

Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Polyester Berpenguat Partikulat Limbah Terumbu Karang *Acropora*

Akmal Raka Pamungkas, I Wayan Surata, Tjokorda Gde Tirta Nindhia
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Komposit adalah suatu material yang mengkombinasikan dua atau lebih material yang pada dasarnya tidak larut satu sama lain. Pada penelitian ini menggunakan bahan partikulat limbah terumbu karang *acropora* dan Resin Polyester BQTN tipe 157 dengan pengeras yaitu metil etil keton peroxide (MEKPO) 1%. Pembuatannya yaitu dengan cara menggunakan teknik cetakan hand lay up. Pengujian tarik dan lentur dilakukan dengan acuan standar ASTM D3090 dan ASTM D790 – 03. Tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui cara memproduksi komposit berpenguat partikulat limbah terumbu karang *acropora* dengan matriks polyester dan mengetahui kekuatan tarik dan lentur dari komposit komposit berpenguat partikulat limbah terumbu karang *acropora* dengan variasi fraksi berat 10%, 20%, 30%, dan 40%. Hasil pengujian tarik komposit berpenguat partikulat limbah terumbu karang *acropora* dengan matriks polyester didapat tegangan tarik rata-rata tertinggi pada fraksi berat 40% dengan nilai 19,66 MPa, dengan rata-rata modulus elastisitas dengan nilai 636,75 MPa. Hasil pengujian lentur komposit partikulat limbah terumbu karang *acropora* dengan matriks polyester didapat tegangan lentur rata-rata pada fraksi berat 40% dengan nilai 112,56 MPa, dengan rata-rata modulus elastisitas rata-rata dengan nilai 3098,96 MPa.

Kata Kunci : Komposit, Limbah Terumbu Karang *Acropora*, Polyester, Uji Tarik, Uji Lentur.

Abstract

Composite is a material system that is composed by the combination of two or more to basically do not dissolved to each other. This research used *acropora* coral waste particulate material and Polyester BQTN type 157 Resin with 1% of methyl ethyl ketone peroxide (MEKPO). The manufacture is by using hand lay up. The forces test is conducted under ASTM D3090 and ASTM D790 – 03 standard guidance. This research aims to determined composites that are reinforced by *acropora* coral waste manufacturing steps with polyester matrix as well as identifying its forces with the variation in weight fraction such as 10%, 20%, 30%, and 40%. As the result of polyester composites forces reinforced by *acropora* coral waste, it can be obtained the highest average of tensile forces is on the 40% of weight fraction for 19.66 MPa with the value of elasticity modulus for 636.75 MPa. According to the bending testing result of polyester composites reinforced by *acropora* coral waste, the highest tensile strain on the weight fraction of 40% is valued of 112.59 MPa with 3098.96 MPa of elastic modulus.

Keyword: Composite, *Acopora* Coral Waste, Polyester, Tensile Test, Bending Test.

1. Pendahuluan

Seiring perkembangan teknologi manufaktur di Indonesia terus berkembang, sehingga banyak strategi yang digunakan untuk pemilihan material terhadap kekuatannya. Kekuatan merupakan kemampuan suatu material yang dapat menerima beban yang besar, oleh karena itu diperlukan untuk pemilihan material agar sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan dalam kegiatan perancangan komponen mesin. Untuk bidang manufaktur saat ini material yang digunakan masih berbahan logam. Penggunaan berbahan logam tersebut sudah mulai berkurang dan digantikan dengan menggunakan material non-logam seperti komposit yang memiliki sifat mekanis yang baik, tahan korosi dan massa jenis yang lebih rendah.

Komposit merupakan suatu material yang kompleks dimana terkomposisikan dari dua atau lebih material yang digabungkan pada skala makroskopik agar membentuk suatu produk yang berguna dan didesain untuk menghasilkan kualitas maupun sifat yang terbaik [1]. partikulat limbah

terumbu karang *acropora* sebagai bahan penguat komposit dengan matriks polyester sebagai pengikat. Pemilihan partikulat jenis terumbu karang ini, karena banyaknya ketersediaan yang sampai saat ini masih belum dimanfaatkan. Dalam penulisan jurnal ini terdapat beberapa hal yang dapat dikaji, antara lain:

1. Bagaimana cara memproduksi komposit berpenguat partikulat limbah terumbu karang *acropora* dengan matriks polyester ?
2. Bagaimana pengaruh fraksi berat partikulat limbah terumbu karang *acropora* dengan matriks polyester terhadap uji tarik dan uji lentur ?

2. Dasar Teori

2.1 Komposit

Komposit adalah suatu material yang mengkombinasikan dua atau lebih material yang pada dasarnya tidak larut satu sama lain. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda yaitu matriks dan penguat (*reinforcement*), matrik pada umumnya bersifat lebih ulet, sedangkan penguat

biasanya bersifat kurang ulet tetapi tingkat rigiditasnya lebih kuat.

2.2 Jenis – Jenis Komposit

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit yang berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

1. Komposit Serat (*Fibrous Composite*)
Komposit serat merupakan jenis komposit yang terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguatnya yaitu adalah serat.
2. Komposit Laminat (*Laminate Composite*)
Komposit laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua atau lebih lapisan yang digabungkan menjadi satu dan memiliki suatu sifat yang berbeda – beda.
3. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)
Komposit Partikel merupakan jenis komposit pada dasar penguatnya terbuat dari serbuk yang terdistribusikan secara merata.

2.3 Serat Alam

Serat (*fiber*) merupakan suatu jenis bahan yang diperoleh dari berbagai tumbuhan maupun hewan yang berperan sebagai penyangga pada struktur komposit pada dasarnya beban yang awalnya diterima oleh matriks kemudian ditransfer ke serat untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi.

Komposit yang diperkuat serat alam, sifat – sifat mekanisnya akan meningkat secara linear seiring dengan penambahan persen berat serat, karakteristik mekanik yang meningkat seperti kekuatan tarik, kekuatan bending, serta kekuatan impak.

2.4 Partikel Limbah Terumbu Karang *Acropora*

Terumbu karang (*coral reef*) biasanya didapatkan di wilayah pesisir pantai yang memiliki nilai potensi sangat tinggi untuk kehidupan manusia. Massa jenis *acropora* dalam keadaan *bulk* sebesar $1.89 \pm 0.16 \text{ g/cm}^3$ dan massa jenis *acropora* dengan keadaan sebenarnya yaitu sebesar $2,64 \text{ g/cm}^3$ [2]. Pada penelitian partikulat limbah terumbu karang *acropora* dengan menggunakan ayakan mesh 100 mendapatkan nilai kekuatan tarik dan lentur tertinggi dengan menggunakan teknik cetakan *hand lay up* [3].

2.5 Matriks

Matriks merupakan peranan penting dalam pembuatan sebuah komposit yang berfungsi untuk memberikan perlindungan serat terhadap bahan kimia yang akan mengakibatkan kerusakan mekanik karena penggunaannya dan untuk menggabungkan partikulat limbah terumbu karang *acropora* agar mendapatkan kekakuan terhadap struktur pada komposit.

2.6 Metode Pembuatan Komposit

Metode pembuatan komposit ini dengan cara teknik *hand lay up* yaitu dengan menuangkan resin kedalam serat, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan kuas halus. Pada proses ini pencetakan langsung berhubungan dengan udara dan dilakukan pada temperatur kamar.

2.7 Perhitungan Campuran Komposit

Faktor penting dalam menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan antara matriks dan serat. Perbandingan ini dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut, dalam bentuk fraksi volume (v/v) atau fraksi berat (w/w).

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} \quad (1)$$

2.7 Uji Tarik

Uji tarik (*tensile test*) merupakan pengujian yang bertujuan untuk memberikan informasi tentang kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas bahan. Pembuatan spesimen uji tarik dibentuk menurut standar ASTM D3090.

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

2.8 Uji Lentur

Uji lentur merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan lentur atau pembengkokan. Pada pengujian ini menggunakan metode pembebanan tiga titik (*three points bending*), menurut standar ASTM D790-03.

$$\sigma = \frac{3 P L}{2 b d^2}, \quad E_b = \frac{L^3 m}{4 b d^3}, \quad \epsilon = \frac{6 D d}{L^2} \quad (3)$$

3. Metode Penelitian

3.1 Alat Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan peralatan sebagai berikut :

1. Mesin uji tarik.
2. Mesin uji lentur.
3. Alat foto mikro.
4. Alata cetakan komposit.
5. Ayakan mesh 100 (0,149 mm).
6. Timbangan digital.
7. Gelas ukur.
8. Blender plastik.
9. Oven pemanas.

3.2 Bahan Penelitian

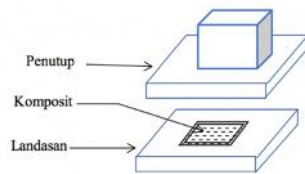
Pada penelitian ini menggunakan bahan sebagai berikut :

1. Limbah terumbu karang *acropora* dicuci dengan air dan dikeringkan menggunakan cahaya matahari selama 2 hari, setelah itu ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan ukuran mesh 100.
2. Matrik yang digunakan jenis *Resin Polyester BQTN* tipe 157.
3. Hardener metik etil keton peroxide (MEXPO).
4. Gliserin untuk melapisi agar komposit tidak menempel pada cetakan.

3.3 Prosedur Penelitian

1. Siapkan limbah terumbu karang *acropora* lalu dicuci secara alami menggunakan air tawar dan dikeringkan dengan sinar matahari sampai kering.
2. Penumbukan serat penguat tersebut untuk membuat serat partikel *acropora* kemudian diayak menggunakan alat pengayakan mesh 100 (0,149 mm).

- Gambar 1 menunjukkan skema pencetakan komposit yang dilapisi dengan gliserin agar pada saat membongkar bahan tersebut tidak melekat pada cetakan.
- Tuangkan matriks poliester jenis *Yukalac 157 BQTN* ke dalam blender menggunakan gelas ukur sesuai dengan perhitungan yang sudah disesuaikan.
- Masukkan partikulat limbah terumbu karang *acropora* kedalam blender sesuai dengan perhitungan massa yang disesuaikan dengan variasi fraksi beratnya.
- Masukkan *hardener* ke dalam blender sesuai perhitungan.
- Aduk campuran yang sudah dituangkan menggunakan blender selama 10 detik.
- Tuangkan campuran yang sudah diblender pada cetakan sesuai dengan ketebalan spesimen.
- Cetakan ditutup dan diberi beban pemberat 20 kg selama 24 jam.
- Bongkar cetakan perlahan – lahan untuk mengeluarkan bahan komposit.
- Keluarkan komposit dan masukkan ke dalam oven 65 °C selama 2 jam.
- Potong komposit sesuai dengan ukuran spesimen untuk uji tarik dan uji lentur.



Gambar 1 Skema pencetakan komposit

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Perhitungan Uji Tarik

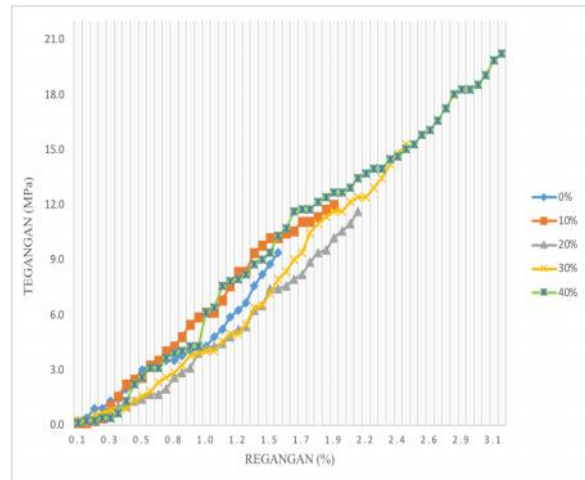
Hasil Perhitungan uji tarik didapat kekuatan tarik, regangan maksimum, dan modulus elastisitas dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1 Perhitungan kekuatan tarik komposit

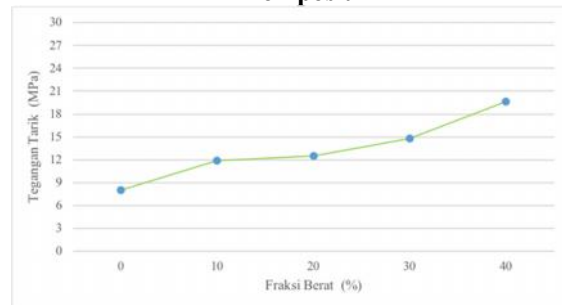
Fraksi Berat Partikulat Acropora 0%			
NO	ϵ (%)	σ (MPa)	E (MPa)
Spesimen 1	1.529	6.664	435.720
Spesimen 2	1.529	9.408	615.140
Rata-rata	1.529	8.036	525.430
Fraksi Berat Partikulat Acropora 10%			
NO	ϵ (%)	σ (MPa)	E (MPa)
Spesimen 1	1.824	11.760	644.900
Spesimen 2	1.941	12.021	619.280
Rata-rata	1.883	11.891	632.090
Fraksi Berat Partikulat Acropora 20%			
NO	ϵ (%)	σ (MPa)	E (MPa)
Spesimen 1	2.059	12.413	602.930
Spesimen 2	2.294	12.675	522.490
Rata-rata	2.177	12.544	562.710
Fraksi Berat Partikulat Acropora 30%			
NO	ϵ (%)	σ (MPa)	E (MPa)
Spesimen 1	2.235	14.373	643.020
Spesimen 2	2.471	15.288	618.800
Rata-rata	2.353	14.831	630.910
Fraksi Berat Partikulat Acropora 40%			
NO	ϵ (%)	σ (MPa)	E (MPa)
Spesimen 1	3.000	19.077	635.910
Spesimen 2	3.176	20.253	637.600
Rata-rata	3.088	19.665	636.755

Berdasarkan data diatas terdapat grafik hubungan antara kekuatan Tarik, regangan tarik dan modulus

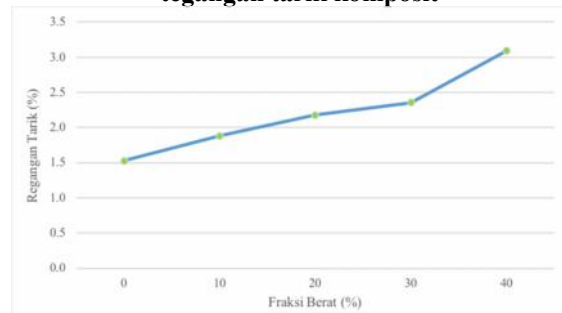
elastisitas dengan variasi ukuran mesh sebagai berikut:



Gambar 2 Diagram tegangan – regangan tarik komposit



Gambar 3 Hubungan fraksi berat dengan tegangan tarik komposit



Gambar 4 Hubungan fraksi berat dengan regangan tarik komposit

Gambar 2 menunjukkan grafik antara kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas dengan variasi ukuran mesh 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%.

Gambar 3 menunjukan grafik tegangan tarik komposit yang menggunakan grafik tegangan tarik komposit yang menggunakan ukuran mesh 100 acropora dengan fraksi berat partikulat nilai tegangan tariknya terus meningkat, dimana nilai rata – rata tegangan tarik terendah pada fraksi berat 10% yaitu sebesar 6,664 MPa, fraksi berat partikulat 20% nilai rata – rata tegangan tariknya sebesar 12,544 MPa, pada fraksi berat partikulat 30% nilai rata – rata tegangan tariknya yaitu sebesar 14,831 MPa, diperoleh nilai rata – rata tegangan tarik tertinggi terjadi pada fraksi berat 40% sebesar 19,665 MPa.

Gambar 4 menunjukkan grafik pengaruh variasi fraksi berat partikulat acropora yang menggunakan mesh 100 terhadap regangan tarik seiring pertambahan fraksi berat partikulat tersebut mengalami peningkatan, dimana nilai rata – rata regangan tarik terendah yaitu pada fraksi berat 10% sebesar 1,883 %, fraksi berat partikulat 20% nilai rata – rata regangan tariknya sebesar 2,177%, pada fraksi berat partikulat 30% nilai rata – rata regangan tariknya yaitu sebesar 2,353%, sedangkan nilai rata – rata regangan tarik maksimum terjadi pada fraksi berat 40% sebesar 3,088 %. *Squid coral* menggunakan epoxy resin berupa partikulat mendapatkan kekuatan tarik pada 150 *microons* dengan nilai sebesar 40 Mpa [4].

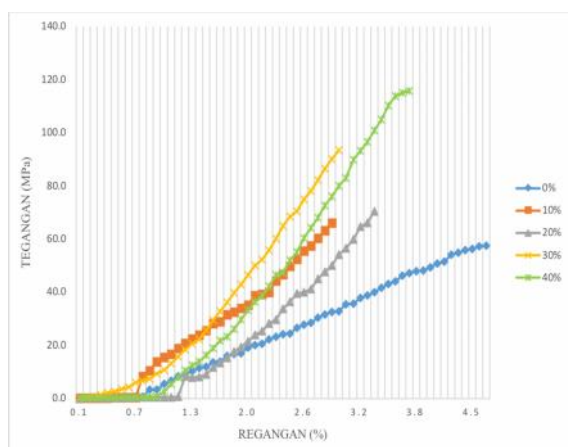
4.2 Hasil Perhitungan Uji Lentur

Hasil Perhitungan uji lentur didapat kekuatan tarik, regangan maksimum, dan modulus elastisitas dapat dilihat pada tabel 2:

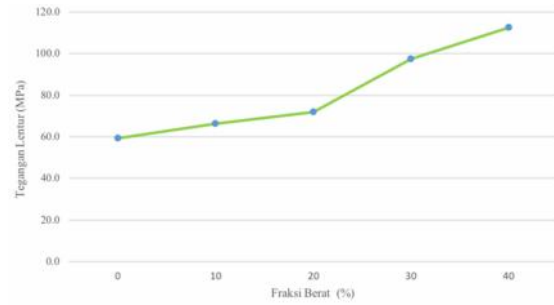
Tabel 2 Perhitungan kekuatan lentur komposit

Fraksi Berat Partikulat Acropora 0%			
NO	σ_L (MPa)	ϵ_L (%)	EL(MPa)
Spesimen 1	61.238	5.078	1205.926
Spesimen 2	57.411	4.069	1245.527
Rata-rata	59.325	4.574	1225.727
Fraksi Berat Partikulat Acropora 10%			
NO	σ_L (MPa)	ϵ_L (%)	EL(MPa)
Spesimen 1	66.239	2.891	2291.502
Spesimen 2	66.424	3.047	2180.068
Rata-rata	66.332	2.969	2235.785
Fraksi Berat Partikulat Acropora 20%			
NO	σ_L (MPa)	ϵ_L (%)	EL(MPa)
Spesimen 1	70.56	3.359	2100.391
Spesimen 2	73.029	3.516	2077.278
Rata-rata	71.795	3.438	2088.835
Fraksi Berat Partikulat Acropora 30%			
NO	σ_L (MPa)	ϵ_L (%)	EL(MPa)
Spesimen 1	98.278	3.75	2620.741
Spesimen 2	96.549	3.438	2808.707
Rata-rata	97.414	3.594	2714.724
Fraksi Berat Partikulat Acropora 40%			
NO	σ_L (MPa)	ϵ_L (%)	EL(MPa)
Spesimen 1	115.871	3.75	3089.907
Spesimen 2	109.266	3.516	3108.015
Rata-rata	112.569	3.633	3098.961

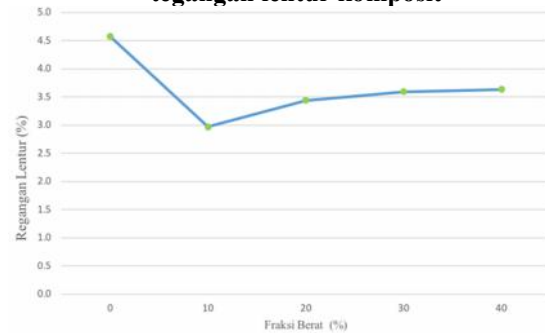
Berdasarkan data diatas terdapat grafik hubungan antara kekuatan lentur, regangan lentur dan modulus elastisitas dengan variasi ukuran mesh sebagai berikut:



Gambar 5 Diagram tegangan – regangan lentur komposit



Gambar 6 Hubungan fraksi berat dengan tegangan lentur komposit



Gambar 7 Hubungan fraksi berat dengan regangan lentur komposit

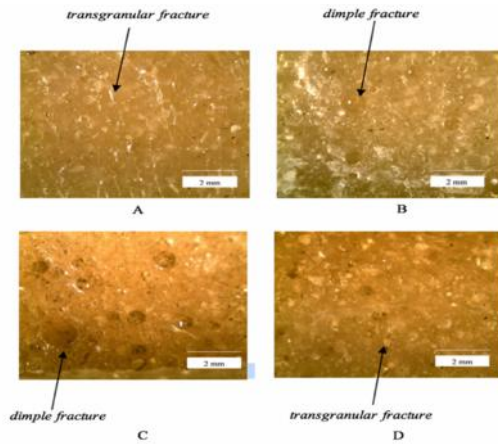
Gambar 5 menunjukkan grafik antara kekuatan lentur, regangan lentur dan modulus elastisitas dengan variasi ukuran mesh 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%.

Gambar 6 menunjukan grafik bahwa seiring bertambahnya fraksi berat partikulat nilai tegangan lentur didapatkan terus meningkat. Nilai rata – rata tertinggi terhadap tegangan lentur terjadi pada fraksi berat 40% menggunakan ukuran mesh 100 acropora yaitu sebesar 112,569 MPa, fraksi berat partikulat 10% didapatkan nilai rata – rata tegangan lentur sebesar 66,332 MPa, pada fraksi berat partikulat 20% nilai rata – rata tegangan lenturnya yaitu sebesar 71,795 MPa, fraksi berat 30% diperoleh nilai rata – rata tegangan lentur sebesar 97,414 MPa.

Gambar 7 menunjukkan grafik yang memperoleh nilai rata – rata regangan lentur terendah terjadi pada fraksi berat 10% dengan nilai sebesar 2,969 %, kemudian meningkat pada fraksi berat 20% diperoleh nilai rata – rata regangan lentur sebesar 3,438%, pada fraksi berat 30% didapat nilai rata – rata regangan lentur sebesar 3,594%, dan nilai rata – rata regangan lentur tertinggi terjadi pada fraksi berat partikulat 40% sebesar 3,633%.

4.4 Hasil Foto Makro

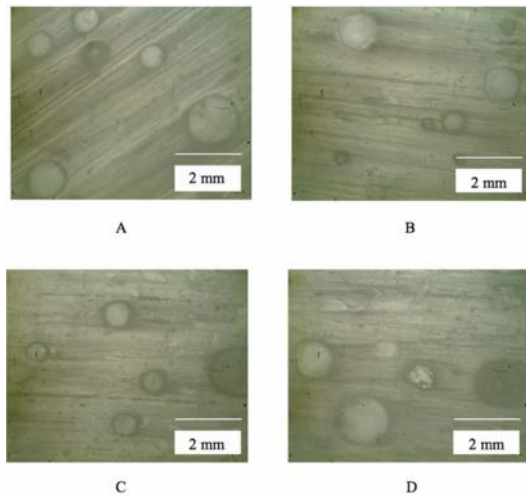
Gambar 8.A dan 8.D menunjukkan bahwa patahan dari spesimen uji tarik komposit dengan fraksi berat partikulat 10% dan 40% terlihat patahannya terjadi dikarenakan adanya *transgranular fracture* yang dicirikan dengan mekanisme *crack* yang menabrak pada butir partikulat limbah terumbu karang acropora yang getas (*brittle*) dan tampak mengkilap.



Gambar 8 Foto macro komposit

Gambar 8.B dan 8.C menunjukkan patahan dari spesimen uji tarik komposit dengan fraksi berat partikulat 20% dan 30% terlihat bahwa patahannya terjadi dikarenakan adanya *dimple fracture* yang dicirikan dengan mekanisme penumpukan mikrovoid disepanjang batas granular pada partikulat tersebut.

4.5 Hasil Foto Mikro



Gambar 9 Foto mikro komposit

Gambar 9 menunjukkan bahwa hasil foto mikro dengan perbesaran 100x disetiap masing – masing variasi fraksi berat tersebut ditemukan adanya bulatan – bulatan yang menandakan bahwa pada bulatan tersebut adalah suatu partikulat limbah terumbu karang acropora yang menggumpal disebabkan tingginya tegangan interlaminar.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Cara memproduksi komposit berpenguat partikulat limbah terumbu karang acropora dengan matriks polyester yaitu menggunakan Teknik cetakan *hand lay up* dengan menuangkan resin yukalac 157 BQTN kedalam cetakan yang sudah dicampurkan partikulat limbah terumbu karang acropora dan hardener, kemudian cetakan

ditutup dan diberi beban pemberat 20 kg selama 24 jam untuk menghindari terjadinya area kosong pada komposit yang dapat mengurangi kekuatan pada komposit.

2. Seiring pertambahan fraksi berat partikulat acropora dengan menggunakan matriks polyester terhadap kekuatan tarik dan lentur mengalami suatu peningkatan pada fraksi berat 10%, 20%, 30%, dan 40%. Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada fraksi berat partikulat 40% dengan nilai rata – rata tegangan tarik sebesar 19,665 MPa. Kekuatan lentur tertinggi terdapat pada fraksi berat partikulat 40% dengan nilai rata – rata tegangan lentur sebesar 112,569 MPa. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa penambahan komposit partikulat limbah terumbu karang acropora dapat mempengaruhi kekuatan tarik dan lentur komposit.

Daftar Pustaka

- [1] Stark, N. M., and Rowlands, R. E., 2002, *Effect of Wood Fiber Characteristics on Mechanical Properties of Wood-Polypropylene Composite*, *Wood and Fiber Science*. 35(2).
- [2] Camero, K. A. S., Alarcón, M. E., Rivas, A., Gonzales, G., 2002, *Physical And Mechanical Properties Evaluation of Acropora Palmata Coralline Species For Bone Substitution Applications*, *Journal Of Material Science*, 13, 509-515.
- [3] Yolanda, W E., Surata, I W., Nindhia T G.T., 2018, *Pengaruh Ukuran Butir Partikulat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Polyester Limbah Terumbu Karang Acropora*, *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 7(2), 115 – 120.
- [4] Kamalbabu, P., and G. C. Mohan, Kumar, 2014, *Effect of Particle Size On Tensile Properties of Marine Coral Reinforced Polymer Composite*. *Procedure Material Science*. 5, 802 – 808.



Akmal Raka Pamungkas

Menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bali, dari tahun 2015 sampai 2019. Menyelesaikan studinya dengan topik “Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Polyester Berpenguat Partikulat Limbah Terumbu Karang Acropora”.

Bidang yang diminati adalah topik yang berkaitan dengan teknik mesin, rekayasa manufaktur dan material.