



OPTIMASI PERLAKUAN KONSENTRASI DAN WAKTU PERENDAMAN NAOH SERTA FRAKSI VOLUME PADA KOMPOSIT SERAT KULIT JAGUNG TERHADAP PENGUJIAN BENDING METODE TAGUCHI

Wahyu Rachmadi^a, Tri Hartutuk Ningsih^b

^a Teknik Mesin, Teknik, Universitas Negeri Surabaya

^b Teknik Mesin, Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: wahyu.19074@mhs.unesa.ac.id

ABSTRACT

Components of car bumper parts have materials that are less strong in their mechanical properties. So, natural fiber composites can be one of the future innovations. The natural fiber used is corn husk fiber. The purpose of this study was to determine the level order of the factors that could affect the mechanical properties and the optimal combination of factor levels for the bending test of corn husk fiber composites. The method used in this study is the Taguchi method. The highest average yield of the bending test is 31.93 MPa. The average result of the predictive value of the Taguchi method, namely the bending test, is 32.17 MPa. The results of back confirmation of the average yield of the bending test were 32.71 MPa. Based on the results of the research conducted, it can be concluded that the sequence of factor levels that has a significant effect is the first, the volume fraction of the fiber, then the soaking time of the fiber and the concentration of NaOH. Furthermore, the optimal factor level combination is 5% NaOH concentration, 2 hours soaking time, and 40% fiber volume fraction in the bending test.

Keywords: composite, bending, Taguchi method.

Abstrak

Komponen bagian bumper mobil memiliki bahan yang kurang kuat dalam sifat mekaniknya. Maka, komposit serat alam bisa menjadi salah satu inovasi kedepannya. Serat alam yang dipakai yaitu serat kulit jagung. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui urutan level dari faktor yang dapat mempengaruhi sifat mekanik serta kombinasi level faktor optimal terhadap pengujian bending dari komposit serat kulit jagung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode Taguchi. Rata-rata hasil tertinggi dari uji bending yaitu 31,93 MPa. Hasil rata-rata dari nilai prediksi metode Taguchi yaitu uji bending 32,17 MPa. Hasil konfirmasi balik spesimen hasil rata-rata uji bending 32,71 MPa. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa urutan level faktor yang berpengaruh signifikan yaitu yang pertama fraksi volume serat, kemudian waktu perendaman serat dan konsentrasi NaOH. Serta, kombinasi level faktor yang optimal yaitu konsentrasi NaOH 5%, waktu perendaman 2 jam, dan fraksi volume serat 40% pada pengujian bending.

Kata Kunci: komposit, bending, metode Taguchi.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan otomotif yang sangat pesat di Indonesia. Harga yang dipasarkan juga sangat terjangkau tetapi bahan dari komponen-komponennya dikurangi dan akhirnya kualitas dan nilai kekuatannya menurun. Penelitian ini menginovasikan komponen pada bumper mobil yang saat ini memakai bahan plastik dengan inovasi memakai bahan komposit. Komposit adalah salah satu material yang menggunakan dua bahan atau lebih dan menggabungkannya kemudian menghasilkan material baru yang dari segi sifatnya yang berbeda dan memiliki kekuatan yang maksimal [2].

Komposit yang menggabungkan antara bahan serat kulit jagung dan resin polyester. Serat kulit jagung ini sebelumnya diberi perlakuan dengan merendamkan serat kedalam larutan NaOH dengan variasi konsentrasi berbeda. Dan lama waktu perendaman seratnya yang berbeda. Fraksi volume serat

saat membuat komposit juga dibedakan. Larutan NaOH ini dapat mengurangi lapisan-lapisan yang lemah contohnya seperti lilin, hemiselulosa, lignin, lemak dan kotoran yang lain sehingga dapat menghambat antara ikatan antara serat dan matriknya [5].

Metode Taguchi merupakan salah satu metode yang memiliki tujuan agar peneliti dapat meminimalisir waktu penelitian. Selain itu, metode Taguchi dapat menghasilkan urutan-urutan faktor mana saja yang memiliki pengaruh terhadap sifat mekaniknya. metode Taguchi juga memiliki keunggulan yang dapat menghasilkan level faktor yang paling optimal serta memunculkan hasil nilai prediksi pada pengujian konfirmasi baliknya [11].

Pada penelitian ini bertujuan untuk melihat faktor yang berpengaruh paling signifikan terhadap kekuatan bending. Selain itu, agar dapat mengetahui kombinasi level faktor yang paling optimal terhadap komposit serat kulit jagung pada pengujian bending.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komposit

Komposit memiliki arti yaitu material yang mengalami penggabungan antara dua bahan atau lebih. Penggabungan ini yaitu antara bahan matrik dan serat pengikat yang memiliki tujuan untuk penguat suatu komposit. Material komposit memiliki kelebihan atau keuntungan salah satunya massanya yang tidak terlalu berat, biaya yang dikeluarkan sangat minim, dan tidak mengalami korosi [8].

2.2. Serat Kulit Jagung

Limbah kulit jagung yang sering disebut orang Indonesia klobot sampai saat ini masih kurang maksimal dari segi pemanfaatannya. Banyak masyarakat juga memanfaatkannya sebagai bahan kerajinan maupun bahan pakan ternak. Padahal limbah kulit jagung ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam bidang manufaktur ataupun bidang otomotif.

Dalam komposisi kimia yang tertera kandungan selulosa yaitu sekitar 42%. Artinya selulosa disini memiliki peran demi kerangka yang memungkinkan tanaman untuk menahan suatu kekuatan dalam macam-macam bentuk serta ukuran yang berbeda. Fungsi yang paling dasar kandungan selulosa yaitu untuk menjaga struktur dalam segi kekuatannya [3]. Serat kulit jagung ini memiliki sifat fisis diantaranya densitas 0,6 g/cm³ sampai dengan 1,25 g/cm³, daya serap air mencapai 0,7% hingga 3,55%, kadar air 0,89% sampai dengan 4,33% [10].

2.3. Resin Polyester

Resin *polyester* yaitu resin cair yang memiliki viskositas rendah dan dapat mengalami pengerasan pada suhu kamar dengan mencampurkan katalis dan harganya terjangkau dari resin *epoxy* [4].

Resin polyester yang digunakan sebagai bahan penelitian ini yaitu dengan tipe Yukalac BQTN 157-EX. Resin ini mempunyai tipe tahan terhadap air dan asam lemah. Sifat *thermal* dari polyester yaitu mempunyai suhu deformasi *thermal* yang lebih rendah dibandingkan resin *thermoset* lainnya. Karena, didalamnya banyak mengandung *monomer stiren* serta ketahanan panasnya bisa mencapai 110-140°C. Resin *polyester* mempunyai ketahanan dalam suhu dingin serta memiliki sifat listrik yang sangat baik diantara resin *thermoset* [12].

2.4. Uji Kekuatan Bending

Kekuatan bending merupakan metode pengujian kekuatan pada suatu bahan dengan cara melengkungkan sampai titik patah. Besarnya nilai kekuatan bending tergantung pada jenis material serta pembebanan yang diberikan. Dampak ketika pengujian bending yang dilakukan, pada bagian atas spesimen mengalami tekanan dan bagian bawah mengalami tegangan tarik. Pada material komposit kekuatan tekannya akan lebih tinggi daripada kekuatan tariknya. Kurang mampunya spesimen untuk menerima pada saat menahan tegangan tarik, spesimen akan mengalami patah [1].

2.5. Metode Taguchi

Metode Taguchi yaitu salah satu metodologi baru dalam bidang teknik yang memiliki tujuan untuk merekayasa ataupun memperbaiki dari kualitas produk serta proses yang bersamaan agar dapat menghasilkan produk yang sangat berkualitas tinggi dengan cepat dan biayanya yang tidak terlalu banyak. Taguchi ini mengembangkan suatu metode desain eksperimen yang tujuannya untuk mengevaluasi secara keseluruhan faktor yang berpengaruh terhadap proses serta

karakteristik produk dengan level yang memiliki variasi berbeda kemudian hasilnya dikombinasikan dan nantinya dianalisa agar dapat menentukan seberapa besar peningkatan ataupun penurunan kualitas dari material atau parameter yang telah digunakan [9].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen yang berarti bahwa melaksanakan sebuah pengamatan untuk mencari salah satu data dari sebab akibat dalam suatu faktor yang saling berkaitan satu sama lain. Setelah melakukan pengamatan maka dilakukannya pengembangan ataupun memvariasikan dari variabelnya.

3.1. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan suatu bentuk apa saja yang telah ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan dipahami sehingga memperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian dapat menyimpulkannya. Berikut beberapa macam variabel pada penelitian ini:

3.1.1. Variabel Bebas

- a. Konsentrasi larutan NaOH
 - Level 1 : 5%
 - Level 2 : 10%
- b. Waktu perendaman serat
 - Level 1 : 2 jam
 - Level 2 : 4 jam
- c. Fraksi volume serat
 - Level 1 : 30%
 - Level 2 : 40%

3.1.2. Variabel Terikat

- a. Uji *Bending*

3.1.3. Variabel Kontrol

- a. Peletakan serat kulit jagung kedalam cetakan yang secara acak.
- b. Proses curing pada suhu kamar selama 24 jam.
- c. Ukuran serat yang dianggap sama.

3.2. Orthogonal Array Uji Bending

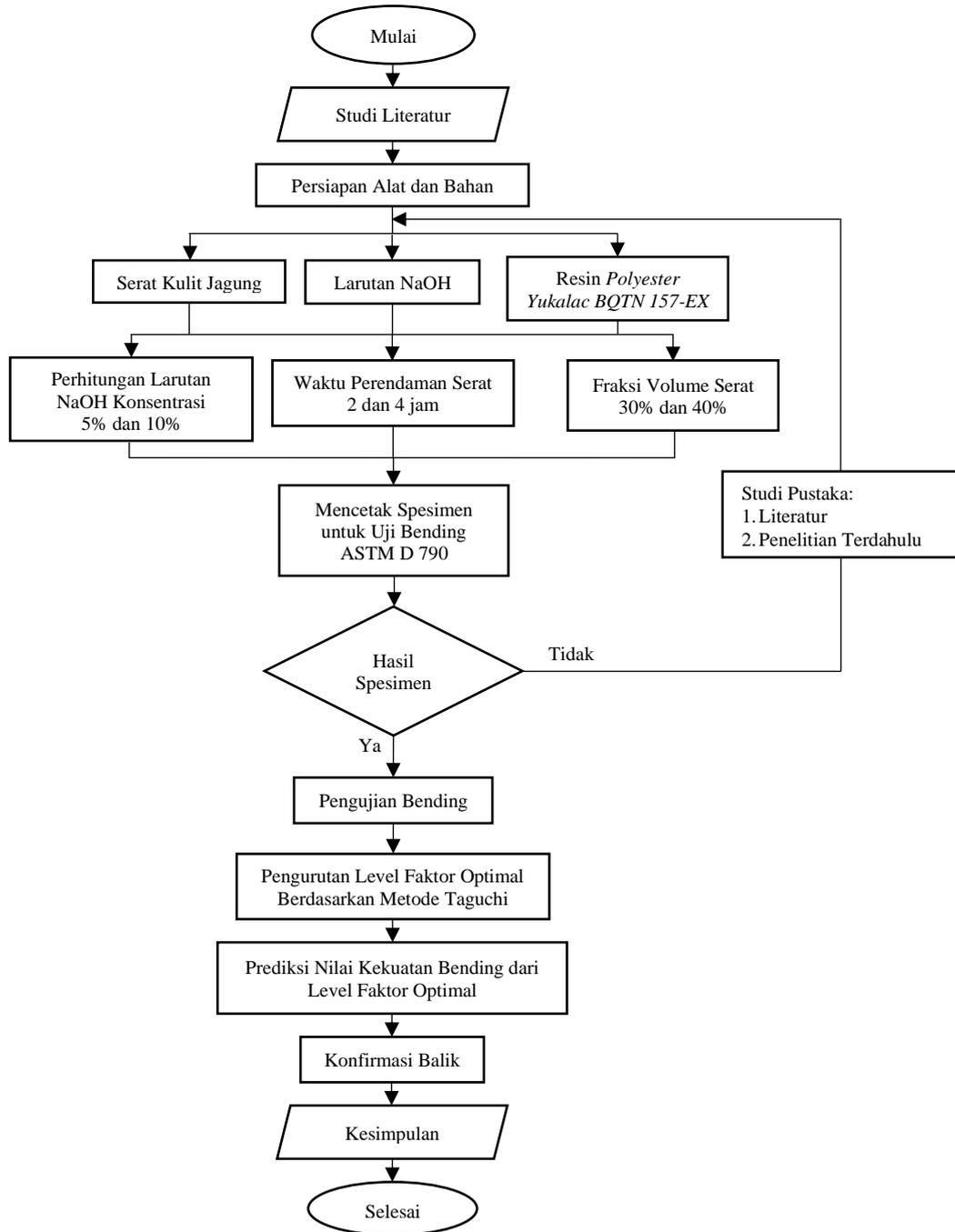
Tabel 1 Orthogonal Array

Spesimen	X	Y	Z
A	1	1	1
B	1	2	2
C	2	1	2
D	2	2	1

- Keterangan : - X : Konsentrasi NaOH
- Y : Waktu Perendaman
- Z : Fraksi Volume Serat
- 1 : Level 1
- 2 : Level 2

3.3. Diagram Alir

Tahapan-tahapan proses yang harus dilakukan pada penelitian kali ini bisa digambarkan dalam diagram alir gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Bending

Berikut data hasil pengujian bending terhadap komposit serat kulit jagung yang berbentuk tabel setelah melewati pengolahan data yang awalnya hanya muncul beban maksimal dengan satuan kilogram (kg) dan kemudian dikonversikan kedalam satuan newton (N) yang selanjutnya

diolah kedalam rumus untuk mencari tegangan bending dan momen lenturnya pada aplikasi minitab dengan metode Taguchi:

Tabel 2 Hasil Data Pengujian Bending

Level Faktor	Beban Tekan (N)	Tegangan Bending (MPa)	\bar{X} (MPa)	Momen Lentur (N.mm)	\bar{X} (N.mm)
A	1	453,07	28,95	9.061,4	9.649,8
	2	496,22		9.924,4	
	3	498,18		9.963,6	
B	1	492,29	29,42	9.845,8	9.845,9
	2	498,18		9.963,6	
	3	486,41		9.728,2	
C	1	529,56	31,93	10.591,2	10.643,5
	2	521,71		10.434,2	
	3	545,25		10.905	
D	1	429,53	26,08	8.590,6	8.688,5
	2	470,72		9.414,4	
	3	404,03		8.060,6	

A : Konsentrasi NaOH 5%, Waktu Perendaman 2 Jam, dan Fraksi Volume Serat 30% (X1, Y1, dan Z1)
 B : Konsentrasi NaOH 5%, Waktu Perendaman 4 Jam, dan Fraksi Volume Serat 40% (X1, Y2, dan Z2)
 C : Konsentrasi NaOH 10%, Waktu Perendaman 2 Jam, dan Fraksi Volume Serat 40% (X2, Y1, dan Z2)
 D : Konsentrasi NaOH 10%, Waktu Perendaman 4 Jam, dan Fraksi Volume Serat 30% (X2, Y2, dan Z1)

Hasil pengujian bending yang tertinggi pada tabel 2 dispesimen C3 dengan nilai tegangan bending 32,72 MPa serta momen lenturnya yang mempunyai nilai 10.905 N.mm. Sedangkan, nilai tegangan bending terendah pada spesimen D3 yang mempunyai nilai 24,24 MPa dan momen lenturnya 8.060,6 N.mm.

Digunakannya metode Taguchi maka pengujian dilakukan dengan 3 spesimen disetiap masing-masing level faktor. Nilai tersebut dirata-rata dan mendapatkan nilai rata-rata yang tertinggi pada level faktor C yang memiliki nilai tegangan bending 31,92 MPa dan nilai rata-rata momen lentur yang berbanding lurus dengan tegangan bendingnya yaitu 10.643,5 N.mm. Kemudian, nilai rata-rata terendah pada level faktor D memiliki nilai tegangan bending 26,08 MPa dan momen lenturnya 8.688,5 N.mm.

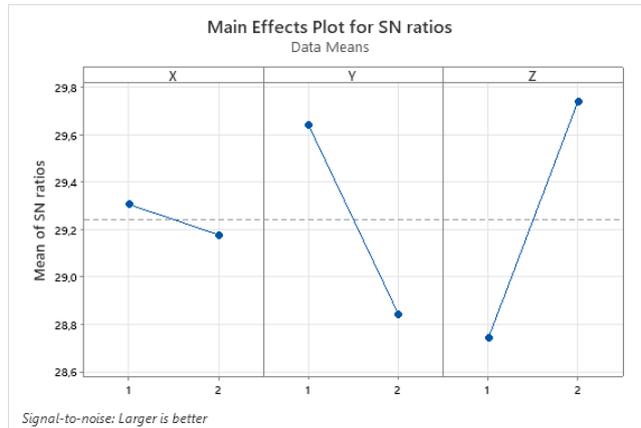
Tabel 3 Urutan Faktor Optimal Kekuatan Uji Bending

Level	<i>Larger is better</i>		
	X	Y	Z
1	29,31	29,64	28,74
2	29,18	28,84	29,74
Delta	0,13	0,80	1,00
Rank	3	2	1

X : Konsentrasi NaOH
 Y : Waktu Perendaman
 Z : Fraksi Volume Serat

Pada Tabel 3 baris yang berisikan nilai delta tersebut yaitu selisih antara hasil rata-rata S/N Ratio dari level pertama dan level kedua dalam suatu faktor. Selisih ini yang sebagai acuan bahwa hasil selisih yang paling besar memiliki makna bahwa itu faktor yang sangat berpengaruh signifikan terhadap spesimen pengujian. Urutan yang paling berpengaruh signifikan adalah yang

pertama fraksi volume serat memiliki selisih 1 MPa antara level pertama dan kedua, waktu perendaman diurutan kedua dengan selisih 0,80 MPa, dan yang terakhir konsentrasi NaOH dengan selisih 0,13 MPa.



Gambar 2 Grafik S/N Ratio Kekuatan Uji Bending

Pada gambar 2 menampilkan bahwa setiap faktor memiliki grafik S/N Ratio yang berbeda-beda. Hal tersebut mengikuti dari hasil rata-rata S/N Ratio gambar 4.2 yaitu pada fraksi volume serat (Z) memiliki hasil rata-rata S/N Ratio tertinggi 29,74 MPa pada level 2 (40%). Urutan yang kedua yaitu waktu perendaman (Y) dengan hasil rata-rata S/N Ratio 29,64 MPa pada level 1 (2 jam) dan yang terakhir konsentrasi NaOH dengan hasil rata-rata S/N Ratio 29,31 MPa pada level 1 (5%).

4.2 Konfirmasi Balik Metode Taguchi

Setelah menganalisis hasil data pengujian bending terhadap kekuatan komposit serat kulit jagung menggunakan resin polyester bisa disimpulkan sebagai berikut:

a. Pengujian Bending

- X : 1 (Konsentrasi NaOH 5%)
- Y : 1 (Waktu Perendaman 2 Jam)
- Z : 2 (Fraksi Volume Serat 40%)

Kombinasi level faktor yang paling optimal diatas dihasilkan dari hasil rata-rata S/N Ratio tertinggi dari masing-masing level pada setiap faktornya. Karena, S/N Ratio menggunakan *larger is better* yang artinya bahwa semakin besar nilai S/N Ratio yang didapatkan maka hasilnya semakin baik.

Tabel 4 Hasil Setelah Konfirmasi Balik Uji Bending

No.	Spesimen			Beban Tekan (N)	Tegangan Bending (MPa)	\bar{X}
	Faktor X	Faktor Y	Faktor Z			
1	5%	2 Jam	40%	566,82	34,01	32,71
2	Level 1	Level 1	Level 2	537,40	32,24	
3				531,52	31,89	

Pada tabel 4 merupakan tabel yang berisikan hasil data setelah melakukan pengujian konfirmasi balik menurut prediksi level faktor yang telah ditentukan. Nilai rata-rata dari konfirmasi balik pengujian bending 3 spesimen ini yaitu 32,71 MPa. Sedangkan, nilai rata-rata menurut prediksi yaitu 32,17 MPa.

Hasil dari konfirmasi balik dari pengujian bending sudah membuktikan bahwa konsentrasi NaOH 5% (X1) memiliki pengaruh pada nilai kekuatan seratnya termasuk pada waktu perendamannya juga. Sedangkan, fraksi volume juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekuatan pada spesimen uji bendingnya. Dari hasil sebelum konfirmasi balik yang

menggunakan fraksi volume serat 40% (Z2) yaitu membuktikan bahwa mempunyai nilai kekuatan yang sangat besar.

Tabel 5 Perbandingan Nilai Rata-rata Kekuatan Bending

Hasil Sebelum Prediksi Metode Taguchi	Prediksi Metode Taguchi	Hasil Setelah Prediksi Metode Taguchi
31,93 MPa	32,17 MPa	32,71 MPa

Pada tabel 5 untuk hasil sebelum prediksi yaitu hasil rata-rata pengujian tertinggi dari level faktor pada tabel 2. Hasil prediksi metode Taguchi yaitu hasil nilai pada batas toleransi konfirmasi balik pengujian. Serta, menunjukkan bahwa penggunaan metode Taguchi dalam sebuah pengujian dapat mempermudah untuk mengetahui prediksi agar mendapatkan hasil yang paling optimal dari keseluruhan level faktornya. Hasil data yang didapatkan dari pengujian bending ini adalah hasil data yang sudah selesai melakukan tahapan konfirmasi balik agar dapat mengetahui kekuatan spesimen yang paling optimal.

Hasil nilai prediksi metode Taguchi pada minitab memang beda dengan hasil nilai setelah melakukan pengujian konfirmasi balik. Hal ini dikarenakan faktor bahan serat yang tidak bisa disamakan kondisi fisiknya. Tetapi, perlakuan yang diberikan sama seperti pembuatan 12 spesimen setiap pengujian sebelumnya.

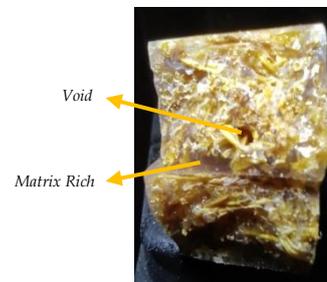
4.3 Pengamatan Struktur Makro

Struktur makro ini bertujuan untuk melihat kondisi spesimen komposit yang sudah patah setelah melakukan pengujian apakah mengalami kecacatan atau kegagalan. Komposit serat kulit jagung yang telah diuji bending, untuk tahapan selanjutnya yaitu mengamati struktur makronya. Banyak hal yang harus diperhatikan dalam pengamatan struktur makro ini.

a. Spesimen Uji Bending



Gambar 3 Hasil Patahan Spesimen A (X1, Y1, Dan Z1)



Gambar 4 Hasil Patahan Spesimen B (X1, Y2, Dan Z2)



Gambar 5 Hasil Patahan Spesimen C (X2, Y1, Dan Z2)



Gambar 6 Hasil Patahan Spesimen D (X2, Y2, Dan Z1)

Pada gambar 3 hasil struktur makro spesimen A pengujian bending diatas yaitu dengan level faktor konsentrasi NaOH 5% (X1), waktu perendaman 2 jam (Y1), dan fraksi volume serat 30% (Z1) menunjukkan bahwa ada dua macam kegagalan atau kecacatan dalam spesimen tersebut. Dapat diketahui kecacatan yang pertama yaitu *void*. *Void* adalah udara yang

terperangkap didalam komposit saat proses pembuatan spesimen. Kemudian, kegagalan *matrix rich* yaitu banyaknya matrik yang berkumpul dalam satu area karena tidak meratanya serat dalam spesimen komposit serat kulit jagung [7]. Area *matrix rich* ini berada dibagian sudut spesimen dan terjadi disebabkan oleh serat yang sudah disusun kurang merata pada cetakan.

Gambar 4, 5, dan 6 yaitu spesimen B dengan konsentrasi NaOH 5% (X1), waktu perendaman 4 jam (Y2), dan fraksi volume serat 40% (Z2). Spesimen C dengan level faktor konsentrasi NaOH 10% (X2), waktu perendaman 2 jam (Y1), dan fraksi volume serat 40% (Z2). Dan yang terakhir spesimen D dengan level faktor konsentrasi NaOH 10% (X2), waktu perendaman 4 jam (Y2), dan fraksi volume serat 30% (Z1) dalam kegagalan atau kecacatannya sama seperti spesimen A yaitu *void* dan *matrix rich*.

Hampir keseluruhan spesimen pengujian bending terdapat *void*. Hal tersebut sangat sulit untuk dihindari karena pada penelitian ini menggunakan metode *hand lay up* [6]. Faktor kurang bersihnya serat kulit jagung setelah melakukan proses perendaman serat pada konsentrasi NaOH. Karena masih adanya kandungan zat lignin pada serat.

Void muncul ketika serat kulit jagung dominan berkumpul di tengah cetakan dan terlalu padat. Akhirnya di bagian tengah spesimen tidak ada jalan untuk keluarnya gelembung udara. Maka dari itu hampir keseluruhan spesimen juga ada *matrix rich* yang posisinya dibagian pojok spesimen karena serat berkumpul ditengah saja.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil data yang diperoleh serta analisa yang telah dilakukan dari optimasi perlakuan konsentrasi dan waktu perendaman NaOH serta fraksi volume pada komposit serat kulit jagung terhadap sifat mekanik dan struktur makro menggunakan metode Taguchi. Maka, bisa disimpulkan sebagai berikut:

- a. Penelitian yang telah dilakukan ini digunakan untuk mengetahui urutan dari level faktor yang mempengaruhi sifat mekanik komposit serat kulit jagung. Urutan level faktor tersebut dilakukan dalam pengujian bending dari urutan yang pertama yaitu fraksi volume serat. Kemudian, lama waktu perendaman serat dan yang terakhir konsentrasi NaOH.
- b. Kombinasi level dari berbagai faktor yang digunakan dalam pengujian bending agar mencapai hasil yang optimal yaitu konsentrasi NaOH 5% (X1), waktu perendaman 2 jam (Y1), dan fraksi volume serat 40% (Z2). Hasil pengujian konfirmasi balik yang didapat menunjukkan kombinasi level faktor yang paling optimal digunakan yaitu pengujian bending dengan mendapatkan hasil rata-rata 32,71 MPa. Hasil tersebut adalah hasil pengujian yang tertinggi dari seluruh level faktor yang diperoleh pada penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Setelah tercapainya pembuatan jurnal ini, tidak lupa bahwa harus adanya usaha dan do'a. Terima kasih kepada keluarga saya yang ada di rumah ataupun di ruang lingkup Universitas Negeri Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Beliu, H. N., Pell, Y. M., & Jasron, J. U. (2016). Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri-polyester. LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU), 3(2), 11-20.
- [2] Dwiyooga, I. (2022). Analisis Pengaruh Alkalisasi Naoh Terhadap Serat Nanas Sebagai Penguatan Bio Komposit. Otopro, 1-6.
- [3] Ginting, A. (2016). Pemanfaatan limbah kulit jagung untuk produk modular dengan teknik pilin. Dinamika Kerajinan dan Batik: Majalah Ilmiah, 32(1), 51-62.
- [4] Haq, M. A., Naubnome, V., & Fauji, N. (2022). Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Serat Serabut Kelapa Bermatriks Poliester. Rotor, 15(2), 53-57.
- [5] Oushabi, A., Sair, S., Hassani, F. O., Abboud, Y., Tanane, O., & El Bouari, A. (2017). The Effect Of Alkali Treatment On Mechanical, Morphological And Thermal Properties Of Date Palm Fibers (DPFs): Study Of The Interface Of DPF-Polyurethane Composite. South African Journal of Chemical Engineering, 23, 116-123.
- [6] Priyanto, K., Widodo, L., & Yoga, N. Karakteristik Impak Komposit Unsaturated Polyester Berpenguat Serat Batang Pisang.

- [7] Rochman, D. F., & Irfai, M. A. (2020). Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Komposit Hibrid Serat Rami dan Serat Bambu. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 111-118.
- [8] Schwartz, M. M. (1984). *Composite Material Handbook* McGraw-Hill Book Company. New York USA.
- [9] Soejanto, I., (2009), *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [10] Surbakti, E.J., Sinuhaji, P., Simbolon, T.R., 2013, *Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Serat Kulit Jagung dengan Matriks Epoksi*, FMIPA, Universitas Sumatera Utara.
- [11] Tangahu, D. H., & Ningsih, T. H. (2020). Optimasi Komposit Serat Kersen Kekuatan Bending Dengan Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1).
- [12] Wicaksono, B. S., & Yunitasari, B. (2021). Pengaruh Variasi Lama Perendaman Serat Tebu Dengan Naoh Terhadap Kekuatan Bending Dan Struktur Mikro Pada Komposit Matriks *Polyester* BQTN 157-EX. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(03), 123-128.