbul dari banyaknya sabut kelapa yang tidak dimanfaatkan. Komposit ini ramah lingkungan serta tidak membahayakan kesehatan sehingga pemanfaatannya terus dikembangkan agar dihasilkan komposit yang lebih sempurna dan lebih berguna (Dwiprasetio, 2010, [2])

Komposit serat sabut kelapa dapat dibuat dengan berbagai ukuran dan ketebalan sesuai dengan kebutuhan. Proses pembuatan menggunakan teknologi sederhana sehingga produk yang dihasilkan lebih murah, ramah lingkungan dan memiliki sifat mekanis yang baik sehingga bisa digunakan sebagai pengganti bahan lain yang lebih mahal.

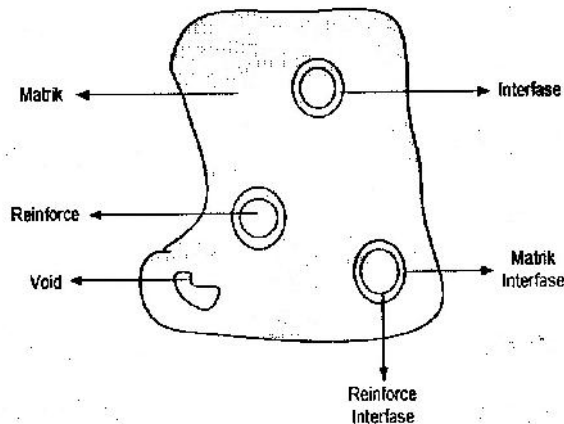
## 1.2. Tinjauan pustaka

### 1.2.1. Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda dimana satu material sebagai pengisi (Matrik) dan lainnya sebagai fasa penguat (*Reinforcement*). Komposit biasanya terdiri dari dua bahan dasar yaitu serat dan matrik. Serat biasanya bersifat elastis, mempunyai kekuatan tarik yang baik, namun tidak dapat digunakan pada temperatur yang tinggi sedangkan matrik biasanya bersifat ulet, lunak dan bersifat mengikat jika sudah mencapai titik bekunya. Kedua bahan yang mempunyai sifat berbeda ini digabungkan untuk mendapatkan satu bahan baru (komposit) yang mempunyai sifat yang berbeda dari sifat partikel penyusunnya (Gibson, 1994) [3].

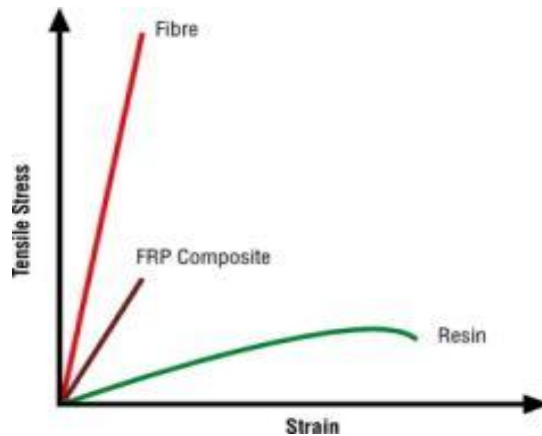
Menurut Jacobs, 2005 [4], suatu material komposit merupakan suatu material yang kompleks dimana terkomposisikan dari dua material atau lebih yang digabungkan/disatukan secara bersamaan pada skala makroskopik membentuk suatu produk yang berguna, yang didesain untuk menghasilkan kualitas maupun sifat terbaik. Penguat biasanya bersifat elastis, dan mempunyai kekuatan tarik yang baik namun tidak dapat digunakan pada temperatur yang tinggi, sedangkan matrik biasanya bersifat ulet, lunak dan bersifat mengikat jika sudah mencapai titik bekunya. Kedua bahan yang mempunyai sifat berbeda ini digabungkan untuk mendapatkan satu bahan baru (komposit) yang mempunyai sifat yang berbeda dari sifat partikel penyusunnya.

Di dalam komposit dapat terbentuk *interphase* yaitu fase diantara fase matrik dan penguat yang dapat timbul akibat interaksi kimia antara kimia antara fase matrik dan fase penguat.



Gambar 1. Fase-fase kalam komposit [4]

Semakin berkembangnya teknologi memungkinkan komposit dapat didesain sedemikian rupa sesuai dengan karakteristik material yang diinginkan sehingga dapat dibuat menjadi lebih kuat, ringan dan kaku. Dengan beberapa kelebihan tersebut, menyebabkan komposit banyak diaplikasikan dalam peralatan-peralatan teknologi tinggi di bidang industri, transportasi dan konstruksi bangunan. Karena komposit adalah kombinasi sistem resin dan serat penguat, maka sifat-sifat yang dimiliki komposit adalah kombinasi dari sifat sistem resin dan serat penguatnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan strain-tensile stress dari beberapa komposit [5]

### 1.2.2. Serat alami

Serat alami (*natural fiber*) merupakan serat yang bersumber langsung dari alam (bukan merupakan buatan atau rekayasa manusia). Serat alami biasanya didapat dari serat tumbuhan seperti serat bambu, serat pohon pisang serat nanas dan lain sebagainya. Biasanya sebelum digunakan untuk bahan serat pada komposit, serat alami mendapat perlakuan terlebih dahulu dengan menggunakan cairan kimia seperti NaOH. Perlakuan alkali serat (NaOH 5%) berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan dan modulus tarik komposit serat kenaf acak - *polyester*. Kekuatan dan modulus tarik tertinggi diperoleh untuk komposit dengan perlakuan alkali serat selama 2 jam (Jamasri dkk, 2005) [6]. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dan wax (lapisan minyak) dalam serat dan mengakibatkan permukaan lebih kasar sehingga akan meningkatkan ikatan dengan matrik yang digunakan.

Penelitian dan penggunaan serat alami berkembang dengan sangat pesat dewasa ini karena serat alami banyak mempunyai keunggulan dibandingkan serat buatan (*synthetic*) seperti beratnya lebih ringan, dapat diolah secara alami dan ramah lingkungan. Serat alami juga merupakan bahan terbarukan dan mempunyai kekuatan dan kekakuan yang relatif tinggi dan tidak menyebabkan iritasi kulit (Oksman dkk, 2003) [7]. Keuntungan-keuntungan lainnya adalah kualitas dapat divariasikan dan stabilitas panas yang rendah. Hal yang paling menonjol dari serat alami adalah ramah lingkungan dan mudah didapat. Dua sifat dasar tersebut membuat banyak ilmuwan tertarik untuk meneliti dan mengembangkan kegunaan serat alami. Disamping keunggulan tersebut, serat alami juga mempunyai banyak kekurangan antara lain, dimensinya tidak teratur, kaku, rentan terhadap panas, mudah menyerap air dan cepat lapuk (Brahmakumar dkk, 2005) [8].

Penggunaan serat alami sudah merambah ke berbagai bidang kehidupan manusia. Layaknya serat buatan, serat alami juga mampu digunakan dalam aspek yang biasanya menggunakan serat buatan hanya saja dalam penggunaannya terdapat modifikasi untuk menyesuaikan dengan sifat-sifat dasar dari serat alami.

### 1.2.3. Serat sabut kelapa

Serat sabut kelapa adalah serat alami alternatif dalam pembuatan komposit, yang pemanfaatannya terus dikembangkan agar dihasilkan komposit yang lebih sempurna dikemudian hari. Serat kelapa ini mulai dilirik penggunaannya karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*) sehingga komposit ini mampu mengatasi permasalahan lingkungan yang mungkin timbul dari banyaknya serat kelapa yang tidak dimanfaatkan, serta tidak membahayakan kesehatan. Pengembangan serat kelapa sebagai material komposit ini sangat dimaklumi mengingat ketersediaan bahan baku di Indonesia cukup melimpah. Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L*) banyak terdapat di daerah beriklim tropis. Pohon kelapa diperkirakan dapat ditemukan di lebih dari 80 negara. Indonesia merupakan negara agraris yang menempati posisi ketiga setelah Pilipina dan India, sebagai penghasil kelapa terbesar di dunia. Pohon ini merupakan tanaman yang sangat produktif, dimana dari daun hingga akarnya dapat diolah menjadi produk teknologi maupun bahan bangunan atau keperluan sehari-hari sehingga pohon kelapa dijuluki sebagai *The Tree of Life* (pohon kehidupan) dan *A Heavenly Tree* (pohon surga) (Satyanarayana, 1982) [9].



Gambar 3. Sabut kelapa



Gambar 4. Serat sabut kelapa

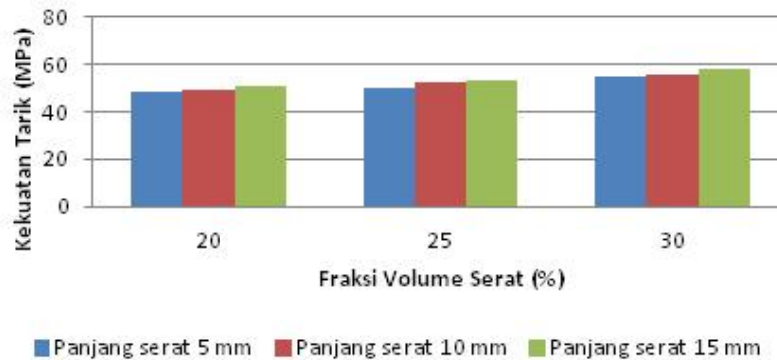
## 2. METODE

### 2.1. Material benda uji

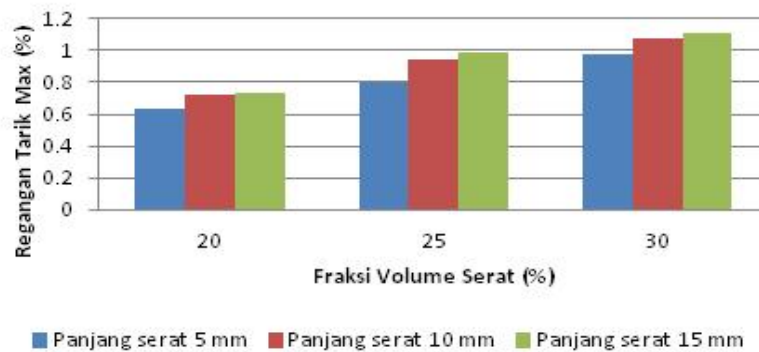
Benda uji pada penelitian ini adalah komposit polimer. Komposit dibuat dengan penguat serat sabut kelapa dan matriks resin *Unsaturated-Polyester (UPRs)* jenis Yucalac 157 BQTN, campuran 1 % *hardener* jenis MEKPO (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*) dan perendaman serat dalam larutan alkali NaOH 5%. Metode produksi adalah *press hand lay up* dengan orientasi serat acak. Desain komposit dengan variasi fraksi volume serat 20, 25 dan 30% dan variasi panjang serat 5, 10 dan 15 mm. Sifat mekanis yang diteliti adalah kekuatan tarik (ASTM-D3039), impact (ASTM-D256) dan lentur (ASTM-D790).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

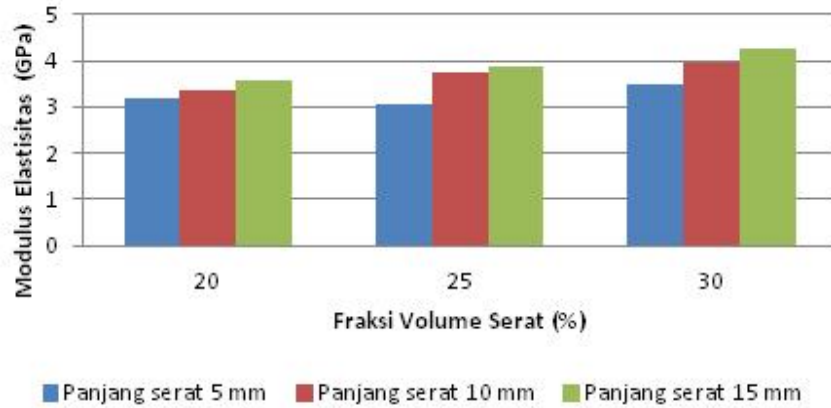
### 3.1. Hasil uji tarik



Gambar 5. Grafik hubungan kekuatan tarik, fraksi volume dan panjang serat

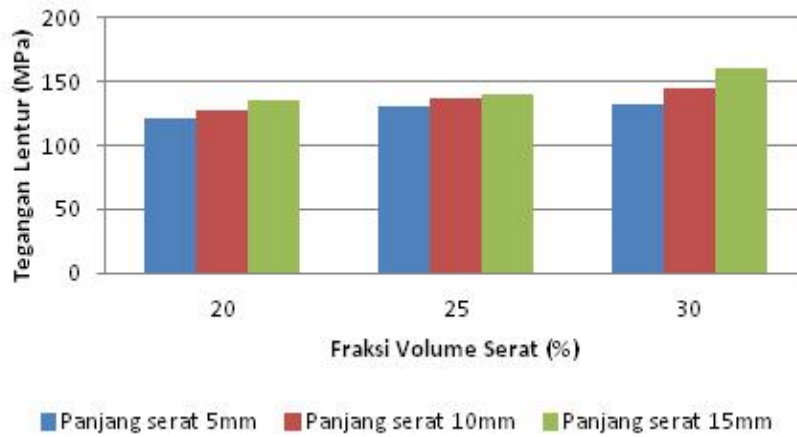


Gambar 6. Grafik hubungan regangan tarik, fraksi volume dan panjang serat

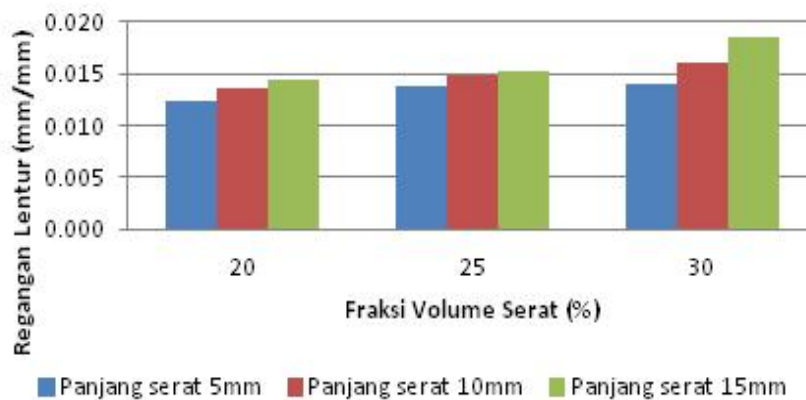


Gambar 7. Grafik hubungan modulus elastisitas, fraksi volume dan panjang serat

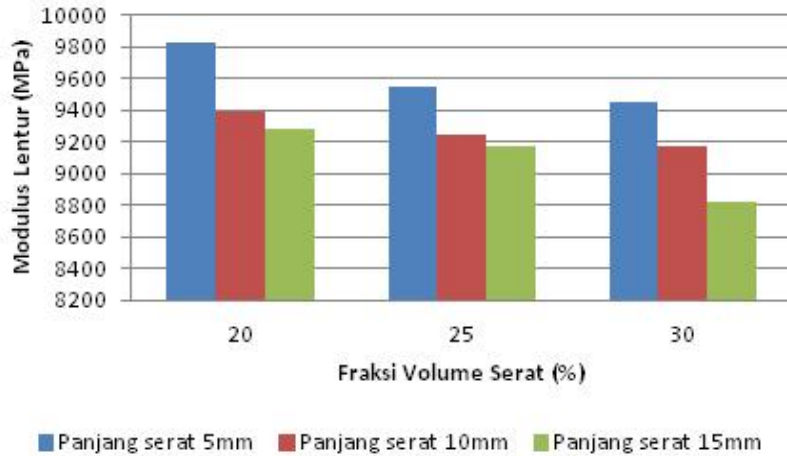
### 3.2. Hasil uji lentur



Gambar 8. Grafik hubungan tegangan lentur, fraksi volume dan panjang serat

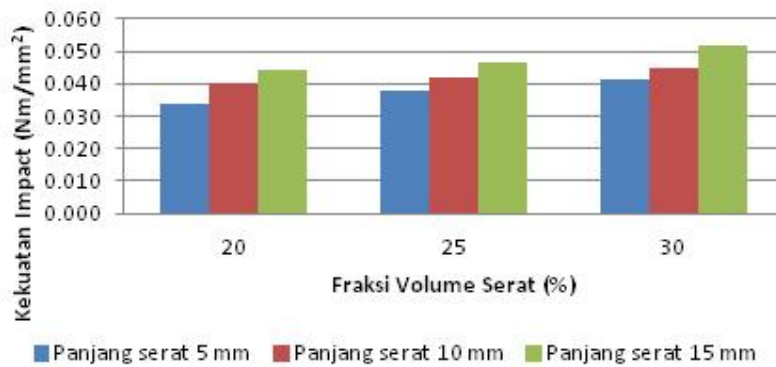


Gambar 9. Grafik hubungan regangan lentur, fraksi volume dan panjang serat



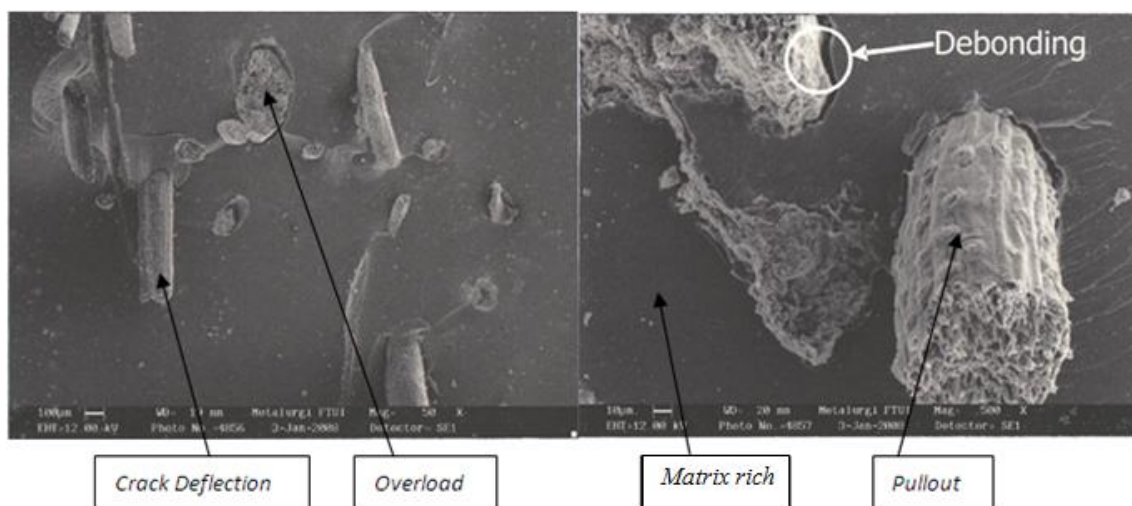
Gambar 10. Grafik hubungan modulus lentur, fraksi volume dan panjang serat

### 3.3. Hasil uji impact



Gambar 11. Grafik hubungan kekuatan impact, fraksi volume dan panjang serat

### 3.4. Hasil foto SEM



Gambar 12. Hasil foto SEM



### 3.5. Pembahasan

Hubungan antara panjang serat dan fraksi volume serat dengan kekuatan tarik regangan tarik dan modulus elastisitas komposit serat sabut kelapa disajikan pada Gambar 5 sampai Gambar 7. Dari grafik tersebut terlihat kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya fraksi volume dan panjang serat yang digunakan dalam komposit. Peningkatan kekuatan tarik ini disebabkan karena dengan jumlah serat yang semakin banyak maka penguat dalam komposit tersebut akan semakin besar sehingga akan dapat menerima beban tarik yang semakin besar pula. Demikian juga dengan serat yang semakin panjang maka ikatan antara matrik dan serat semakin banyak yang pada akhirnya dapat meningkatkan kekuatan tarik dari komposit tersebut.

Gambar 8 sampai Gambar 10 menunjukkan hubungan antara fraksi volume, panjang serat dan kekuatan lentur komposit polyester serat sabut kelapa. Dari grafik terlihat adanya peningkatan tegangan dan regangan lentur, dimana semakin tinggi fraksi volume dan panjang serat, semakin tinggi pula tegangan dan regangan lenturnya. Peningkatan ini disebabkan karena dengan bertambahnya fraksi volume dan panjang serat yang digunakan dalam komposit maka regangan serat dapat mengimbangi regangan matrik sehingga luas daerah elastis menjadi semakin besar yang pada akhirnya meningkatkan kekuatan bending bahan tersebut.

Berdasarkan Gambar 11 dapat dilihat hubungan antara fraksi volume, panjang serat dan kekuatan impact komposit serat sabut kelapa. Semakin panjang serat dan semakin besar fraksi volume serat yang digunakan, maka kekuatan impact semakin besar. Hal ini disebabkan karena ikatan antara matrik dan serat semakin kuat sehingga mampu menyerap energi yang lebih besar yang berarti kemampuan menerima beban kejut semakin tinggi.

Menurut Rout dkk, 2001 [10] perlakuan alkali pada serat sabut kelapa meningkatkan ikatan dengan matriks polyester. Komposit serat sabut kelapa menunjukkan kekuatan tarik yang lebih baik pada alkali 2%, sedangkan pada alkali 5% menunjukkan kekuatan lentur dan kekuatan impact yang lebih baik dibanding dengan serat sabut kelapa tanpa perlakuan. Hasil penelitian ini diperkuat oleh Gu, 2008 [11] dimana perlakuan alkali 2% untuk komposit serat sabut kelapa memiliki kekuatan yang lebih baik dengan pertimbangan ekonomi.

Wambua dkk, 2003 [12] menyatakan bahwa dengan meningkatnya fraksi volume serat dalam komposit maka kekuatan tarik dan modulus elastisitasnya juga meningkat. Serat sabut kelapa sebagai penguat polipropilen mempunyai kekuatan impact yang lebih tinggi dibanding dengan serat jute dan kenaf sebagai penguat polipropilen, namun kekuatan tarik dan modulusnya lebih rendah. Selanjutnya, Santafe dkk 2010 [13] meninjau komposit serat sabut kelapa berorientasi random/acak dengan kekuatan tarik yang rendah, tapi mempunyai kekuatan lentur yang lebih tinggi dan potensial digunakan sebagai bangunan non-struktur.

Hasil foto SEM menunjukkan bahwa spesimen uji pada fraksi volume 20 dan 25% dengan panjang serat masing-masing 5, 10 dan 15mm, patahan yang terjadi lebih dikarenakan adanya *matrik rich* yaitu tidak adanya serat di daerah matrik sehingga menyebabkan komposit menjadi rapuh dan mudah patah pada saat menerima beban. Tidak adanya serat pada komposit tersebut disebabkan karena kurang banyaknya serat yang digunakan, sehingga pada saat pencetakan serat berkumpul secara terpisah, sehingga ruang kosong tanpa ikatan matrik dan serat masih banyak ditemui. Mode patahan yang teramati adalah *crack deflection*, disebabkan karena posisi serat pada permukaan patahan miring mengikuti daerah patahan yang mengakibatkan retakan akan mengikuti alur dari posisi serat yang miring, *pullout* yang diakibatkan karena ikatan antara serat dengan matriks tidak kuat, sehingga serat terlepas dari ikatan matrik, *bonding* terjadi karena terlepasnya serat dari *matrik* yang menyebabkan terbentuknya lubang pada *matrik*, dan *overload* yaitu putusnya serat yang diakibatkan karena batas kekuatan serat dan ikatan yang kuat antara serat dan matrik. *Crack deflection*, *bonding*, *pullout* dan *overload* secara merata terlihat pada patahan komposit dengan fraksi volume 30% (Gambar 12)

### 4. SIMPULAN

1. Semakin panjang dan semakin besar fraksi volume serat dalam komposit maka kekuatan tarik, kekuatan impact dan kekuatan lentur semakin tinggi.
2. Mode patahan yang teramati adalah patah getas (*overload*), *debonding*, *pullout* dan *crack deflection*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Udayana atas bantuan dana yang diberikan melalui hibah penelitian skim Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2013 dengan Surat Perjanjian Penugasan Penelitian No: 175A.10/UN14.2/PNL.01.03.00/2013, tanggal 16 Mei 2013

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budisuari, halaman 2-3 [www.halamansatu.net], 2007 (Diakses tanggal 12-10-1012)
- [2] Dwiprasetyo, [http://www.dwiprasetyo87.co.cc/2010\_03\_01\_archive.html], 2010 (Diakses tanggal 12-10-2012)
- [3] Gibson, R. F., *Principles Of Composite Material Mechanics*. Mc Graw Hill Book Co, 1994
- [4] Jacobs James A Thomas F, *Engineering Materials Technology (Structures, Processing, Properties and Selection 5<sup>th</sup>)* New Jersey Columbus, Ohio, 2005.
- [5] Suardana, N P G, Dwidiani Ni Made, *Analisa Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa Orientasi Acak dengan Variasi Waktu Perlakuan NaOH*, 2007.
- [6] Jamasri, Diharjo, K, Handiko, G. W., *Studi Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Komposit Limbah Serat Sawit – Polyester*, Prosiding SNTTM IV, Universitas Udayana, Bali, 2005
- [7] Oksman, K., Skrifvars, M., Selin, J-F., *Natural Fiber as Reinforcement in Poly(lactic Acid) (PLA) Composites*, *Composites Science and Technology* 63, Sciencedirect.com, 1317-1324, 2003
- [8] Brahmakumar, M., Pavithran, C., and Pillai, R.M., *Coconut fiber reinforced polyethylene composites such as effect of natural waxy surface layer of the fiber on fiber or matrix interfacial bonding and strength of composites*, Elsevier, *Composite Science and Technology*, 65 pp. 563-569, 2005.
- [9] Satyanarayana, K. G., dkk, *Structure Property Studies of Fibres From Various Parts of The Coconut Tree*. *Journal of Material Science* 17, India, 1982
- [10] Rout J, Misra M., Tripathy S.S, Nayak S.K., Mohanty A.K., *The Influence of Fibre Treatment on the Performance of Coir-Polyester Composites*, *Composite Science and Technology* Vol.61, pp. 13023-1310, 2001
- [11] Gu H., *Tensile Behaviours of the Coir Fibre and Related Composites after NaOH Treatment*, *Materials and Design*, doi : 10.1016 / j.matdes.01.035, 2009.
- [12] Wanmbua P, Ivens J, Verpoest I, *Natural fibres : can they replace glass in fibre reinforced plastic?*, *Composites Science and Technology* Vol.63, pp. 1259-1264,2003
- [13] Santafe Jr.H.P.G, Lopes F.P.D., Costa L.L., Monteiro S.N., *Mechanical Properties of Tensile Tested Coir Fiber Reinforced Polyester Composite*, *Revista Materia* Vol. 15 N.2, 2010, pp. 113-11, 2010