

PENGARUH VARIASI PANJANG SERAT DAN TEMPERATUR UDARA TERHADAP KEKUATAN BENDING KOMPOSIT POLYESTER DENGAN PENGUAT SERAT TAPIS KELAPA

Putu Lokantara, Ngakan Putu Gede Suardana
Jurusan Teknik Mesin – Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Komposit berpenguat serat alami diharapkan memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan baik ketika berada di lingkungan dengan temperatur udara panas maupun temperatur udara dingin. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi panjang serat dan temperatur udara terhadap kekuatan bending komposit polyester serat tapis kelapa dengan menggunakan uji bending sebagai pengujian sifat mekaniknya.

Komposit yang dibuat menggunakan penguat serat tapis kelapa dengan matrik berupa resin unsaturated polyester (UPRs) jenis Yukalac 157 BQTN-EX dengan 1% hardener jenis MEKPO dengan variasi panjang serat tapis kelapa yaitu 5 mm, 10 mm dan 15 mm sedangkan variasi temperatur udara yaitu -5 °C, 10 °C dan 25 °C. Komposit dibuat dengan teknik press hand lay-up dengan fraksi volume serat tapis kelapa 12,2%. Perlakuan serat tapis kelapa dengan direndam di air mendidih dengan suhu 100 °C selama 1 jam, selanjutnya serat tapis kelapa dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 70 °C selama 12 jam setelah itu serat tapis kelapa direndam didalam larutan NaOH - Air (5 gram NaOH + 95 ml air) selama 2 Jam. Komposit selanjutnya di post curing selama 2 jam dengan suhu 65 °C. Spesimen uji komposit dipotong sesuai standar ASTM D790-03 untuk spesimen uji lentur. Selanjutnya dilakukan pengujian lentur untuk komposit tersebut.

Hasil pengujian menunjukkan variasi panjang serat dan temperatur udara mempengaruhi kekuatan lentur pada komposit berpenguat serat tapis kelapa. Pada komposit panjang serat 5 mm kekuatan lentur tertinggi terjadi pada temperatur udara -5 °C dengan kekuatan lentur 54,54 MPa, selanjutnya untuk komposit panjang serat 10 mm kekuatan lentur tertinggi terjadi pada temperatur udara -5 °C dengan kekuatan lentur 44,81 MPa, sedangkan untuk komposit panjang serat 15 mm kekuatan lentur tertinggi terjadi pada temperatur udara -5 °C dengan kekuatan lentur 30,83 MPa. Untuk modulus elastisitas lentur pada komposit berpenguat serat tapis kelapa, pada komposit panjang serat 5 mm nilai modulus elastisitas lentur tertinggi terjadi pada temperatur udara -5 °C sebesar 3,65 GPa, selanjutnya untuk komposit panjang serat 10 mm nilai modulus elastisitas lentur tertinggi terjadi pada temperatur udara -5 °C yaitu sebesar 2,58 GPa, sedangkan nilai modulus elastisitas lentur tertinggi pada komposit panjang serat 15 mm terjadi pada temperatur udara -5 °C yaitu sebesar 1,63 GPa. Dengan ini berarti variasi temperatur udara dan panjang serat tapis kelapa dapat menyebabkan bertambahnya kekuatan lentur pada komposit berpenguat serat tapis kelapa tersebut. Dimana semakin pendek ukuran serat tapis kelapa dan semakin rendah temperatur udara pada komposit berpenguat serat tapis kelapa, akan menghasilkan kekuatan lentur yang semakin tinggi pada komposit berpenguat serat tapis kelapa tersebut.

Kata Kunci : Komposit; Temperatur Udara; Panjang Serat; Kekuatan Lentur

1. PENDAHULUAN

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda dimana satu material sebagai fasa pengisi (*matrik*) dan yang lainnya sebagai fasa penguat (*reinforcement*). Pemanfaatan bahan komposit sebagai bahan alternatif pengganti bahan logam dalam bidang rekayasa semakin meluas, tidak hanya di bidang transportasi tetapi juga pada bidang lainnya seperti properti dan arsitektur. Hal

ini disebabkan karena keuntungan yang dimiliki oleh bahan komposit berpenguat serat alami seperti konstruksi menjadi lebih ringan, tahan korosi, dan kekuatannya dapat didesain sesuai dengan arah pembebanan. Penggunaan serat alami untuk bahan penguat pada komposit saat ini sedang berkembang dengan pesat. Serat alami memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan serat sintesis antara lain ringan, dapat didaur ulang, dapat terurai oleh bakteri pembusuk,



dapat diperbaharui dan mempunyai kekuatan serta kekakuan yang relatif tinggi. Dalam penelitian ini akan diteliti bahan komposit *polymer* dengan berpenguat serat tapis kelapa. Dipilihnya serat tapis kelapa sebagai penguat karena serat tapis kelapa kurang mendapat perhatian dan jumlahnya berlimpah ruah sehingga dapat mengangkat derajat bahan limbah tersebut menjadi bahan bernilai teknis dan ekonomis yang lebih tinggi.

Penelitian pendahuluan yang telah dilakukan tentang komposit berpenguat serat alami adalah penelitian komposit *polyester* dengan penguat serat tapis kelapa dengan panjang serat 10 mm yang diberi perlakuan alkali NaOH 5 % selama 2 jam didapat hasil untuk kekuatan bending tertinggi sebesar 125,98 Mpa (Suardana dan Dwidiani, 2007), dan penelitian komposit *polyester* berpenguat serat tapis kelapa yang diberi perlakuan 5 % NaOH selama 2 jam dan fraksi volume 12,2 % dengan perlakuan perendaman komposit ke

dalam air pada suhu ruangan untuk mengetahui pengaruh penyerapan air terhadap kekuatan bendingnya dimana kekuatan bending komposit *polyester* tapis kelapa mengalami peningkatan hingga perendaman 24 jam yaitu sebesar 41,4 % dibandingkan dengan sebelum direndam (Suardana dan Cok. Putri, 2007).

Dari latar belakang diatas maka perlu untuk melakukan penelitian pengaruh variasi panjang serat tapis kelapa dan temperatur udara terhadap karakteristik komposit tersebut. Hal ini diteliti untuk mengetahui karakteristik bahan komposit berpenguat serat tapis kelapa bila berada di lingkungan dengan temperatur tertentu misalnya pada temperatur dingin dan temperatur panas dan juga diharapkan akan diketahui seberapa besar perubahan sifat mekanis yang terjadi pada komposit tersebut akibat pengaruh panjang serat tapis kelapa dan temperatur udara dengan menggunakan uji bending sebagai pengujian sifat mekaniknya.

2. METODOLOGI

Alat dan Bahan Penelitian

2.1 Alat

1. Alat uji : mesin uji lentur Leybold buatan Jerman.
2. Alat cetak : alat cetak teknik *Press Hand Lay-Up*.
3. Alat ukur : Jangka sorong, timbangan digital, gelas ukur dan alat ukur defleksi (*dial indikator*).
4. Termometer digital dan termometer analog.
5. Alat pendingin : kulkas *portabel*.
6. Alat pengering : oven.
7. Alat keselamatan : sarung tangan karet dan masker.
8. Alat bantu : gergaji, gunting, ember, amplas, pisau, pengaduk, penjepit, selotip, kapi dan kontainer.

2.2. Langkah-Langkah Penelitian

-
- Tapis Kelapa yang digunakan untuk pembuatan serat dipilih pada lapisan ketiga dari pelepah pohon, kemudian ujung tapis yang tipis dipotong untuk memudahkan memisahkan seratnya.
- Tapis kelapa dirobek-robek menjadi beberapa bagian kecil namun masih berupa lembaran serat, agar serat mudah dipisahkan dan untuk mendapatkan serat yang bagus dan utuh sebaiknya proses pemisahan serat dilakukan dalam bak yang berisi air bersih. Setelah didapatkan serat tapis

2.2 Bahan

1. *Matrik* : Resin *unsaturated polyester* (UPRs) jenis *Yukalac 157 BQTN*.
2. *Reinforced* : Serat tapis kelapa (*Cocos Veridis*) berukuran panjang 5 mm, 10 mm dan 15 mm.
3. *Hardener* (pengeras) : Jenis *Metil Etil Keton Peroxide* jenis *MEKPO*.
4. Bahan perlakuan serat : NaOH
5. Perekat / Lem G.
6. Selotip.
7. *Gliserin*.
8. Air mineral.
9. *Aceton*.

kelapanya, serat tapis kelapa dikeringkan dengan djemur disinar matahari. Serat kelapa yang telah kering dipotong dengan ukuran 5 mm, 10 mm dan 15 mm.

- Perlakuan serat tahap *pretreatment* pada serat tapis kelapa yaitu serat tapis kelapa direndam didalam air mendidih dengan suhu 100 °C selama 1 jam untuk menghilangkan kotoran atau getah yang masih menempel pada serat tapis kelapa (suardana dkk, 2008).

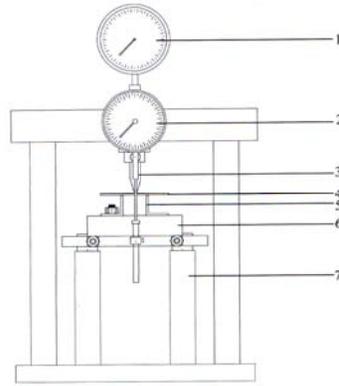


- Selanjutnya serat tapis kelapa dibersihkan dengan menggunakan air mengalir sampai air bilasan benar-benar bersih. Serat tapis kelapa yang telah bersih, selanjutnya keringkan serat tapis kelapa tersebut dengan cara masukan serat tapis kelapa ke dalam oven dengan suhu 70 °C selama 12 jam (Suardana dkk, 2008).
- Perlakuan tahap *treatment* pada serat tapis kelapa yaitu serat tapis kelapa yang sudah dikeringkan tadi, lalu direndam didalam larutan zat kimia NaOH dengan air (5 gram NaOH dan 95 ml air) selama 2 jam kemudian bilas dengan air sampai bersih (Suardana dan Dwidiani, 2007), selanjutnya serat tapis kelapa dikeringkan dan serat tapis kelapa siap diproses untuk menjadi komposit.
- Siapkan 2 bingkai kaca dengan ukuran 600 × 600 mm dengan tebal 10 mm yang berfungsi sebagai landasan tempat cetakan komposit bagian bawah dan sebagai penutup cetakan bagian atas komposit.
- Siapkan 4 bilah kaca dengan ukuran 300 × 50 × 3 mm yang berfungsi sebagai tempat cetakan untuk proses pembuatan komposit.
- Letakkan bingkai kaca dilantai yang datar, lalu tempelkan 4 bilah kaca dengan memakai lem G, lalu beri tekanan pada bilah kaca yang dilem tadi sampai benar-benar kering.
- Cetakan kaca siap untuk dipakai dalam pembuatan komposit.
- Bersihkan cetakan dengan memakai air mengalir sampai bersih, setelah itu keringkan dan bersihkan memakai kain kering dan halus
- Cetakan komposit yang telah kering tadi dibersihkan lagi dengan memakai tinner A, baik untuk cetakan bagian bawah dan cetakan bagian atas sehingga cetakan kaca komposit tersebut bersih dengan sempurna. Biarkan beberapa saat hingga tinner mengering lalu bersihkan memakai kain kering.
- Gliserin dioleskan dengan setipis mungkin dipermukaan bingkai cetakan komposit baik untuk cetakan bagian bawah dan cetakan bagian atas, agar komposit setelah kering nanti tidak menempel pada cetakan
- Campurkan larutan matrik yaitu resin dengan hardener dengan persentase 1% hardener, jadi untuk penelitian ini dicampurkan larutan 990 ml resin dengan 10 ml katalis, dimana larutan tersebut diaduk hingga resin dan katalis tercampur dengan sempurna.
- Tuangkan setengah larutan resin dan katalis tersebut dicetakan kaca, rapikan dengan memakai kapi dan sendok. Tabur serat tapis kelapa dengan orientasi acak, serat tapis kelapa diatur agar dapat mengisi seluruh bagian dari cetakan komposit tersebut.
- Setelah serat tapis kelapa ditata dengan baik, selanjutnya tuangkan sisa larutan resin dan katalis tersebut dicetakan kaca hingga menutupi seluruh bagian dari serat tapis kelapa tersebut.
- Cetakan kaca ditutup dengan memakai cetakan kaca bagian atas yang telah terlebih dahulu dilapisi gliserin.
- Tutup dengan perlahan-lahan, arahkan void yang terdapat pada cetakan agar keluar dari cetakan tersebut dengan cara cetakan kaca bagian atas tadi ditekan secara perlahan-lahan hingga void dapat diarahkan keluar dari cetakan kaca tersebut.
- Berikan beban pada cetakan kaca bagian atas, dengan maksud agar komposit dapat terbentuk dengan baik dan sempurna.
 - Setelah 24 jam atau setelah komposit kering, lepaskan beban dari cetakan bagian atas dan lepaskan komposit dari cetakan kaca tersebut
 - Selanjutnya komposit berpenguat serat tapis kelapa telah siap untuk dijadikan spesimen uji lentur.
 - Proses *Post Curing*. Komposit dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur 65 °C selama 2 jam (Suardana dkk, 2007). Tujuannya untuk menghilangkan gelembung-gelembung udara dan uap air yang terperangkap pada komposit, untuk mempercepat proses pengeringan pada komposit dan untuk mengetahui apakah komposit sudah homogen yaitu jika lembaran komposit tidak melengkung.
 - Komposit yang berhasil dicetak, diamati apakah ada *void* atau tidak dengan cara menerawang lembaran komposit.
 - Komposit yang berhasil dicetak diamati kelengkungannya, dengan cara manual. Dengan meletakkan lembaran komposit diatas lembaran kaca, lembaran komposit dinyatakan layak pakai untuk spesimen uji apabila seluruh permukaan lembaran komposit menyentuh dengan baik pada lembaran kaca tersebut.
 - Spesimen uji bending dibuat sesuai dengan standar ASTM D790-03
 - Masukkan spesimen uji ke lemari pendingin pada temperatur -5 °C, 10 °C, masing-masing selama 5 hari.
 - Untuk spesimen uji komposit serat tapis kelapa dengan suhu 25 °C hanya disimpan diruang terbuka dengan suhu ruangan
 - Setelah 5 hari, keluarkan masing-masing spesimen kemudian segera dilakukan pengujian



sifat mekanis kekuatan bending pada spesimen uji tersebut dengan menggunakan uji *three point bending* dengan standar ASTM D 790-03.

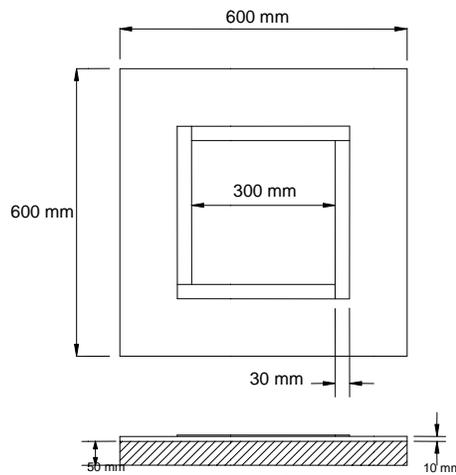
- Spesimen yang telah dilakukan uji lentur dilanjutkan dengan pengujian foto SEM.



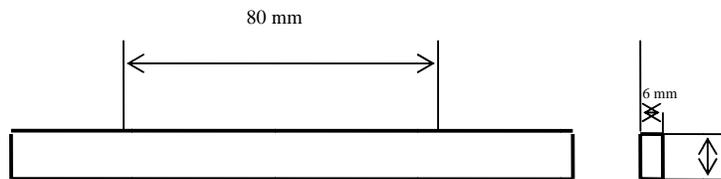
Gambar 2.1 Skematik Alat Uji Kekuatan Lentur

Keterangan :

1. Pressure Gage
2. Dial Indicator
3. Penekan (Loading nose)
4. Spesimen Uji
5. Penyangga (Supports Span)
6. Dudukan Penyangga
7. Penggerak (piston)



Gambar 2.2 Cetakan komposit



Gambar 2.3. Spesimen Uji Bending menurut ASTM D790-03



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

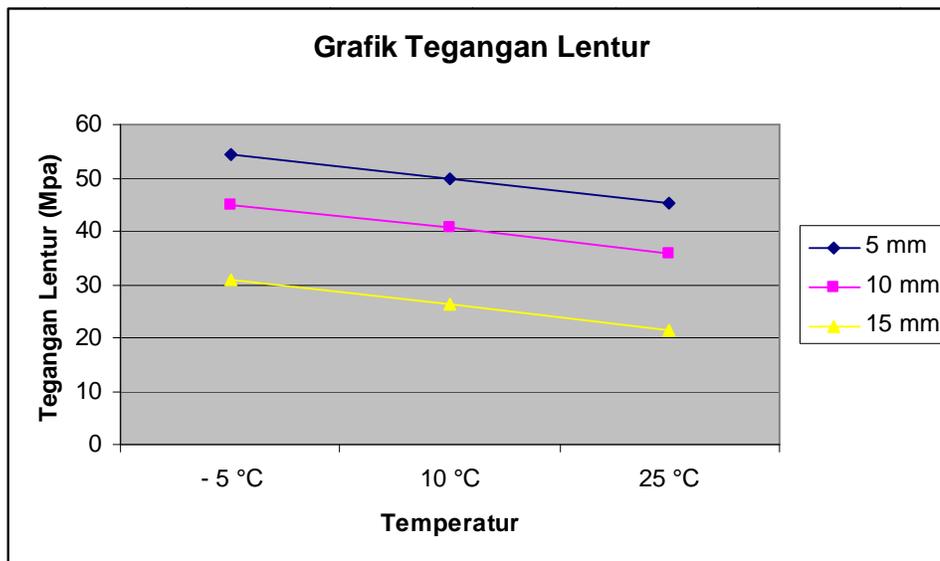
3.1 Hasil Pengujian Lentur Komposit

Dari hasil pengujian lentur didapatkan grafik hubungan tegangan lentur terhadap temperatur udara dan grafik

hubungan modulus elastisitas lentur terhadap temperatur udara sebagai berikut :

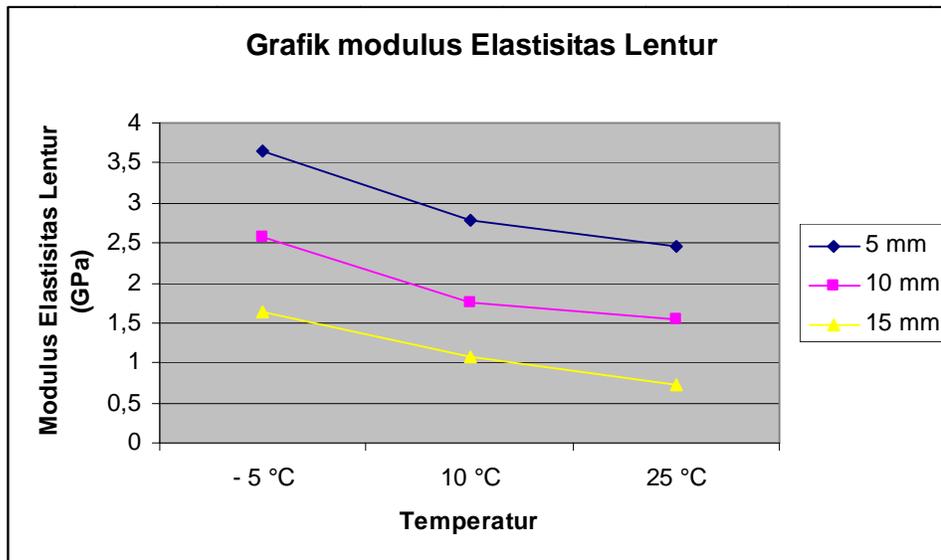
Tabel 3.1 Tabel Rata – Rata Hasil Pengujian Lentur Komposit

Panjang Serat	Temperatur Pengujian	Tegangan Lentur rata-rata (Mpa)	Regangan Lentur rata-rata (Mpa)	Modulus Elastisitas lentur rata-rata (Gpa)
5 mm	- 5 °C	54,54	0,0138	3,65
	10 °C	49,81	0,0179	2,79
	25 °C	45,18	0,0183	2,45
10 mm	- 5 °C	44,81	0,0194	2,58
	10 °C	40,65	0,0239	1,75
	25 °C	35,92	0,0239	1,54
15 mm	- 5 °C	30,83	0,0097	1,63
	10 °C	26,29	0,0123	1,08
	25 °C	21,39	0,0148	0,72



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Tegangan Lentur Terhadap Temperatur Udara





Gambar 3.2 Grafik Hubungan Modulus Elastisitas Lentur Terhadap Temperatur Udara

3.1.2 Pembahasan Uji Lentur Komposit

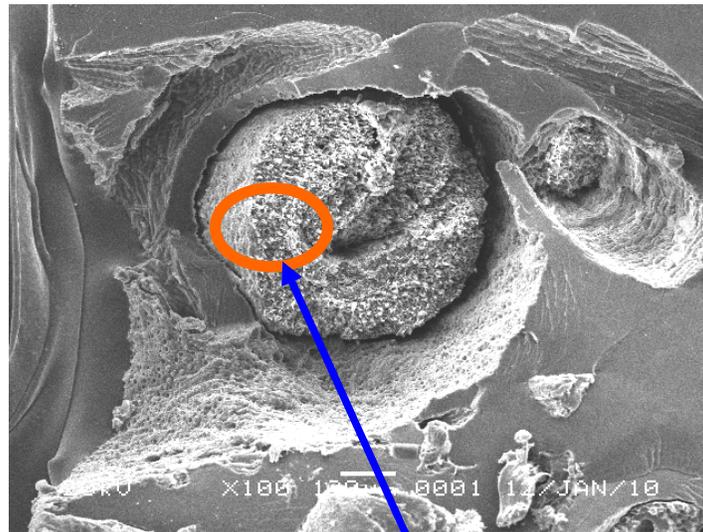
Pada gambar grafik 3.1 dan grafik 3.2 dapat dilihat bahwa temperatur udara dan panjang serat tapis kelapa dapat mempengaruhi kekuatan bending pada komposit. Dimana kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur komposit yang dilakukan treatment dengan temperatur dingin cenderung mengalami peningkatan dibandingkan dengan komposit yang dilakukan treatment dengan temperatur panas, hal ini terjadi karena spesimen uji lentur komposit pada temperatur udara -5°C sudah diselubungi oleh lapisan es yang membeku mengakibatkan spesimen komposit uji lentur tersebut menjadi lebih keras dan kaku akibat lapisan es yang melapisi spesimen komposit serat tapis kelapa tersebut sehingga pada saat proses pengujian lentur, komposit tersebut memiliki kekuatan lentur yang tinggi, tetapi defleksi yang terjadi pada komposit tersebut sangat rendah, sedangkan komposit pada temperatur udara 25°C yaitu temperatur ruang kekuatan lentur pada komposit tersebut rendah, tetapi defleksi yang terjadi pada komposit tersebut sangat tinggi.

Dari tabel 3.1 dan grafik 3.1 komposit dengan panjang serat 5 mm kekuatan lentur tertinggi diperoleh pada temperatur udara -5°C yaitu sebesar 54,54 MPa dan terendah pada temperatur udara 25°C yaitu sebesar

45,18 MPa, selanjutnya untuk komposit panjang serat 10 mm kekuatan lentur tertinggi terjadi pada temperatur udara -5°C dengan kekuatan lentur 44,81 MPa dan kekuatan lentur terendah pada temperatur udara 25°C yaitu sebesar 35,92 MPa, sedangkan untuk komposit panjang serat 15 mm kekuatan lentur tertinggi terjadi pada temperatur udara -5°C dengan kekuatan lentur sebesar 30,83 MPa dan terendah pada temperatur udara 25°C yaitu sebesar 21,39 MPa.

Sedangkan untuk modulus elastisitas lentur dari tabel 3.1 dan grafik 3.2, untuk komposit dengan panjang serat 5 mm nilai modulus elastisitas lentur tertinggi terjadi pada temperatur udara -5°C dan terendah pada temperatur udara 25°C yaitu sebesar 3,65 GPa dan 2,45 GPa, selanjutnya untuk komposit dengan panjang serat 10 mm nilai modulus elastisitas lentur tertinggi terjadi pada temperatur udara -5°C dan terendah pada temperatur udara 25°C yaitu sebesar 2,58 GPa dan 1,54 GPa, sedangkan nilai modulus elastisitas lentur tertinggi terjadi pada temperatur udara -5°C untuk komposit panjang serat 15 mm yaitu sebesar 1,63 GPa dan terendah pada temperatur udara 25°C yaitu sebesar 0,72 GPa.





**Topografi Serat Tapis Kelapa Yang Halus Akibat
Treatment Temperatur -5 °C**

Gambar 3.3 Foto SEM Komposit Panjang Serat 5 mm dengan $t = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$



**Topografi Serat Tapis Kelapa Yang Masih Normal
dan Kasar Pada Temperatur 25 °C**

Gambar 3.4 Foto SEM Komposit Panjang Serat 15 mm dengan $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

3.1.3. Pembahasan Foto SEM Uji Lentur Komposit



Peralatan utama yang digunakan di dalam pengujian foto SEM adalah : peralatan *Scanning Electron Microscope Jeol JSM-6360LA*, dilengkapi dengan *Energy Dispersive System (EDS) System JEOL JED-2300*, buatan Jepang. Dimana dari gambar 3.3 terlihat foto SEM komposit panjang serat 5 mm dengan temperatur -5°C menunjukkan topografi atau permukaan serat tapis kelapa yang menjadi lebih halus akibat perlakuan temperatur udara terhadap spesimen uji lentur komposit tersebut. Dimana pada saat treatment temperatur tersebut, terdapat bunga es yang menyelubungi seluruh bagian permukaan spesimen uji komposit, dimana terdapat celah-celah yang sangat kecil dan bersifat mikro akibat dari proses pembentukan spesimen uji lentur komposit yang hanya bisa terlihat dengan menggunakan bantuan foto SEM (*Scanning Electron Microscope*), dan melalui celah-celah tersebut bunga-bunga es masuk melalui celah-celah kecil tersebut, sehingga mengakibatkan pori-pori serat tapis kelapa terdapat lapisan es, dimana pori-pori serat tapis kelapa menjadi terlihat lebih halus dibandingkan sebelum mendapat perlakuan treatment temperatur, yang dimana membuat ikatan antara *matrik* yaitu resin dan

reinforcement yaitu serat tapis kelapa menjadi lebih kuat dan lebih baik, sehingga pada saat proses pengujian lentur membuat spesimen uji lentur komposit tersebut memiliki kekuatan lentur yang tertinggi. Sedangkan dari gambar 3.4 terlihat foto SEM komposit panjang serat 15 mm dengan treatment temperatur 25°C yaitu temperatur ruang menunjukkan serat tapis kelapa yang masih normal, dimana pori-pori serat tapis kelapa masih terlihat kasar atau masih dalam bentuk standar, sehingga membuat spesimen uji lentur komposit tersebut memiliki kekuatan lentur terendah.

Dari gambar 3.3 dan gambar 3.4 foto SEM juga dapat dilihat bahwa komposit dengan panjang serat 5 mm memiliki kekuatan lentur yang lebih tinggi dari pada komposit dengan panjang serat 10 mm dan 15 mm. Hal ini disebabkan karena panjang serat 5 mm dapat terdistribusi dengan baik dan merata pada waktu proses pembuatan komposit, sehingga ikatan antara *reinforcement* yaitu serat tapis kelapa dengan matriknya yaitu resin dapat berlangsung dengan sempurna, yang secara langsung dapat meningkatkan kekuatan lentur pada komposit berpenguat serat tapis kelapa tersebut.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

- Kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur tertinggi terjadi pada komposit dengan panjang serat 5 mm pada temperatur udara -5°C yaitu sebesar 54,54 MPa dan 3,65 GPa, sedangkan kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur terendah terjadi pada komposit dengan panjang serat 15 mm pada temperatur udara 25°C yaitu sebesar 21,39 MPa dan 0,72 GPa.
- Dari hasil grafik hubungan temperatur udara terhadap kekuatan lentur dan foto SEM didapatkan hasil bahwa komposit dengan temperatur udara -5°C memiliki kekuatan lentur tertinggi tetapi defleksi yang terjadi sangat rendah, karena disebabkan komposit tersebut sudah diselubungi oleh lapisan es yang membeku, sedangkan komposit pada temperatur udara 25°C kekuatan lentur pada

komposit tersebut rendah, tetapi defleksi yang terjadi sangat tinggi.

- Dari hasil grafik dan foto SEM juga dapat dilihat bahwa komposit dengan panjang serat 5 mm memiliki kekuatan lentur yang lebih tinggi dari pada komposit dengan panjang serat 10 mm dan 15 mm dengan fraksi volume serat 12,2 %. Hal ini disebabkan karena panjang serat 5 mm dengan fraksi volume serat 12,2 % dengan berat serat 40 gram dapat terdistribusi dengan baik dan merata pada waktu proses pembuatan komposit, sehingga ikatan antara *reinforcement* yaitu serat tapis kelapa dengan matriknya yaitu resin dapat berlangsung dengan sempurna, yang secara langsung dapat meningkatkan kekuatan lentur pada komposit.

4.2 Saran

- Perlu dilakukan penelitian dengan waktu pengkondisian temperatur udara pada spesimen komposit berpenguat serat tapis kelapa yang lebih lama lagi.
- Perlu dilakukan penelitian dengan variasi fraksi volume serat tapis kelapa yang lebih tinggi lagi.
- Sebaiknya menggunakan serat tapis kelapa yang berumur tidak terlalu muda dan tidak terlalu tua.
- Dalam proses pembuatan komposit hal penting yang harus diperhatikan adalah proses penaburan serat tapis kelapa pada saat proses



pencetakan komposit, proses menutup cetakan dan proses pembebanan pada cetakan komposit, karena ketiga hal ini memegang peranan sangat

penting untuk banyak tidaknya void yang terjadi pada komposit tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM (2003) D 790 – 03 *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, ASTM Internasional, USA.
- ASTM (2003) D 2734 – 94 *Standard Test Methods for Void Content of Reinforced Plastics*. ASTM Internasional, USA.
- Astika, I Made, (2007), *Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Umur Lelah Woven Roving/Polyester Composite*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Udayana Vol. 2 No. 1, (7-13).
- Diharjo, K, Jamasri, Soekrisno, Roehardjo, H.S.B. (2007). *Effect Of Hardener Content To Tensile Properties On Kenaf Polyester Composite*.
- Feldman, D, Hartomo, G. W. (1995). *Bahan Polimer Konstruksi Bangunan*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hasan, Iqbal. (2004), *Analisis Data Penelitian Dengan Statistik*, PT Bumi Aksara, Jakarta.
- JEOL Hightec Co. Ltd., 2004. *Principles of Scanning Electron Microscopy (Scanning Electron Microscope Training Textbook)*. JEOL Hightec Co. Ltd., Japan.
- James A Jacobs, Thomas F, (2005), *Engineering Materials Technology (Structures, Processing, Properties and Selection 5th)* New Jersey Columbus, Ohio.
- Jamasri, Kuncoro Diharjo , Gunesti Wahyu Handiko, (2005), *Studi Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Komposit Limbah Serat Sawit – Polyester*, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin IV, Universitas Udayana, Bali.
- Lokantara Putu, Suardana, N P G, (2007), *Analisis Arah dan Perlakuan Serat Tapis Serta Rasio Epoxy Hardener Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Tapis/Epoxy*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram Vol. 1 No. 1, (15-21).
- Suardana, N P G, Surata I W, (2007), *Komposit Polyester / Serat Gelas : Pengaruh Jumlah Lapisan Serat Terhadap Sifat Mekaniknya*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Udayana Vol. 2 No. 1, (19-25).
- Suardana, N P G, Kusuma Cok Istri Putri, (2007), *Pengaruh Perendaman Air Terhadap Sifat Mekanis Komposit Serat Tapis Kelapa Dengan Orientasi Acak*.
- Suardana, N P G, Dwidiani Ni Made, (2007), *Pengaruh Waktu Treatment Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyester/Serat Tapis Kelapa*.
- Suardana, N P G, Dwidiani Ni Made, (2007), *Analisa Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa Orientasi Acak Dengan Variasi Waktu Perlakuan NaOH*.
- Suardana, N P G, dkk, (2008), *Mechanical Properties Of Coconut Filter Fiber: Effect Of Chemical Surface Treatment*. Material fracture and Reliability Laboratory, Department of Mechanical Design Engineering Chonbuk National University, Deokjin 1-664-14, Jeonju, 561-756, Republic of Korea.
- Stevens, M. P. (2001), *Kimia Polimer. Pradnya Paramita*, Jakarta.
- Suardia, T, Saito, S. (1985). *Ilmu Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita Jakarta.
- Taurista, A.Y, Riani, A.O, Putra, K.H. (2003), *Komposit Laminat Bambu Serat Woven Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Fiber Glass Pada Kulit Kapal*. ITS, Surabaya.
- Wr Wijang, Ariawan Dody, (2006), *Pengaruh Modifikasi Serat Terhadap Karakteristik Komposit UPRs – Cantula*, Jurnal Teknik Mesin Poros Volume 9 Nomer 3, (200-206).



