

PENGARUH ARAH SUDUT DAN LAMA PERENDAMAN SERAT RAMI PADA LARUTAN KOH TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN BENDING KOMPOSIT DENGAN MATRIK EPOXY

Mochammad Ainun Rokhim

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: mochammadrokhim16050754016@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfai

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi di bidang kesehatan salah satunya *socket prothesis* harus memiliki ketahanan mekanik yang tinggi seperti beban tarik dan beban *bending* akan mempercepat patahnya komponen ini. Tujuan penelitian ini menggunakan perlakuan lama perendaman terhadap serat rami pada konsentrasi 5% KOH dengan variasi lama perendaman 2, 4, 6 jam pada setiap arah sudut serat ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$), ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) dan ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending* komposit rami. Penelitian ini dilakukan pengujian bending dan tarik. Hasil Penelitian ini didapatkan kekuatan Tarik dan bending pada komposit rami epoxy dengan hasil uji tarik kekuatan terendah pada lama perendaman 2 jam dan arah sudut serat ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) sebesar 11,86MPa kemudian lama perendaman 4 jam dengan arah sudut ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) sebesar 23,95MPa dan kekuatan tertinggi pada lama perendaman 6 jam ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) sebesar 50,03MPa. Selanjutnya hasil uji bending terendah pada lama perendaman 2 jam dan arah sudut serat ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) sebesar 25,92MPa kemudian lama perendaman 4 jam dengan arah sudut ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) sebesar 54,56MPa dan kekuatan tertinggi pada lama perendaman 6 jam ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) sebesar 103,2MPa. Pengaruh lama perendaman serat rami menggunakan larutan KOH memberikan perbedaan hasil kekuatan mekanik, hal ini dibuktikan bahwa semakin lama serat direndam maka semakin banyak lapisan lignin direduksi. Dari data di atas penggunaan arah sudut serat ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$), ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) dan ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) mempengaruhi hasil kekuatan mekanik, hal ini disebabkan saat arah sudut disusun bersilangan antara sudut 0° dan 90° melekat secara langsung memberikan kekuatan mekanik yang lemah daripada di pisah sudutnya.

Kata Kunci: *socket prothesis*, kekuatan tarik, kekuatan *bending*, komposit, serat rami, arah sudut.

Abstract

Technological developments in the health sector, one of which is the prototype socket must have high mechanical resistance, such as tensile loads and bending loads that will accelerate the breakage of these components. The purpose of this study was to use the immersion duration of hemp fiber at a concentration of 5% KOH with a variation of the length of immersion for 2, 4, 6 hours in each direction of the fiber angle ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$), ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) and ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) to the tensile strength and bending strength of the hemp composite. This research was carried out by bending and tensile testing. The results of this study obtained tensile and bending strength in epoxy hemp composites with the lowest tensile strength test results at 2 hours of immersion and the angular direction of the fiber ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) of 11.86MPa then immersion time 4 hours with the angle direction ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) amounted to 23.95MPa and the highest strength at 6 hours immersion time ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) was 50.03MPa. Furthermore, the results of the lowest bending test at 2 hours of immersion time and the direction of the fiber angle ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) of 25.92MPa then the duration of immersion for 4 hours with an angular direction ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) of 54.56MPa and the highest strength for 6 hours of immersion ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) at 103.2MPa. The effect of the duration of immersion of hemp fibers using KOH solution gives a difference in the results of mechanical strength, this is proven that the longer the fiber is soaked, the more lignin layers are reduced. From the data above the use of fiber angular direction ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$), ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) and ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) affects the results of mechanical strength, this is due to the Angles arranged crosswise between the 0° and 90° angles are directly attached to provide weaker mechanical strength than those at the angle separation.

Keywords: *bending strenght, composite, fiber rami, prothesis, tensile streghth, angular direction*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang peralatan kesehatan yang pesat didukung oleh beberapa komponen atau peralatan yang canggih namun memiliki ketahanan yang kuat, ringan dan aman digunakan. Salah satu komponen pembangunnya yaitu dari bahan pembentuk dan Teknik pembuatannya. Sebagai contoh bahan yang digunakan adalah karet. Dimana bahan tersebut sering digunakan untuk bahan baku produksi anggota tubuh duplikat. Salah satu contohnya adalah kaki palsu yang diperkenalkan oleh Blatchford pada tahun 1980 (Suhendra, 2012). namun untuk penggunaan yang lama bahan dasar karet mudah berubah bentuk. Bahan untuk membuat kaki palsu diharapkan memberikan sifat yang rigid dan tetap mempertahankan fungsional kaki palsu.

Prosthesis adalah alat bantu kesehatan buatan yang difungsikan sebagai pengganti kaki asli manusia yang hilang atau cacat. Dalam pengoperasiannya Kaki palsu sering digunakan oleh atlet lari dalam artian memiliki kekurangan. oleh sebab itu *prosthesis* harus menyediakan kestabilan yang dan juga memiliki keuletan tinggi saat kontak dengan tumit sehingga membutuhkan komposisi struktur yang dapat meminimalisir factor kelelahan. Pada tumpuan kaki palsu/soket *Prosthesis* yang terlentak pada tumit akan mengalami mulur dan putus diakibatkan massa dari atlet pelari dan juga gerakan yang *extreme* pada aktivitas dinamis, sehingga akan mempengaruhi kekuatan dari tumpuan dari kaki palsu tersebut dan akhirnya terjadi retak dan patah, terutama beban tarik dan beban *bending* akan mempercepat patahnya komponen ini (Agustinus, 2011).

Material komposit, yakni gabungan antara matrik dan *reinforce* dimana matrik sebagai pengikat dan *reinforce* sebagai penguat. bahan komposit yang sering digunakan adalah serat sintetis seperti *fiberglass*, serat *carbon* dan serat *nyglass* sebagai *reinforce* kemudian epoxy sebagai pengikatnya. Penggunaan matrik epoxy dalam komposit lebih unggul dari pada matrik lain dalam kekuatan tarik (Nugroho, 2017). Karena serat yang digunakan adalah jenis sintetis biasanya pada saat digabungkan dengan matrik ketika kering serat tersebut menjadi tajam. maka peneliti mencoba menggunakan serat rami yang tergolong serat alam dimana lebih lunak namun tetap kuat. Serat rami memiliki beberapa keunggulan dibandingkan serat kayu lain dalam kekuatan tarik dan kekuatan *bending* (Najib, 2010). Sifat ini diperlukan pada pembuatan *prosthesis* untuk meminimalisir terjadinya putus akibat penyangga yang menahan tumit atlet dan mulurnya *prosthesis*.

Serat rami memiliki lapisan *lignin* pada permukaannya di yang mengakibatkan lemahnya ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal. Dalam penelitian yang

dilakukan Purboputro (2017) dimana serat alam diberi perlakuan NaOH dengan lama perendaman ini menghasilkan semakin lama perendamannya, maka modulus elastisitasnya semakin meningkat. Namun larutan NaOH memiliki pH yang lebih tinggi dibanding pH larutan KOH dimana menyebabkan seluruh serat pada komposit rapuh atau mudah putus (Nuris, 2018). Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Robiandi (2018) pemakaian volume serat rami di antara 30%-40% pada komposit dengan matrik *epoxy* lebih tinggi kekuatan mekanisnya. Kekuatan mekanis komposit dalam penggunaan *Prothesis* sering berkaitan dengan beban *axial* dan beban *transversal* oleh karenanya pada komponen *reinforced* dilakukan variasi pada arah sudut serat yakni arah 90° untuk meminimalisir beban axial, arah 0° untuk beban transversal dan arah 45° untuk beban dinamis. Dalam penelitian Mario (2017) disebutkan bahwa komposit yang memiliki tiga lapisan dalam satu specimen lebih maksimal kekuatan tariknya daripada satu lapis maupun dua lapis. Dalam penelitian Hidayat (2018) menghasilkan data bahwa metode *vacuum infusion* memiliki ketahanan yang lebih baik dan juga lebih ringan dibandingkan dengan *hand lay-up*.

Dari permasalahan tersebut, peneliti ingin mengetahui adanya pengaruh lama perendaman dan juga arah sudut laminasi serat rami pada larutan KOH terhadap kekuatan *bending* dan kekuatan tarik agar dapat memberikan informasi apakah perlakuan KOH lebih baik daripada alkalia. Analisis terhadap kekuatan tarik komposit dengan mengembangkan lama perendaman serat rami pada larutan KOH dan arah sudut serat serat untuk mengetahui kekuatan maksimal komposit menahan gaya yang diberikan.

METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang menitik beratkan pada pengukuran dan analisis hubungan sebab-akibat antara bermacam-macam variabel, untuk menguji satu teori, untuk menyajikan suatu fakta atau mendeskripsikan statistik, untuk menunjukkan hubungan antar variabel, menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui. Dalam penelitian kuantitatif terbagi lagi menjadi penelitian eksperimen, deskriptif korelasional, evaluasi, dan lain sebagainya. Pendekatan penelitian yang dipakai dalam pelaksanaan penelitian ini adalah pendekatan penelitian eksperimen.

penelitian eksperimen (*experimental research*) ini yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh arah serat dan lama waktu perendaman KOH pada komposit rami melalui proses *vacuum bag* terhadap kekuatan tarik dan

Bending. Sehingga diharapkan dapat di bandingkan kekuatan *socket prothesis* utuh yang telah mengalami rekondisi pada ukuran specimen. eMPat dan Waktu Penelitian

• **TeMPat Penelitian**

Penelitian dilakukan di Bengkel Garnesa Universitas Negeri Surabaya untuk pembuatan spesimen dan pengujian spesimen dilaksanakan di laboratorium manufaktur Politeknik Negeri Malang.

• **Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan setelah proposal disetujui, memerlukan waktu antara bulan Juli – Oktober 2020 untuk waktu pelaksanaannya.

Variabel Penelitian

Variable penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah:

• **Variabel Bebas**

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah perlakuan waktu perendaman serat dengan lama 2 jam, 4 jam, 6 jam dan arah sudut serat (0°/45°/90°), (45°/0°/90°), (45°/90°/0°).

• **Variabel Terikat**

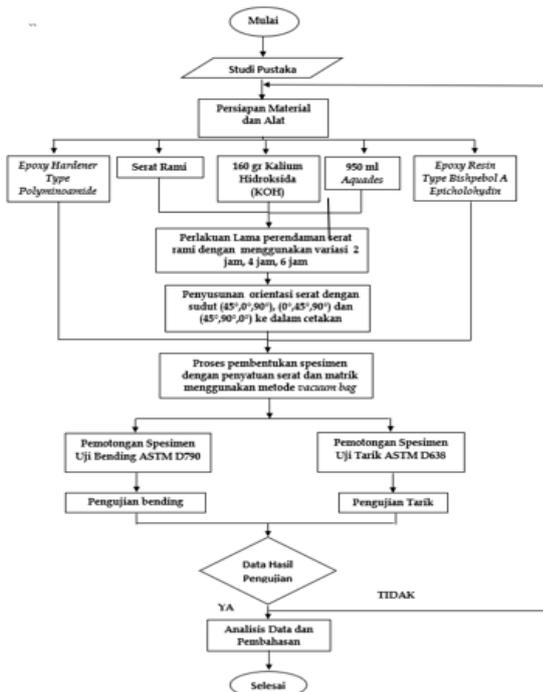
Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah nilai kekuatan tarik dan bending.

• **Variabel Kontrol**

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrasi kalium hidroksida .

Rancangan Penelitian

Tahap penelitian dilakukan seperti *flowchart* dibawah ini:



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Perhitungan Konsentrasi KOH

Larutan KOH yang digunakan sebanyak 1 liter untuk 3 variasi media lama perendaman serat rami menggunakan campuran dari 95% *aquades* dan 5% KOH. Berikut ini adalah perhitungan 95% *aquades* dan 5% KOH dalam 1 liter larutan.

Diketahui:

- Densitas KOH = 2,12 gr/ml
- Densitas *Aquadesh* = 1 gr/ml
- Volume Larutan Total = 1 liter atau 1000ml
- Konsentrasi pelarut = Volume pelarut / Volume total
- 95% = Volume pelarut / 1000ml
- Volume pelarut = 1000 ml x 95% = 950ml
- Konsentrasi terlarut = Volume terlarut / Volume total
- 5% = Volume terlarut / 1000ml
- Volume terlarut = 1000ml x 5% = 5ml
- Massa pelarut menggunakan KOH berbentuk padat, maka massa KOH adalah:
- Massa = Densitas x Volume
- Massa = 2,12 gr/ml x 50ml
- Massa = 2,12 gr/ml x 50ml
- Massa = 106gram KOH padat yang akan dilarutkan dalam 950ml *aquadesh*.

Perhitungan Fraksi Volume

Dalam pembuatan komposit membutuhkan komposisi yang tepat. Maka diperlukan adanya perhitungan komposisi komposit berdasarkan perhitungan volume komposit terhadap volume cetakan komposit.

Spesimen dengan Fraksi Volume Serat 35%, Epoxy 48,75%, *Hardener* 16,25%.

Diketahui:

- Densitas Serat Rami = 1,5 gr/cm³
- Densitas Resin *Epoxy* = 1,16 gr/cm³
- Densitas *Hardener* = 0,97 gr/cm³
- Dimensi Cetakan P_m= 300mm, L_m= 50mm ,T_m= 6mm
- = 90 cm³
- Volume 3 arah Serat = $\frac{35}{100} \times 90 \text{ cm}^3$
- = 31,5 cm³
- Massa 3 arah Serat = Volume Serat x Densitas
- = 31,5 cm³ x 1,5 gr/cm³
- = 47,25 gr/ 15,75 gr per arah

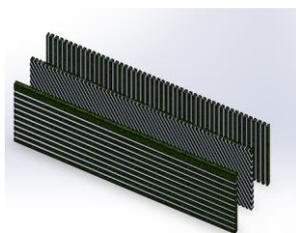
serat

Untuk menghitung kebutuhan resin yang di gunakan dapat menggunakan perhitungan berikut:

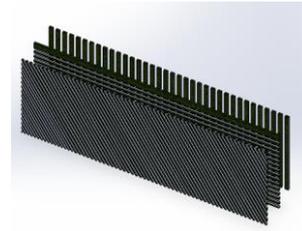
Volume Epoxy = 48,75% x Volume cetakan
 = 48,75% x 90 cm³
 = 43,87 cm³
 Massa Epoxy = 43,87 cm³ x 1,16 gr/cm³
 = 50,88 gr
 Volume Hardener = 16,25% x Volume Cetakan
 = 16,25% x 90 cm³
 = 14,62 cm³
 Massa Hardener = 14,62 cm³ x 0,97 gr/cm³
 = 14,18 gr

Proses Pembuatan Spesimen

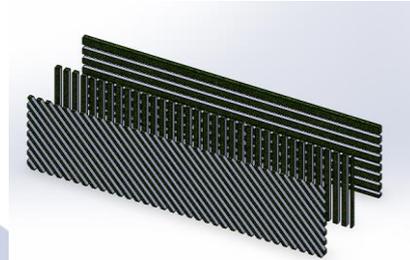
- Pembuatan larutan KOH dengan mencampur 950 ml aquades dan 106gram KOH pada ember.
- Perendaman serat rami dengan KOH diletakan pada 3 ember dengan lama perendaman yang berbeda.
- Meniriskan atau mengeringkan serat rami dengan di jemur.
- Alas cetakan dan penutup dibersihkan dari kotoran.
- Selanjutnya seluruh alas cetak dan penutup diolesi wax agar tidak lengket dengan cetakan.
- Serat ditimbang dengan jumlah sesuai dengan fraksi volumenya terhadap cetakan.
- Memposisikan dan menumpuk 3 variasi arah sudut serat dalam satu cetakan
- Matrik dan hardener juga diukur sesuai jumlah fraksi volumenya terhadap cetakan.
- Mengaduk matrik dan hardener hingga tercampur secara merata
- Membungkus molding dengan peel ply, infusion mesh, dan vacuum film.
- Menyambungkan selang popaa vacuum pada Reservoir kemudian molding dan menyambung selang molding pada matrik.
- Menyalakan vacuum dan hingga matrik terdistribusi secara merata pada molding.
- Spesimen yang telah selesai di vacuum kemudian dilepas dari molding kemudian dipotong sesuai standar uji Tarik ASTM D 638-03 dan uji bending ASTM D709-02.
- Spesimen komposit yang telah di potong sesuai ukuran siap untuk dilakukan pengujian tarik dan bending



Gambar 2. Susunan Arah Sudut Serat 0°/45°/90°



Gambar 3. Susunan Arah Sudut Serat 45°/0°/90°



Gambar 3. Susunan Arah Sudut Serat 45°/90°/0°

Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas pada specimen prothesis dengan cara menarik spesimen sampai putus. Pengujian ini dilakukan dengan mendekati kondisi sebenarnya dimana beban tarik ini terjadi pada area sekitar socket lutut dan kaki palsu. Rumus dari tegangan tarik ialah :

$$\sigma = F/A$$

Dimana :

σ = Tegangan tarik (MPa)

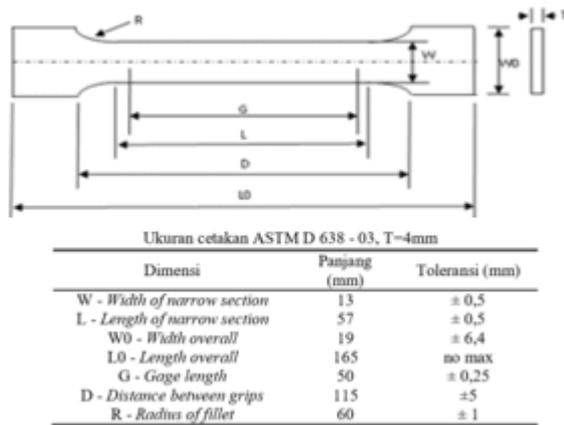
F = Beban yang diberikan dalam arah tegak lurus terhadap penampang spesimen (N)

A= Luas penampang spesimen diberikan pembebanan (mm²) nilai dari regangan adalah akumulasi jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (gage length).



Gambar 4. Kondisi Beban Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan standar ASTM D 638-03



Gambar 5. Spesimen Uji Tarik

Pengujian Bending

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui seberapa tangguh komposit rami pada peng-aplikasian *prothesis* terhadap beban dari atlet lari yang terfokus pada lutut yang di amputasi. Dalam kondisi ini *specimen prothesis* di harapkan dapat menumpu pembebanan secara terus-menerus pada pada satu titik tengah hingga *specimen prothesis* mengalami perubahan bentuk dan pada akhirnya patah. Spesimen pengujian bending dibuat dengan ASTM D709-02 yang mempunyai dimensi panjang, lebar, dan ketebalan masing-masing 80 mm, 16 mm, dan 4mm dengan toleransi disetiap dimenisnya sebesar ± 1 mm.



Gambar 6. Spesimen Uji Bending

Nilai kekuatan *bending* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{3 F L}{2 b d^2}$$

Dimana :

σ_b = Kekuatan *bending* (N/mm² = MPa)

F = Beban (N)

L = Panjang spesimen (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

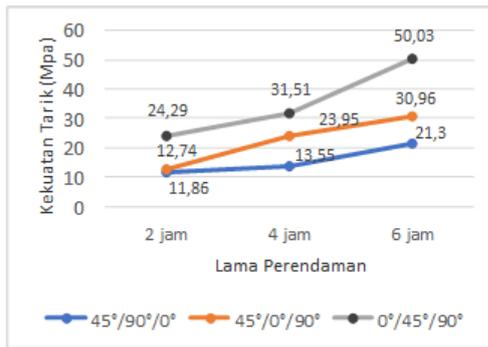
Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik

Lama Perendaman	Sunsunan Arah Sudut Serat	Spesimen	Hasil Uji Tarik (MPa)
2 Jam	0°/45°/90°	1	24,60

Lama Perendaman	Sunsunan Arah Sudut Serat	Spesimen	Hasil Uji Tarik (MPa)
2 Jam	0°/45°/90°	2	24,49
		3	23,78
		Rata-rata	24,29
	45°/0°/90°	1	13,49
		2	11,79
		3	12,92
		Rata-rata	12,74
	45°/90°/0°	1	12,58
		2	11,91
		3	11,08
		Rata-rata	11,86
	4 Jam	0°/45°/90°	1
2			32,83
3			31,20
Rata-rata			31,51
45°/0°/90°		1	22,01
		2	23,68
		3	26,15
		Rata-rata	23,95
45°/90°/0°		1	14,47
		2	12,89
		3	13,30
		Rata-rata	13,55
6 Jam	0°/45°/90°	1	50,03
		2	51,97
		3	49,07
		Rata-rata	50,36
	45°/0°/90°	1	32,41
		2	29,28
		3	31,19
		Rata-rata	30,96
	45°/90°/0°	1	21,71
		2	20,82
		3	21,39
		Rata-rata	21,30

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali setiap variabel perlakuan serat, sehingga dilakukan tiga kali perhitungan. Berdasarkan data diatas maka dapat dianalisa data dari masing-masing variasi.

- Analisa Pengaruh Variasi Arah Sudut dan Lama Perendaman Serat Terhadap Kekuatan Tarik KOH Terhadap Kekuatan Tarik



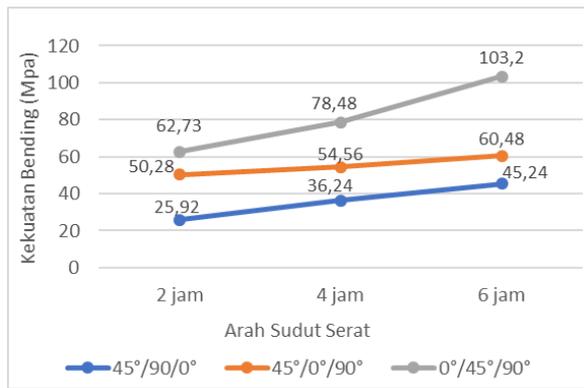
Gambar 4. Grafik Hubungan Lama Perendaman dan Arah Sudut Serat terhadap Kekuatan Tarik

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hubungan antara lama perendaman dan arah sudut serat terhadap nilai kekuatan tarik, dimana semakin lama perendaman, maka semakin tinggi pula nilai kekuatan tariknya yang dapat dibuktikan pada variasi arah sudut serat ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$), ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) dan ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) masing-masing yang terkecil dengan lama perendaman 2 jam dengan arah sudut serat ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) sebesar 11,85 MPa kemudian sudut serat ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) sebesar 12,74 MPa dan arah sudut serat ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) sebesar 24,29 MPa. Hasil serupa di berikan pada lama perendaman 4 jam dengan arah sudut serat ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) sebesar 13,55 MPa ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) sebesar 23,95 MPa dan arah sudut ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) sebesar 31,51 MPa. Kemudian kekuatan tarik tertinggi pada lama perendaman 6 jam dengan arah sudut pada arah sudut ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) sebesar 21,30 MPa dengan arah sudut ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) sebesar 30,96 MPa, dan arah sudut serat ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) sebesar 50,03 MPa. Peningkatan nilai kekuatan tarik yang diiringi dengan bertambahnya lama perendaman serat hal ini disebabkan lapisan lignin yang terdapat pada kulit penguat (*reinforce*) pada serat rami direduksi dengan signifikan sebanding dengan waktu perendaman yang lama dengan begitu meningkatkan ikatan interface antar serat dan matrik yang baik dan membuat kekuatan mekanisnya semakin tinggi karena pada spesimen komposit, penguat merupakan susunan makroskopis yang menopang sebagian besar beban (*load*) yang diterima oleh material. Pada penelitian Yusuf menjelaskan bahwa variasi arah sudut serat 0/0/0 lebih tinggi daripada arah sudut serat 0/90/0/90. Hal ini disebabkan ikatan yang tidak sempurna pada penggabungan arah sudut 90° dan 0° yang disusun secara bersilang membuat Material komposit saat dikenai beban tarik mudah putus karena *fiber pull out* material yang kekuatannya dipengaruhi oleh arah seratnya (orthotropik).

Tabel 2. Hasil Pengujian Bending

Lama Perendaman	Susunan Arah Sudut Serat	Spesimen	Hasil Uji Bending (MPa)
2 Jam	$0^\circ/45^\circ/90^\circ$	1	62,4
		2	62,88
		3	62,928
		Rata-rata	62,73
	$45^\circ/0^\circ/90^\circ$	1	50,4
		2	50,544
		3	49,92
		Rata-rata	50,28
	$45^\circ/90^\circ/0^\circ$	1	25,44
		2	26,4
		3	25,92
		Rata-rata	25,92
4 Jam	$0^\circ/45^\circ/90^\circ$	1	78,72
		2	78,48
		3	78,24
		Rata-rata	78,48
	$45^\circ/0^\circ/90^\circ$	1	55,2
		2	54,72
		3	53,76
		Rata-rata	54,56
	$45^\circ/90^\circ/0^\circ$	1	36,48
		2	36,24
		3	36,00
		Rata-rata	36,24
6 Jam	$0^\circ/45^\circ/90^\circ$	1	102,72
		2	103,68
		3	103,2
		Rata-rata	103,20
	$45^\circ/0^\circ/90^\circ$	1	60,96
		2	60,00
		3	60,48
		Rata-rata	60,48
	$45^\circ/90^\circ/0^\circ$	1	45,55
		2	45,12
		3	45,6
		Rata-rata	45,42

- Analisa Pengaruh Variasi Arah Sudut dan Lama Perendaman Serat Terhadap Kekuatan Tarik KOH Terhadap Kekuatan Bending



Gambar 5. Grafik Hubungan Lama Perendaman dan Arah Sudut Serat terhadap Kekuatan Bending

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hubungan antara lama perendaman dan arah sudut serat terhadap nilai kekuatan bending, dimana semakin lama perendaman, maka semakin tinggi pula nilai kekuatan bendingnya yang dapat dibuktikan pada variasi arah sudut serat ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$), ($45^\circ/0^\circ/90^\circ$) dan ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) masing-masing yang terkecil dengan lama perendaman 2 jam dengan arah sudut serat ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) sebesar 25,92 MPa kemudian sudut serat ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) sebesar 50,28 MPa dan arah sudut serat ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) sebesar 62,73 MPa. Hasil serupa di berikan pada lama perendaman 4 jam dengan arah sudut serat ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) sebesar 36,24 MPa ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) sebesar 54,56 MPa dan arah sudut ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) sebesar 78,48 MPa. Kemudian kekuatan bending tertinggi pada lama perendaman 6 jam dengan arah sudut pada arah sudut ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) sebesar 45,42 MPa dengan arah sudut ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) sebesar 60,48 MPa, dan arah sudut serat ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) sebesar 103,20 MPa. Peningkatan nilai kekuatan bending yang diiringi dengan bertambahnya lama perendaman serat hal ini disebabkan lapisan lignin yang terdapat pada kulit penguat (*reinforce*) padaserat rami direduksi dengan signifikan sebanding dengan waktu perendaman yang lama dengan begitu meningkatkan ikatan interface antar serat dan matrik yang baik dan membuat kekuatan mekanisnya semakin tinggi karena pada spesimen komposit, penguat merupakan susunan makroskopis yang menopang sebagian besar beban (*load*) yang diterima oleh material.

Pada gambar grafik di atas juga dapat dilihat hubungan antara arah sudut serat dengan nilai kekuatan bending, dimana susunan sudut serat ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) pada lama perendaman 2 jam sebesar 25,92 MPa, kemudian disusul dengan lama perendaman 4 jam sebesar 36,24 MPa dan tertinggi dengan lama perendaman 6 jam sebesar 45,24 MPa. Hasil serupa didapat pada arah sudut serat susunan ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) pada lama perendaman 2 jam sebesar 50,28 MPa, kemudian disusul dengan lama perendaman 4 jam sebesar 54,56 MPa dan tertinggi dengan lama perendaman 6 jam sebesar 60,48 MPa. Dan hasil serupa

didapat pada arah sudut serat susunan tertinggi yakni ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) pada lama perendaman 2 jam sebesar 60,73 MPa, kemudian disusul dengan lama perendaman 4 jam sebesar 74,48 MPa dan tertinggi dengan lama perendaman 6 jam sebesar 103,20 MPa.

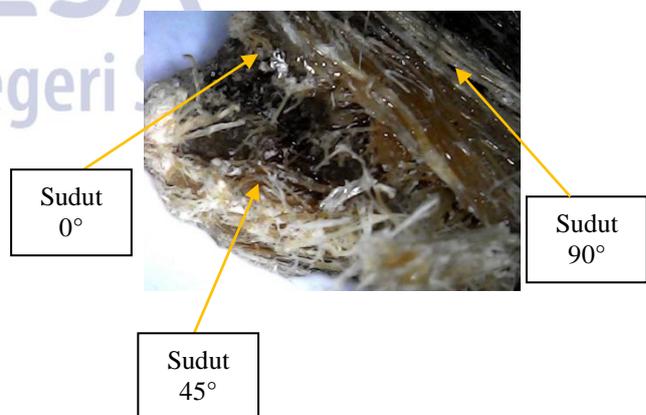
Pengujian bending (*flexural load*) merupakan pengujian dengan beban bertahap yang akan dapat mengetahui nilai kuat lentur spesimen (MPa) hingga titik maksimal sebelum mengalami kegagalan, tentu saja susunan konstruksi material dalam spesimen bending sangat berpengaruh terhadap tinggi rendahnya kekuatan bending. Pembebanan diberikan pada sudut pertama yaitu 0° pada sudut ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$), 45° pada sudut ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) dan 45° pada sudut ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$) susunan makroskopis dalam material memiliki kuat bending (MPa) yang lebih tinggi daripada arah serat 45° dan 90° karena pada kedua arah tersebut (45° dan 90°) matriks (resin) lebih banyak mengalami pembebanan disebabkan oleh rongga jarak antar serat penguat, sedangkan pada arah serat 0° pada sudut susunan serat ($0^\circ/45^\circ/90^\circ$) memanjang dari kiri kekanan sehingga membuat pembebanan secara berimbang diterima oleh serat penguat dan resin sebagai matriks.

Analisa Kegagalan Hasil Uji Tarik

Dari hasil pengujian tarik dan bending selain, patahan spesimen digunakan untuk menganalisa hasil pengujian spesimen, dimana dari hasil analisa menggunakan foto makro memperlihatkan hasil patahan. Jenis kegagalan dapat memberikan informasi bagaimana pengaruh arah sudut serat komposit rami.



Gambar 6. Foto Makro Patahan Spesimen Uji Tarik Rami



Gambar 7. Foto Mikro Patahan Spesimen Uji Tarik Rami

Pada spesimen arah serat uji tarik dapat dilihat bahwa patahan yang terjadi membentuk sudut yang sesuai

dengan sudut pembebanan terhadap arah sudut serat. Bentuk patahan yang terjadi pada arah sudut 45° dan 90° adalah searah dengan sudutnya, hal ini disebabkan oleh pembebanan yang signifikan terdistribusi pada matrik saja sehingga tidak mampu menahan gaya geser yang terjadi sehingga mengalami *fiber pull out*. Bentuk patahan pada spesimen arah sudut serat 0° terlihat terdistribusi ke sekitarnya dimana patahannya mengikuti arah sudut 90° dan sudut 45° yang paling lemah menerima beban geser. Namun pada saat sudut 0° dan 90° disusun secara berhadapan menyebabkan kekuatan tarik komposit menurun dimana penyebaran pembebanan tidak direduksi secara bertahap ini terjadi pada spesimen dengan variasi arah sudut ($45^\circ/90^\circ/0^\circ$).

Analisa Kegagalan Hasil Uji Bending



Gambar 8. Foto Makro Patahan Spesimen Uji Bending

. Pada pengujian bending, spesimen akan mendapatkan gaya tekan di bagian atas dan gaya tarik di bagian bawah, sebagaimana yang telah dijelaskan pada komposit lamina dengan susunan 3 lapis terlihat mekanisme kegagalan secara keseluruhan dari komposit lamina tidak begitu nampak namun mendekati tipe kerusakan berupa *micro buckling*. *micro buckling* disebabkan oleh ikatan yang baik antar lamina penyusun komposit lamina dilihat dari ikatan matrik (epoxy) dengan reinforce (rami). Hal tersebut ditunjukkan dengan bentuk patahan komposit lamina secara rata pada permukaannya dengan tidak adanya serabut-serabut serat. Sehingga sifat matrik yang getas mampu direduksi oleh sifat serat yang kuat dan sifat core polyurethane yang elastis.

Analisa Penerapan

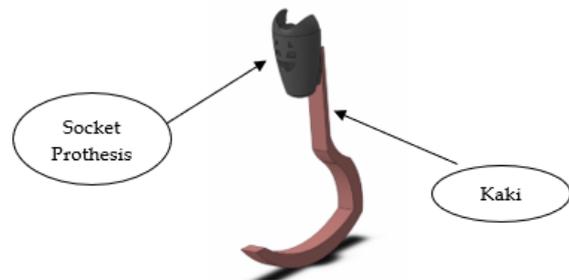
Hasil luaran material dari penelitian ini adalah sebagai penerapan untuk socket prothesis. Socket prothesis adalah komponen utama dari kaki palsu atau *prothesis* dimana dihubungnkan dengan komponen-komponen lain. Konstruksi material socket prothesis yang digunakan harus fleksibel dan kuat agar dapat menahan guncangan, tekanan dan getaran ketika digunakan untuk berjalan. Berikut merupakan beberapa fungsi utama dari *socket prothesis*:

- mampu menahan beban statis maupun dinamis dari tubuh penggunaanya.
- Untuk memberikan kenyamanan ketika digunakan sehingga tidak menyebabkan iritasi

- untuk mengurangi gesekan saat di gunakan pada keadaan dinamis

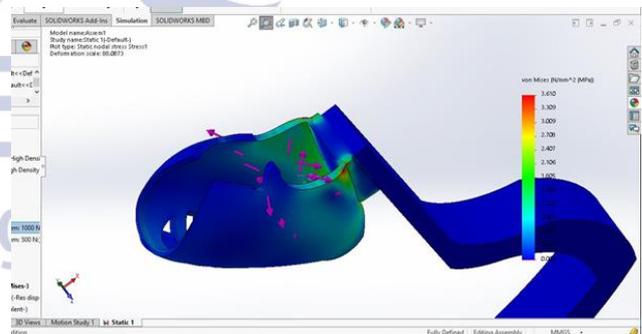
Pengujian dilakukan pada 3 buah kondisi ketika seseorang berjalan, yaitu ketika posisi heel loading, midfoot loading dan forefoot loading. Pengujian ini didasarkan pada ISO 10328 yang menerapkan beberapa sudut dan tumpuan yang berbeda pada pengujian prothesis bawah lutut (Setiadi, 2018).

Pembuatan model 3D dari komponen *socket prothesis* bending menggunakan software CAD Solidwork. Model 3D ini akan di analisis pada Solidwork Simulation.



Gambar 9. Model design Socket Prothesis

Simulasi pembebanan yang diterapkan Berdasarkan 3 kondisi pengujian bagian socket cenderung memiliki tegangan yang sama. menunjukkan tegangan yang terjadi rata-rata sebesar 3,6 MPa. Pada bagian ini tidak bayak mengalami kerusakan akibat tingginya tegangan yang terjadi.



Gambar 10. Simulasi Pembebanan

Perhitungan *safety factor* digunakan untuk menentukan keamanan material yang diteliti untuk aplikasi sebagai *socket prothesis*. *Safety factor* merupakan perbandingan antara kekuatan bahan dan nilai tegangan hitung (simulasi). Suatu material dikatakan aman untuk digunakan apabila nilai perbandingan *safety factor* > 1 . Pada simulasi didapatkan tegangan maksimum sebesar

3,6 MPa dan pada data uji material didapatkan hasil 11,08 MPa, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$S_f = \frac{a \text{ bahan}}{a \text{ simulasi}}$$

$$S_f = \frac{11,08 \text{ Mpa}}{3,6 \text{ Mpa}}$$

$$S_f = 3,07$$

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pengaruh lama perendaman dengan larutan KOH dengan waktu 2 jam, 4 jam, dan 6 jam dengan arah sudut serat rami (0°/45°/90°), (45°/0°/90°) dan (45°/90°/0°). Maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil lama perendaman terbesar terletak pada lama perendaman 6 jam yang memiliki kekuatan tarik dan bending masing-masing 51,97 MPa dan 103,68 MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik dan bending terendah dihasilkan oleh lama perendaman 2 jam dengan hasil kekuatan tarik dan bending masing-masing 11,08 MPa dan 25,44 MPa .
- Hasil arah sudut serat terbesar terletak pada (0°/45°/90°) kekuatan tarik dan bending yakni masing masing sebesar 51,97 MPa dan 103,68 MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik dan bending terendah dengan arah sudut serat (45°/90°/0°) masing masing sebesar 11,86 MPa dan 25,44 MPa hal ini disebabkan karena sudut yang bersilang antara 0° dan 90° dan saling melekat menyebabkan ikatan interfacial menurun antara lapisan serat.
- Lama perendaman serat rami rami pada larutan KOH sangat mempengaruhi kekuatan tarik dan bending ini diakibatkan semakin lama serat direndam pada larutan maka semakin banyak lapisan *lignin* yang hilang dan pengaruh susunan arah sudut yang paling optimal adalah (0°/45°/90°) dikarenakan susunan arah sudut tidak saling tegak lurus dan dipisahkan sudut 45° dimana beban yang diterima dapat terdistribusi bertahap dari sudut 0° yang tertinggi dapat menerima beban kemudian 45° dan yang terakhir paling rendah 90°

Saran

Untuk bisa menghasilkan material komposit yang lebih baik, untuk penulis memberikan saran pada penelitian yang lebih lanjut. Berikut saran yang perlu diperhatikan :

- Pada penelitian ini penggunaan metode vacuum kurang maksimal dalam menjaga serat dengan tekanan vacuum yang konstan karena masih banyak terjadi kebocoran dalam bagingg film. Untuk penelitian selanjutnya dibutuhkan alat pendeteksi kebocoran gas dengan merek dy26a atau sejenisnya.

- Variabel bebas pada penelitian ini adalah pada lama perendaman 2 jam, 4 jam, 6 jam dan arah sudut serat (0°/45°/90°), (45°/0°/90°) dan (45°/90°/0°) sehingga pada penelitian selanjutnya perlu diketahui parameter-parameter lainnya diantaranya adalah temperatur *curing*, kombinasi arah sudut serat yang lain dan tekanan vacuum.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyaMPaikan terima kasih kepada Dr. Soeryanto, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin di Universitas Negeri Surabaya, Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Universitas Surabaya, Mochamad Arif irfai, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing, Prof. Dr. Ir. Hj. Aisyah Endah Palupi, M.Pd. selaku dosen penguji 1, Akhmad Hafizh Ainur Rasyid, S.T., M.T. selaku dosen penguji 2 serta teman-teman lab bahan bakar yang sudah memberikan semangat.

DAFTAR PUSTAKA

- Irawan, Agustinus Purna Dkk. 2011. “*Tensile And Flexural Strength of Ramie Fiber Reinforced Epoxy Composites For Socket Prosthesis Application*”. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Nuris, Mochammad Fadhilah Dkk. 2018. “Modifikasi Sifat Kimia Serbuk Tempurung Kelapa (Stk) Sebagai Matriks Komposit Serat Alam Dengan Perbandingan Alkalisasi Naoh Dan Koh”. Jakarta: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
- Nugroho, Afid. 2019. “Sifat Tarik Komposit Serat Daun Agel Tanpa Perlakuan Kimia Dengan Matrik Polyester Dan Epoxy”. Yogyakarta: Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Negeri Surabaya
- Purboputro, Pramuko Ilmu Dkk. 2017. “Analisis Sifat Tarik Dan IMPak Komposit Serat Rami Dengan Perlakuan Alkali Dalam Waktu 2, 4, 6, Dan 8 Jam Bermatrik Poliester”. Surakarta: Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Robiandi, Fadli. 2018. “Studi Ketahanan Benturan pada Komposit Serat Rami-Epoksi dan Polimer Blend ABSPP untuk Aplikasi Bahan Alternatif Soket Prostesis”. Balikpapan: Jurusan Fisika Institut Teknologi Kalimantan
- Setyanto R, Hari. 2012 “*Review: Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya*”. Surakarta: Jurusan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret
- Setiadi, Ari Dkk. 2018. “Desain Simulasi Dan Pembuatan Model Prthesis Bawah Lutut Berdasarkan

Antropometri Orang Indonesia”. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Widjanarko, Emanuel Mario. 2017. “Karakteristik Kekuatan Komposit Serat Kulit Pohon Sonokeling Dengan Variasi Jumlah Lapisan Serat Pada Matrik Polyester”. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sanata Dharma



UNESA

Universitas Negeri Surabaya