

## Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Sifat *Bending* Komposit Widuri-Polyester

Kasman Nogo<sup>1</sup>, Wenseslaus Bunganaen<sup>1</sup>, Yeremias M. Pell<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin FST Undana.

Jl. AdiSucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597.

E-mail: Kasmannogoo8@gmail.com

### ABSTRAK

Salah satu serat alam yang dapat dieksplorasi menjadi bahan baku untuk komposit adalah serat kulit batang widuri (*calotropis gigantea*), karena jenis serat ini masih tergolong baru dan merupakan tanaman tropis yang banyak tumbuh di Indonesia terutama di wilayah NTT. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume terhadap sifat bending komposit widuri-polyester dengan fraksi volume 20%, 30% dan 40%. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat kulit batang widuri dalam kondisi sebelum berbunga, saat berbunga dan berbuah dengan matrix resin polyester. Spesimen uji bending dibuat sesuai standar ASTM D790, spesimen uji dicetak dengan metode *hand lay up* dengan beban tekan sebesar 10 Kg dan dibiarkan seharian, selanjutnya papan komposit dipotong sesuai dengan standar ASTM D790 kemudian dilakukan uji bending. Hasilnya Nilai tegangan bending yang tertinggi terjadi pada fraksi volume 40% dengan nilai 63,322 MPa, dan yang terendah ada pada kondisi tanaman sebelum berbunga dengan fraksi volume 20%, yaitu 37,584 Mpa, modulus elastisitas yang tertinggi terjadi pada kondisi tanaman berbuah pada fraksi volume 30% yaitu 140,834 MPa, dan yang terendah pada kondisi tanaman berbunga pada fraksi volume 20% yaitu 99,654 MPa, sedangkan momen bending yang tertinggi pada kondisi tanaman berbunga dengan fraksi volume 40% yaitu 7501,59 Nmm, dan yang terendah ada pada kondisi tanaman sebelum berbunga dengan fraksi volume 20% yaitu 4984,72 Nmm. Dari hasil foto makro menunjukkan jenis patahan banyak pada spesimen uji bending.

**Kata Kunci:** Serat Widuri, Fraksi Volume, Kekuatan Bending.

### ABSTRACT

One of the material fiber that can be explored to be the basic materials of composite is widuri fiber bark (*colontropis gigantea*), because this type of fiber is caraterized as new fiber a tropical plant lives in Indonesia in NTT. This research is aimed to know the effect of volume fraction toward the characteristics of composite bending of widuri – polyester with volume fraction 20%, 30%, and 40%. The materials used in this research are widuri fiber bark in condition before flowering,during flowering,fruting with polyster resin matrix. The sample of bending experiment are made to the standard of ASTM D790 than during the experiment. The result of research, the bending high value happens to the volume fraction 40% with value of 63,322 MPa, and the lowest is on the condition of plant before flowering with folume fraction 20% is 37,584 Mpa, the highas elastisition modulus happens to the condition of flowering to volume fraction 20% is 99,654 MPa, in other words, the bending moment , which is the highest, to the condition of flowering to the volume fraction 40% is 7501,59 Nmm, and the lowest appears two the condition of plant before flowering with the volume fraction 20% is 4984,72 Nmm, from the result of marco photo shows that the type of many factures are on the sample of bending experiment.

**Key words:** widuri fiber, volume fraction, bending strength.

### PENDAHULUAN

Serat alam telah dicoba untuk menggeser serat sintesis seperti, serat gelas, kevlar-49, carbon/graphite, silikone carbide, aluminium oxide, dan boron. Walaupun tidak sepenuhnya menggeser, namun penggunaan serat alam menggantikan serat sintesis adalah sebuah

langkah bijak dalam menyelamatkan kelestarian lingkungan dari limbah yang dihasilkan dan keterbatasan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui.

Serat alam dapat diperoleh dari berbagai variasi tumbuhan. Keuntungan penggunaan serat alam dalam pembuatan komposit antara lain kekuatan spesifik dan modulusnya yang

tinggi, densitas rendah, harga relatif murah, melimpah di banyak negara, emisi polusi yang lebih rendah dan dapat di daur ulang (Bakri, dkk. 2012). Gabungan serat alam seperti kenaf, sisal, hemp, flax, serat nenas dan berbagai serat alam lainnya dengan polimer matriks yang kompetitif terhadap komposit sintetik seperti serat gelas-polipropilen dan gelas-epoksi merupakan perhatian utama dalam dekade terakhir. Penggunaan serat alam mengurangi berat 10% dan energi yang dibutuhkan lebih rendah untuk produksi sekitar 80% sementara biaya komponen adalah 5% lebih rendah dibandingkan dengan serat gelas (Bakri, dkk. 2012). Sebagian serat alam lain yang juga sudah diteliti dan berpotensi baik untuk material komposit adalah serat eceng gondok dengan matriks polyester (Purboputro, 2006), serat batang pisang dengan matriks polyester (Boimau, 2010; Bakri 2012), serat rami dengan matriks polyester (Hermawan, 2007), dan serat widuri dengan matriks epoxy (Pell, 2012), dan masih banyak lagi riset-riset yang sudah dan sedang pula diteliti yang berkaitan dengan komposit berkuat serat alam.

Selain epoksi, polyester juga merupakan resin yang bisa dijadikan matrix pada komposit. Oleh karena itu, peneliti menggunakan polyester sebagai matrix pada komposit dalam penelitian ini yang dikemas dalam judul "**Pengaruh Fraksi Volume terhadap Sifat Bending Komposit Widuri-Polyester**"

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Komposit

Komposit adalah penggabungan dari dua atau lebih material kedalam satu unit struktur yang mempunyai sifat-sifat yang tidak dapat dipenuhi apabila material-material tersebut masih berdiri sendiri atau sebelum digabung (Gibson, 1994).

Pada umumnya komposit tersusun atas dua komponen material yaitu material matrik dan substrat (*reinforcement*) ataupun penguat. Kedua bagian material ini saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya berdasarkan atas fungsi masing-masing bagian tersebut. Saling berhubungan yang dimaksudkan dalam

komposit yaitu adanya ikatan interfaces material-material ini. Substrat ataupun bahan pengisi berfungsi memperkuat matriks karena pada umumnya substrat jauh lebih kuat dari pada matriks dan nantinya akan memperkuat pembentukan bahan dengan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik bahan yang terbentuk.

### Komponen Pembentuk Komposit

#### Serat

Serat ialah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan yang membentuk jaringan memanjang yang utuh ataupun senyawa. Serat yang paling sering dijumpai disekitar kita yaitu kain. Bahan ini sangat penting dalam kehidupan kita, baik hewan maupun tumbuhan sebagai kebutuhan tubuh kita sendiri. Manusia menggunakan serat dalam banyak hal, misalnya: membuat tali, kain, kertas dan lain-lain. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat sintetis (serat buatan manusia). Serat sintetis dapat diproduksi secara murah dalam jumlah yang besar. Serat alami memiliki kelebihan khususnya dalam hal kenyamanan, karena terbuat dari tumbuhan dan hewan.

Serat alam yang sudah diteliti oleh beberapa peneliti sebagai pengganti serat buatan antara lain, serat ijuk (Kartini, 2002), serat rami (Marsyahyo, 2005), serat sisal (Kusumastuti, 2009), serat batang kelapa (Sari, 2011), serat daun nanas (Subagyo, 2012) dan serat widuri (Pell, 2010).

Menurut Pell (2010) kekuatan tarik serat kulit batang widuri cukup baik yaitu 392.7133 MPa,  $\pm 122,68$  MPa, dan berpotensi sebagai penguat pada komposit.



Gambar 1. Serat widuri

Sumber: foto pada September 2014

#### Matriks

Gibson (1994) mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan

polimer, logam, maupun keramik. Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matriks memiliki fungsi :

- Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur
- Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan
- Mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat
- Menyumbangkan beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik

#### Filler

Filler adalah bahan pengisi dalam komposit, filler dicampur dengan bahan matriks selama dalam proses fabrikasi tetapi, tidak umum digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik, melainkan digunakan untuk meningkatkan beberapa aspek lain dari perilaku komposit, misalnya kaca berpori/berongga yang digunakan untuk mengurangi berat benda, tanah liat atau mika partikel yang digunakan untuk mengurangi biaya, partikel karbon hitam yang digunakan untuk perlindungan terhadap radiasi ultraviolet dan *alumina trihydrate* untuk daya tahan terhadap api dan asap.

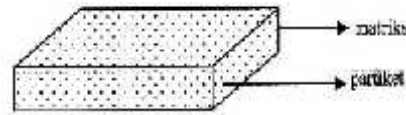
#### Jenis-Jenis Komposit

Secara umum bahan komposit terdiri dari tiga macam, yaitu komposit partikel (*particulate composite*), komposit serat (*fiber composite*) dan komposit laminat (*laminated composite*). Komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matriks.

#### Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Dalam struktur komposit, bahan komposit partikel tersusun dari partikel-partikel yang disebut bahan komposit partikel (*particulate composite*) menurut definisinya partikel ini berbentuk beberapa macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi rata-rata berdimensi sama. Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat bahan komposit keramik (*ceramic matrik composites*). Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding bahan komposit serat. Bahan komposit partikel mempunyai keunggulan, seperti ketahanan terhadap aus,

tidak muda retak dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik.

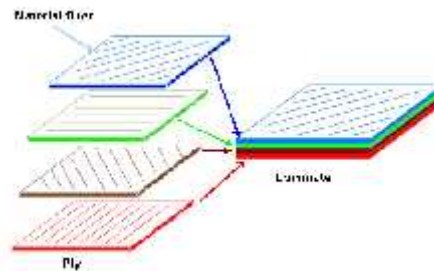


Gambar 2. Particulate Composite (komposit partikel)

Sumber: Gibson (1994)

#### Komposit Laminat (*Laminated Composite*)

Laminated composite, yaitu komposit yang berlapis-lapis, paling sedikit terdiri dari dua lapis yang digabung menjadi satu, dimana setiap lapisan pembentuk memiliki karakteristik sifat tersendiri. Terdiri sekurang-kurangnya dua lapis material yang berbeda dan digabung secara bersama-sama. *Laminated composite* dibentuk dari berbagai lapisan-lapisan dengan berbagai macam arah penyusunan serat yang ditentukan yang disebut laminat.



Gambar 3. Laminated Composite (Laminat Composite)

Sumber:Gibson (1994)

#### Komposit Serat (*Fiber Composite*)

Unsur utama komposit adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan. Oleh karena itu bahan komposit serat yang paling banyak dipakai. Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang terikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continous fiber*) dan serat pendek (*short fiber* dan *whisker*). Dalam penelitian ini diambil bahan komposit serat (*fiber composite*). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya, karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila

dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat.



Gambar 4. Komposit serat(Fiber Composite)

Sumber: Gibson (1994)

Komposit serat dalam dunia industri mulai dikembangkan dari pada menggunakan bahan partikel. Bahan komposit serat mempunyai Keunggulan yang utama yaitu *strong* (kuat), *stiff* (tangguh), dan lebih tahan terhadap panas pada saat didalam matrik(Jones, 1998).

### Tumbuhan Widuri

Biduri atau widuri dengan nama ilmiah *Calotropis gigantea R.Br* memiliki sinonim *Aselepias gigantea Willd*, termasuk familia *aselepiadaceae*. Nama untuk tumbuhan widuri diberbagai daerah seperti di Sumatera adalah rubik biduri, lembega, rembega dan rumbigo, di Jawa adalah babakoan, badori, biduri, widuri, saduri, sidaguri, bhiduri dan burigha, di Sulawesi dikenal sebagai lembega, sedangkan di Nusa Tenggara disebut muduri, rembiga, kore, krokoh, kolonsusu, mado kapauk, modo kampauk.



Gambar 5. Tumbuhan widuri

Sumber: foto Juli 2013

Widuri banyak ditemukan di daerah bermusim kemarau panjang, seperti padang rumput yang kering, lereng-lereng gunung yang rendah, dan pantai berpasir. Semak tegak, tinggi 0,5-3 m. Batang bulat, tebal, ranting muda berambut tebal berwarna putih, daun tunggal, bertangkai pendek, letak berhadapan. Helaian daun berbentuk bulat telur atau bulat panjang,

ujung tumpul, pangkal berbentuk jantung, tepi rata, pertulangan menyirip, panjangnya 8-30 cm, lebar 4-15 cm, berwarna hijau muda. Permukaan atas helaian daun muda berambut rapat berwarna putih (lambat laun menghilang), sedangkan permukaan bawah tetap berambut tebal berwarna putih. Bunga majemuk dalam anak payung, di ujung atau ketiak daun. Tangkai bunga berambut rapat, mahkota bunga berbentuk kemudi kapal, berwarna lila, kadang-kadang putih. Buahnya buah bumbung, berbentuk bulat telur atau bulat panjang, pangkal buah berupa kaitan, panjang 9-10 cm, berwarna hijau, bijinya kecil, lonjong, pipih, berwarna cokelat, berambut pendek dan tebal, umbai rambut serupa sutera panjang. Jika salah satu bagian tumbuhan dilukai, akan mengeluarkan getah berwarna putih, encer, rasanya pahit dan kelat, lama-kelamaan terasa manis, baunya sangat menyengat, dan beracun. Kulit batang biduri mengandung bahan serat yang dapat digunakan untuk jaring ikan atau dibuat tali.

### METODE PENELITIAN

#### Bahan dan Alat

##### Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah :

- Serat kulit batang widuri
- Wax
- Katalis
- Resin Polyester

##### Alat

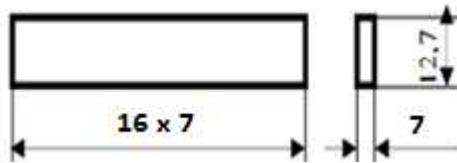
Adapun alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Oven digunakan untuk mengurangi kadar air yang ada pada serat
- Pisau atau *cutter* untuk memisah serat dari kulit dan batang widuri
- Timbangan digital untuk menimbang serat
- Camera digital digunakan untuk dokumentasi penelitian
- Cetakan untuk membuat papan komposit
- Mesin uji bending untuk menguji spesimen yang sudah jadi
- Peralatan pendukung lainnya.



### Spesimen Uji Bending

Pengujian *bending* menggunakan standar uji ASTM D790. Dimensi spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Dimensi uji bending

### Prosedur Penelitian

Proses yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

#### Pemisahan Serat (Dekortikasi)

Proses pemisahan serat atau dekortikasi dilakukan secara manual dengan cara sebagai berikut :

- Batang widuri dibelah bagi dua kemudian daging dengan kulitnya dipisahkan.
- Setelah daging dengan kulitnya sudah dipisahkan, kemudian kulitnya diiris dengan pisau lalu seratnya ditarik dari kulitnya.
- Serat dibiarkan mengering pada temperatur ruangan selama  $\pm 1-3$  jam.
- Penguraian lebih lanjut untuk mendapatkan serat yang benar-benar bersih.

#### Pembuatan Komposit widuri-polyester dan Spesimen uji bending

Komposit yang dibuat terdiri dari 2 bahan utama yaitu serat kulit batang widuri sebagai penguat dan resin polyester sebagai matriksnya. Serat yang digunakan adalah serat tanpa perlakuan (*green*), dengan terlebih dahulu dibuang kadar airnya dengan cara serat dioven selama 2 jam pada temperature  $110^{\circ}\text{C}$ . Proses pembuatan komposit adalah sebagai berikut :

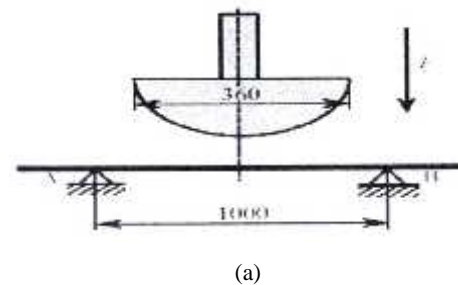
- Siapkan cetakan
- Oles dinding cetakan dengan wax
- Tuangkan resin ke dalam cetakan
- Letakan serat sesuai dengan fraksi volume yang diinginkan dalam arah  $0^{\circ}$ .
- Tuangkan kembali resin di atas cetakan sampai pada batas ketebalan yang sudah ditentukan
- Penutupan bagian atas cetakan diberi tekanan

berupa beban sebesar 10 kg.

- Selanjutnya cetakan dibiarkan mengeras dan kering pada temperatur ruang selama  $\pm 8$  jam.
- Pelepasan plat komposit dari cetakannya dengan *cutter*. Semua proses pembuatan komposit ini dilakukan dengan metode dan peralatan yang sama.
- Pembentukan spesimen uji sesuai dengan standar pengujian yang digunakan baik bentuk maupun ukurannya. Pembentukan spesimen dengan menggunakan gergaji.
- Spesimen siap diuji.

### Pengujian Bending

Pengujian bending dilakukan berdasarkan standar pengujian ASTM D790-02 dengan metode pengujian *tree point bending* dimensi spesimen dan alat uji bending dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



(a)



(b)

Gambar 7. (a) Dimensi spesimen uji *tree-point bending* ASTM D790. (b) Model pengujian *tree-point bending*

Sumber. Dokumentasi (30 April 2015)

Prosedur pengujian bending adalah sebagai berikut:

- Mengukur dimensi spesimen meliputi panjang, lebar dan tebal.
- Mengeset lebar span tumpuan sesuai dengan benda spesimen.

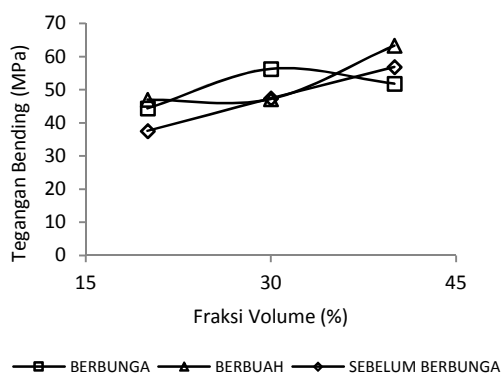
- Mengeset tumpuan tepat pada tengah-tengah indentor.
- Pasang spesimen uji pada tumpuan.
- Mengeset indentor hingga menempel pada spesimen uji dan mengeset skala beban dan dial indikator pada posisi nol.
- Pembebanan bending dengan kecepatan konstan.
- Mencatat besarnya penambahan beban yang terjadi pada spesimen setiap kali terjadi penambahan defleksi sampai terjadi kegagalan.

### Metode Analisa Data

Metode analisa data yang digunakan dalam penulisan hasil penelitian ini adalah metode matematik. Analisa data dari metode ini adalah data-data yang diperoleh diolah dengan perhitungan-perhitungan berdasarkan rumus-rumus yang ada, selanjutnya hasilnya dimasukkan dalam bentuk tabel dan diplotkan dalam bentuk grafik.

## PEMBAHASAN

### Tegangan bending

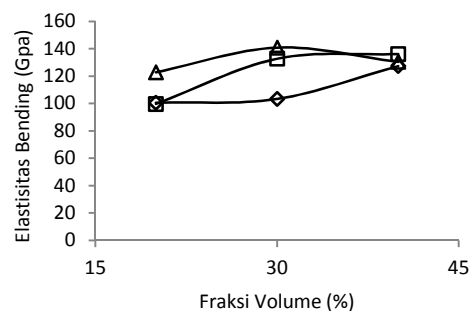


Gambar 8. Diagram tegangan bending terhadap fraksi volume

Dari Gambar 8 terlihat bahwa dengan penambahan fraksi volume dapat menyebabkan terjadi peningkatan tegangan bending pada kondisi tanaman sebelum berbunga, berbunga, dan berbuah secara keseluruhan, dimana tegangan bending tertinggi terjadi pada kondisi tanaman berbuah pada fraksi volum 40%

dengan nilai 63,348 MPa, dan yang terendah ada pada kondisi tanaman sebelum berbunga dengan fraksi volume 20%, yaitu 37,599 MPa, karena pada fraksi volume yang tinggi (40%) jumlah serat relative banyak sehingga mampu member penguatan pada komposit, tetapi pada fraksi volume yang rendah (20%) jumlah serat lebih kecil dari matrik sehingga pada komposit mengalami kegagalan matrik. Hal ini berbeda pada kondisi tanaman berbunga, kekuatan bending justru tertinggi terjadi pada fraksi volume 30%. Hal ini menunjukan bahwa pada kondisi inilah komposisi yang optimum terjadi pada komposit widuri-polyester.

### Modulus elastisitas Bending

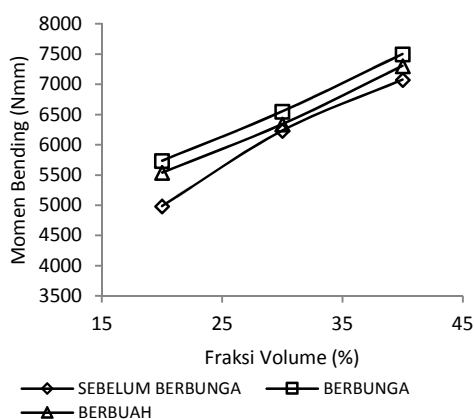


Gambar 9. Diagram hubungan elastisitas bending terhadap fariasi fraksi volume

Dari Gambar 9 terlihat bahwa modulus elastisitas yang tertinggi terjadi pada kondisi tanaman berbuah pada fraksi volume 30% yaitu 140,834 MPa, dan yang terendah pada kondisi tanaman berbunga pada fraksi volume 20% yaitu 100,568 MPa.

### Momen bending

Pada Gambar 10 momen bending yang tertinggi pada kondisi tanaman berbunga dengan fraksi volume 40% yaitu 7504,65Nmm, dan yang terendah ada pada kondisi tanaman sebelum berbunga dengan fraksi volume 20% yaitu 4986,75 Nmm, dari Gambar 9 terlihat bahwa momen bending cenderung naik seiring dengan penambahan fraksi volume.



Gambar 10. Hubungan momen bending terhadap variasi fraksi volume

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Tegangan bending yang tertinggi terjadi pada kondisi tanaman berbuah pada fraksi volume 40% yaitu 63.322 MPa, sedangkan yang terendah dengan kondisi tanaman sebelum berbunga dengan fraksi volume 20% yaitu 37,584 MPa. Modulus elastisitas yang tertinggi pada kondisi tanaman berbuah dengan fraksi volume 30% yaitu 0.140 GPa dan yang terendah pada kondisi tanaman berbunga dengan fraksi volume 20%, yaitu 99,6 MPa. Momen bending yang tertinggi pada kondisi tanaman berbunga dengan fraksi volume 40% yaitu 7308.45 Nmm dan yang terendah pada kondisi tanaman sebelum berbunga dengan fraksi volume 20% yaitu 4986,75 Nmm.
- Komposit berpenguat serat widuri pada fraksi volume 20% menunjukkan jenis patahan yang diakibatkan karena kegagalan matriks dalam menahan beban

### Saran

Dari penelitian ini penulis dapat memberikan beberapa saran antara lain sebagai berikut :

- Proses pembuatan atau pencetakan spesimen komposit harus benar-benar diperhatikan sehingga dapat menghasilkan komposit dengan kekuatan yang lebih tinggi.
- Bagi mahasiswa yang berminat melakukan penelitian lanjut sebaiknya memantau kondisi tumbuhan dari awal, sehingga serat yang didapatkan benar-benar akurat sesuai dengan kondisi tumbuhan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM D 790-02, Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastic Electrical Insulating Materials, Philadelphia, 2002.
- [2] Bakri dkk, 2012, Analisis Variasi Panjang Serat Terhadap Kuat Tarik dan Lentur pada Komposit yang Diperkuat Serat Agave Angustifolia Haw. Jurnal Mekanikal Vol 3. ( 10 November 2012, 08.15 pm).
- [3] Carli dkk, 2012, Analisis Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Serat Gelas Jenis Woven Dengan Matriks Epoxy Dan Polyester Berlapis Simetri Dengan Metoda Manufaktur Hand Lay-up. Jurnal Teknis Vol 7, April 2012.( 9 Desember 2012, 10.16 pm)
- [4] Gibson, F Ronald 1994, Principles Of Composite Material Mechanics, McGraw-Hill.
- [5] Hermawan, dkk 2007, Pengaruh Kelembaban Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Antarmuka Pada Komposit Rami – Polyester. Prosiding Seminar Nasional Metalurgidan Material (SENAMM 1) Penyerapan Teknologi Material untuk Meningkatkan Daya Saing Industri Nasional, 2007.( 10 November 2012, 09.20 pm).
- [6] Jones, MRobert, (1975), Mechanic Of Composite Materials, Second Edition, handbook.
- [7] Jamasri, 2004, Prospek Pengembangan Komposit Serat Alam di Indonesia, Pidato pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada 2008 (20 November 2008, 10.30 pm)

- [8] Jamasri, dkk,2005, Kajian Sifat Tarik Komposit Serat Buah Sawit Acak Bermatrik Polyester. MEDIA TEKNIK No.4 tahun 2005 No.ISSN 0216-3012.
- [9] Kartini, 2002,Pembuatan dan Karaterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. Jurnal Sains Materi Indonesia.Vol 3, No 3.( 10 November 2012, 08. 50 pm).
- [10] Kusumastuti, 2009, Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer. Jurnal Kompetensi eknik, 2009. ( 12 November 2012, 08.00 pm).
- [11] Lokantara,2012,Analisa Kekuatan Impak Komposit Polyester-Serat TapisKelapa Dengan Variasi Panjang Dan Fraksi Volum Serat Yang Diberi Perlakuan NaOH. Jurnal Dinamika Teknik Mesin. Lokatara 2012 ( 15 Oktober 2012, 10.00 pm)
- [12] Mueller dkk 2003,“New Discovery in The Properties of Composites Reinforced With Natural Fiber”, Jurnal of Industrial Textiles, Vol. 33, No. 2-October 2003, pp. 111-130.(9 Desember 2012, 10.00 pm).
- [13] Pell, Yeremias M., Jamasri, 2010, Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Mikromekanik Serat Kulit Batang Widuri (*Colotropis gigantea*), Prosiding Seminar Nasional Metalurgi dan Material IV, Fak. Teknik Sultan Ageng Tirtayasa,Cilegon Banten, 14-15 Juli 2010
- [14] Pell, Yeremias M, 2012, Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Karakterisasi Mekanik Green Composite Widuri – Epoxy. Prosiding Seminar Nasional Sainsdan Teknik, Universitas Nusa Cendana, 2012.
- [15] Rusmiyanto Fandhy, 2007,Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Komposit Nylon/Epoxy Resin Serat Pendek Random.Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang, Semarang
- [16] <http://www.google.co.id.dektiyyin.wordpress.com/2012/11/28/definisi-serat-dan-jenis-jenisnya>