

Pengaruh Ukuran Butir Partikulat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Polyester Limbah Terumbu Karang Acropora

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

Abstrak

Peneleitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran butir partikel terhadap kekuatan Tarik dan lentur dari komposit polyester limbah terumbu karang acropora. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin polyester sebagai matrik, partikel limbah terumbu karang acropora sebagai penguat dengan menggunakan fraksi berat sebesar 30% dan ukuran partikel divariasikan menggunakan 40, 100, 200 mesh. Komposit dicetak menggunakan metode cetakan hand lay up, dimana ukuran panjang dan lebar cetakan 25 cm² dan tebal cetakan 3 mm, kemudian dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai kekuatan Tarik dan lentur komposit. Hasil yang diperoleh yaitu nilai kekuatan Tarik tertinggi terdapat pada ukuran mesh 100 dengan nilai kekuatan Tarik sebesar 23,128 MPa dan nilai kekuatan lentur tertinggi terdapat pada ukuran mesh 40 sebesar 89,357 MPa

Kata kunci: komposit, kekuatan tarik, kekuatan lentur, polyester, limbah terumbu karang.

Abstract

This study aims to determine the influence of particle grain size on Tensile Strength and bending of the acetate coral reef waste polyester composite. The material used in this research is polyester resin as matrix, acropora coral reef waste particles as an amplifier using a weight fraction of 30% and the particle size varied using 40, 100, 200 mesh. The composite is printed using the hand lay up mold method, where the length and width of the mold is 25 cm² and the thickness of the mold is 3 mm, then tested to obtain the strength value of Tensile Strength and composite bending. The result obtained is the highest tensile strength value is in the mesh size 100 with the value of tensile strength of 23.128 MPa and the highest bending strength value is found on mesh size 40 is 89,357 Mpa.

Keywords: composite, tensile strength, bending strength, polyester, waste coral reefs.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi manufaktur yang pesat menuntut adanya pengembangan material baru yang dapat memenuhi persyaratan kekuatan untuk konstruksi. Pemilihan material merupakan langkah penting dalam perancangan komponen mesin. Saat ini material yang dipakai dalam bidang manufaktur dan konstruksi masih didominasi oleh material logam. Akan tetapi belakangan ini penggunaan material logam sudah mulai berkurang dan digantikan dengan material non-logam seperti komposit.

Penggunaan komposit cenderung bergeser dari komposit berpenguat serat sintetis menjadi komposit berpenguat serat alam. Hal ini karena komposit dengan serat sintetis seperti serat gelas tidak ramah lingkungan, menyebabkan munculnya masalah limbah serat gelas, yang tidak dapat diurai secara alami [5]. Komposit yang dihasilkan dari serat alam sering juga disebut biokomposit. Komposit serat alam memiliki keunggulan ramah lingkungan dan harganya terjangkau karena tersedia berupa tanaman maupun berupa limbah. Serat alam dapat

dibudidayakan sehingga ketersediaannya dapat berkelanjutan. Keuntungan lainnya dibandingkan dengan serat sintetis yaitu beratnya lebih ringan, dapat diolah secara alami, dan tidak menyebabkan iritasi kulit [7].

Serat alam dapat berupa partikel atau serat panjang. Secara umum partikel (partikulat) tidak begitu efektif dalam memperbaiki ketahanan patah (*fracture*), tetapi dapat meningkatkan kekakuan (*stiffness*) komposit [1]. Partikel memperbaiki performans pada temperatur tinggi, mengurangi gesekan, meningkatkan kekuatan tarik dan tahanan impact, memperbaiki sifat mampu mesin (*machinability*), dan meningkatkan kekerasan permukaan [1].

Berangkat dari kondisi tersebut, dalam penelitian ini dilakukan investigasi sifat- sifat mekanis material biokomposit serat limbah terumbu karang *acropora* dengan matriks polyester sebagai pengikat. Pemilihan serat alam jenis limbah terumbu karang ini dengan pertimbangan ketersediaannya cukup banyak yang sampai saat ini belum dimanfaatkan. Tujuan penelitian secara umum adalah mendapatkan data ilmiah material biokomposit berpenguat serat limbah terumbu karang *acropora*. Metode penelitian

dimulai dengan mencetak komposit untuk membuat spesimen uji, dilanjutkan dengan proses pengujian. Spesimen uji tarik menggunakan standar ASTM D3039, dan uji lentur menggunakan standar ASTM D790M.

Dalam penelitian ini akan dibahas beberapa pokok permasalahan, yaitu:

1. Bagaimana memproduksi biokomposit berpenguat limbah terumbu karang *acropora* dengan matriks polyester?
2. Bagaimana pengaruh besar butiran partikel serat dalam biokomposit berpenguat serat limbah terumbu karang *acropora* dengan matriks polyester terhadap sifat-sifat mekanisnya?

Agar penelitian ini memperoleh hasil yang maksimal dan terarah maka perlu membatasi masalah. Adapun batasan-batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Jenis penguat partikulat dari limbah terumbu karang *Acropora*.
2. Limbah terumbu karang diambil dari pantai utara Nusa Penida.
3. Jenis matrik yang digunakan adalah matrik polyester
4. Percobaan ini menggunakan ayakan mesh 40, 100, 200.

2. Dasar Teori

2.1 Partikel Limbah Terumbu Karang

Limbah terumbu karang *acropora* diperoleh dari pantai Utara Pulau Nusa Penida, yang bertebaran bercampur dengan pasir. Setelah dilakukan pemilahan dan pembersihan, limbah terumbu karang ini ditumbuk menjadi serbuk lalu diayak menggunakan ayakan dengan *mesh* 40, 100 dan 200.



Limbah terumbu karang Terumbu karang *acropora* Partikel Limbah Terumbu Karang

Gambar 1 Proses pemilahan dan pembuatan serat partikel *acropora*

2.2 Matriks

Matriks dapat didefinisikan sebagai bahan yang berfungsi sebagai pengikat dan pengisi yang mendukung, melindungi dan dapat mendistribusikan beban dengan baik ke bahan penguat. Berdasarkan fasanya matriks dibedakan menjadi tiga jenis yaitu: komposit matrik polimer, adalah komposit yang menggunakan material polymer sebagai matriks, komposit matrik keramik, adalah komposit yang

menggunakan material keramik sebagai matriks, komposit matrik logam, adalah komposit yang menggunakan logam sebagai bahan matriks. Matriks dari kelompok polimer dapat berupa termoplastik atau termoset. Berdasarkan sifat mampu mudah dibentuk, matriks yang paling banyak dipakai adalah jenis polyester jenuh, epoxy, melamide, polimide dan sistem termoset lainnya.

2.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilaksanakan untuk mengetahui besarnya hasil kekuatan tarik dari bahan komposit. Spesimen pengujian tarik di bentuk menurut standar ASTM D3090.

Tegangan yang terjadi dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

σ = tegangan tarik (MPa)

P = beban (N)

A_0 = luas penampang spesimen mula-mula (mm²)

Pada saat bersamaan spesimen juga mengalami regangan tarik yang dihitung dengan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{(L-L_0)}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

ε = regangan (%)

L_0 = panjang spesimen mula-mula (mm)

L = panjang spesimen saat menerima beban (mm)

Modulus elastisitas dihitung dengan persamaan:

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon}$$

E = modulus elastisitas (MPa)

$\Delta \sigma$ = selisih tegangan tarik di daerah elastis (MPa)

$\Delta \varepsilon$ = selisih regangan di daerah elastis

2.4 Pengujian Lentur

pengujian lentur bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan lentur dari material komposit. Pengujian dilakukan dengan cara memberi beban lentur secara perlahan sampai spesimen mencapai titik leleh. Pada perlakuan uji lentur bagian atas spesimen mengalami proses tekanan dan bagian bawah mengalami Tarikan sehingga mengakibatkan spesimen mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Spesimen uji lentur menggunakan standar ASTM D790 – 03.

Batang sepanjang L ditumpu pada dua titik, dan dibebani di tengah-tengah sebesar P, tegangan yang terjadi dihitung berdasarkan formula:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

σ = tegangan pada tengah-tengah batang (MPa)

P = beban (N)

L = jarak tumpuan (mm)

b = lebar batang (mm)

d = ketebalan (mm)

Modulus elastisitas dihitung dengan persamaan:

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$

E_b = modulus elastisitas lentur (MPa)
 L = jarak tumpuan (mm)
 b = lebar spesimen (mm)
 d = tebal spesimen (mm)
 m = slop tangen pada kurva beban-defleksi (N/mm)

Regangan maksimum ditengah batang dihitung dengan persamaan:

$$r = \frac{6Dd}{L^2}$$

r = regangan maksimum
 D = defleksi maksimum di tengah batang (mm)
 L = jarak tumpuan (mm)
 d = tebal batang (mm)

3. Metode Penelitian

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Matrik Yang digunakan dalam pembuatan komposit ini adalah Polyester jenuh (unsaturated polyester) jenis yukalac 157 BQTN.
2. Bahan untuk penguat yang dipergunakan adalah limbah terumbu karang yang telah dicuci dan dikeringkan dengan cara dijemur dengan menggunakan cahaya matahari. kemudian ditumbuk menggunakan palu dan mortar hingga pecah kemudian dihaluskan menggunakan blender listrik hingga menjadi serbuk, kemudian diayak menggunakan ayakan mesh 40, 100, dan 200.
3. Hardener metil etil keton peroxide (MEXPO).
4. Gliserin untuk melapisi cetakan agar material komposit yang dihasilkan tidak menempel pada cetakan.

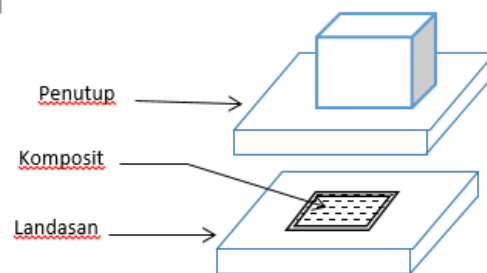
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Alat cetakan Komposit
2. Ayakan mesh 40, 100, 200.
3. Timbangan digital untuk menentukan fraksi berat serat dan matrik.
4. Gelas ukur untuk melakukan pencampuran larutan kimia.
5. Mesin pemotong spesimen untuk membentuk spesimen uji.
6. Oven pemanas.
7. Alat uji tarik.
8. Alat uji bending.

9. Alat bantu lain yang dipergunakan meliputi : sarung tangan karet, sarung tangan kain, masker, amplas, penggaris.
10. Alat pembersih yang dipergunakan meliputi : kain lap, kapi, tissue, dan kuas.

3.2 Pencetakan Komposit

Rancangan skematik alat cetak komposit manual dapat dilihat pada Gambar 2 Setelah alat selesai dibuat dilakukan uji-coba untuk mengetahui kepresisian, bila dianggap sudah memenuhi standar, dilanjutkan dengan mencetak komposit untuk pembuatan spesimen. Komposit dicetak dengan perbandingan serat dan matriks dalam bentuk fraksi berat serat 30% dengan menggunakan mesh 40, 100, 200. Panjang cetakan 25 cm² dan tebal 0,3 cm.



Gambar 2 Bagian-bagian cetakan

Serat limbah terumbu karang *acropora* dicuci dengan menggunakan air dan dikeringkan dengan cara dijemur dengan menggunakan cahaya matahari. Limbah terumbu karang kemudian ditumbuk menggunakan palu dan mortar hingga pecah kemudian dihaluskan menggunakan blender listrik hingga menjadi serbuk, kemudian diayak menggunakan ayakan mesh 50, 100, dan 200.

4. Hasil dan Pembahasan

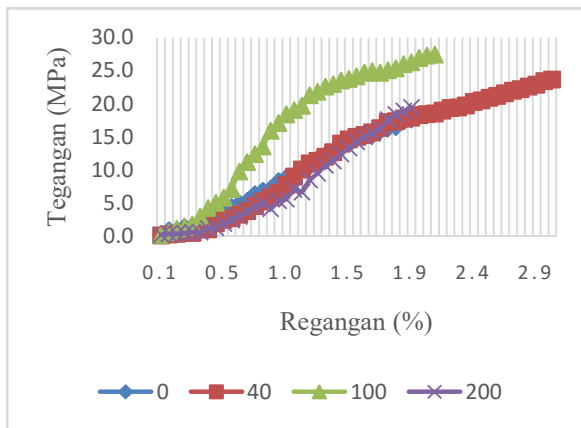
4.1 Uji Tarik

Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil kekuatan Tarik. Regangan Maksimum dan Modulus Elastisitas seperti ditampilkan pada tabel dibawah:

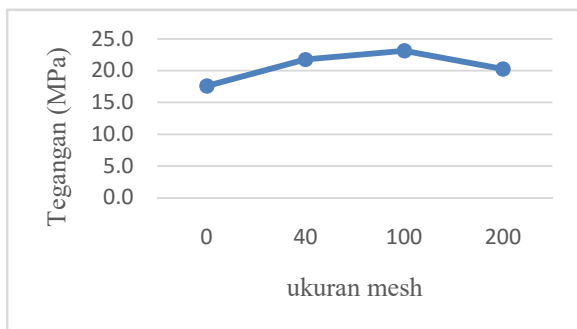
Tabel 1 Perhitungan kekuatan Tarik komposit

0%			
NO	ϵ (%)	σ (MPa)	E (GPa)
A	3.000	18.163	0.605
B	2.176	18.947	0.870
C	1.529	15.549	1.016
Rata-rata	2.235	17.553	0.830
Mesh 40			
NO	ϵ (%)	σ (Mpa)	E(Gpa)
A	2.294	19.077	0.831
B	3	23.651	0.788
C	1.941	22.475	1.157
Rata-rata	2.412	21.734	0.925
Mesh 100			
NO	ϵ (%)	σ (Mpa)	E(Gpa)
A	2.412	24.173	1.002
B	1.706	27.44	1.608
C	1.765	17.77	1.007
Rata-rata	1.961	23.128	1.205
Mesh 200			
NO	ϵ (%)	σ (Mpa)	E(Gpa)
A	1.941	19.469	1.002
B	1.353	18.293	1.352
C	1.706	22.997	1.348
Rata-rata	1.667	20.253	1.234

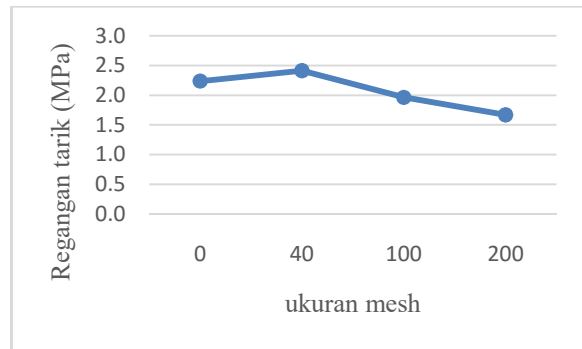
Berdasarkan data diatas, dapat dibuat grafik hubungan antara kekuatan Tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas dengan variasi ukuran mesh sebagai berikut:



Gambar 3 Kekuatan Tarik Komposit



Gambar 4 Pengaruh variasi ukuran mesh terhadap kekuatan Tarik komposit.



Gambar 5 Grafik pengaruh ukuran mesh terhadap regangan Tarik

Dari gambar 4 diatas menunjukkan adanya hubungan antara kekuatan Tarik komposit dengan ukuran mesh partikel yang variatif, dimana kekuatan Tarik dengan ukuran mesh 40 dan 200 fraksi berat 30% partikel lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan Tarik mesh 100 fraksi berat partikel 30% sebesar 23,128 MPa. Kekuatan mesh 40 fraksi berat partikel 30% sebesar 21,734 MPa dan kekuatan terendah terjadi pada mesh 200 fraksi berat partikel 30% sebesar 20,253 MPa.

Dari gambar 5 Pengaruh ukuran mesh partikel terhadap regangan Tarik komposit, dimana regangan tertinggi terjadi pada ukuran mesh 40 dan menurun mulai dari ukuran mesh 100 dan 200. Regangan terendah terjadi pada ukuran mesh 200.

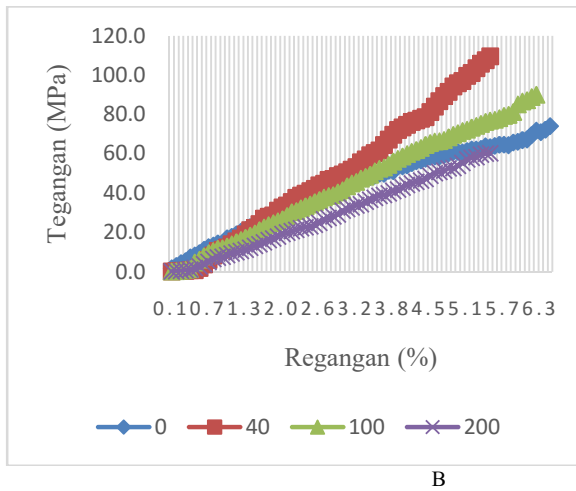
4.2 Uji Lentur

Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil kekuatan Lentur. Regangan Maksimum dan Modulus Elastisitas seperti ditampilkan pada grafik dibawah.

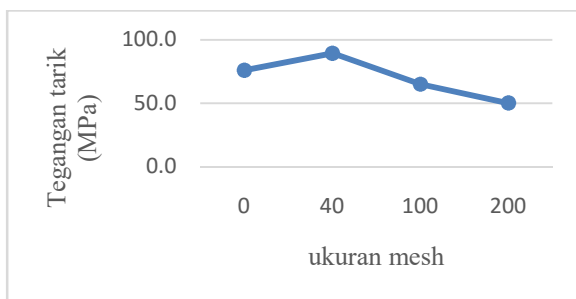
Tabel 2 perhitungan kekuatan lentur

0 %			
NO	σ_1 (MPa)	ϵ_1 (%)	E_1 (GPa)
A	74.017	6.484	1.171
B	76.857	6.653	1.171
C	76.857	6.653	1.141
Rata-rata	75.910	6.597	1.161
Mesh 40			
NO	σ_1 (Mpa)	ϵ_1 (%)	E_1 (Gpa)
A	91.518	5.47	1.673
B	66.948	2.73	2.448
C	109.605	5.47	2.004
Rata-rata	89.357	4.557	2.042
Mesh 100			
NO	σ_1 (Mpa)	ϵ_1 (%)	E_1 (Gpa)
A	53.336	4.69	1.137
B	51.237	4.3	1.192
C	90.036	6.25	1.440
Rata-rata	64.870	5.08	1.256
Mesh 200			
NO	σ_1 (Mpa)	ϵ_1 (%)	E_1 (Gpa)
A	60.219	5.47	1.101
B	42.44	3.98	1.065
C	47.595	4.77	0.998
Rata-rata	50.085	4.74	1.055

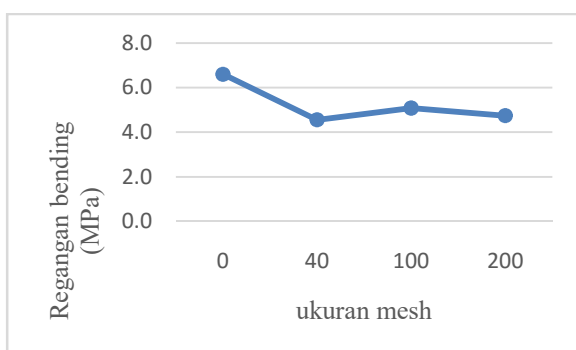
Berdasarkan data diatas, dapat dibuat grafik hubungan antara kekuatan Tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas dengan variasi ukuran mesh sebagai berikut:



Gambar 6 kekuatan lentur komposit



Gambar 7 Grafik pengaruh variasi ukuran mesh terhadap kekuatan lentur komposit



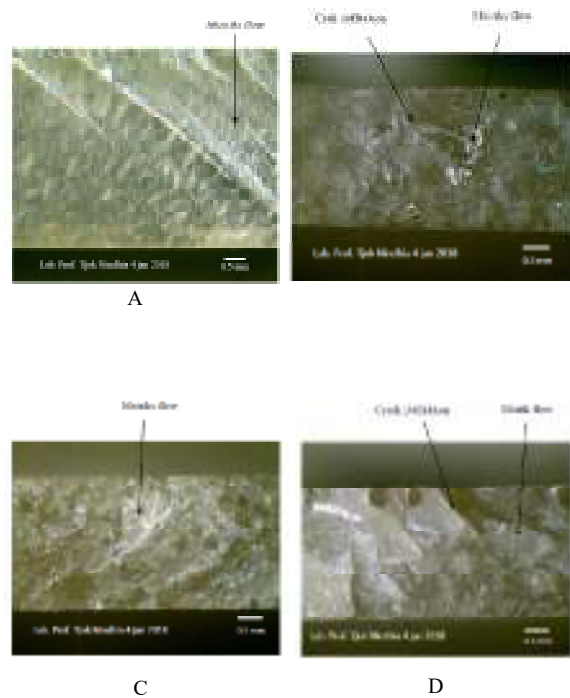
Gambar 8 Grafik pengaruh ukuran mesh terhadap regangan lentur

Dari gambar 7 diatas menunjukkan adanya hubungan antara tegangan bending komposit dengan ukuran mesh partikel yang variatif, dimana kekuatan lentur komposit dengan nilai tertinggi terjadi pada mesh 40 sebesar 89,357 MPa, mesh 100 sebesar 64,870 MPa dan tegangan lentur terendah terjadi pada komposit mesh 200 sebesar 50,085 MPa.

Pada gambar 8 Pengaruh ukuran mesh partikel terhadap regangan Bending komposit, dimana regangan lentur tertinggi terjadi pada 0 mesh (polyester tanpa partikel), sedangkan regangan lentur terendah terjadi pada ukuran mesh 40.

4.3 Hasil Foto Micro

Selain data diatas, juga diambil foto micro hasil patahan benda uji komposit. Adapun data foto micro tersebut sebagai berikut:



Gambar 9 Foto micro

Dari Gambar 9.A menunjukkan bahwa patahan dari specimen uji Tarik 0 mesh (polyester tanpa partikel) terlihat patahannya terjadi dikarenakan adanya matrik flow.

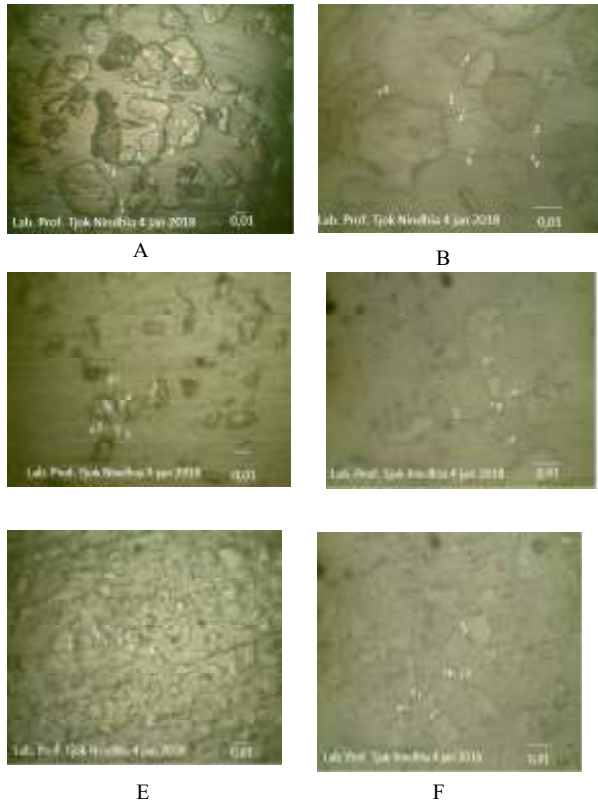
Dari gambar 9.B diatas menunjukkan patahan dari specimen uji Tarik komposit dengan ukuran mesh 40 terlihat bahwa patahannya terjadi dikarenakan adanya retakan yang miring pada matrik mengikuti arah partikel yang menyebabkan saat menerima pembebanan komposit menjadi rapuh dan mudah patah. dan patahannya terjadi juga dikarenakan adanya matrik flow.

Dari gambar 9.C diatas menunjukkan patahan dari specimen uji Tarik komposit dengan ukuran mesh 100 terlihat bahwa sumber patahannya terjadi dikarenakan adanya Matriks flow yang ikatan antara partikel dengan matriks tidak kuat, sehingga partikel lepas dari ikatan matriks.

Dari gambar 9.D diatas menunjukkan patahan dari specimen uji Tarik komposit dengan ukuran mesh 200 terlihat bahwa sumber patahannya terjadi dikarenakan adanya crack deflection yang

disebabkan adanya retakan yang miring pada matriks mengikuti arah partikel yang dapat menyebabkan saat menerima pembebanan komposit menjadi rapuh dan mudah patah. dan Matriks flow yang ikatan antara partikel dengan matriks tidak kuat, sehingga partikel lepas dari ikatan matriks.

4.4 Hasil Foto Makro



Gambar 10 Jarak partikel acropora dengan perbesaran 40x dan 100x

Tabel 3 Jarak partikel acropora

no	Perbesaran 40 x			Perbesaran 100x		
	Mesh 40	Mesh 100	Mesh 200	Mesh 40	Mesh 100	Mesh 200
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)
1	0.23	0.174	0.11	0.141	0.138	0.036
2	0.118	0.029	0.11	0.194	0.131	0.058
3	0.177	0.078	0.036	0.054	0.064	0.021
4	0.123	0.078	0.06	0.033	0.092	0.032
5	0.167	0.21	0.045	0.086	0.206	0.022
6	0.045	0.148	0.038	0.21	0.178	0.033

Dari gambar 10.A dan 10.B diatas dapat dilihat bahwa jarak antara partikel satu dengan partikel yang lainnya cukup berdekatan. Dari gambar 10.C dan 10.D diatas dapat dilihat bahwa jarak antara partikel satu dengan partikel yang lainnya cukup berjauhan. Dari gambar 10.E dan 10.F diatas dapat dilihat

bahwa jarak antara partikel satu dengan partikel yang lainnya berdekatan.

5. Kesimpulan

hasil dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Mampu memproduksi biokomposit berpenguat partikel limbah terumbu karang acropora dengan teknik cetakan hand lay up.
2. Kekuatan Tarik tertinggi terdapat pada specimen dengan ukuran mesh 100 sebesar 23,128 MPa, sedangkan kekuatan Tarik terendah terjadi pada ukuran mesh 200 sebesar 20.253 MPa.
3. Nilai kekuatan bending tertinggi terjadi terdapat pada specimen dengan ukuran mesh 40 sebesar 89.357 MPa, sedangkan nilai terendah terjadi pada ukuran mesh 200 sebesar 50.085 MPa.

Daftar Pustaka

- [1] Abass, R.U., Abass, F.U., Abas, M.O., 2015. Improvement of Mechanical Properties of Polyester Composite Reinforced by Bio-filler (Acro Shell). *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, Vol.2, No.3, pp. 35-38.
- [2] Astika, I M., Lokantara, I P., Karohika, I M.G., 2013. Sifat Mekanis Komposit Polyyster dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Energi dan Manufactur*, Vol.6, No. 2, pp. 115-122.
- [4] Diharjo, K., Dan Triyono, T., 2000, Buku Pegangan Kulian Material Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [5] Jamasri, Diharjo, K., Handiko, G.W. 2005. Studi Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Komposit Limbah Serat Sawit Poliester. *Prosiding SNTTM-IV*, G3, 23-28
- [6] Jones, M. R., 1975, *Mechanics of Composite Material*, Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.
- [7] Oksman, K., Skrifvars, M., Selin J.F. 2003. Natural fiber as reinforcement in Polylactic Acid (PLA) Composites. *Composite Science and Technology*, Vol 63, 1317-1324.