

## OPTIMASI KOMPOSIT SERAT KERSEN KEKUATAN *BENDING* DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

**Deni Hardiansyah Tangahu**

S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [denitangahu@mhs.unesa.ac.id](mailto:denitangahu@mhs.unesa.ac.id)

**Tri Hartutuk Ningsih**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [triningsih@unesa.ac.id](mailto:triningsih@unesa.ac.id)

### Abstrak

Perkembangan dunia industri saat ini semakin berkembang pesat. Perkembangan ini membuat semakin banyak permintaan akan jenis-jenis material baru yang memiliki sifat dan karakteristik sesuai dengan permintaan. Hal ini yang mendorong perubahan penggunaan material logam menjadi material komposit. Penggunaan material komposit seiring berjalannya waktu semakin banyak digunakan karena sifatnya yang dapat dirubah sesuai dengan kebutuhan. Komposit terdiri dari dua bagian utama yaitu matriks dan serat. Penelitian eksperimen ini menggunakan serat alam pohon kersen dan matriks resin *epoxy*. Terdapat 3 variasi dalam penelitian ini. Pertama konsentrasi NaOH 4% dan 5%, kedua lama waktu perendaman NaOH 60 menit dan 90 menit dan ketiga fraksi volume serat kersen 60% dan 70%. Penelitian komposit serat alam pohon kersen ini bertujuan untuk melihat nilai kekuatan *bending* yang dihasilkan dari variasi yang diteliti dipilih. Metode penelitian komposit serat kersen ini menggunakan metode taguchi. Penggunaan metode taguchi dari penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui level faktor yang memiliki pengaruh optimal, menghemat jumlah penelitian yang dilakukan dan mengurutkan level faktor dari yang memiliki pengaruh signifikan sampai yang tidak signifikan pada masing-masing pengujian. Pengujian *bending* pada penelitian ini memiliki urutan level faktor yang signifikan sebagai berikut fraksi volume 70%, Konsentrasi NaOH 5% dan waktu perendaman 60 menit. Penerapan level faktor yang optimal pada pengujian *bending* mengalami kenaikan nilai menjadi 62,38 Mpa sedangkan pada pengujian tanpa metode taguchi nilai yang diraih oleh kekuatan *bending* hanya 53,15 Mpa.

**Kata kunci:** Komposit, Serat Kersen, *Epoxy*, Metode Taguchi, Uji *Bending*

### Abstract

*The development of the industrial world is currently growing rapidly. This development makes more and more demand for new types of materials that have the characteristics and characteristics in accordance with the demand. This is what drives the change in the use of metal materials into composite materials. The use of composite materials over time is increasingly being used because of its nature which can be changed according to needs. Composites can produce better properties and characteristics than the constituent materials. This composite material is considered because of its corrosion-resistant, lightweight, relatively short production time and can compete with other types of material. Composite consists of two main parts, namely matrix and fiber. This experimental research uses the natural fiber of cherry trees and epoxy resin matrix. There are 3 variations in this study. Firstly, NaOH concentrations of 4% and 5%, secondly the length of NaOH immersion 60 minutes and 90 minutes and thirdly the volume fraction of cherry fiber 60% and 70%. The research on the natural fiber composite of this cherry tree aims to see the value of tensile and bending strength resulting from the variations that have been selected. This cherry fiber composite research method uses the Taguchi method. The use of the taguchi method of this study aims to determine the level of factors that have an optimal effect, save the amount of research carried out and sort the level of factors that have significant to non-significant effects on each test. bending testing in this study has a sequence of significant factor levels starting from volume fraction of 70%, 5% NaOH concentration and an immersion time of 60 minutes. Bending testing increased in value to 62.38 MPa while in testing without the Taguchi method the value achieved by bending strength was only 53.15 MPa.*

**Keywords:** Composite, Kersen Fiber, Epoxy, Taguchi Method, Bending Test

### PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri saat ini semakin berkembang pesat. Perkembangan ini membuat semakin banyak permintaan akan jenis-jenis material baru yang memiliki sifat dan karakteristik sesuai dengan permintaan. Penggunaan material logam di industri sangat besar permintaannya, di lain sisi permintaan akan

sifat dan karakteristik yang lebih baik terus bermunculan. Hal ini yang mendorong perubahan penggunaan material logam menjadi material komposit. Penggunaan material komposit seiring berjalannya waktu semakin banyak digunakan karena sifatnya yang dapat dirubah sesuai dengan kebutuhan.

Material komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi suatu bentuk. Komposit dapat menghasilkan sifat dan karakteristik yang lebih baik dari material penyusunnya. Material komposit ini menjadi pertimbangan dikarenakan sifatnya yang tahan terhadap korosi, ringan, waktu produksi yang relatif singkat dan dapat bersaing dengan material jenis lain.

Komposit terdiri dari dua bagian utama yaitu matriks dan serat. Penggunaan serat pada penelitian kali ini, penulis memilih serat alam dari pohon kersen hal ini dikarenakan jumlah pohon kersen yang sangat berlimpah dan minim pemanfaatannya sehingga sangat disayangkan bila tanaman jenis ini hanya menjadi penghias di jalanan saja. Penggunaan serat alam juga memiliki dampak yang baik karena ramah terhadap lingkungan.

Metode pengumpulan data dalam penelitian kali ini, penulis memilih menggunakan metode taguchi. Metode taguchi memiliki kelebihan dalam mengurutkan faktor-faktor mana saja yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan *bending* material komposit serat alam. Metode Taguchi bertujuan menghasilkan suatu sistem yang kokoh (*robust*) terhadap faktor-faktor gangguan. Sistem yang kokoh berarti karakteristik fungsional penentu kualitas produk tidak sensitif terhadap variasi yang disebabkan oleh faktor-faktor gangguan.

Penelitian kali ini bertujuan untuk mengurutkan faktor-faktor mana saja yang berpengaruh dengan optimal di dalam pengujian *bending* komposit serat pohon kersen.

### Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- Bagaimana urutan faktor konsentrasi NaOH, faktor waktu perendaman NaOH dan faktor fraksi volume yang mempengaruhi respon kekuatan *bending*?
- Bagaimana mendapatkan level faktor yang menyebabkan kekuatan *bending* optimal?

### Tujuan Penelitian

Adapun dari tujuan penelitian ini adalah:

- Mengetahui urutan faktor konsentrasi NaOH, faktor waktu perendaman NaOH dan faktor fraksi volume yang mempengaruhi respon kekuatan *bending*
- Mengetahui level faktor yang menyebabkan kekuatan *bending* optimal

### METODE

#### Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui parameter yang dapat memberikan pengaruh optimal terhadap komposit serat pohon kersen dengan matrik *epoxy* terhadap kekuatan *bending* material dengan metode taguchi. Bahan komposit ini dapat di aplikasikan pada papan *skateboard*. *Orthogonal array* yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $L_4(2^3)$

dikarenakan dalam penelitian ini menggunakan 3 derajat kebebasan yang sama dengan *orthogonal array*  $L_4(2^3)$ . Aplikasi yang digunakan untuk menggunakan metode taguchi adalah minitab 18. Penggunaan metode taguchi dalam penelitian ini memberikan dampak efisiensi pada jumlah spesimen total. Tanpa penggunaan metode taguchi spesimen yang digunakan 24 spesimen total, dengan penggunaan metode taguchi menjadi 12 spesimen total.

Run	C1	C2	C3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Gambar 1 Desain  $L_4(2^3)$  Pengujian *Bending* Pada Aplikasi Minitab

### Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat Penelitian  
Proses penelitian dilakukan di PT. ISPAT INDO dan laboratorium pengujian bahan Universitas Negeri Surabaya.
- Waktu Penelitian  
Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan, mulai bulan Oktober 2019 sampai Januari 2020.

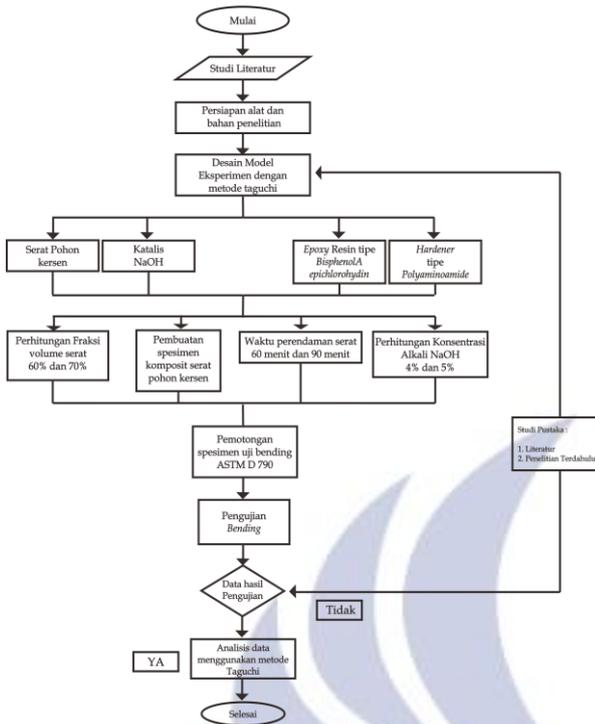
### Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

- Variabel Bebas
  - Faktor konsentrasi NaOH 4% (level 1) dan 5% (level 2).
  - Faktor waktu perendaman 60 menit (level 1) dan 90 menit (level 2).
  - Faktor fraksi volume serat 60% (level 1) dan 70% (level 2).
- Variabel Kontrol
  - Proses manufaktur pembuatan komposit.
  - Distribusi serat dianggap sama.
  - Diameter serat dianggap seragam.
  - Pengambilan serat pada satu pohon yang sama.
- Variabel terikat
  - Pengujian Tarik.
  - Pengujian *Bending*.

### Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dalam penelitian ini meliputi proses pemilihan desain *orthogonal array*, proses manufaktur pembuatan komposit, proses pengujian dan terakhir adalah pengolahan data yang diperoleh dari pengujian *bending* menggunakan metode taguchi untuk mendapatkan urutan level faktor yang berpengaruh dalam penelitian ini. Rancangan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini:



Gambar 2 Flowchart Penelitian

**Bahan, Peralatan, dan Instrumen Penelitian**

- Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:
  - Serat kersen
  - Resin epoxy
  - Hardener Polyaminoamide
  - Maximum Mold Release Wax
  - NaOH kristal
  - Aquades
- Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:
  - Cetakan benda uji
  - Mesin gerinda
  - Masker
  - Ragum
- Instrumen yang digunakan pada penelitian ini antara lain:
  - Jangka sorong
  - Neraca digital

**Teknik Analisis Data**

Data yang diperoleh dari eksperimen pengujian *bending* dimasukkan kedalam bentuk tabel. Data yang diperoleh akan dianalisa menggunakan metode taguchi untuk mendapatkan urutan level faktor yang berpengaruh terhadap tiap pengujian.

Langkah berikutnya setelah mengetahui urutan level faktor adalah melakukan prediksi nilai menggunakan metode taguchi. Nilai dari prediksi tersebut akan dibuktikan atau divalidasi dengan menggunakan uji konfirmasi balik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Pengujian *Bending***

Tabel 1 Hasil Pengujian *Bending*

Desain Taguchi	Spesimen	Beban Max (kN)	Kekuatan Bending (MPa)	$\bar{X}$	Momen Lentur (Nmm)	$\bar{X}$
X1	1	0,111	53,71	53,15	2.220	2.200
	2	0,109	52,63		2.180	
	3	0,110	53,12		2.200	
X2	1	0,115	55,21	54,92	2.300	2.280
	2	0,113	54,44		2.260	
	3	0,114	55,12		2.280	
X3	1	0,122	58,96	58,64	2.440	2.433
	2	0,123	59,11		2.460	
	3	0,120	57,87		2.400	
X4	1	0,126	60,98	61,45	2.520	2.546
	2	0,127	61,24		2.540	
	3	0,129	62,14		2.580	
X1 (Serat 60%,NaOH 4% dan 60 menit)			X3 (Serat 70%,NaOH 4% dan 90 menit)			
X2 (Serat 60%,NaOH 5% dan 90 menit)			X4 (Serat 70%,NaOH 5% dan 60 menit)			

Tujuan pengujian *bending* adalah untuk mengetahui sifat lentur dari suatu komposit terhadap tekanan yang diterima. Menggunakan spesimen standar ASTM D-790. Untuk perhitungan mendapatkan kekuatan *bending* komposit dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Keterangan:

- $\sigma b$  = Kekuatan *Bending* (MPa)
- $P$  = Beban *Maximal* (N)
- $L$  = Panjang Spesimen (mm)
- $b$  = Lebar Spesimen (mm)
- $d$  = Tebal Spesimen (mm)

**Analisa Taguchi Terhadap Kekuatan *Bending***

*Matrix orthogonal array* yang digunakan pada metode taguchi pengujian *bending* adalah  $L_4(2^3)$  dikarenakan jumlah derajat kebebasan antara penelitian ini dan *matrix orthogonal array* sama-sama tiga derajat kebebasan.

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
V. Serat	NaOH	Waktu	Bending 1	Bending 2	Bending 3	SNRA1
60	4	60	53,71	52,63	53,12	34,5097
60	5	90	55,21	54,44	55,12	34,7946
70	4	90	58,96	59,11	57,87	35,3637
70	5	60	60,98	61,24	62,14	35,7701

Gambar 3 Hasil Pengujian *Bending* pada Minitab.

### Response Table for Signal to Noise Ratios

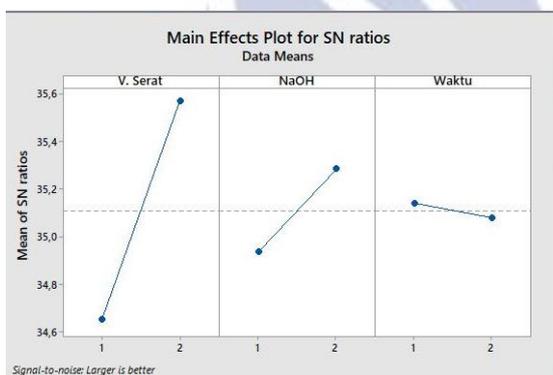
Larger is better

Level	V. Serat	NaOH	Waktu
1	34,65	34,94	35,14
2	35,57	35,28	35,08
Delta	0,91	0,35	0,06
Rank	1	2	3

Gambar 4 Urutan Level Pada Pengujian *Bending*.

Gambar 4 menunjukkan urutan faktor yang memiliki pengaruh optimal terhadap kekuatan *bending* berdasarkan metode taguchi. Yaitu, fraksi volume, lama waktu perendaman dan konsentrasi NaOH.

Hasil analisa metode taguchi uji *bending* memiliki pengaruh yang paling optimal di faktor fraksi volume serat. Fraksi volume serat menjadi faktor paling optimal dalam pengujian *bending*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Wahyudi (2018). Bahwa semakin besar persentase fraksi volume serat maka akan meningkatkan kekuatan *bending* material komposit.



Gambar 5 Diagram S/N Ratio Pengujian *Bending*

Gambar 5 menunjukkan faktor faktor mana saja dari setiap faktor yang memiliki pengaruh yang optimal. Terlihat pada *column* fraksi volume serat, level nomer 2 memiliki nilai S/N Ratio 35,57 yang menjadikan level nomer 2 ini memiliki pengaruh optimal. *Column* faktor persentase NaOH memiliki nilai S/N Ratio tertinggi pada level nomer 2 dengan nilai 35,28 dan pada faktor lama waktu perendaman memiliki nilai tertinggi di 35,14 pada level nomer 1. Berdasarkan data yang dihasilkan melalui metode taguchi maka faktor dan level yang dapat menghasilkan kekuatan *bending* yang optimal adalah Volume serat 70%, Konsentrasi NaOH 5% dengan waktu perendaman 60 menit.

### Pengaruh Setiap Level Taguchi Terhadap Kekuatan *Bending*

- Level fraksi volume serat pada pengujian *bending* memiliki peranan penting dalam pengoptimalisasian kekuatan material, karena berdasarkan metode taguchi, untuk uji *bending* menempatkan fraksi volume serat sebagai faktor paling berpengaruh.

Kekuatan material komposit akan seiring bertambah diikuti dengan bertambah jumlah serat, jika fraksi volume terlalu tinggi maka akan mempersulit matrik untuk mengikat serat dan akan menurunkan nilai tariknya (Wahyudi, 2018).

- Level Presentase NaOH pada pengujian *bending* dalam penelitian ini memiliki urutan nomer 2 dengan dengan prosentase NaOH 5%. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi NaOH maka akan membuat serat menjadi keropos karena NaOH merupakan basa kuat. Sedangkan jika konsentrasi terlalu rendah maka proses pembersihan *lignin* tidak berjalan dengan sempurna.
- Level pengaruh waktu perendaman pada pengujian *bending* dalam penelitian ini menempati urutan paling optimal nomer ketiga. Analisa taguchi menunjukkan bahwa waktu optimal perendaman serat untuk pengujian *bending* adalah 60 menit. Semakin lama serat direndam dalam cairan NaOH akan membuat serat semakin keropos dan menurunkan nilai kekuatan materialnya, sedangkan waktu perendaman yang kurang akan membuat serat kurang bersih dari *lignin* yang menyelimuti serat. Semakin tinggi *lignin* maka akan membuat ikatan antara resin dan serat berkurang dan hal ini membuat nilai kekuatan material menjadi turun.

### Prediksi Optimal Taguchi

Prediksi nilai optimal metode taguchi didapatkan dari data penelitian yang telah diolah dengan metode taguchi sehingga dapat mengetahui urutan faktor dan level yang paling berpengaruh terhadap pengujian *bending*. Penggunaan data faktor dan level yang paling optimal dapat menghasilkan prediksi dalam metode taguchi.

### Predicted values

#### Prediction

S/N Ratio	Mean
35,8586	62,0767

Gambar 6 Nilai Prediksi Taguchi untuk Pengujian *Bending* Pada Aplikasi Minitab

Gambar 6 menunjukkan nilai rata-rata prediksi yang dihasilkan dari metode taguchi adalah 62,07. Hasil prediksi ini naik dari yang sebelumnya memiliki nilai rata-rata 61,45. S/N Ratio pengujian *bending* dalam penelitian kali ini diprediksi memiliki nilai 35,85. Pengujian *bending* menggunakan level faktor yang optimal dilakukan untuk validasi dari prediksi yang telah dihasilkan dan diolah oleh metode taguchi sehingga data yang didapatkan dari metode taguchi *valid*.

### Batas Toleransi Pada Konfirmasi Balik

Metode taguchi dapat memberikan informasi mengenai batas toleransi pada konfirmasi balik yang dilakukan. Konfirmasi balik pada metode taguchi dapat dikatakan

*valid* jika nilai konfirmasi baliknya sama atau mendekati dengan nilai yang dihasilkan oleh prediksi taguchi. Batas toleransi ini terdapat batas nilai rendah dan batas nilai tinggi.

N	Event	Sample p	CI for p
12	3	0,250000	(0,054861; 0,571858)

**Gambar 7** Batas Toleransi Konfirmasi Balik Uji *Bending*

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai batas rendah 0,05 dan nilai batas tinggi 0,57. Nilai batas rendah  $62,07 - 0,05 = 62,02$  Mpa dan nilai batas tinggi  $62,07 + 0,57 = 62,64$  Mpa. Nilai 62,07 didapatkan dari prediksi yang dilakukan oleh metode taguchi. Batas toleransi untuk pengujian *bending* dalam konfirmasi balik adalah antara 62,05 Mpa dan 62,64 Mpa.

**Konfirmasi Balik**

Metode taguchi telah memprediksi rata-rata nilai kekuatan *bending* yang dapat dihasilkan melalui penggunaan level faktor yang telah ditetapkan oleh metode taguchi dalam penelitian ini. Proses validasi dilakukan dengan cara membuat spesimen sesuai level faktor yang telah ditetapkan oleh metode taguchi dan melakukan pengujian. Penerapan metode taguchi dikatakan berhasil ketika dapat mengurutkan level faktor yang optimal dan prediksi yang dilakukan metode taguchi dapat divalidasi dalam pengujian konfirmasi balik dengan susunan level faktor yang optimal menurut metode taguchi (Khotimah, 2015).

Konfirmasi balik pada pengujian *bending* dilakukan dengan menggunakan 3 spesimen uji bertujuan untuk mendapatkan nilai rata-rata yang akurat. Pengujian *bending* sebelumnya menggunakan 3 spesimen pada setiap variasi sehingga untuk konfirmasi balik menggunakan 3 spesimen pada setiap variasi.

**Tabel 2** Hasil Konfirmasi Balik Pengujian *Bending*

Panjang 80mm : Lebar 10mm : Tinggi 5mm						
No.	Variasi			Nilai		
	V. Serat	NaOH	Waktu Perendaman	Beban Max (kN)	Kekuatan Bending (MPa)	$\bar{x}$
1	70% (level. 2)	5% (level. 2)	60 Menit (level. 1)	0,129	62,21	62,38
2				0,130	62,55	
3				0,128	62,39	

Tabel 2 merupakan hasil konfirmasi balik pengujian *bending*. Data yang didapatkan dari 3 spesimen memiliki nilai rata-rata kekuatan *bending* 63,17 MPa. Nilai konfirmasi balik berada diatas nilai rata-rata yang dihasilkan oleh prediksi metode taguchi sebesar 62,07 MPa.

Konfirmasi balik pengujian *bending* metode taguchi menunjukkan bahwa level faktor optimal yang ditetapkan oleh metode taguchi memiliki pengaruh terhadap penambahan kekuatan *bending*. Nilai yang dihasilkan dari konfirmasi balik pengujian *bending* lebih 1,1 MPa

dari prediksi metode taguchi. Level faktor optimal yang ditetapkan metode taguchi dapat dinyatakan *valid*.

**Perbandingan Nilai Sebelum dan Sesudah Menggunakan Metode Taguchi**

**Tabel 3** Perbandingan Nilai Rata-Rata Uji *Bending*

Sebelum Penerapan Metode Taguchi	Prediksi Metode Taguchi	Setelah Penerapan Metode Taguchi
53,15 Mpa	62,07 Mpa	62,38 Mpa

Tabel 3 menunjukkan bahwa penggunaan metode taguchi dapat meningkatkan nilai kekuatan *bending*. Nilai *bending* dapat meningkat dikarenakan urutan level faktor yang optimal dapat diketahui sehingga dapat dibuat lebih baik dari sebelumnya.

**PENUTUP**  
**Simpulan**

Berdasarkan pada analisa dan perhitungan dari data-data yang diperoleh dari hasil optimasi kekuatan tarik dan *bending* komposit serat kersen dengan *matrix epoxy* menggunakan metode taguchi. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

- Penelitian ini menunjukkan dari urutan faktor yang paling berpengaruh terhadap kekuatan *bending* adalah fraksi volume serat kersen, kedua faktor konsentrasi NaOH dan terakhir faktor waktu lama perendaman NaOH.
- Level faktor yang optimal pada kekuatan didapatkan dari level faktor fraksi volume dengan level 70%, level faktor konsentarsi NaOH pada level 5% dan pada level faktor lama waktu perendaman terdapat pada level 60 menit.

**Saran**

Penulis menyadari bahwa hasil penelitian ini masih jauh dari pembaca yang bersifat membangun demi kesempurnaan hasil dari penelitian ini. penulis juga menyarankan beberapa hal yang perlu di perhatikan dalam proses membuat komposit serat kersen dengan resin *epoxy*:

- Penggunaan serat alam sebagai bahan penguat komposit masih memiliki kendala, diantaranya adanya lapisan lignin yang terdapat pada permukaan serat. Lapisan lignin inilah yang mengakibatkan kurang baiknya ikatan antar serat dengan matriks. Karena itulah perlu dilakukan penelitian dengan perlakuan untuk menghilangkan lapisan lignin tersebut, diantaranya ialah menggunakan perlakuan alkali, dimana serat direndam dalam larutan NaOH.
- Pembersihan serat setelah perendaman dengan NaOH harus sampai bersih, karena setelah perendaman dengan NaOH serat mengalami sifat licin dan dari sifat licin itulah dapat menyebabkan matrik tidak dapat merekat dengan serat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdrido H, Leonard J. 2012. Pengaruh Penggunaan Larutan Alkali Dalam Kekuatan Bentur Dan Uji Degradasi Pada Komposit Termoplastik Berpengisi Serbuk Serabut Kelapa. Universitas Sumatra Utara: Sumatra.
- Basyarahil. 2017. Karakterisasi Dan Proses Manufaktur Komposit *Polypropylene* Berpenguat Serat *Dendrocalamus Asper* Untuk Aplikasi Ruang Mesin Otomotif. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Callistre, W.D, 2001. *Fundamentals Of Materials Science And Engineering. International Fifth Edition. The University Of Utah: United State of America.*
- Erlangga D. 2019. Pengaruh Fraksi Volume Serat Kulit Batang Kersen Dengan Serat Karbon Terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Hybrid* Dengan Matriks Poliester. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
- Gibson, F.R. 1994. *Principles of Composite material Mechanis.* International Edition. McGraw Hill Inc: New York.
- Tim Penyusun. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata 1 Universitas Negeri Surabaya.* Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
- Triyono. 2015. Penentuan *Setting Level* Optimal *Bending Strength Gypsum Interior* Berpenguat Serat Cantula Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Vlack, L. H. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan.* terjemahan Ir. Sriati Djaprie. Erlangga: Jakarta
- Wahyudi, Ningsih. 2018. Pengaruh Fraksi Volume Serat Kulit Kersen Terhadap Kekuatan Tekuk Dan Tarik Komposit Dengan Matriks Epoxy. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.