

Karakteristik Mekanik Komposit Poliester Berpenguat Serat Sisal Yang Diekstraksi Dengan Metode *Water Retting* Di Cetak Teknik *Vacuum*

Rafi Purwadi, I Wayan Surata, Tjokorda Gde Tirta Nindhia
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Komposit adalah material kombinasi dari dua atau lebih komponen yang berbeda yaitu serat sebagai pengisi dan matriks sebagai bahan pengikat serat dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik untuk mengurangi penggunaan logam. Keunggulan komposit yaitu ringan, kuat, tahan terhadap korosi memiliki massa jenis yang rendah, harga murah serta memiliki sifat mekanik yang baik. Penelitian untuk membuat komposit berpenguat serat alam yang diharapkan mampu menggantikan atau mengurangi penggunaan logam. Dalam penelitian ini menggunakan serat sisal dengan yang diekstraksi dengan metode *water retting* menggunakan matriks poliester type Yukalac 157 BQTN dengan campuran katalis MEKPO 1%. Dimana serat sisal diberikan perlakuan NaOH sebesar 5% selama 2 jam. Tahap pencetakan komposit menggunakan teknik *vacuum* dengan variasi fraksi berat serat : 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% dengan orientasi serat acak. Pemotongan komposit mengikuti standar ASTM D 638 untuk uji Tarik dan ASTM D790-03 untuk uji lentur. Kekuatan tarik komposit tertinggi terdapat pada fraksi tanpa serat 0% dengan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 33,33 Mpa. Kemudian menurun seiring bertambahnya fraksi berat serat hingga 4% dengan kekuatan tarik terendah sebesar 12,76 Mpa. Sedangkan kekuatan lentur tertinggi terdapat pada fraksi tanpa serat 0% dengan nilai rata-rata tegangan lentur sebesar 102,68 Mpa. sementara tegangan lentur terendah terdapat pada fraksi berat serat 4% sebesar 37,32 Mpa.

Kata kunci : Serat sisal, serat tunggal, kekuatan tarik, kekuatan lentur.

Abstract

Composite is a material which is a combination of two or more different components, that is fiber as a filler and a matrix as a fiber binding material with the aim of obtaining certain better physical and mechanical properties to reduce the use of metal. The advantages of composites are light, strong, resistant to corrosion, low density, low price and good mechanical properties. Research to make composites with natural fiber reinforcement is expected to increase the use of metals. In this study, sisal fiber was extracted using the *water retting* method using a Yukalac 157 BQTN polyester matrix with a 1% MEKPO catalyst mixture. Where the sisal fiber was treated with 5% NaOH for 2 hours. The composite fusion stage uses a *vacuum* technique with variations in fiber weight fraction: 0%, 1%, 2%, 3% and 4% with random fiber orientation. The composite cuts followed the standards of ASTM D 638 for the Tensile test and ASTM D790-03 for the flexural test. The highest tensile strength of the composite was found in the 0% fiberless fraction with an average tensile stress value of 33.33 Mpa. Then it decreases with increasing fiber weight fraction to 4% with the lowest tensile strength of 12.76 Mpa. While the highest flexural strength is found in the 0% fiberless fraction with an average flexural stress value of 102.68 Mpa. while the lowest flexural stress is found in the 4% fiber weight fraction of 37.32 Mpa.

Keywords : sisal fiber, single fiber, tensile strength, flexural strength.

1. Pendahuluan

Kekurangan sumber energi yang ada di dunia telah menjadi masalah serius dan menjadi tantangan bagi para peneliti, dengan mengurangi berat kendaraan maka semakin rendah pula konsumsi energinya sehingga banyak dilakukan penelitian dan pengembangan material baru untuk bodi kendaraan yang lebih ringan dan kuat serta bisa dikembangkan. Salah satu material yang bisa dikembangkan untuk mengurangi berat kendaraan yaitu dengan komposit.

Komposit adalah hasil material kombinasi dari dua atau lebih komponen yang berbeda, yaitu serat (pengisi) dan matriks (bahan pengikat serat) dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik dari pada sifat masing-masing komponen penyusunnya [1]. Oleh karena itu dibutuhkan material yang dapat mengurangi penggunaan logam seperti komposit berpenguat serat

alam. Penggunaan alami merupakan langkah yang tepat dikarenakan keunggulan komposit yaitu ringan, kuat, tahan terhadap korosi, dan serat alam mengurangi berat 10 %, serta energi yang dibutuhkan lebih rendah untuk produksi sekitar 80% sementara biaya komponen 5% lebih rendah dibandingkan dengan serat gelas [2]. Metode pemisahan serat alam yang sering dilakukan yaitu salah satunya *water retting*. Proses *water retting* adalah proses yang dilakukan oleh mikroorganisme untuk memisahkan atau membuat busuk zat perekat yang berada pada sekitar serat, selanjutnya serat diberikan perlakuan alkali untuk membersihkan lapisan lilin dan kotoran yang ada pada permukaan serat.

2. Dasar Teori

2.1 Komposit

Komposit dapat di definisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran/kombinasi dua atau lebih unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan [3].

2.2 Klasifikasi Material Komposit Berdasarkan Komponen Structural

- Komposit Serat (*Fibrous Composites*)
- Komposit Partikel (*Particulate Composites*)
- Komposit Lapis (*Laminates Composites*)

2.3 Matriks

Matriks berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit matriks, matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik [4].

Matriks memiliki beberapa fungsi diantaranya :

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

2.4 Resin

Penggunaan resin pada penelitian ini yaitu menggunakan resin poliester tipe Yukalac157 BQTN-EX.

Tabel 1. Spesifikasi Unsaturated Polyester Resin Yukalac 157 BQTN-EX , [5]

No.	Sifat	Nilai
1.	Densitas (ρ)	1,2 g/cm ³
2.	Kekuatan Tarik (σ)	12,07 N/mm ²
3.	Modulus Elastisitas (E)	1,18 x 10 ³ N/mm ²
4.	Poisson Ratio (ν)	0,33
5.	Kekuatan Fleksural	94 N/mm ²
6.	Modulus Fleksural	3,00 x 10 ³ N/mm ²

2.5 Katalis

Berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin. Penggunaan katalis pada penelitian ini yaitu menggunakan *Methyl Ethyl Ketone Peroxide* (MEKPO). Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada penambahan 1% katalis [6].

2.6 Serat Sisal

Serat sisal memiliki kandungan selulosa tinggi, panjang serat sisal dapat bervariasi antara 1.0-1.5 meter dengan diameter antara 0,1-0,3 mm [7]



Gambar 1. Tanaman Sisal

2.7 Perhitungan Fraksi Berat Serat

Fraksi berat serat adalah perbandingan antara berat serat dengan berat komposit, [8].

Perhitungan fraksi berat serat sebagai berikut :

$$FB = \frac{w_f}{w_c} \times 100 \quad (1)$$

$$w_c = w_f + w_r$$

$$w_r = V_{ce} \times \rho_r$$

$$V_{ce} = p \times \ell \times t$$

Dimana :

FB = fraksi berat serat (%)

w_f = berat fiber (gram)

w_c = berat composite (gram)

w_r = berat resin (gram)

V_{ce} = volume cetakan (cm³)

ρ_r = massa jenis resin (g/cm³)

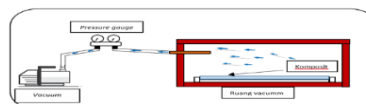
p = panjang cetakan (cm)

ℓ = lebar cetakan (cm)

t = tebal cetakan (cm)

2.8 Metode Vacuum

Metode *vacuum* merupakan metode pembuatan material komposit dengan menggunakan pompa vacuum, serta dapat memperkuat sifat mekanik dari suatu material komposit

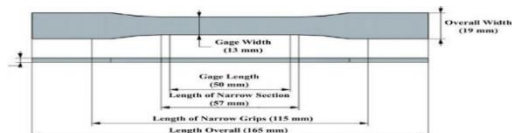


Gambar 2. Skema Vacuum

Dimana proses *vacuum* dengan memberikan tekanan *negativ* pada ruang *vacuum* hingga -20 bar selama 10 menit dan proses pendinginan selama 1 jam.

2.9 Uji Tarik Komposit

Pada penelitian ini menggunakan ASTM D648



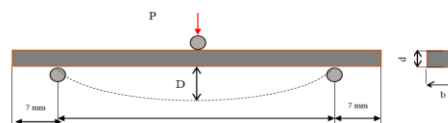
Gambar 3. Spesimen Uji Tarik Komposit

Perhitungan tegangan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas komposit :

$$\sigma = \frac{P}{A_0}, \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}, \quad E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} \quad (2)$$

2.10 Uji Lentur Komposit

Pada penelitian ini menggunakan ASTM D790-03 seperti sebagai berikut :



Gambar 4. Spesimen Uji Lentur

Tegangan lentur, regangan lentur dan modulus elastisitas komposit dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sigma_L = \frac{3P\ell}{2bd^2}, \quad \epsilon_L = \frac{6\Delta d}{\ell^2}, \quad E = \frac{\ell^3 m}{4bd^3} \quad (3)$$

2.11 Pengamatan Permukaan Patah Dengan Mikroskop Makro

Bertujuan untuk mengetahui jenis patahan komposit setelah pengujian tarik seperti gambar di bawah ini :



Gambar 5. Pengamatan patahan

- Dilihat pada di titik A putusya serat yang disebabkan karena batas kekuatan serat dan ikatan antara serat yang kuat.
- Pada titik B terjadi pullout
- Pada titik C terjadi delamination
- Pada titik D terjadi matrix flow

3. Metode Penelitian

3.1 Alat Penelitian

1. Alat uji tarik komposit
2. Alat uji lentur komposit
3. Cetakan komposit
4. Mikroskop
5. Lensa perbesaran 40x & 100x
6. Timbangan digital
7. Gelas ukur 1 liter
8. Suntikan dengan ukuran 5 ml
9. Sarung tangan/hand Glove

3.2 Bahan Penelitian

1. Resin Yukalac 157 BQTN-EX
2. Serat sisal
3. NaOH
4. Gliserin
5. Katalis MEKPO

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Proses Pembuatan Serat Sisal

1. Menyiapkan daun sisal terbaik
2. Melakukan proses *water retting*
3. Memisahkan serat dan zat pengikatnya
4. Memberikan perlakuan perendaman NaOH 5% selama 2 jam
5. Membersihkan serat dan mengerikan
6. Memberikan perlakuan perendaman NaOH 5% selama 2 jam

3.3.2 Proses Pembuatan Komposit

1. Menyiapkan daun sisal terbaik
2. Pemotongan serat dengan panjang yaitu 3 cm
3. Campurkan resin poliester dengan 1% hardener *Methyl Ethyl Ketone Peroxide* (MEKPO) ke dalam gelas ukur.
4. Lapsi cetakan kaca dengan gliserin.
5. Campuran poliester, hardener, dan serat sisal sesuai takaran
6. Melakukan proses *vacuum*
7. *Vacuum* dengan tekanan -20 bar (10) menit
8. Diamkan selama 1 jam
9. Pisahkan antara cetakan dengan komposit
10. Potong spesimen sesuai dengan standar ASTM D638 untuk uji tarik dan ASTM D790-03 uji lentur.

3.3.4 Uji Tarik Komposit

1. Mengukur panjang dan ketebalan spesimen
2. Mempersiapkan alat uji tarik komposit

3. Memasang spesimen uji tarik komposit
4. Melakukan pengujian dengan alat uji tarik komposit.
5. Mencatat pertambahan panjang bahan uji hingga titik maksimal

3.3.5 Uji Lentur Komposit

1. Mengukur ketebalan specimen
2. Mempersiapkan alat uji lentur
3. Menentukan titik tumpuan dan titik tengah
4. Meletakkan spesiemn uji pada alat uji lentur
5. Memberikan beban dengan kecepatan konstan
6. catat setiap hasil beban yang diberikan pada benda uji setiap 0,1 mm hingga mencapai titik maksimal pada benda uji

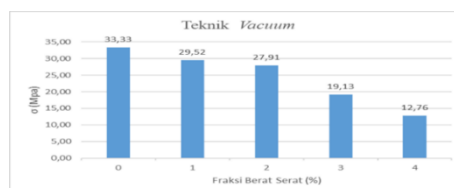
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hail Uji Tarik Komposit

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Uji Tarik Komposit

Pengujian Tarik Komposit			
Fraksi Berat Serat 0%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
TK1	34,95	5,09	0,69
TK2	34,76	5,09	0,68
TK3	30,29	4,39	0,69
RATA - RATA	33,33	4,85	0,69
Fraksi Berat Serat 1%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
TK1	31,36	4,39	0,71
TK2	25,80	5,44	0,47
TK3	31,39	4,91	0,64
RATA - RATA	29,52	4,91	0,61
Fraksi Berat Serat 2%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
TK1	31,31	4,56	0,69
TK2	24,88	4,04	0,62
TK3	27,53	5,96	0,46
RATA - RATA	27,91	4,85	0,59
Fraksi Berat Serat 3%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
TK1	16,62	2,46	0,68
TK2	23,25	4,04	0,58
TK3	17,52	7,72	0,23
RATA - RATA	19,13	4,74	0,49
Fraksi Berat Serat 4%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
TK1	11,80	3,33	0,35
TK2	14,86	3,51	0,42
TK3	11,63	3,16	0,37
RATA - RATA	12,76	3,33	0,38

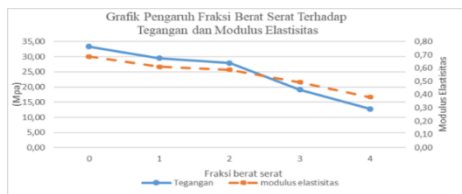
Berdasarkan data diatas, dapat dibuat grafik hubungan antara kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas sebagai berikut :



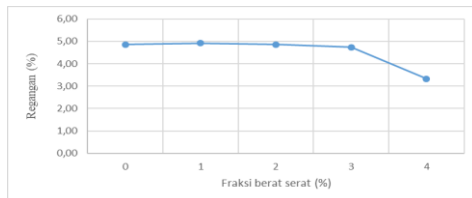
Gambar 6. Grafik Tegangan Tiap Perlakuan



Gambar 7. Grafik Regangan Tertinggi Tiap Fraksi Berat Serat



Gambar 8. Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Tegangan dan Modulus Elastisitas



Gambar 9. Grafik Modulus Elastisitas Tiap Perlakuan

Berdasarkan tabel 4 Menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada fraksi tanpa serat dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 33,33 Mpa dengan modulus elastisitas sebesar 0,69 GPa, kemudian pada fraksi berat serat 1% didapat 29,52 Mpa dengan modulus elastisitas sebesar 0,61 GPa, pada fraksi berat serat 2% didapat hasil rata-rata menurun seiring bertambahnya fraksi berat serat, sementara itu kekuatan tarik terendah terdapat pada fraksi berat serat 4%, dengan nilai rata rata kekuatan tarik sebesar 12,76 Mpa dengan modulus elastisitas sebesar 0,38 GPa. penurunan kekuatan komposit disebabkan oleh interaksi antara matriks dengan serat lemah, sehingga beban yang dikenakan pada matriks tidak terjadi transfer dengan baik pada serat, semakin banyaknya serat yang ditambahkan maka kemampuan matriks mengikat serat tersebut makin berkurang dimana hal tersebut membuat bahan komposit menjadi kurang kuat terhadap pembebanan [9].

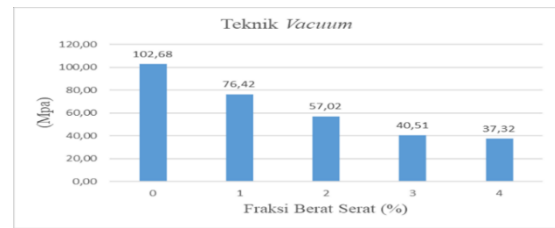
4.2 Uji Lentur Komposit

Dari hasil pengujian, didapatkan hasil dari kekuatan lentur komposit berupa tegangan maksimum, regangan maksimum dan modulus elastisitas, ditampilkan pada Tabel dibawah ini

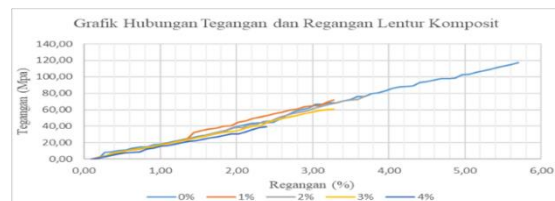
Tabel 4. Perhitungan Kekuatan Lentur Komposit

Pengujian Lentur Komposit			
Fraksi Berat Serat 0%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
LK1	117,02	5,70	2,05
LK2	96,12	3,98	2,41
LK3	94,89	3,70	2,57
RATA - RATA	102,68	4,46	2,34
Fraksi Berat Serat 1%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
LK1	60,45	7,03	0,86
LK2	71,83	3,28	2,19
LK3	96,98	7,09	1,37
RATA - RATA	76,42	5,80	1,47
Fraksi Berat Serat 2%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
LK1	46,44	2,97	1,56
LK2	47,89	3,47	1,38
LK3	76,74	3,69	2,08
RATA - RATA	57,02	3,38	1,67
Fraksi Berat Serat 3%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
LK1	69,88	3,28	1,86
LK2	27,22	2,01	1,36
LK3	33,44	2,91	1,15
RATA - RATA	40,51	2,73	1,46
Fraksi Berat Serat 4%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
LK1	39,24	2,39	1,64
LK2	36,28	2,19	1,66
LK3	36,45	2,26	1,61
RATA - RATA	37,32	2,28	1,64

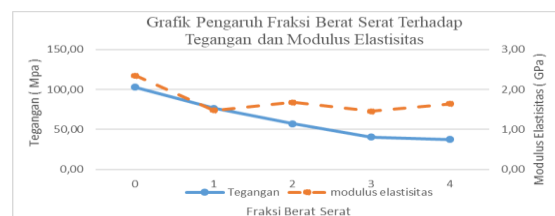
Berdasarkan data diatas, dapat dibuat grafik hubungan antara kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas sebagai berikut :



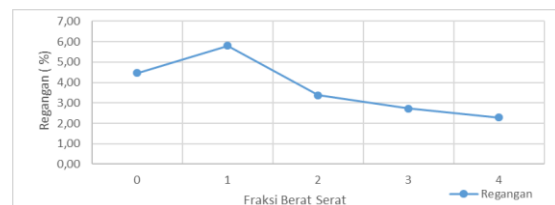
Gambar 10. Grafik Tegangan Tiap Perlakuan



Gambar 11. Grafik Regangan Tertinggi Tiap Fraksi Berat Serat



Gambar 12. Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Tegangan dan Modulus Elastisitas



Gambar 13. Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Regangan Lentur

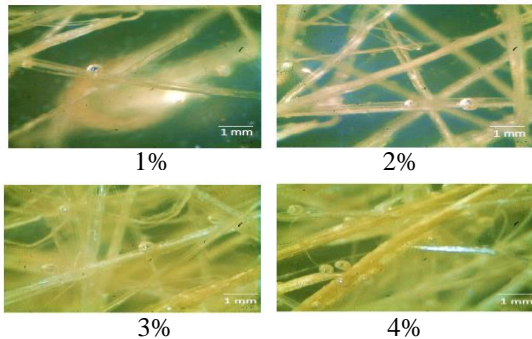
Dari grafik di atas menunjukkan kekuatan lentur tertinggi ada pada fraksi tanpa serat dengan nilai rata rata 102,68 Mpa dengan modulus elastisitas sebesar 2,34 GPa, kemudian menurun pada fraksi berat serat 1% dan menurun lagi seiring bertambahnya fraksi berat serat, tegangan terendah terdapat pada fraksi berat serat 4% dengan nilai rata-rata 37,32 Mpa dengan modulus elastisitas 1,64 GPa. Penurunan kekuatan lentur disebabkan karena spesimen yang keras dan getas, mengakibatkan nilai defleksi pada pengujian kecil, sehingga sangat berpengaruh pada penurunan regangan [10].serta penurunan kekuatan lentur disebabkan juga karena penambahan serat yang mengakibatkan nilai modulus lentur berkurang, alasannya adalah karena keselarasan serat, interaksi antara serat-matriks dan gelembung muncul selama pembuatan komposit [11].

4.3 Pengamatan Makro

Berfungsi untuk menghitung luasan void pada specimen yang telah di uji.

4.3.1 Void

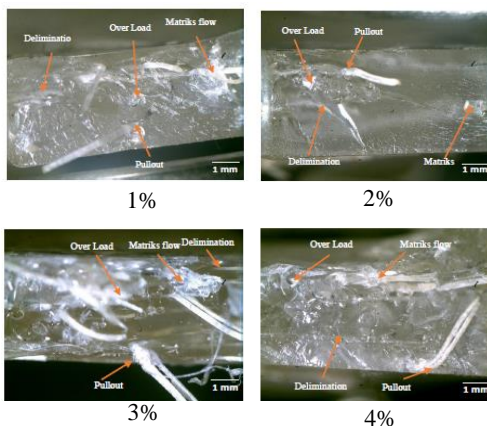
Adapun hasil pengamatan void setiap spesimen uji sebagai berikut.



Gambar 14. Pengamatan Foto Void

Pada foto makro dengan fraksi berat serat 1% terdapat sebanyak 2 void dengan luas area sebesar 0,44%. fraksi berat serat 2% terdapat sebanyak 2 void dengan luas area 0,55%. Kemudian pada fraksi berat serat 3% terdapat 5 void dengan luas area sebanyak 1,9% dan pada fraksi berat serat 4% menunjukkan sebanyak 9 void dengan luas area sebesar 3,2%, adanya void yang terjebak didalam spesimen komposit menyebabkan terjadinya penurunan sifat mekanik dari komposit[12].

4.3.2 Patahan



Gambar 15. Pengamatan Foto atahan

Pada patahan uji specimen dengan fraksi berat serat 1% terdapat matriks flow dengan orientasi sebesar 11,8%. Sedangkan pada patahan specimen dengan fraksi berat serat 2% memiliki matriks flow sebesar 21,9%, patahan specimen dengan fraksi berat serat 3% terdapat *matriks flow* dengan luas area sebesar 26,8%, Dan pada patahan specimen dengan fraksi berat serat 4% dengan orientasi matriks flow dengan luas area sebesar 32,7%.

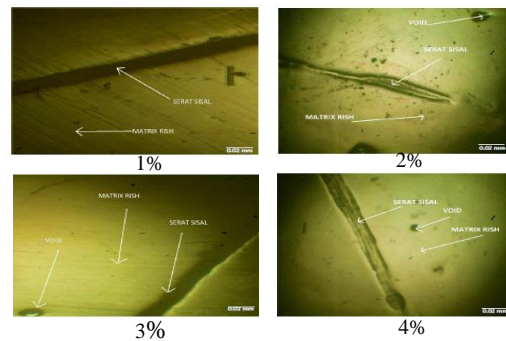
Dari pembahasan diatas, semakin besar luas area matriks flow maka tingkat kegagalan suatu specimen semakin besar, hal tersebut dikarenakan jumlah serat yang banyak dan tidak menyatu dengan baik Selain itu ikatan antara matriks dan serat yang kurang baik

maka terjadi *pullout* sehingga dapat mempengaruhi kemampuan menahan beban dari material [13]. Sehingga matrik dan penguat akan sulit tercampur secara homogen yang tentu saja akan mempengaruhi kekuatan dari komposit tersebut [14].

4.4 Pengamatan Mikro

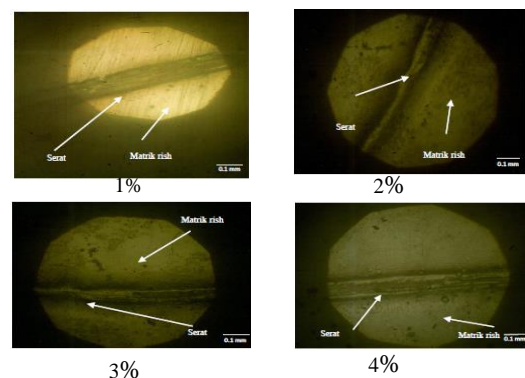
Distribusi serat dan homogenisasi antara serat dan matriks akan terlihat lebih jelas dalam pengamatan foto mikro [14]. Adapun hasil pengamatan foto mikro pembesaran 40x sebagai berikut :

4.4.1 Perbesaran 40x



Gambar 16. Hasil Foto Mikro Perbesaran 40x

4.4.2 Perbesar 100x



Gambar 17. Pengamatan Hasil Foto Mikro Perbesaran 100x

Dari hasil pengujian pengamatan mikro menggunakan lensa pembesaran 40x dan 100x terdapat beberapa *matrix rish* dan *void*. Penyebab void disebabkan karena belum meratanya resin masuk kedalam rongga pori pori serat sehingga menimbulkan beberapa void di dalamnya [12]. Dengan metode *vacuum* menyebabkan panas yang dihasilkan pada proses tersebut menimbulkan uap air yang terdapat pada serat keluar menuju matrik yang menyebabkan kekuatan komposit mengalami penurunan dikarenakan tekanan yang semakin tinggi dan jumlah serat yang lebih banyak mengakibatkan matriknya menjadi cepat kering dan belum meratanya resin masuk kedalam rongga pori-pori sehingga menimbulkan beberapa void.

5 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik komposit serat sisal yang diekstraksi dengan metode *water retting* dan di cetak dengan metode *vacuum* didapatkan hasil kekuatan tegangan tarik komposit tertinggi ada pada komposit dengan fraksi tanpa serat dengan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 33,33 Mpa. Sedangkan tegangan tarik terendah ada pada fraksi berat serat 4% dengan rata-rata tegangan tarik sebesar 12,76 Mpa
2. Kekuatan lentur tertinggi terdapat pada komposit dengan fraksi tanpa serat dengan nilai rata-rata tegangan lentur sebesar 102,68 Mpa. Sedangkan tegangan lentur terendah terdapat pada komposit dengan fraksi berat serat 4% dengan nilai rata-rata tegangan lentur sebesar 37,32 Mpa atau terjadi penurunan sebesar 65,36 Mpa.

Daftar Pustaka

- [1] Suhdi, dkk, 2016, *Analisa Kekuatan Mekanik Komposit Seratsabut Kelapa (Cocos Nucifera)* Jurnal Teknik Mesin Vol. 2 No. 1.
- [2] Flegel H, 2007, *Daimler Chrysler Uses Natural Fiber Composites in Engine Components.*
- [3] Schwart, M.M, 1984, *Composite Materials Handbook* , Mcgraw Hill Inc, New York.
- [4] Gibson, Ronald F, 1994, *Principles Of Composite Material Mechanics*, New York : Mc-Graw Hill, INC.
- [5] Gapsari, dkk, 2010, *Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Resin Berpenguat Serbuk Kayu*, Jurnal rekayasa Mesin, Vol. 1 No. 2, 59-64.
- [6] Hestiawan, H., Jamasri, Kusmono, 2017, *Pengaruh Penambahan Katalis Terhadap Sifat Mekanis Resin Poliester nurmawatir Tak Jenuh*, Jurnal Teknosia Vol. 3 No. 1.
- [7] Bisanda E.T.N., Ansell M.P, 1991, *The effect of silane treatment on the mechanical and physical properties of sisal-epoxy composites.* Composites Science and Technology. No. 41. pp.165-178.
- [8] Jamasri, Diharjo, K., Handiko, G.W., 2005, *Studi Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Komposit Limbah Serat Sawit Poliester.* Prosiding SNTTM-IV, Denpasar-Bali, hal. G3.23-28..
- [9] Ratni Kartin dkk., 2002, *Pembuatan dan Karakteristik Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam*, Jurnal Sains Material Vol. 3 No. 3.
- [10] Muh. Budi nur Rahman, dkk, 2008, *Studi Optimasi Peningkatan Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Nanas Nanasan (Bromeliaceae) Kontinu Searah*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika Vol 11, No 2.
- [11] M. Zuhri, M. Yusoff, S. Mohd Sapuan, N. Ismail, and R. Wirawan, *“Mechanical properties of short random oil palm fibre reinforced epoxy composites,* Sains Malaysiana, vol. 39, no. 1.
- [12] Yusuf Rizal Fauzi dkk, 2016, *Pengaruh Tekanan Vacuum Terhadap kekuatan Tarik dan Kekuatan Lentur Pada Biokomposit Serat Puruh Tikus (Eleocharis Dulcis)*, Jurnal Rekayasa Mesin Vol.7, No.3.
- [13] Suryawan dkk, 2019, *Kekuatan Tarik dan Lentur pada Material Komposit Berpenguat Serat Jelatang*, Jurnal Energi Dan Manufaktur Vol 12, No.1.
- [14] Rahmat Iskandar Fajri dkk, 2013, *Sifat Mekanik Komposit Serat Sansevieria Cylindrica Dengan Variasi Fraksi Volume Bermatrik*, Jurnal Teknik Mesin Vol 1, No.2.



Rafi Purwadi telah menyelesaikan studi program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2017 sampai 2021. Ia menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian “Karakteristik Mekanik Poliester Berpenguat Serat Sisal Yang Diekstraksi Dengan Metode *Water Retting* Di Cetak Teknik *Vacuum*”.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik yang berkaitan dengan komposit, khususnya berkaitan dengan serat alam.