

Rekayasa Material Komposit Polyester Berpenguat Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Material *Alternative Board Panel*

Siswanto¹, Suwantri², Teguh Wiyono³, Dany Prasetyo⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Pratama Mulia Surakarta
email: ¹siswanto.politama@gmail.com

ABSTRACT

The research entitled "Coconut Shell Powder Reinforced Polyester Composite Material Engineering as Alternative Board Panel Material" aims to determine the mechanical properties of coconut shell reinforced polyester composite against flexural strength and tensile strength. The composite material used BQTN 157 polyester resin matrix, coconut shell powder reinforcement mesh 20-40 with volume fraction variations of 0%, 10%, 20%, 30%. Hardener used MEXPO (methyl ethyl ketone peroxide) type 2 wt% volume fraction. The ingredients were mixed using a mixer at 60 rpm for 5 minutes. The composite is made by a press press system with a pressing time of 24 hours. The specimens were tested on the flexural and tensile properties of the composite. The bending test uses the three point bending method using the ASTM D 790 standard and the tensile test uses the ASTM D 3039 – 954 standard. The results of the flexural test show that the maximum flexural strength at 0% volume fraction variation is 78.02 N/mm², while the minimum flexural strength is produced at the variation volume fraction of 20% which is 31.53 N/mm². The results of the tensile test showed that the maximum tensile strength value of 24.93 N/mm² was produced at a volume fraction variation of 0%, while the minimum tensile strength value of 9.5 N/mm² was produced at a volume fraction variation of 20%.

INTISARI

Penelitian berjudul “Rekayasa Material Komposit Polyester Berpenguat Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Material *Alternative Board Panel*” bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik komposit poliester berpenguat serbuk tempurung kelapa terhadap kekuatan lentur dan kekuatan tarik. Bahan komposit menggunakan matriks poliester resin BQTN 157, Penguat serbuk tempurung kelapa mesh 20-40 dengan variasi fraksi volume 0%, 10%, 20%, 30%. Hardener menggunakan jenis MEXPO (metil etil keton peroksida) fraksi volume 2 wt% . Bahan dicampur menggunakan mixer pada putaran 60 rpm selama 5 menit. Komposit di buat sistim cetak tekan dengan waktu pengepresan 24 jam. Spesimen dilakukan pengujian terhadap sifat lentur dan sifat tarik komposit. Pengujian lentur menggunakan metode three point bending standar ASTM D 790 dan pengujian tarik menggunakan standar ASTM D 3039 – 954. Hasil uji lentur menunjukkan kekuatan lentur maksimum pada variasi fraksi volume 0% sebesar 78,02 N/mm², sedangkan kekuatan lentur minimum dihasilkan pada variasi fraksi volume 20% yang sebesar 31,53 N/mm². Hasil uji tarik didapatkan nilai kekuatan tarik maksimum sebesar 24,93 N/mm² dihasilkan pada variasi fraksi volume 0%, sedangkan untuk nilai kekuatan tarik minimum sebesar 9,5 N/mm² dihasilkan pada variasi fraksi volume 20%.

Kata kunci: Resin poliester BQTN, penguat serbuk tempurung kelapa, pengujian tarik, pengujian lentur

I. Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan dalam bidang material sangat pesat, hal yang mendasarkan kemajuan teknologi ini adalah semakin di butuhnya material baru guna menunjang dunia industri. Perkembangan dunia industri yang semakin maju, maka dibutuhkan material yang biaya produksinya murah dan proses pembuatannya mudah akan tetapi tanpa mengurangi sifat mekaniknya. Atas dasar hal tersebut maka telah dikembangkan material komposit.

Pemanfaatan material komposit sebagai bahan pengganti logam sudah semakin luas, seperti untuk peralatan olahraga, sarana transportasi (darat, laut dan udara), konstruksi dan dunia antariksa. Keuntungan penggunaan material komposit antara lain: tahan korosi, rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah dan proses pembuatannya mudah (Gay dkk, 2003). Material komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur yaitu matriks dan penguat. Sedangkan penguat terbagi menjadi dua macam yaitu berupa serat dan partikel atau serbuk

Serbuk tempurung kelapa di pilih sebagai penguat karena memiliki sifat daya tahan yang sangat baik, sifat kekerasan yang tinggi dan sifat daya tahan terhadap pengikisan. Komposisi tempurung kelapa terdiri dari selulosa 26,60%,

hemiselulosa 12,34% dan lignin 29,40% (Hamid dkk, 2008). Serbuk tempurung kelapa memiliki densitas sebesar 0,65 kg/l (Falma dkk, 2013). Polyester Resin di pilih sebagai matriks karena memiliki kekuatan mekanik yang baik dan didukung oleh harga yang lebih ekonomis karena memiliki sifat-sifat berupa: 1) gaya adhesi yang cukup baik, namun lebih rendah dari epoxy, 2) ketahanan yang baik terhadap panas , bahan kimia, asam, maupun basa, dan 3) membentuk komposit yang baik dengan kayu, logam, serat gelas, plastik, dan serat alam. Disamping keunggulan yang dimilikinya, polyester resin juga memiliki kelemahan antara lain: 1) nilai regangan yang lebih rendah dibandingkan resin epoksi dan 2) sifat ketahanan nyala api dan ketahanan panas lebih rendah dibandingkan resin phenolyc (Prasetyaningrum dkk, 2009). Poliester murni memiliki densitas sebesar 1,21 kg/l (Falmah dkk, 2013).

Pada penelitian kali ini matriks yang digunakan adalah Polyester Resin BQTN 157, sedangkan penguat yang digunakan berupa serbuk tempurung kelapa. Berdasarkan sifat-sifat atau keunggulan dari Polyester Resin dan Serbuk Tempurung Kelapa maka akan di teliti material komposit poliester berpenguat serbuk tempurung kelapa sehingga diharapkan akan menghasilkan material baru yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik.

II. Tinjauan Pustaka

A. Hasil Penelitian Sebelumnya

Serbuk yang memanfaatkan limbah hasil pertanian, saat ini banyak dikembangkan oleh para peneliti sebagai bahan penguat pada komposit polimer, salah satu bahan limbah pertanian tersebut adalah tempurung kelapa.

Falma dkk, (2013) mengungkapkan dalam penelitiannya bahwa komposit Poliester berpenguat Serbuk Tempurung Kelapa (STK) dengan fraksi volume (V_f) 20% Mesh 70 memiliki kekuatan tarik paling besar dibanding dengan Mesh 50 dan Mesh 100. Sedangkan yang memiliki peningkatan kekuatan benturnya hanya terjadi pada Mesh 100.

Penelitian lain tentang komposit polimer berpenguat serbuk tempurung kelapa juga di sampaikan oleh Ummul dkk, (2018), bahwa komposit menggunakan komposisi resin polyester dan Serbuk Tempurung Kelapa (STK) sebanyak 70% : 30% dengan variasi konsentrasi hasil delignifikasi NaOH dan KOH (5%, 10%, 15%, dan 20%) diperoleh hasil hasil kuat bending tertinggi pada kadar NaOH 5% sebesar 17,28 MPa dengan tebal 0,3 cm dan KOH 5% sebesar 18,89 MPa dengan tebal 0,4 cm. Data tersebut menunjukkan bahwa KOH 5% merupakan hasil uji bending terbaik karna memiliki sifat mekanik komposit yang kuat. Karna resin polyester lemah terhadap alkali berkonsentrasi tinggi maka serat selulosa tertinggi pada NaOH 20%

Ukuran butiran dan perlakuan serbuk tempurung kelapa berpengaruh pada perubahan sifat mekanik komposit. Butiran serbuk tempurung semakin kecil akan meningkatkan pelumasan matrik pada setiap interface serbuk menjadi semakin tinggi, sedangkan perlakuan serbuk tempurung kelapa menggunakan NaOH dapat menurunkan kemampuserapan serbuk terhadap air.

B. Dasar Teori

1. Pengertian Komposit

Komposit dapat didefinisikan sebagai gabungan dua bahan atau lebih yang berbeda dalam bentuk atau komposisi bahan yang masing-masing tidak larut satu sama lain (Schwartz,1984). Menurut bentuk material dan penyusunnya, komposit dapat dibedakan dalam lima jenis yaitu (Schwartz,1984): Komposit serat (*fibrous composite*), komposit partikel (*particulate composite*), komposit serpih (*flake*), komposit sketal (*filled*), komposit laminat (*laminated composite*).

Kelebihan-kelebihan material komposit dibandingkan dengan bahan lain adalah (Hakim, 2007): Kekuatannya dapat diatur (*tailorability*), tahanan lelah yang baik (*fatigue resistance*), tahan korosi, dan memiliki kekuatan jenis (rasio kekuatan terhadap berat jenis) yang tinggi.

2. Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Gibson (1994) mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks secara

umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matriks memiliki fungsi :

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

Berdasarkan bahan penyusunnya matriks terbagi atas matrik organik dan anorganik. Matrik organik terbentuk dari bahan – bahan organik yang diproses dengan cara sintesis. Matrik organik banyak digunakan karena proses pembentukan menjadi komposit cepat dan sederhana dengan biaya yang murah. Salah satu matrik organik konvensional yang banyak digunakan adalah resin polyester (Gibson,1994).

Prasetyaningrum, dkk (2009) mengungkapkan bahwa resin polyester memiliki kekuatan mekanik yang baik dan didukung oleh harga yang lebih ekonomis karena memiliki sifat-sifat berupa:

- Gaya adhesi yang cukup baik, namun lebih rendah dari epoxy
- Ketahanan yang baik terhadap panas , bahan kimia, asam, maupun basa
- Membentuk komposit yang baik dengan kayu, logam, serat gelas, plastik, dan serat alam.

Disamping keunggulan yang dimilikinya, polyester resin juga memiliki kelemahan antara lain:

- nilai regangan yang lebih rendah dibandingkan resin epoksi
- sifat ketahanan nyala api dan ketahanan panas lebih rendah dibandingkan resin *phenolyc*.

Sedangkan menurut Falma, dkk (2013) poliester murni memiliki densitas sebesar 1,21 kg/l.

3. Penguat

Penguat berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Pada penelitian ini penguat yang digunakan adalah Serbuk Tempurung Kelapa (STK). Hamid, dkk (2008) mengungkapkan bahwa tempurung kelapa memiliki sifat daya tahan yang sangat baik, sifat kekerasan yang tinggi dan sifat daya tahan terhadap pengikisan. Komposisi tempurung kelapa terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin dapat dilihat dari Tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Komposisi Kimia Tempurung Kelapa (Hamid dkk, 2008)

Komponen	Rumus Kimia	Persentasi (%)
Selulosa	$(C_6H_{10}O_5)_{11}$	26,60
Hemiselulosa	$(C_5H_8O_4)_{11}$	12,34
Lignin	$[(C_9H_{10}O_3)(CH_3O)]_{11}$	29,40

Karena sifat-sifat yang dimiliki oleh tempurung kelapa ini, maka bahan ini sangat baik digunakan untuk jangka waktu yang lama.

C. Pengujian Komposit

1. Pengujian Lentur

Komposit akan dilakukan dengan pengujian lentur. Pengujian lentur menggunakan standar ASTM D 790. Persamaan atau Rumus pengujian lentur adalah sebagai berikut (Standart ASTM D 790) :

$$S = \frac{3PL}{2b.d^2}$$

Keterangan :

S = Tegangan Bending / Lentur (*N/mm²*)

P = Beban / Load (*N*)

L = Panjang Span / Support Span (*mm*)

b = Lebar / Width (*mm*)

d = Tebal / Depth (*mm*)

2. Pengujian Tarik

Komposit akan dilakukan dengan pengujian tarik. Pengujian tarik menggunakan standar ASTM D 3039 - 954 . Persamaan atau Rumus pengujian tarik adalah sebagai berikut (Standart ASTM D 3039 – 954):

$$TS = \frac{P}{(b \times d)} = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

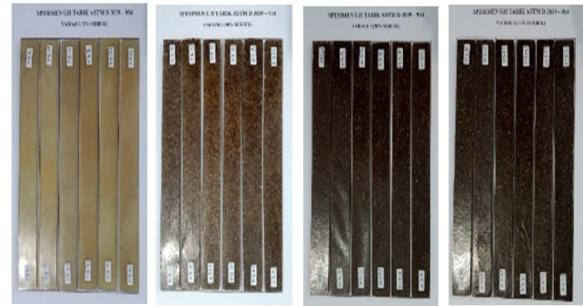
TS = Kekuatan Tarik (*N/mm²*)

P = Beban Maksimum (*N*)

b = Lebar Sampel (*mm*)

d = Tebal sampel (*mm*)

A = Luas Penampang Sampel (*mm²*)



Gambar 2: Hasil Komposit Spesimen

C. Pengujian Komposit

1. Pengujian Lentur Komposit

Komposit spesimen uji lentur di buat dengan standar ASTM D 790, Ukuran spesimen komposit (*P* × *L* × *T*) adalah 127 mm × 12,7 mm × 3,2 mm. Komposit di buat 6 biji sppesimen uji. Pengujian lentur spesimen dilakukan di Laboratorium material Politeknik ATMI Surakarta.

2. Pengujian Tarik Komposit

Komposit spesimen uji tarik di buat dengan standar ASTM D 3039 - 954, Ukuran spesimen komposit (*P* × *L* × *T*) adalah 250 mm × 25 mm × 4 mm. Komposit di buat 6 biji sppesimen uji. Pengujian lentur spesimen dilakukan di Laboratorium material Politeknik ATMI Surakarta.

III. Metodologi

A. Bahan Penelitian

Matrik komposit menggunakan Polyester Resin BQTN 157, penguat menggunakan serbuk tempurung kelapa mesh 20-40 digunakan sebagai penguat.



Gambar 1: Bahan Komposit (Resin BQTN dan serbuk tempurung kelapa)

B. Pembuatan Spesimen

Persiapkan bahan komposit yang terdiri dari matriks dan penguat dengan variasi fraksi volume sebesar 0%, 10%, 20%, 30%. Campur bahan komposit, kemudian di aduk menggunakan mixer dengan kecepatan 60 rpm selama 5 menit. Tuangkan campuran bahan komposit pada cetakan, kemudian ratakan setelah itu tutup cetakan dan tunggu sampai 24 jam.

IV. Hasil dan Pembahasan

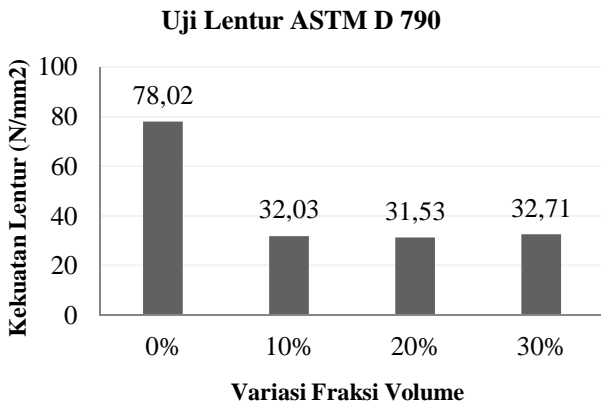
A. Hasil dan Analia Pengujian Lentur Spesimen

Hasil pengujian lentur komposit berpenguat serbuk tempurung kelapa mesh 20-40 didapatkan bahwa pada Variasi 0% (poliester murni) memiliki nilai kekuatan lentur lebih tinggi jika dibanding dengan komposit dengan penambah filler. Data hasil pengujian kekuatan lentur spesimen ditunjukkan pada tabel di bawah.

Tabel 2: Hasil Pengujian Lentur Spesimen

Variasi Penguat Serbuk Tempurung Kelapa	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Tegangan Lentur (N/mm ²)
0%	12,58	3,26	78,02
10%	12,68	3,58	32,03
20%	12,78	3,62	31,53
30%	12,78	3,84	32,71

Penambahan serbuk tempurung kelapa 30% memiliki kekuatan lentur paling rendah (32,71 N/mm), Serbuk tempurung sebagai alternatif sebagai penguat pada bahan komposit poliester resin BQTN belum memberikan peningkatan kualitas kekuatan lentur. Gambar di bawah menunjukkan grafik poligon kekuatan lentur spesimen.



Gambar 3: Poligon Kekuatan Lentur Pengujian Komposit Specimen

Ummul, dkk (2018) dalam penelitiannya menyatakan bahwa dalam meningkatkan kekuatan lentur komposit poliester, dilakukan treatment serbuk tempurung kelapa dengan NaOH dan KOH.

Spesimen yang di uji adalah komposit matrik polyester berpenguat serbuk tempurung kelapa dengan perbandingan 70% resin : 30% serbuk tempurung kelapa yang di treatment NaOH 5% dihasilkan kekuatan lentur sebesar 17,28 MPa dan KOH 5% kekuatan lentur sebesar 18,89 MPa.

Serbuk tempurung kelapa tanpa treatment dan dengan treatment (NaOH dan KOH) belum memberikan peningkatan sifat kekuatan lentur spesimen. Lapisan Matrik poliester resin BQTN pada permukaan serbuk tempurung kelapa tidak menimbulkan kekuatan ikatan antar serbuk, hal tersebut disebabkan oleh sifat serbuk yang keras menyebabkan matrik tidak dapat terserap pada permukaan antar butir serbuk tempurung kelapa sebagai penguat komposit.

B. Hasil dan Analisa Pengujian Tarik Spesimen

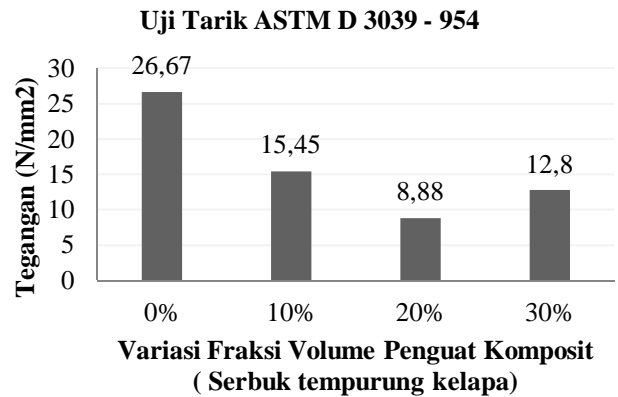
Data pengujian Komposit poliester berpenguat serbuk tempurung kelapa mesh 20-40 dengan variasi fraksi volume 0%, 10%, 20%, 30% dengan standar ASTM D 3039 – 954 dihasilkan kekuatan tarik seperti ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 3: Hasil Pengujian Tarik Spesimen

Variasi Penguat Serbuk Tempurung Kelapa	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Tegangan Lentur (N/mm ²)
0%	25,43	4,65	26,67
10%	25,45	4,45	15,45
20%	25,87	4,87	8,88
30%	25,55	4,92	12,8

Nilai kekuatan tarik tertinggi terletak pada variasi 0% (poliester murni), sedangkan pada komposit poliester berpenguat serbuk tempurung kelapa variasi 10% dan 20% mengalami penurunan kekuatan tarik akan tetapi

penambahan penguat pada variasi 30% komposit poliester resin mengalami kenaikan kekuatan tarik pada variasi 30%.



Gambar 4 : Grafik Poligon Hasil Pengujian Tarik Spesimen Komposit Standar ASTM D 3039-954

Hasil yang sama diperoleh oleh Falma, dkk (2013) dimana nilai kekuatan tarik komposit berada di bawah nilai kekuatan tarik untuk poliester tak jenuh, hal ini disebabkan ukuran STK dapat membuat daerah antar fasa menjadi lemah sehingga kekuatan yang dimiliki bahan komposit untuk menerima tegangan (*stress*) menurun dan nilai kekuatan tarik komposit berada dibawah matriks murninya (variasi 0%). Hasil serupa juga diperoleh oleh Ramanda, dkk (2018) dimana komposit dengan penguat serat sabut kelapa dengan fraksi volume 10% memiliki nilai uji tarik lebih rendah dibandingkan dengan komposit dengan penguat serat sabut kelapa variasi 0% (poliester murni), hal itu disebabkan karena spesimen tanpa serat (variasi 0%) memiliki *structure* polymer dengan *curing* yang sempurna dan rendahnya *void* yang terdapat pada spesimen sedangkan pada variasi fraksi volume 10% matriks tidak dapat masuk pada ruang serat secara sempurna sehingga resin tidak dapat mengikat *reinforcement* secara sempurna .

V. Kesimpulan

Penambahan filler serbuk tempurung kelapa pada Komposit poliester BQTN belum memberikan peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan lentur spesimen dibandingkan dengan komposit poliester Resin BQTN tanpa filler serbuk tempurung kelapa. Serbuk tempurung kelapa memiliki sifat fisik yang keras serta kurang mampu menyerap matrik dalam permukaan serbuk sehingga menyebabkan daya ikatan antar permukaan filler kurang kuat, hal tersebut yang menjadi penurunan sifat lentur dan kekuatan tarik yang terjadi.

REFERENSI

Ahmad Syafruddin Zohri, Nasmi Herlina Sari, Sujita. 2013. *Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa Pada Komposit Al₂O₃-Epoxy*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

- ASTM. D 790 *Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating material*. Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials.
- ASTM. D 3039 - 954 *Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating material*. Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials.
- Falma Irawati Sijabat, Jenmorisdo Saragih, Halimatuddahlia. 2013. *Pengaruh Ukuran Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Pengisi Komposit Poliester Tak Jenuh Terhadap Sifat Mekanik Dan Penyerapan Air*. Jurnal Teknik Kimia USU. Vol 2. No. 4.
- Gay, 2003, *Composite Material, Design and Applications*, Boca Raton: CRC Press.
- Gibson, R. F. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. Singapore: Mc Graw Hill,inc.
- Hakim, Azki. 2007. *Teknologi Material Komposit*. Forum Sains Indonesia
- Hamid, Tengku Faisal. 2008. *Pengaruh Modifikasi Kimia terhadap Sifat-Sifat Komposit Polietilena Densitas Rendah (LDPE) Terisi Tempurung Kelapa*. Tesis Program Pascasarjana, Universitas Sumatra Utara: Medan.
- Made Merdana, Salimin, Abd. Kadir. 2019. *Analisa Sifat Mekanik Komposit Serat Tapis Kelapa Dipadukan Serbuk Tempurung Kelapa Matriks Resin Epoxy*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo.
- Prasetyaningrum, A.Rokhati, N.Rahayu, A.K. 2009. *Optimasi Proses Pembuatan Serat Daun Agel untuk Menghasilkan Komposit Serat dengan Kualitas Fisik dan Mekanik yang Tinggi*, Jurnal Riptek, Vol. 3, No. 1, pp. 45 – 50.