



JURNAL TEKNIK MESIN

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG

Najamudin dan Bambang Pratowo	Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang (<i>Hopper</i>) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara
Muhamad Yunus, Najamudin dan Kurniadi	Pengaruh Perlakuan Quenching Tempering Terhadap Keluatan Impak pada Baja Karbon Sedang
Kunarto dan Indra Sumargianto	Serat tebu (<i>Bagasse</i>) Sebagai Bahan Pengisi Pada Komposit Dengan Matriks Resin Poliester
Indra Surya dan Suhendar	Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin
Bambang Pratowo dan Novran Apriansyah	Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC 10 Dengan Tipe Rotari Bending
Zein Muhamad	Penentuan Daya Kompresor Air Conditioning (AC) Pada Kendaraan Bus

UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG

JURNAL TEKNIK MESIN	Vol. 2	No. 1	Hal 1-66	Bandar Lampung Oktober 2016	ISSN 2087- 3832
---------------------------	--------	-------	-------------	--------------------------------------	-----------------------



9 772087 383000



Volume 2 Nomor 1, Oktober 2016

DEWAN REDAKSI

- Pelindung : Dr.Eng. Fritz Akhmad Nuzir, ST, MA
(Dekan Fakultas Teknik
Universitas Bandar Lampung)
- Penanggung Jawab : Ir. Indra Surya, MT
(Ketua Program Studi Teknik Mesin UBL)
- Pimpinan Redaksi : Ir. Najamudin, MT
- Ketua Dewan Penyunting : Ir. Zein Muhamad , MT.
- Dewan Penyunting : Ir. Najamudin, MT. (UBL)
Witoni, ST, MM. (UBL)
Harjono Saputro, ST, MT. (UBL)
Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, ST, MT. (Unila)
Dr. Amrizal, ST, MT. (Unila)
- Editor : Kunarto, ST, MT
- Sekretariat : Ir. Bambang Pratowo, MT.
Suroto Adi
- Penerbit : Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Univesitas Bandar Lampung

Alamat Redaksi :
Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Bandar Lampung
Jalan ZA Pagar Alam No 26, Labuhan Ratu
Bandar Lampung 35142
Telp./Faks. : 0721-701463 / 0721-701467
Email : jtmesin@ubl.ac.id





Volume 2 Nomor 1, Oktober 2016

DAFTAR ISI

	Halaman
Dewan Redaksi	i
Daftar Isi	ii
Pengantar Redaksi.....	iii
Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang (<i>Hopper</i>) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara Najamudin dan Bambang Pratowo	1-18
Pengaruh Perlakuan <i>Quenching-Tempering</i> Terhadap Kekuatan Impak Pada Baja Karbon Sedang Muhamad Yunus, Najamudin dan Kurniadi	19-25
Serat Tebu (<i>Bagasse</i>) Sebagai Bahan Pengisi Pada Komposit Dengan Matriks Resin Poliester Kunarto dan Indra Sumargianto	26-36
Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin Indra Surya dan Suhendar	37-48
Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 Dengan Tipe <i>Rotary Bending</i> Bambang Pratowo dan Novran Apriansyah	49-58
Penentuan Daya Kompresor Air Conditioning (AC) Pada Kendaraan Bus Zein Muhamad	59-66
Informasi Penulisan Naskah Jurnal.....	67



Volume 2 Nomor 1, Oktober 2016

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kepada Allah SWT, atas terbitnya kembali Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 2 No.1, Oktober 2016, rencananya jurnal ini akan diterbitkan 2 kali dalam setahun yaitu bulan April dan bulan Oktober setiap tahunnya.

Pada kesempatan kali ini redaksi menerbitkan 6 buah karya tulis hasil penelitian yang berasal dari staff pengajar internal Universitas Bandar Lampung, dan satu diantaranya dari luar Universitas Bandar Lampung.

Karya tulis hasil penelitian disajikan oleh Najamudin dan Bambang Pratowo dengan judul **“Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang (Hopper) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara”**, Muhamad Yunus, Najamudin dan Kurniadi dengan judul **“Pengaruh Perlakuan Quenching-Tempering Terhadap Kekuatan Impak Pada Baja Karbon Sedang”**, Kunarto dan Indra Sumargianto dengan judul **“Serat Tebu (Bagasse) Sebagai Bahan Pengisi Pada Komposit Dengan Matriks Resin Poliester”**, Indra Surya dan Suhendar dengan judul **“Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin”**. Bambang Pratowo dan Novran Apriansyah dengan judul **“Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 Dengan Tipe Rotary Bending”**, Zein Muhamad dengan judul **“Penentuan Daya Kompresor Air Conditioning (AC) Pada Kendaraan Bus”**.

Semoga jurnal yang kami sajikan ini bermanfaat untuk semua dan jurnal ini terus melaju dengan tetap konsisten untuk memajukan misi ilmiah. Untuk edisi mendatang kami sangat mengharapkan peran serta rekan-rekan sejawat untuk mengisi jurnal ini agar tercapai penerbitan jurnal ini secara berkala.

Bandar Lampung, Oktober 2016

Redaksi

Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin

Indra Surya ¹⁾, Suhendar ²⁾

¹⁾Dosen Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung
²⁾Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung

Abstrak

Salah satu komoditas pertanian yang memiliki posisi strategis di Indonesia adalah tanaman kelapa (*Cocos nucifera. L*). Kelapa merupakan tanaman tropis yang sudah dikenal lama oleh masyarakat Indonesia. Hal ini terlihat dari peyebaran tanaman kelapa di hampir seluruh wilayah Nusantara. Limbah serat sabut kelapa sangat potensial digunakan sebagai penguat bahan baru pada material komposit.

Pada penelitian ini bahan yang dipergunakan adalah serat sabut kelapa dengan variasi fraksi volume 0%, 20%, 30%, 40%, dan arah orientasi serat acak dengan perlakuan alkali (NaOH) selama 60 menit, kemudian dibilas dengan air *aquades*, *drying oven* dengan suhu 100°C selama 8 jam sebagai alat pengering serat, menggunakan resin *polyester* YUKALAC 157 BQTN sebagai matriksnya dan katalis *metyl etyl keton peroksida* (MEKPO) sebagai bahan pengeras. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up*, serta proses pemvakuman spesimen komposit selama 5 menit dan pengujian bending yang dilakukan dengan acuan standar ASTM D 790-10.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan bending yang optimal dari komposit serat sabut kelapa dengan variasi fraksi volume 0%, 20%, 30%, 40% (Serat), dan 100%, 80%, 70%, 60% (Resin) serta mengetahui hasil patahan pada spesimen yang memiliki harga optimal dari pengujian bending.

Dari hasil pengujian komposit serat sabut kelapa *polyester* didapat Kekuatan Bending terbaik pada fraksi volume 30% serat dan 70% resin dengan harga 29,00 N/mm² dan *Modulus Elastisitas Bending* terbaik pada fraksi volume 0% serat dan 100% resin dengan harga 2166,40 N/mm². Pengamatan hasil patahan didapatkan jenis patahan tunggal dan patahan banyak (*splitting in multiple area*).

Kata Kunci : Serat Sabut Kelapa, Polyester, Katalis, Alkali, Uji Bending.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Komposit serat alam mempunyai prospek yang sangat baik untuk dikembangkan di Indonesia. Beberapa alasan diantaranya adalah bahwa mayoritas tanaman penghasil serat alam dapat dibudidayakan di Indonesia, misalnya adalah serat goni (kenaf), rami, ijuk, aren, enceng gondok, pandan, sabut kelapa, dan nanas-nanasan. Pengembangan teknologi komposit berpenguat serat alam sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk menggali potensi *local genius* yang ada. Hal ini akan mampu meningkatkan pemberdayaan sumber daya alam lokal yang dapat diperbaharui.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh variasi fraksi volume atau perbandingan antara serat sebagai bahan penguat (*reinforced*)

dengan matriks sebagai bahan pelindung/pengikat terhadap sifat mekanis dari serat sabut kelapa dengan matriks *polyester*.

2. Mencari fraksi volume atau perbandingan antara serat sabut kelapa dengan matriks *polyester* dalam bentuk komposit yang terbaik sifat mekanisnya.
3. Meneliti pengaruh perlakuan alkali pada serat sabut kelapa salah satunya dilakukan dengan perendaman bahan kimia yang sederhana dan efektif yaitu NaOH konsentrasi 5% terhadap sifat mekanis serat.

1.3. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan suatu hasil penelitian dari permasalahan yang dilakukan, maka perlu adanya pembatasan ruang lingkup penelitian :

- 1) Material inti menggunakan serat sabut kelapa, dengan variasi fraksi volume 0% (tanpa serat), 20%, 30%, dan 40% (menggunakan serat).
- 2) Serat sabut kelapa direndam menggunakan larutan alkali (NaOH) konsentrasi 5% dan waktu perendaman selama 60 menit dan pencucian serat menggunakan air *aquades* sampai bersih.
- 3) Pengeringan serat menggunakan oven pemanas (*drying oven*) dengan suhu 100°C selama 8 jam.
- 4) Proses pembuatan komposit dengan menggunakan metode *hand lay-up* serta dilakukan pemvakuman selama 5 menit pada alat vakum udara dan menggunakan kaca sebagai cetakannya.
- 5) Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *unsaturated polyester resin* type YUKALAC 157 BQTN dan katalis jenis *metyl etyl keton peroksida* (MEKPO) dengan kadar 1%.
- 6) Pengujian mekanis yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kuat lentur (*bending test*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Material Komposit

Komposit berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana komposit merupakan penggabungan dari dua atau lebih bahan/material yang dikombinasikan menjadi satu, dalam skala makroskopis, sehingga menjadi satu kesatuan (Kaw, 1997). Dalam penggabungan antara serat (*fiber*) dan matriks, serat akan berfungsi sebagai penguat (*reinforced*) yang biasanya mempunyai kekuatan dan kekakuan tinggi, sedangkan matriks berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga posisi serat, mentransmisikan gaya dan juga berfungsi sebagai pelapis serat. Matriks biasanya mempunyai kekuatan relatif rendah tetapi ulet, karena itu serat secara dominan akan menentukan kekuatan dan kekakuan komposit. Semakin kecil ukuran serat, maka akan memberikan perekatan dan kekuatan yang semakin baik, karena rasio antara permukaan dan volume serat semakin besar (Riedel, 1999). Sifat mekanis komposit sangat dipengaruhi oleh orientasi seratnya, komposit bisa bersifat *quasi-isotropic* ketika digunakan serat pendek yang diorientasikan secara acak, *anisotropic* ketika

digunakan serat panjang yang diorientasikan pada beberapa arah, atau *orthotropic* ketika digunakan serat panjang yang diorientasikan terutama pada arah yang saling tegak lurus.

2.2. Klasifikasi Komposit

Berdasarkan matriks, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu :

1. Komposit Matriks Polimer (KMP), Polimer sebagai Matriks.
2. Komposit Matriks Logam (KML), Logam sebagai Matriks.
3. Komposit Matriks Keramik (KMK), Keramik sebagai Matriks.

2.3. Unsur Utama Penyusun Komposit FRP (*Fiber Reinforced Plastic*)

Komposit pada umumnya terdiri dari 2 fasa yaitu:

2.3.1. *Reinforced* (Serat Sabut Kelapa)

Salah satu unsur utama penyusun bahan komposit adalah penguat (*reinforced*) yaitu serat. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanis lainnya. Serat dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dengan kekuatan pembentuknya.

Orientasi dan kandungan serat akan menentukan kekuatan mekanis dari komposit. Perbandingan antara matriks dan serat juga merupakan faktor yang sangat menentukan dalam memberikan karakteristik mekanis produk yang dihasilkan. Serat secara umum terdiri dari dua jenis, yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam, biasanya berupa serat organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Beberapa serat alam telah banyak digunakan oleh manusia, diantaranya adalah rami, ijuk, aren, pandan, goni (kenaf), enceng gondok, nanas-nanasan dan serat sabut kelapa. Sedangkan serat sintetis yang sering digunakan manusia seperti *Fiber Glass*, *Carbon*, *Nylon*, *Graphite*, dan *Aluminium*. (Bismarck, 2002).

Pemanfaatan limbah adalah proses, cara, perbuatan memanfaatkan sisa atau bahan yang terbuang dari suatu aktivitas manusia atau proses alam yang tidak atau belum mempunyai nilai ekonomis, sehingga mempunyai nilai daya guna yang tinggi. Limbah serat sabut kelapa salah satunya yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam produk yang memiliki nilai jual. Serat sabut kelapa adalah bagian terluar dari buah kelapa yang membungkus tempurung kelapa, ketebalannya berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*). *Endocarpium* mengandung serat-serat halus.



Gambar 2.1 Limbah Serat Sabut Kelapa



Gambar 2.2 Serat Sabut Kelapa

2.3.2. Matriks (*Unsaturated Polyester Resin*)

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut: mentransfer tegangan ke serat, membentuk ikatan koheren, melindungi serat, mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik, melepas ikatan, dan tetap stabil setelah proses manufaktur.

Tabel 2.1. Spesifikasi *Unsaturated Polyester Resin YUKALAC 157 BQTN*

Item	Satuan	Nilai Tipikal	Catatan
Massa Jenis	g/cm ³	1,21	25°C
Kekerasan	-	40	Barcol/ GYZJ 934-1
Suhu distorsi Panas	°C	70	
Penyerapan air (suhu ruang)	%	0,188	24 jam
	%	0,466	7 hari
Kekuatan Flexural	Kg/mm ²	9,4	
Modulus Flexural	Kg/mm ²	300	
Daya Rentang	Kg/mm ²	5,5	
Modulus Rentang	Kg/mm ²	300	

Sumber: PT. Justus Sakti Raya, (2001).

2.4. Perlakuan Alkali (NaOH)

Proses perlakuan alkali ini dapat meningkatkan kekasaran permukaan serat dan meningkatkan gaya ikatan (*mechanical interlocking*) yang lebih baik antara serat dan matriks. Bahan kimia yang sederhana dan efektif untuk perlakuan alkali pada serat adalah NaOH. Penentuan konsentrasi NaOH dan waktu perendaman yang tepat dapat menghasilkan sifat mekanis komposit yang optimal. Konsentrasi NaOH yang banyak digunakan oleh para periset adalah 0,5– 20%, sedangkan waktu perendaman berkisar 15–120 menit (Jefferjee et al, 2003). Hasil riset yang dilakukan (Nayak et al, 2000) menunjukkan bahwa perlakuan kimia serat dengan konsentrasi NaOH 2% dan waktu perendaman 1 jam menghasilkan kekuatan komposit tertinggi, sedangkan konsentrasi NaOH 5% dengan waktu rendam 1 jam menghasilkan sifat lentur terbaik. Disamping proses alkali, proses oksidasi yang dilakukan dengan memanaskan serat dalam oven pada suhu 150°C selama sekitar 1 jam dapat meningkatkan sifat mekanis komposit bermatriks *thermoplastics* (Urreaga, 2000).

Setelah proses alkali, dilakukan pembersihan serat dari lapisan lilin (*dewaxing*) yang bertujuan untuk memperbaiki interaksi antara serat dan matriks dalam komposit. Beberapa cara untuk menghilangkan lapisan lilin antara lain melalui pembersihan dengan air hasil destilasi/penyulingan (*aquades*). Hasil riset yang dilakukan (Rout, 2001) dengan perendaman serat buah kelapa sawit dalam air panas untuk *dewaxing*. Hasil risetnya menunjukkan adanya kenaikan kekuatan lentur dari serat sabut kelapa.

2.5. Polymer

Polymer adalah molekul raksasa (*makro molekul*) yang tersusun dari satuan-satuan kimia sederhana yang disebut *monomer*, misalnya *etilena*, *propilena*, *isobutilena*, dan *butadiena* (yang merupakan produk samping pembuatan bensin serta pelumas). Berbagai senyawa turunan *etilena*, *benzena*, *formaldehida*, *fenol* dan lain-lain juga merupakan *monomer*. Struktur *polymer* baik serat, plastik maupun karet, saling serupa. Saat ini bahan *polymer* digunakan secara luas karena bahan *polymer* mempunyai sifat mampu cetak yang baik, produk yang ringan dan kuat, baik sekali dalam ketahanan air dan ketahanan zat kimia, umumnya bahan polimer lebih murah, banyak di antara *polymer* bersifat isolasi listrik yang baik, dan produk-produk dengan sifat yang berbeda dapat dibuat tergantung pada cara pembuatannya. Sebagai contoh plastik yang diperkuat serat FRP (*fiber reinforced plastic*).

Bahan *polymer* secara umum terdiri dari tiga macam yaitu *thermosets*, *thermoplastics* dan *rubber* (karet).

2.5.1. Thermosets

Thermosets adalah salah satu jenis plastik yang sering digunakan dalam pembuatan komposit dengan penguat serat maupun serbuk. Matriks jenis ini memiliki rantai-rantai molekul yang saling berhubungan sehingga walaupun mengalami pemanasan dan penekanan, masing-masing rantai molekul tidak akan saling bergerak relatif. Matriks akan mencair dan kemudian mengeras bersamaan dengan terbentuknya suatu jaringan ikatan rantai *monomer* sehingga akan bersifat stabil. Beberapa kelebihan penggunaan *thermosets* sebagai matriks adalah :

1. Mengikat serat dengan mudah dan baik
2. Memiliki viskositas yang rendah
3. Memiliki kelengketan yang baik dengan bahan penguat
4. Kekakuan yang baik
5. Stabilitas dimensi yang baik
6. Ringan
7. Tahan korosi.

Macam-macam dari matriks/resin jenis *thermosets* antara lain :

a. Resin Phenol

Resin *Phenol* adalah jenis *thermosets* pertama yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Memiliki sifat mudah dibentuk, dan menguntungkan dalam kestabilan dimensi, kurang penyusutannya dan kurang keretakannya, unggul dalam sifat isolasi listrik, unggul dalam ketahanan asam, relatif tahan panas dan dapat padam sendiri. Resin jenis ini banyak digunakan untuk komponen dalam bidang listrik dan komunikasi.

b. Resin Urea Formaldehyde (UF)

Resin jenis ini adalah resin *thermosets* yang didapat lewat reaksi *urea* dan formalin, di mana *urea* dan *formaldehida* (37% formalin) bereaksi dalam alkali netral dan lunak. Resin *urea* sendiri lebih jelek dari pada resin *Phenol*. Resin jenis ini banyak digunakan untuk barang-barang kecil yang diperlukan sehari-hari seperti pelindung cahaya, soket, alat-alat listrik, kancing, tutup wadah, kotak, baki dan mangkuk.

c. Resin Melamine Formaldehyde (MF)

Resin ini lebih unggul dalam berbagai sifat dari pada resin *urea*. Barang-barang cetakan dari resin *melamine formaldehyde* dapat diwarnai secara bebas. Karena resin ini unggul terhadap ketahanan air (khususnya tahan terhadap air mendidih), ketahanan panas, ketahanan terhadap isolasi listrik, dan ketahanan busur listrik. Resin jenis ini kegunaannya luas, penggunaan utamanya adalah : alat-alat makan, bagian komponen listrik dan mekanik.

d. Resin Polyester

Resin jenis ini merupakan resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti resin *thermosets* lainnya, sehingga tidak perlu diberi tekanan untuk pencetakan. Secara luas resin jenis ini banyak

digunakan untuk konstruksi sebagai bahan komposit, dll.

e. Resin Epoxy

Resin ini mempunyai kegunaan yang luas dalam industri teknik kimia, listrik, mekanik, dan sipil sebagai perekat, cat pelapis, pencetakan cor, dan benda-benda cetakan. Sifat-sifat nya yang tahan terhadap zat kimia dan stabil terhadap banyak asam, kecuali asam pengoksid yang kuat, ketahanan termal yang tinggi, dan mudah dibentuk tanpa dipanaskan terlebih dahulu.

f. Resin Poly Urethane (PU)

Resin *poly urethane* terutama dihasilkan oleh reaksi diisosiyanat dan senyawa polihidroksi (disebut polioliol, karena mempunyai lebih dari dua gugus-OH akhir). Resin jenis ini kuat, baik dalam ketahanan abrasi, ketahanan minyak dan ketahanan pelarut. Oleh karena itu resin jenis ini banyak digunakan secara luas untuk plastik busa, bahan elastis, cat, perekat, serat elastis, kulit sintetik, dsb.

g. Resin Silicone

Resin jenis ini banyak digunakan dalam bentuk pernis sebagai larutan dalam pelarut organik. Resin ini unggul dalam sifat isolasi listrik, dan sifat penggunaan bertahan pada 200°C. Resin ini juga tahan terhadap zat kimia, tetapi agak mengembang dalam pelarut organik.

2.5.2. Thermoplastics

Resin ini merupakan jenis resin yang memerlukan pemanasan pada proses pembentukannya. *Thermoplastics* digunakan secara luas sebagai bahan dasar penguat pada plastik. Resin ini mempunyai ikatan linear antara *monomer-monomer* penyusunnya, sehingga kestabilan struktur kimianya relatif rendah. Reaksi kimia pada *thermoplastics* resin yang bersifat *reversibel* memungkinkan suatu komponen untuk dibentuk kembali. Sifat-sifat *thermoplastics* adalah densitas antara 1,06 sampai 1,42 kg/m³. Selain itu *thermoplastics* mempunyai sifat isolator yang baik, mempunyai ketahanan sampai temperatur 260⁰ C, mudah dibentuk, dan tahan terhadap korosi

yang sangat baik. Macam-macam dari plastik jenis *thermoplastics* adalah sebagai berikut :

a. Resin *Polyethylene* (PE)

b. Resin *Polypropylene* (PP)

c. Resin *Polystyrene* (PS)

d. Resin *Polymethyl Methacrylate* (PMMA)

e. Resin *Polyvinyl Chloride* (PVC)

f. Resin *Polyvinyl Asetat, Polyvinyl Alkohol, dan Polyvinyl Acetal*

g. Resin *Polyacetal* atau *Polyoxymethylene* (POM) Resin *Polyamide* (Nylon)

h. Resin *Polycarbonate* (PC)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Dalam hal ini penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume inti (*core*) terhadap sifat mekanis komposit berpenguat orientasi serat acak limbah sabut kelapa bermatriks *unsaturated polyester resin*. Data dan informasi pendukung diperoleh dari kajian buku, artikel dan jurnal yang diperoleh dari perpustakaan dan internet untuk menambah dari pada informasi yang diperlukan atau dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini.

3.2. Material Penelitian

Material utama yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah limbah serat sabut kelapa dan matriks *polyester*. Limbah serat sabut kelapa yang diperoleh dari tukang pembuatan minyak (kopra) dipergunakan sebagai penguat (*reinforced*) pada komposit yang akan dibuat. Pemilihan serat sabut kelapa sebagai penguat pada komposit karena mengingat serat sabut kelapa memiliki sifat mekanis yang sebanding dengan serat *E-Glass*. Selain itu selama ini belum ditemukan adanya bahan interior maupun eksterior otomotif yang memanfaatkan serat sabut kelapa sebagai penguatnya dalam bentuk komposit. Sedangkan matriks yang akan dipergunakan dalam komposit adalah jenis *Unsaturated polyester resin* tipe YUKALAC 157 BQTN dengan bahan tambahan katalis jenis *metyl etyl keton peroksida* (MEKPO) dengan kadar 1% yang berfungsi sebagai pengeras matriks/resin dan perlakuan serat sabut kelapa dilakukan dengan perendaman

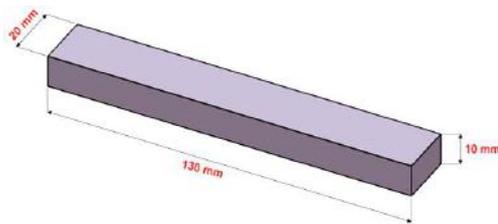
dalam larutan alkali (NaOH) konsentrasi 5% selama 60 menit serta pencucian serat menggunakan air *aquades*.

3.3. Bentuk Spesimen

Bentuk dan ukuran spesimen uji akan dibuat dengan menggunakan standard pengujian yang sudah ada, yaitu :

1. Spesimen Uji Bending
Spesimen balok dibuat dengan mengacu pada Standard ASTM D 790-10
2. (*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*).

Dengan panjang ukur 130 mm seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Spesimen Uji Bending Standard ASTM D 790-10

3.4. Alat Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan peralatan : Cetakan spesimen yang terbuat dari kaca, alat pemotong (gunting), timbangan digital, ember, gelas ukur, *mixer*, *vacum pump*, *pressure gauge*, tabung udara, cutter, kuas, rol, kit mobil (*wax mold release*), *vernier caliper*/penggaris, oven pemanas (*drying oven*), gerinda potong, kaca potongan, kertas ampelas (ukuran 100, 220, dan 1500) untuk menghaluskan permukaan spesimen, sepidol, plastik, isolasi, sarung tangan plastik, sendok, saringan, span oven, kamera digital dan Alat uji bending.

3.5. Proses Pembuatan Material Komposit

Persiapan bahan-bahan yang diperlukan yaitu limbah serat sabut kelapa yang diperoleh dari tukang pembuatan minyak (kopra), Larutan alkali (NaOH) dengan kadar 5%, Air *aquades*, *Polyester*, Katalis MEKPO 1%. Pemisahan atau pencabutan serat sabut kelapa dari kulit terluarnya atau cangkangnya, serat sabut kelapa

kemudian dicuci sampai bersih dan dikeringkan sampai kering di dalam ruang terbuka tanpa kena sinar matahari langsung. kemudian serat sabut kelapa yang sudah kering dipotong dengan ukuran 10 mm, Perlakuan serat sabut kelapa dilakukan dengan perendaman dalam larutan alkali (NaOH) dengan kadar 5% selama 60 menit setelah itu dibilas dengan menggunakan air *aquades* untuk dicari sifat mekanis yang terbaik. Setelah dibilas dengan air *aquades*, serat sabut kelapa ditiriskan supaya kering dan dikeringkan lebih lanjut dalam oven pemanas (*drying oven*) dengan suhu 100°C selama 8 jam, setelah itu serat sabut kelapa dibiarkan dingin pada suhu kamar.

Pada tahap berikutnya serat sabut kelapa yang sudah kering, kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital dengan fraksi volume bervariasi yaitu 0%, 20%, 30%, dan 40% dan mengukur matriks *polyester* dengan fraksi volume bervariasi yaitu 100%, 80%, 70%, dan 60% dengan menggunakan gelas ukur, untuk dibuat material komposit. Pembuatan material komposit terlebih dahulu dilakukan pencampuran antara serat sabut kelapa, matriks *polyester*, dan katalis MEKPO 1%. Pencampuran dilakukan dengan *mixer* selama 15 menit secara merata. Sebelum bahan campuran dituang kedalam cetakan, terlebih dahulu cetakan diolesi dengan kit mobil (*wax mold release*) secara merata agar hasil cetakan komposit tidak menempel pada cetakan dan dapat diambil dengan mudah.

Setelah itu bahan campuran dituang ke dalam cetakan spesimen uji bending dengan mengacu pada standard ASTM D 790-10 (*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*) dengan panjang ukur 130 mm yang sebelumnya sudah disediakan terlebih dahulu. Setelah bahan campuran dituangkan ke dalam cetakan lalu diratakan dengan menggunakan kuas. Campuran yang telah dituangkan ke dalam cetakan dan sudah rata kemudian dimasukkan kedalam ruang vakum udara untuk dilakukan pemvakuman selama 5 menit untuk menghilangkan gelembung-gelembung udara yang ditimbulkan akibat proses pencampuran.

Setelah dilakukannya pemvakuman selama 5 menit selanjutnya pengeringan spesimen komposit pada suhu 80°C pada oven pemanas (*drying oven*) selama 4 jam dan dibiarkan diudara bebas pada suhu kamar. Setelah dingin, spesimen dilakukan pengeluaran dari cetakan

dan selanjutnya dilakukan pemotongan sesuai ukuran panjang dan lebarnya dengan menggunakan gerinda tangan. Setelah itu hasil potongan spesimen dihaluskan dan pemeriksaan terhadap kepresisiannya, dengan menggunakan ketas ampelas ukuran 100, 220, dan 1500 yang dipergunakan untuk mengurangi bagian-bagian yang keluar dari spesifikasi spesimen uji. Apabila ada spesimen yang tidak memiliki ukuran yang sesuai standar spesimen uji akan dibuang dan akan digantikan dengan spesimen yang baru.

Setelah jumlah dan geometri spesimen uji sudah sesuai dengan yang direncanakan, baru dapat dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan menurut bentuk spesimen uji yang dibuat. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekuatan bending. Selain itu juga dilakukan pengamatan patahan permukaan akibat uji kekuatan bending. Hasil pengujian dicatat dan dilakukan analisa hasil pengujian.

3.6. Variasi Pengujian

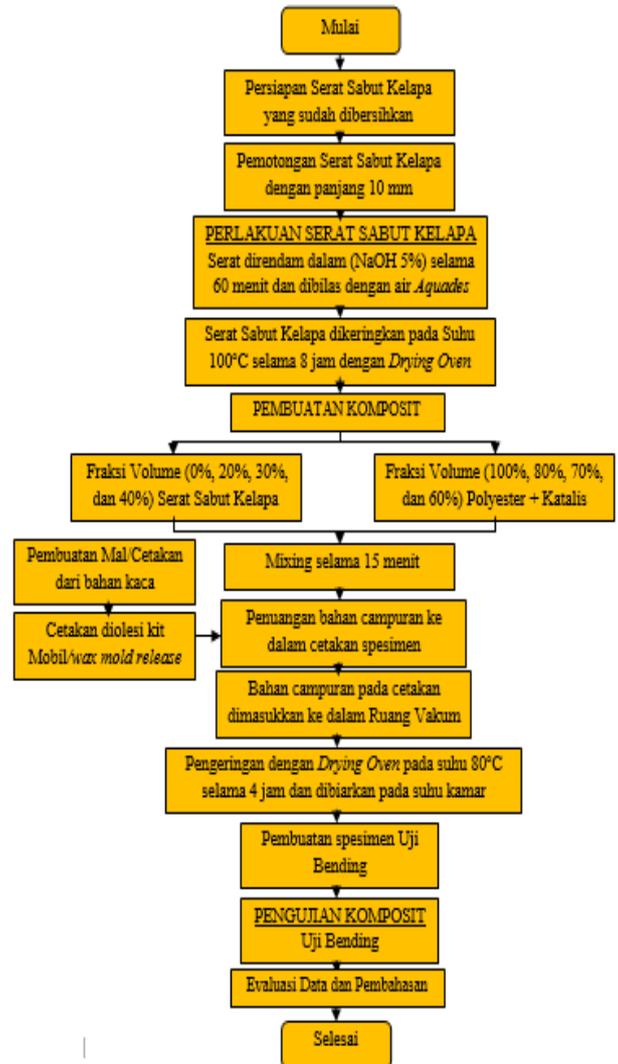
Variasi pengujian dan jumlah spesimen uji yang dibuat pada penelitian ini adalah sesuai pada tabel 3.1 dengan berbagai variasi fraksi volume serat masing-masing dilakukan pengujian uji bending sebanyak 3 kali pengujian (sebanyak jumlah spesimen yang dibuat) dengan mencatat hasil pengujian. Gaya pembebanan yang terjadi pada saat spesimen dilakukan pengujian sampai terjadi kerusakan (patah).

Tabel 3.1. Variasi Pengujian dan Jumlah Spesimen Uji

NO	Fraksi Volume (%)		Jumlah Spesimen untuk Uji Bending
	Serat Sabut Kelapa	Polyester	
1	0	100	3
2	20	80	3
3	30	70	3
4	40	60	3
Total Spesimen Uji Bending			12

3.7. Tahap Penelitian

Secara skematis tahapan penelitian yang dilakukan, ditentukan pada gambar diagram alir penelitian berikut ini.



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Kekuatan Bending Komposit Serat Sabut Kelapa-Polyester

Sebelum melakukan uji bending terlebih dahulu dilakukan pembuatan benda uji atau spesimen komposit dengan jumlah pengujian sebanyak 4 variasi dengan total spesimen uji bending 12 buah, yaitu Variasi 1 (0% Serat Sabut Kelapa dan 100% Resin), Variasi 2 (20% Serat Sabut Kelapa dan 80% Resin), Variasi 3 (30% Serat Sabut Kelapa dan 70% Resin) dan Variasi 4 (40% Serat Sabut Kelapa dan 60% Resin) seperti terlihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Variasi 1 (0% SSK-100% Resin) Variasi 2 (20% SSK-80% Resin)

Gambar 4.1. Spesimen Uji Bending Komposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Polyester dengan Fraksi Volume 0% dan 20%



Variasi 3 (30% SSK-100% Resin) Variasi 4 (40% SSK-60% Resin)

Gambar 4.2. Spesimen Uji Bending Komposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Polyester dengan Fraksi Volume 30% dan 40%

Pengujian kekuatan bending komposit serat sabut kelapa dan resin polyester dilakukan dengan metode *Three Point Bending* yaitu dengan cara spesimen yang berbentuk batang ditempatkan pada dua tumpuan lalu diterapkan beban ditengah tumpuan tersebut dengan laju pembebanan konstan (Gambar 4.3). Yang mengacu pada standard ASTM D 790-10 (*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*) dengan Menggunakan alat uji UTM (*Universal Testing Machine*) mesin Shimadzu type AUTOGRAPH-10 kN dengan kecepatan 1,3 mm/mnt, skala beban 10.000 N dilakukan mencapai patahan/retak pada sampel komposit dengan fraksi volume serat 0%, 20%, 30%, 40% (Gambar 4.3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan harga kekuatan bending komposit yang seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh kekuatan serat pada komposit sebagai penguat

(*reinforced*) matriks. Dari hasil pengujian kekuatan bending dan modulus elastisitas bending pada komposit serat sabut kelapa dan resin polyester dapat dilihat pada tabel 4.1 dan grafik hubungan kekuatan bending serta modulus elastisitas bending pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4



Gambar 4.3. Pengujian Kekuatan Bending Komposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Polyester Dengan Metode Three Point Bending



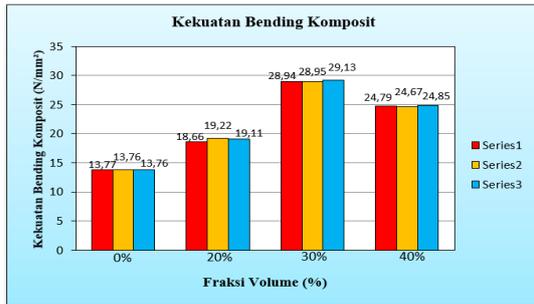
Gambar 4.4. Alat Uji Lentur (Bending) UTM (Universal Testing Machine)

Tabel 4.1. Data Dan Grafik Hasil Pengujian Kekuatan Bending Dan Modulus Elastisitas Rata-Rata Dengan Variasi Fraksi Volume

Jenis Uji Komposit (Fraksi Volume)	Kekuatan Bending Komposit (N/mm ²)	Modulus Elastisitas Bending (N/mm ²)
A1 0% Serat	13,77	2294,58
	13,76	2293,75
	13,76	1910,88
Rata-rata	13,76	2166,40
A2 30% Serat	28,94	1786,26
	28,95	1929,89
	29,13	1941,89
Rata-rata	29,00	1886,01
A3 20% Serat	18,66	1244,11
	19,22	1601,32
	19,11	1592,57
Rata-rata	18,99	1479,33
A4 40% Serat	24,79	1796,32
	24,67	1523,09
	24,85	1800,84
Rata-rata	24,77	1706,75

Keterangan :

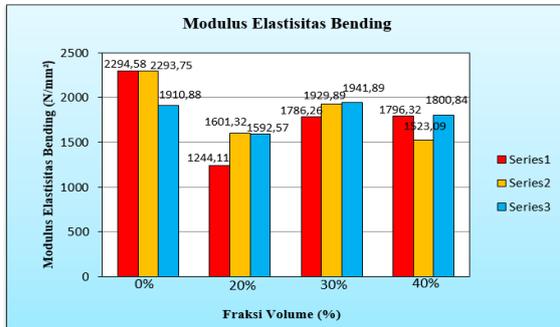
Data pengujian diatas berdasarkan hasil pengujian bahan komposit yang dilakukan di Balai Besar Bahan Dan Barang Teknik (B4T) Bandung – Jawa Barat pada tanggal 30 Januari 2014.



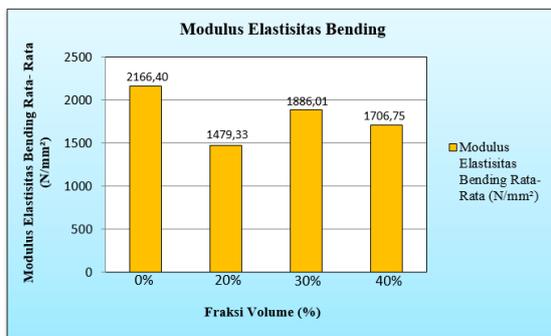
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Kekuatan Bending Komposit dengan Fraksi Volume 0%, 20%, 30% dan 40%



Gambar 4.6. Grafik Hubungan Kekuatan Bending Komposit Rata-Rata Dengan Fraksi Volume 0%, 20%, 30% dan 40%



Gambar 4.7. Grafik Hubungan Modulus Elastisitas Bending Komposit dengan Fraksi Volume 0%, 20%, 30% dan 40%



Gambar 4.8. Grafik Hubungan Modulus Elastisitas Bending Komposit Rata-Rata dengan Fraksi Volume 0%, 20%, 30% dan 40%

4.2. Pembahasan Hasil Uji Kekuatan Bending

Berdasarkan data hasil pengujian kekuatan Bending pada Tabel 4.1. dapat diketahui nilai optimal rata-rata kekuatan bending dan modulus elastisitas dari spesimen komposit serat sabut kelapa-*polyester* yang berbeda sesuai dengan variasi fraksi volume seratnya. Dari data hasil pengujian bahan komposit yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa harga optimal dari bahan komposit yang saya buat rata-rata kekuatan bending komposit tertinggi terdapat pada fraksi volume 30% serat dan 70% resin dengan harga sebesar 29,00 N/mm². Dan kekuatan bending terendah terdapat pada fraksi volume 0% serat dan 100% resin dengan harga sebesar 13,76 N/mm² (Gambar 4.6).

Harga kekuatan bending komposit serat sabut kelapa meningkat dari harga kekuatan bending komposit 0% serat dan 100% resin dengan harga 13,76 N/mm², komposit 20% serat dan 80% resin dengan harga 18,99 N/mm², hingga mencapai nilai kekuatan optimal pada komposit 30% serat dan 70% resin dengan harga 29,00 N/mm² dan penambahan fraksi volume serat sabut kelapa lebih dari 30% volume serat sudah mengalami penurunan seperti yang terjadi pada fraksi volume 40% serat dan 60% resin dengan harga 24,77 N/mm². Dikarenakan pada spesimen dengan fraksi volume 40% serat dan 60% resin banyak terdapat ruang kosong yang belum terisi oleh serat, disebabkan karena pada saat penuangan bahan campuran pada cetakan spesimen, serat mengalami pergeseran oleh karena itu posisi serat tidak merata dan jumlah tumpukan seratnya juga lebih sedikit. Sehingga dalam menahan beban yang diberikan oleh matriks kekuatan bending dari spesimen tersebut akan menurun. Dilihat dari bentuk patahan setelah dilakukan pengujian spesimen terlihat lebih getas dikarenakan kurangnya serat yang tidak merata dan banyak timbulnya *void* akibat banyaknya udara yang terjebak sewaktu pencetakan spesimen komposit.

Sedangkan pada fraksi volume 30% serat dan 70% resin merupakan fraksi volume yang memiliki kekuatan bending komposit berpuang serat sabut kelapa yang efektif dan terbaik. Ini dikarenakan jumlah tumpukan seratnya lebih banyak dan distribusi dari seratnya pun sangat merata sehingga lebih mampu dalam menahan beban. Dilihat dari bentuk patahannya terlihat adanya serat ini

menandakan kekuatan dan elastisitas dalam menahan beban lebih tinggi, dan bentuk spesimennya kelihatan lebih ulet dan padat.

Namun pada fraksi volume 20% serat dan 80% resin disini terjadi penurunan kekuatan bending. Ini dikarenakan sedikitnya serat yang digunakan dalam menahan beban yang diberikan oleh matriks sehingga kemampuan dari jumlah serat akan menurun dikarenakan serat yang digunakan sangat sedikit. Ini berarti menandakan bahwa kekuatan bending dari spesimen komposit dengan fraksi volume 20% dalam menahan beban lebih rendah dibandingkan dengan spesimen komposit pada fraksi volume yang lebih besar.

Pada bahan komposit beban tidak langsung dikenakan pada serat, tetapi pada matriks lalu terjadi transfer pada serat melalui bidang antar-muka (*interface*). Bidang antar-muka ini berfungsi mentransmisikan beban dari matriks ke serat yang memberikan kontribusi terbesar pada kekuatan bahan komposit. Untuk memberikan kontribusi terhadap kekuatan komposit, serat harus terikat kuat pada matriks. Bahan komposit dengan bidang antar muka yang lemah, mempunyai kekuatan yang relatif rendah tetapi memiliki ketahanan yang tinggi terhadap perpatahannya. Sebaliknya bahan komposit dengan bidang antar muka yang kuat, mempunyai kekuatan yang tinggi namun ketahanan terhadap perpatahannya rendah.

Terjadinya penurunan kekuatan bahan komposit disebabkan oleh interaksi antara matriks dengan serat lemah, sehingga beban yang dikenakan pada matriks tidak terjadi transfer dengan baik pada serat yang akhirnya membuat bahan komposit menjadi kurang kuat terhadap pembebanan. Semakin banyak serat yang ditambahkan maka kemampuan matriks untuk mengikat serat tersebut makin berkurang, mengakibatkan kekuatan bahan semakin turun. Bila interaksi antara matriks dengan serat kuat, maka beban yang dikenakan pada matriks pun dapat terjadi transfer dengan baik pada serat sehingga membuat bahan komposit menjadi kuat terhadap pembebanan.

4.3 Pembahasan Hasil Uji Modulus Elastisitas Bending

Berdasarkan data hasil pengujian modulus elastisitas (keteguhan lentur) bending komposit. Harga optimal modulus elastisitas bending dari bahan komposit yang saya buat, harga optimalnya terdapat pada fraksi volume 0% serat dan 100% resin yaitu dengan harga sebesar

2166,40 N/mm². Namun jika diberi bahan penguat (*reinforced*) yaitu serat sabut kelapa dengan fraksi volume 30% serat dan 70% resin didapat harga optimal modulus elastisitas bendingnya yaitu dengan harga sebesar 1886,01 N/mm², dan harga modulus elastisitas bending terendahnya terdapat pada fraksi volume 20% serat dan 80% resin yaitu dengan harga sebesar 1479,33 N/mm² (Gambar 4.8).

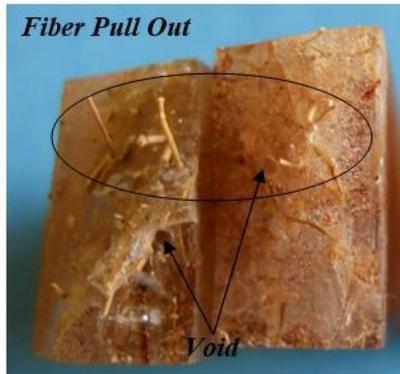
Harga modulus elastisitas bending komposit serat sabut kelapa naik turun dari harga modulus elastisitas bending komposit 0% serat dan 100% resin dengan harga 2166,40 N/mm², komposit 20% serat dan 80% resin dengan harga 1479,33 N/mm², hingga mencapai harga modulus elastisitas optimal pada komposit 30% serat dan 70% resin dengan harga 1886,01 N/mm² dan pada komposit 40% serat dan 60% resin dengan harga 1706,75 N/mm². Harga modulus elastisitas ini apabila dibandingkan dengan penelitian yang lain seperti yang dilakukan oleh (Jonathan Oroh dkk, 2013) masih relatif lebih rendah.

4.4. Pengamatan Permukaan Hasil Patahan Material Komposit

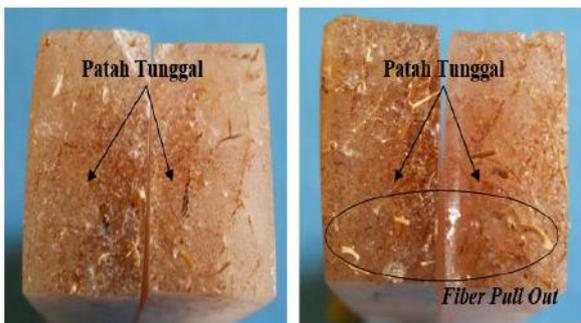
Pengamatan penampang hasil patahan uji bending komposit dilakukan pada bentuk patahan spesimen uji. Berikut ini adalah gambar patahan hasil pengujian bending. Komposit yang diperkuat serat sabut kelapa dengan dilakukannya perlakuan alkali (dengan perendaman 5% NaOH) selama 60 menit, hasil patahan material komposit yang saya buat menunjukkan adanya serat yang tertarik keluar (*fiber pull out*) yang menunjukkan rendahnya *mechanical bonding* antara serat dengan matriks serta timbulnya *void* dan juga dengan dilakukannya perlakuan alkali serat selama 60 menit menunjukkan adanya patahan jenis tunggal dan banyak (*splitting in multiple area*).



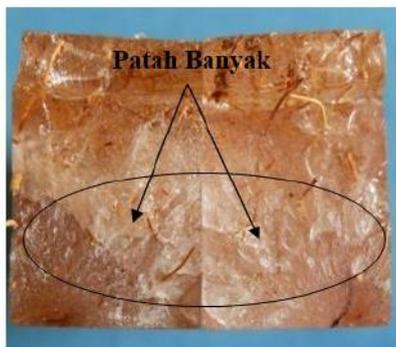
Gambar 4.9. Hasil Patahan Spesimen Uji Bending Komposit dengan Variasi Fraksi Volume 0%, 20%, 30% dan 40%



Gambar 4.10. Hasil Penampang Patahan Komposit yang Mengalami Void dan Fiber Pull Out



Gambar 4.11. Hasil Penampang Patahan Komposit Jenis Patahan Tunggal



Gambar 4.12. Hasil Penampang Patahan Komposit Jenis Patahan Banyak

4.5. Perbandingan dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Penelitian pengaruh fraksi volume serat sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti dengan dengan berbagai jenis serat alam. Seperti yang dilakukan oleh **Arif (2008)** telah meneliti pengaruh fraksi volume serat kelapa pada komposit matriks *polyester* terhadap kekuatan tarik, impact dan bending dengan mempersiapkan serat kelapa dengan panjang 10 cm. Serat kelapa dengan panjang 10 cm dicampur dengan

matriks *polyester* dengan variasi fraksi volume serat sebesar 5%, 10%, 20% dan 30%. Dari hasil pengujian didapatkan kekuatan mekanik terbaik *tensile strength* 3,63 kg/mm² pada komposit dengan fraksi volume 30%, modulus elastisitas 40,33 kg/mm² pada fraksi volume 30%, elongation 0,19 pada fraksi volume 5%, *flexural strength* 3,18 kg/mm² pada fraksi volume 30% dengan ketebalan spesimen 7 mm, *flexural modulus* 118,18 kg/mm² pada fraksi volume 30% dan *impact strength* 2,61 J/mm² pada komposit dengan fraksi volume 30%.

Penelitian yang dilakukan oleh **Jonathan Oroh dkk (2013)** telah menganalisa sifat mekanik material komposit dari serat sabut kelapa terhadap kekuatan bending dan perlakuan alkali (NaOH 5%) selama 2 jam. Serat sabut kelapa dipotong-potong dengan panjang 1 cm, kemudian direndam menggunakan larutan alkali selama 2 jam, serat dicampur dengan matriks *polyester* dengan variasi fraksi volume serat sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70%. Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan kekuatan bending terbaiknya yaitu dengan nilai 72,58 N/mm² pada komposit dengan fraksi volume serat 30%, kekuatan bending terendahya yaitu dengan nilai 35,45 N/mm² pada komposit dengan fraksi volume serat 70%, modulus elastisitas terbaiknya yaitu dengan nilai 4893,41 N/mm² dengan fraksi volume serat 0% dan 100% resin dan modulus elastisitas terendahya yaitu dengan nilai 1133, 85 N/mm² dengan fraksi volume serat 60%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Komposit *polyester* yang diperkuat dengan serat sabut kelapa dengan fraksi volume serat 30% dan perlakuan alkali (NaOH 5%) selama 60 menit memiliki harga kekuatan bending yang optimal yaitu 29,00 N/mm² pada material komposit yang saya buat.
2. Modulus elastisitas bending komposit *polyester* yang diperkuat dengan serat sabut kelapa dengan fraksi volume serat 30% memiliki harga modulus

- elastisitas bendungnya yaitu 1886,01 N/mm² dan modulus elastisitas bending yang terbaik/optimal terdapat pada fraksi volume 100% resin yaitu dengan harga 2166,40 N/mm².
3. Patahan yang dialami serat sabut kelapa dengan dilakukannya perlakuan alkali (NaOH 5%) selama 60 menit menunjukkan terjadinya patahan jenis tunggal dan patahan jenis banyak (*splitting in multiple area*).
 4. Penambahan katalis (zat pengeras) pada campuran terlalu banyak mengakibatkan komposit menjadi getas/rapuh.

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan guna penyempurnaan penelitian yang sejenis adalah :

1. Perlu percobaan awal yang berulang-ulang dalam melakukan pencampuran antara serat sabut kelapa dengan matriks *polyester* karena perlu adanya keterampilan. Mengingat betapa sulitnya mencampur dengan perbandingan volume tertentu antara bahan padat dengan cair.
2. Sebelum bahan komposit dituang ke dalam cetakan, jangan lupa untuk membersihkan cetakan terlebih dahulu dan mengolesi permukaan cetakan yang sudah disiapkan dengan menggunakan *wax mold release* (kit mobil) atau sejenisnya agar mudah dalam pelepasan spesimen dari cetakan.
3. Gunakan suhu dan lama pengovenan yang optimal pada serat sabut kelapa setelah perendaman larutan alkali (NaOH 5%) selama 60 menit dan spesimen komposit.
4. Pada saat proses pemvakuman pastikan tabung udara tertutup rapat agar udara dari luar tidak masuk, sehingga tidak ada udara yang terjebak pada spesimen komposit.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASTM. D 790-10 *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*. Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials (ASTM).
2. Feldman Dorel. dan Hartomo J. Anton. *Bahan Polimer Konstruksi Bangunan*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1995.
3. Jamasri. *Prospek Pengembangan Komposit Serat Alam di Indonesia*. Prosiding Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar 2008, FT-UGM, Yogyakarta.
4. Rahman Budi Nur, et.al. *Pengaruh Fraksi Volume Serat dan Lama Perendaman Alkali terhadap Kekuatan Impak Komposit Serat Aren-Polyester*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknik. Vol. 14, Mei 2011.
5. Schey A. John. *Proses Manufaktur. Cet III*, Penerbit Andi Offset Yogyakarta, 2009.
6. Subaer. *Pengantar Fisika Geopolimer. Cet I*, Penerbit Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Jakarta, 2008.
7. Sumanto. *Pengetahuan Bahan untuk Mesin dan Listrik. Cet II*, Penerbit Andi Offset Yogyakarta, 2007.
8. Supardi Edih. dan Suratman Rochim. *Pengujian Logam. Cet I*, Penerbit Angkasa Bandung, 1994.
9. Tata Surdia. dan Saito Shinroku. *Pengetahuan Bahan Teknik. Cet I*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1985.