

Karakteristik Fisik dan Mekanik Greencomposite Kulit Jagung Manis (*Zea mays L. Sacchrata*) Dengan Matriks Sari Pati Singkong (*Manihot utilisima*)

Hendrik Josua Pardomuan Siregar, I Wayan Surata, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Green composite dengan material dasar alamnya menjadi alternatif untuk mengganti peran dari komposit sintetis karena sifatnya yang dapat terdegradasi/diurai oleh alam (biodegradable). Salah satu bahan alam yang dapat menjadi greencomposite adalah serat kulit jagung dan matriks sari pati singkong. Tujuan dari penelitian ini adalah memahami sifat mekanik dan fisik greencomposite serat kulit jagung dan sari pati singkong dengan variasi 40%, 50% dan 60%. Terdapat uji bending dan uji SEM pada penelitian ini. Hasil uji bending menunjukkan bahwa greencomposite serat kulit jagung dengan matriks sari pati singkong dengan variasi 50% serat memiliki nilai kekuatan bending yang paling ideal dengan nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas bending secara berturut – turut sebesar 4.624 MPa, 0.072 dan 163.629 MPa. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa ikatan antara matriks dan serat telah terikat cukup sempurna.

Kata kunci: greencomposite, serat kulit jagung, matriks sari pati singkong.

Abstract

Green composite with its natural base material is an alternative to replace the role of synthetic composites because of its biodegradable nature. One of the natural ingredients that can become greencomposite is corn husk fiber and cassava starch extract matrix. The function of this study is to know the mechanical and physical characteristics of greencomposite corn husk fiber and cassava starch with variations of 40%, 50%, and 60%. The tests carried out are the bending test and the SEM test. The results of the bending test showed that the corn husk greencomposite with cassava starch extract matrix with a variation of 50% fiber had the most ideal bending strength values with stress, strain and bending elasticity modulus of 4,624 MPa, 0.072 and 163,629 MPa, respectively. SEM test results show that the bond of the matrix mix to fiber has been bonded quite perfectly.

Keywords: green composites, corn husk fiber, cassava starch extract matrix.

1. Pendahuluan

Dalam era globalisasi saat ini peran komposit sangat vital dan sering dipakai. Akan tetapi, produk komposit masih cenderung berasal dari material sintetis berupa plastik yang sangat sulit terdegradasi. Hal ini mengindikasikan bahwa material plastik apabila telah menjadi sampah akan menjadi masalah yang cukup serius bagi lingkungan hidup. INAPLAS dan Badan Pusat Statistik (BPS) memiliki data jumlah sampah plastik di Indonesia sebesar 64 juta ton tiap tahun dan Provinsi Bali termasuk sebagai salah satu provinsi penyumbang sampah plastik terbesar. Guna menjawab keresahan tersebut Bapak Wayan Koster selaku Gubernur Bali mengeluarkan Pergub Bali (Pergub) No.97 Tahun 2018 berisi “Pembatasan timbulan sampah plastik sekali pakai.” Merujuk kepada data statistik dan Pergub yang ada, maka *greencomposite* yang memiliki sifat *biodegradable* menjadi solusi menggantikan komposit sintetis. Salah satu bahan *greencomposite* adalah serat kulit jagung yang dipadukan dengan sari pati *Manihot utilisima* yang berperan sebagai matriks. Diketahui bahwa dari 100% bagian pada

tanaman jagung, 95% diantaranya adalah limbah alami yang tidak dikonsumsi, meliputi : batang, daun, kulit dan tongkol jagung [1]. Kulit jagung juga memiliki sifat mekanik, yaitu : pada penampang membujur memiliki keteguhan tarik sebesar 10,8 Mpa, Modulus elastis sebesar 387,4 Mpa, keteguhan belah 5,03 % dan pada penampang melintang memiliki keteguhan tarik sebesar 4,32 Mpa, Modulus elastis sebesar 169,3 Mpa serta keteguhan belah 3,7% [2]. Sari pati *Manihot utilisima* ialah pati yang murni didapat dari hasil ekstraksi penghancuran singkong [3]. Konsentrasi amilosa sari pati *Manihot utilisima* berada pada nilai 12,28% hingga 27,38% sedangkan konsentrasi amilopektin berada pada nilai 72,61% hingga 87,71%. Konsentrasi amilosa menentukan baik tidaknya sifat mekanik *bioplastic* [4]. Output dari studi ini ialah memahami sifat mekanik serta fisik greencomposite serat kulit jagung matriks sari pati *Manihot utilisima* dengan tujuan pengaplikasian sebagai bahan dasar dalam pembuatan *furniture* rumah tangga seperti kotak nasi, piring dan tas belanja dengan sifat *reusable*.

Dalam hal ini akan membahas rumusan masalah, berupa:

1. Bagaimana kekuatan *bending greencomposite* serat kulit jagung matriks sari pati *Manihot utilissima* dengan variasi fraksi berat?
2. Bagaimana karakteristik fisik berupa struktur morfologi permukaan patahan *greencomposite* serat kulit jagung matriks sari pati *Manihot utilissima* dengan variasi fraksi berat?

Terdapat batasan masalah pada studi ini, seperti:

1. Penelitian menggunakan serat kulit jagung dengan jenis *Zea mays L. Saccharata* (jagung manis) dan umur panen ± 2 bulan.
2. Penelitian ini menggunakan sari pati singkong (*Manihot utilissima*).
3. Penelitian ini menggunakan metode *hand lay – up* dalam pencetakan *greencomposite*
4. Penelitian ini menggunakan fraksi berat dengan perbandingan :
 - a. 40% serat kulit jagung : 60% sari pati *Manihot utilissima*
 - b. 50% serat kulit jagung : 50 % sari pati *Manihot utilissima*
 - c. 60% serat kulit jagung : 40% sari pati *Manihot utilissima*.

2. Dasar Teori

2.1 Greencomposite

Greencomposite adalah Perpaduan dua jenis material hingga lebih yang penyusunnya berupa bahan alami. Potensi pencampuran bahan tersebut akan menghasilkan material *greencomposite* dengan sifat mekanik serta struktur morfologi yang lebih baik beda dari bahan penyusunnya. Material *greencomposite* tersusun atas dua jenis material penyusun, yaitu bahan penguat/serat dan matriks/bioresin.

2.2 Serat atau Bahan Penguat

Merupakan bahan utama dari *greencomposite*, serat berfungsi sebagai rangka atau penahan beban pada *greencomposite*. Serat ini biasanya memiliki sifat ulet tetapi lebih kuat. Besar kecilnya kekuatan bahan *greencomposite* dipengaruhi oleh potensi dari serat penyusunnya, semakin rendah diameter serat maka semakin tinggi nilai kekuatan bahan, karena minimnya cacat pada material [5].

2.3 Matriks atau Bioresin

Matriks memiliki fungsi sebagai perekat serat / bahan penguat. Matriks yang terbuat dari bahan alam disebut *bioresin*. *Bioresin* pada *greencomposite* diharapkan berpotensi mentransmisi beban, sebagai tempat menempelnya serat serta ikatan dari *bioresin* dan serat tidak ada reaksi yang mengganggu.

2.4 Serat Kulit Jagung

Kulit jagung memiliki sifat tahan terhadap gesekan, tidak memiliki bau, sulit dikontaminasi oleh bakteri, lemah akan penyerapan air dan serat yang memiliki arah memanjang mempunyai nilai

kekuatan yang tinggi. Kulit jagung juga memiliki sifat mekanik, yaitu : pada penampang membujur memiliki keteguhan tarik sebesar 10,8 Mpa, Modulus elastis sebesar 387,4 Mpa, keteguhan belah 5,03 % dan pada penampang melintang memiliki keteguhan tarik sebesar 4,32 Mpa, Modulus elastis sebesar 169,3 Mpa serta keteguhan belah 3,7% [2].

2.5 Sari Pati *Manihot utilissima*

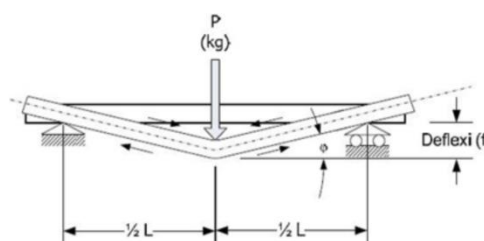
Sari pati *Manihot utilissima* (tepung tapioka) merupakan hasil ekstraksi dari tanaman singkong. Konsentrasi amilosa sari pati *Manihot utilissima* berada pada nilai 12,28% hingga 27,38% sedangkan konsentrasi amilopektin berada pada nilai 72,61% hingga 87,71%. Konsentrasi amilosa menentukan baik tidaknya sifat mekanik *bioplastic* [4].

2.6 Perlakuan NaOH

Pemberian NaOH ke serat alam disebut dengan *mercerization*, termasuk cara yang paling umum dipakai guna mendapatkan kualitas serat yang baik [6]. Pengaruh perlakuan NaOH pada karakter permukaan serat alam selulosa sudah diteliti dan didapat bahwa konsentrasi optimum berpotensi untuk mengalami reduksi, hingga sifat *hydrophilic*nya dapat membentuk ikatan *interfacial* yang optimal terhadap matriks [7].

2.7 Uji Bending

Kekuatan *bending* ialah tegangan *bending* terbesar yang mampu didapat, efek dari beban yang diterima tanpa mengakibatkan tingginya nilai deformasi atau kegagalan. Hasil uji *bending*, sisi atas spesimen mendapat tekanan dan sisi yang lainnya akan mendapat tegangan tarik.



Gambar 1. Skema *three – point bending*

Menggunakan standar ASTM D790 – 03.

Tegangan terhadap uji *bending* dapat dihitung dengan :

$$\sigma_L = \frac{3P.L}{2b.d^2} \quad (1)$$

Menentukan regangan *bending*, dilakukan dengan :

$$\varepsilon_L = \frac{6\delta . d}{L^2} \quad (2)$$

Menentukan nilai modulus elastisitas *bending*, dapat dilakukan dengan :

$$E_L = \frac{L^3 . m}{4b . d^3} \quad (3)$$

Dimana :

σ_L = Tegangan *Bending* (MPa)

ε_L = Regangan *bending*

δ = Defleksi benda uji (mm)

E_L = Modulus Elastisitas *Bending* (MPa)

m = Tangen garis lurus pada *Load Deflection Curve* (N/mm)

P = Beban (N)

L = Panjang Span (mm)
b = Lebar benda uji (mm)
d = Tebal benda uji (mm)

2.8 Uji SEM

Scanning Electron Microscope (SEM) ialah mikroskop electron dengan desain yang berpotensi untuk melakukan eksplorasi secara langsung terhadap permukaan objek yang padat. SEM memiliki perbesaran 10 – 3000000x, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1– 10 nm [8].

3. Metode Penelitian

3.1 Bahan Penelitian

1. Matriks : Sari pati *Manihot utilissima*
2. Penguat : Serat kulit jagung (*Zea mays L. Saccharata*).
3. Natrium Hidroksida (NaOH)
4. Gliserin
5. Aquades

3.2 Alat Penelitian.

1. Peralatan uji : Mesin Uji Tensilon RTG 1250 dan Alat pengujian SEM.
2. Peralatan cetak : cetakan berbahan dasar kayu dengan bentuk ASTM D790-03,
3. Peralatan kalibrasi : Timbangan digital, jangka sorong, *beaker glass*, piknometer
4. Peralatan K3 : Sarung tangan karet dan masker
5. Peralatan bantu : *Hot plate* (Pemanas Elektrik), Besi Pengaduk, Aluminium Foil.
6. Alat pembersih : Lap Tangan, Kuas

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Poduksi Serat Kulit Jagung

1. Kulit jagung dikumpulkan dari pedagang jagung bakar.
2. Kulit jagung dibersihkan lalu memilah lapisan ke-2 sampai ke-5 untuk mendapatkan bahan baku serat yang akan digunakan sebagai spesimen.
3. Kulit jagung direndam dalam aquades selama 2 minggu sampai membusuk (*water retting*).
4. Setelah busuk, serat pada kulit jagung diekstrak dengan menggunakan sikat kawat, dibersihkan dan dijemur.
5. Selanjutnya serat kulit jagung direndam didalam larutan 5% NaOH untuk menghilangkan kadar lignin selama 2 jam dan dibersihkan.
6. Setelah itu, serat kulit jagung dijemur hingga kering selama 3 hari di bawah terik matahari sampai kadar airnya menghilang.
7. Serat kulit jagung dipotong – potong sepanjang 1 cm.

3.3.2 Produksi Matriks Sari Pati Singkong

1. Mencampurkan sari pati singkong (*Manihot utilissima*) dengan gliserin.
2. Mengaduk campuran sari pati *Manihot utilissima* dengan gliserin selama 3 menit hingga homogen.

3. Memasukkan aquades ke dalam larutan.
4. Memanaskan larutan menggunakan *hot plate* hingga membentuk gel. Kemudian sari pati *Manihot utilissima* siap digunakan sebagai matriks.

3.3.3 Proses Pembuatan Spesimen

1. Alat cetak *bending* berbahan kayu, serat dan matriks disiapkan.
2. Lapsi bagian dalam cetakan dengan aluminium foil dan dibersihkan.
3. Tuangkan serat kulit jagung dan matriks sari pati *Manihot utilissima* ke dalam cetakan dengan serat yang tersusun secara acak menggunakan 3 perbandingan fraksi berat, yaitu : (40% : 60%), (50% : 50%), (60% : 40%)
4. Tutup kembali bagian atas spesimen dengan aluminium foil.
5. Berikan tekanan pada spesimen dengan beban 5 kg.
6. Tunggu hingga kering
7. Keluarkan *greencomposite* dari cetakan.
8. Ulangi cara yang sama untuk mencetak *greencomposite* berikutnya.

3.4 Uji Bending

1. Lakukan pencatatan dimensi awal dari spesimen meliputi panjang awal (L), tebal (t), lebar (l), dan luas penampang awal (A_0).
2. Tetapkan panjang span pada bantalan dengan cara : 16 x tebal spesimen uji *bending*.
3. Tempatkan spesimen tepat di span, tempatkan spesimen hingga posisi alat *bending* tepat berada ditengah spesimen.
4. *Bending* diturunkan hingga ujung *bending* menyentuh specimen, kemudian secara bertahap alat *bending* diturunkan sampai spesimen terdesak ke bawah.
5. Perhatikan nilai beban bending, defleksi dan grafik yang muncul pada layar monitor uji *bending*
6. Lakukan pengujian sampai terjadi perubahan bentuk pada spesimen atau sampai grafik pada layar monitor mengalami penurunan yang konstan.
7. Hentikan penambahan beban dan lepas spesimen dari mesin pengujian *bending* bila spesimen sudah mengalami perubahan bentuk.
8. Lakukan langkah yang sama pada pengujian spesimen berikutnya.

3.5 Uji SEM

1. Spesimen uji disiapkan.
2. Spesimen uji dibersihkan memakai *ultrasonic cleaner* dengan media *acetone* guna membersihkannya dari debu yang menempel pada alat uji sebelum melakukan pengujian pada *specimen holder*.
3. Spesimen uji ditempelkan tepat di *specimen holder* memakai *double sticky tip* sehingga posisi spesimen rigid.
4. Memasukkan spesimen uji ke *specimen*

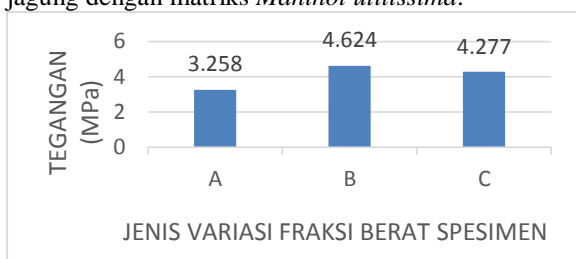
chamber pada mesin *Scanning Electron Microscope* guna dilakukannya observasi.

5. Atur pembesaran yang diinginkan untuk mempermudah dalam observasi terhadap struktur morfologi spesimen.
6. Potret dan lihat hasil pemotretan *Scanning Electron Microscope* dalam bentuk gambar.
7. Analisa struktur mikro dan makronya.

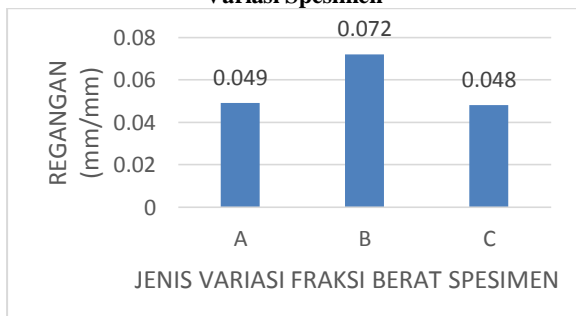
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian *Bending*

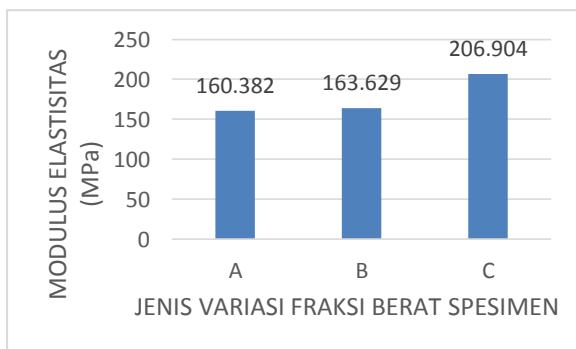
Pada proses pembuatan *greencomposite* serat kulit jagung dengan matriks sari pati *Manihot utilissima*, variasi fraksi berat yang digunakan memiliki pengaruh secara tidak langsung terhadap besaran nilai dari tegangan, regangan dan modulus elastisitas *greencomposite* tersebut. Berikut adalah grafik hasil dari pengujian dan pengolahan data pada uji *bending* terhadap *greencomposite* serat kulit jagung dengan matriks *Manihot utilissima*.



Gambar 2. Grafik Hasil Tegangan *Bending* Terhadap Variasi Spesimen



Gambar 3. Grafik Hasil Regangan *Bending* Terhadap Variasi Spesimen



Gambar 4. Grafik Hasil Modulus Elastisitas *Bending* Terhadap Variasi Spesimen

4.2 Pembahasan Pengujian *Bending*

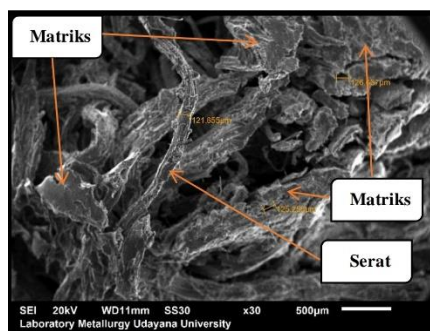
Pada Tegangan *bending*, variasi fraksi berat antara serat dan matriks sebagai penyusun

greencomposite sangat berpengaruh terhadap nilai tegangan *bending*, dimana semakin besar fraksi berat serat maka tegangan *bending* pun akan semakin tinggi pula, dikarenakan jumlah serat yang tinggi dapat menahan beban *bending* yang besar. Hal tersebut dikarenakan homogen tidaknya ikatan yang terjadi dari serat terhadap matriks. Seperti yang terlihat pada kenaikan tegangan *bending* dari spesimen A sebesar 3,258 MPa ke spesimen B sebesar 4,624 MPa. Dan penurunan nilai tegangan *bending* dari spesimen B sebesar 4,624 MPa ke spesimen C sebesar 4,277 MPa. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa spesimen B memiliki ikatan yang paling sempurna dan cukup homogen, sedangkan spesimen A dan C memiliki ikatan yang kurang homogen sehingga bila diberikan beban *bending* maka beban *bending* yang dapat ditahan kurang optimum. Hal ini disebabkan oleh proporsi matriks yang terlalu banyak pada spesimen A dan terlalu banyak serat pada spesimen C sehingga matriks tidak dapat mengikat seluruh serat dengan sempurna.

Pada nilai regangan *bending* hasil dari pengujian dan grafik diatas, memiliki kasus yang sama dengan nilai tegangan *bending* dimana semakin besar fraksi berat dari serat maka nilai regangan akan semakin tinggi seperti pada kenaikan nilai regangan dari spesimen A sebesar 0,049 ke spesimen B sebesar 0,072. Dan apabila fraksi berat dari serat terlalu banyak maka nilai regangan akan rendah seperti pada penurunan nilai regangan dari spesimen B sebesar 0,072 ke spesimen C sebesar 0,048. Hal tersebut disebabkan terlalu banyaknya dan terlalu sedikitnya jumlah serat akan membuat kurang optimalnya ikatan homogen antar serat dan matriks. Jumlah serat yang terlalu banyak dan terlalu sedikit juga akan mempengaruhi nilai defleksi yang bekerja pada spesimen. Seperti yang terlihat pada spesimen C yang menjadi spesimen dengan nilai regangan *bending* terendah dari kedua spesimen yang lainnya.

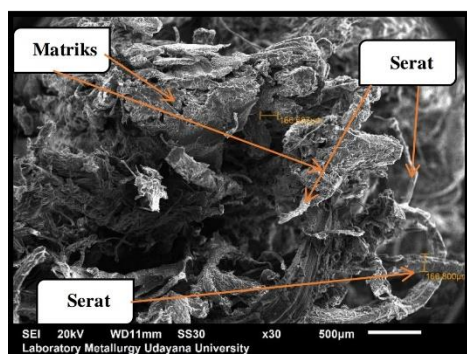
Sementara itu, pada nilai modulus elastisitas *bending* dipengaruhi oleh nilai m (Tangen garis lurus pada *Load Deflection Curve*). Dimana nilai m didapat dari hasil perbandingan antara beban yang diterima dan tegangan oleh spesimen dengan defleksi dan regangan yang terjadi pada spesimen. Sehingga nilai m sangat dipengaruhi oleh proporsi serat dengan matriks yang optimum pada spesimen. Hal ini terlihat pada tertingginya nilai modulus elastisitas spesimen C sebesar 206,904 MPa dibandingkan dengan 2 spesimen lainnya. Hal ini disebabkan oleh rendahnya nilai defleksi pada spesimen C yang berpengaruh pada tingginya nilai m yang nantinya digunakan sebagai pengali untuk menetapkan nilai modulus elastisitas *bending*. Sedangkan nilai modulus elastisitas dari spesimen A ke B tetap mengalami kenaikan sama seperti grafik tegangan dan regangan *bending* pada spesimen A ke B.

4.3 Hasil Foto dan Pembahasan Uji SEM



Gambar 5. Hasil uji SEM greencomposite fraksi variasi 40% serat : 60% matriks perbesaran 30x

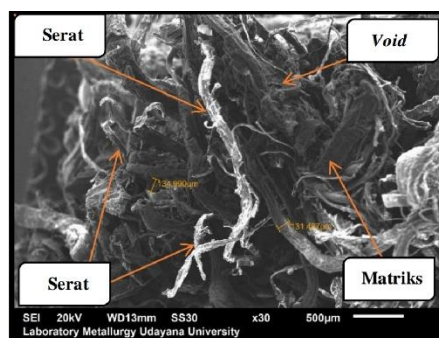
Gambar 5. merupakan foto hasil uji SEM greencomposite dengan fraksi berat serat kulit jagung 40% : 60% matriks sari pati *Manihot utilissima* dengan perbesaran 30x. Pada gambar dapat dilihat persebaran serat dan matriks yang cukup merata, meskipun proporsi matriks masih terlalu banyak daripada serat sehingga ikatan antar serat dan matriks kurang homogen. Ikatan yang kurang homogen tersebut berpengaruh terhadap sifat mekaniknya, berupa rendahnya beban *bending* yang mampu diterima oleh spesimen uji. Pada gambar 5. tidak ditemukan adanya *void* pada permukaan yang disebabkan oleh beban tekan yang diterima spesimen pada uji *bending* sebelumnya.



Gambar 6. Hasil uji SEM greencomposite variasi 50% serat : 50% matriks perbesaran 30x

Gambar 6. merupakan foto hasil uji SEM greencomposite dengan fraksi berat serat kulit jagung 50% : 50% matriks sari pati *Manihot utilissima* dengan perbesaran 30x. Pada gambar dapat dilihat persebaran serat dan matriks yang cukup merata dengan proporsi serat dan matriks yang ideal. Hal ini membuat ikatan antara serat dan matriks cukup homogen, dapat dilihat dari gambar 6 memiliki kerapatan yang lebih rapat daripada gambar 5. Ikatan yang cukup homogen ini berbanding lurus dengan optimumnya nilai kekuatan *bending* pada spesimen uji, dimana nilai tegangan dan regangan *bending* pada variasi ini memiliki nilai tertinggi dibandingkan 2 variasi fraksi berat lainnya dan memiliki nilai modulus elastisitas yang cukup optimum. Hal ini mengindikasikan bahwa sifat mekanik *bending* pada variasi fraksi berat ini cukup baik. Pada gambar ini juga tidak ditemukan *void* pada

permukaan yang disebabkan oleh beban tekan yang diterima spesimen pada uji *bending* sebelumnya.



Gambar 7. Hasil uji SEM greencomposite variasi 60% serat : 40% matriks perbesaran 30x

Gambar 7. merupakan foto hasil uji SEM greencomposite dengan fraksi berat serat kulit jagung 60% : 40% matriks sari pati *Manihot utilissima* dengan perbesaran 30x. Pada gambar dapat dilihat persebaran serat dan matriks yang kurang merata, dimana jumlah serat melebihi jumlah matriks yang berakibat pada tidak sempurnanya matriks dalam mengikat serat. Hal ini mengakibatkan ikatan antar serat dan matriks tidak homogen. Terlalu banyaknya serat menyebabkan spesimen dengan variasi fraksi berat ini memiliki sifat mekanik yang kurang optimum, dikarenakan rendahnya nilai defleksi *bending* pada spesimen uji yang disebabkan matriks yang tidak dapat menyelimuti serat secara keseluruhan. Pada gambar 7. juga dapat dilihat adanya *void* dan banyak serat yang berdiri sendiri (tidak diselimuti serat) pada struktur spesimen uji yang akan mempengaruhi sifat-sifat mekanik dari spesimen.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan tentang karakteristik fisik dan mekanik greencomposite serat kulit jagung dengan matriks sari pati singkong dengan melakukan pengujian terhadap sifat *bending* dan bentuk struktur morfologi melalui uji SEM, sehingga didapat kesimpulan seperti :

1. Hasil uji *bending* menyimpulkan greencomposite serat kulit jagung dengan matriks sari pati *Manihot utilissima* variasi fraksi berat 50% serat : 50% matriks mempunyai kekuatan *bending* tertinggi pada nilai tegangan di 4.624 MPa dan nilai regangan pada 0.072. sedangkan untuk nilai modulus elastisitas yang tertinggi pada 206,904 MPa dimiliki oleh spesimen dengan fraksi berat serat kulit jagung sebesar 60% serat : 40% matriks.
2. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa variasi fraksi berat greencomposite serat kulit jagung dengan sari pati *Manihot utilissima* sebagai matriksnya sangat berpengaruh terhadap bentuk morfologi permukaan patahan spesimen. Dimana pada spesimen dengan fraksi 40% serat : 60% matriks memiliki penyebaran matriks dan

serat yang cukup baik akan tetapi kerapatan antara matriks dengan seratnya tidak serapat dengan spesimen fraksi berat serat sebesar 50% serat : 50% matriks. Sedangkan untuk spesimen dengan 60% serat : 40% matriks memiliki kerapatan antara serat dan matriks yang rendah dengan persebaran matriks dan serat yang kurang baik dan terdapat juga *void* di beberapa titik pada permukaan patahannya.

Daftar Pustaka

- [1] Faesal, F., 2013, *Pengolahan limbah tanaman jagung untuk pakan ternak sapi potong*. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian, 19, 181–190.
- [2] Huda, S.N., 2008, *Composites from Chicken Feather and Cornhusk-Preparation and Characterization*, Nebraska: University of Nebraska.
- [3] Novita, dkk., 2013, *Pengaruh Penggunaan Pati ganyong, Tapioka, dan Mocaf sebagai Bahan Substitusi terhadap Sifat Fisik Mie Jagung*. Jurnal Agritech, Vol. 33, No. 4, pp. 392.
- [4] Murtingrum, dkk., 2012, *Karakterisasi Umbi dan Pati Lima Kultur Ubi Kayu (Manihot Esculents)*, Jurnal agroteknologi, Vol. 3, No. 1, pp. 1-3.
- [5] Hidayatulloh, S., Ariawan, D., Surodjo, E., & Triyono, J., 2017, *Pengaruh Waktu Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit rHDPE Serat Pelepah Salak*, SNST Proceeding Unwahas, January, 12–17.
- [6] Giuseppe, Latteri, A., Recca, G., & Cicala, 2010, *Composites Based on Natural Fibre Fabrics*. University of Catania, Department of Physical and Chemical Methodologies for Engineering, Catania Italy.
- [7] Bismarck, A. et al., 2002, *Surface Characterization of Flax, Hemp and Cellulose Fibres: Surface Properties and the Water Uptake mhbv Behavior*, Journal of Polymer Composite, Vol 23, hal 5.
- [8] Yudi, 2011, *Scanning Electron Microscope (SEM) dan Optical Emission Spectrocope (OES)*, Wordpress. Retrieved from <https://yudiprasetyo53.wordpress.com/2011/11/07/scanning-electron-microscope-sem-dan-optical-emission-spectrocope-oes/>



Hendrik Josua Pardomuan Siregar menyelesaikan studi S1 di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2020. Konsentrasi penelitian yang diminati adalah karakteristik greencomposite dengan berbagai aplikasinya.