

Pengaruh Variasi Waktu *Treatment* NaOH Pada Komposit Tekstil Tali Agel-Katun Bermatrik *Ripoxy* Terhadap Kekuatan Impak Dan Daya Serap Air

Haekal Ali An, I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsa dan I Ketut Suarsana
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penggunaan material komposit dalam industri otomotif telah berkembang pesat karena keunggulan seperti kekuatan, kekakuan, keringanan, dan ketahanan terhadap korosi. Material komposit serat alam, Anyaman tali agel-katun, menawarkan keunggulan seperti densitas rendah, biaya rendah, ramah lingkungan, dan sifat mekanik yang sebanding dengan serat sintetis. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh jenis serat tekstil alami terhadap sifat mekanik uji impact dan daya serap air dari komposit serat tekstil. Serat yang digunakan pada penelitian ini menggunakan serat tali agel yang dianyam dengan benang katun. Pada penelitian ini di teliti pengaruh waktu perendaman NaOH 5% selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam terhadap kekuatan impact dan daya serap air pada komposit tekstil tali agel-katun bermatrik resin ripoxy. Pengujian ini dilakukan dengan cara merendam anyaman tali agel-katun dalam larutan NaOH 5%. Variasi waktu perendamannya adalah 1 jam, 2 jam dan 3 jam dalam larutan NaOH. Kemudian dilakukan uji impact dan uji daya serap air menggunakan ASTM D 6110 dan D 570-98. Berdasarkan data yang didapatkan nilai kekuatan impact meningkat pada spesimen arah potong lusi dan pakan dengan variasi waktu perendaman NaOH 1 jam ke 2 jam sebesar 26,88% dan 23,85%. Namun nilai kekuatan impact menurun pada variasi waktu perendaman NaOH 2 jam ke 3 jam dengan arah potong lusi dan pakan sebesar 8,58% dan 6,24%. Penurunan ini diakibatkan karena waktu perlakuan alkali yang terlalu lama sehingga menyebabkan serat menjadi rusak sehingga mempengaruhi kekuatan impact yang didapat. Pada pengujian daya serap air, Nilai daya serap air tertinggi didapatkan pada spesimen arah potong lusi dan pakan dengan variasi waktu perendaman NaOH selama 1 jam sebesar 3,27% dan 3,50%. Nilai terendah diperoleh pada variasi waktu perendaman NaOH selama 3 jma dengan arah potong lusi dan pakan sebesar 1,69% dan 1,86%. Nilai daya serap air ini menurun dikarenakan penggunaan NaOH yang lama menyebabkan penurunan daya serap air (hidrofilik) pada serat karena degradasi selulosa. Selulosa yang terdegradasi mengurangi kemampuan serat untuk menyerap air.

Kata kunci: Komposit, NaOH, uji impact, agel, tekstil, katun, uji daya serap air, ripoxy

Abstract

The use of composite materials in the automotive industry has grown rapidly due to advantages such as strength, stiffness, lightness, and corrosion resistance. Natural fiber composite materials, such as agel-cotton woven fibers, offer advantages such as low density, low cost, environmental friendliness, and mechanical properties comparable to synthetic fibers. This study aims to investigate the effect of natural textile fiber types on the mechanical properties of impact tests and water absorption of textile fiber composites. The fibers used in this study are agel fibers woven with cotton yarn. This study examines the effect of soaking time in 5% NaOH for 1 hour, 2 hours, and 3 hours on the impact strength and water absorption of agel-cotton textile composites with ripoxy resin matrix. The testing was conducted by soaking agel-cotton woven fibers in a 5% NaOH solution with soaking time variations of 1 hour, 2 hours, and 3 hours. Impact tests and water absorption tests were then carried out using ASTM D 6110 and D 570-98. Based on the data obtained, the impact strength values increased in the warp and weft cut direction specimens with NaOH soaking time variations from 1 hour to 2 hours by 26.88% and 23.85%. However, the impact strength values decreased with NaOH soaking time variations from 2 hours to 3 hours in the warp and weft cut direction by 8.58% and 6.24%. This decrease was due to the prolonged alkali treatment time, which caused the fibers to become damaged, affecting the obtained impact strength. In the water absorption test, the highest water absorption values were obtained in the warp and weft cut direction specimens with NaOH soaking time variations of 1 hour by 3.27% and 3.50%. The lowest values were obtained with NaOH soaking time variations of 3 hours in the warp and weft cut direction by 1.69% and 1.86%. This decrease in water absorption values was due to the prolonged use of NaOH, which caused a reduction in the water absorption (hydrophilic) capacity of the fibers due to cellulose degradation. Degraded cellulose reduces the fibers' ability to absorb water.

Keywords: Composite, NaOH, impact test, agel, textile, cotton, water absorption test, ripoxy

1. Pendahuluan

Pengembangan material komposit telah menjadi subjek penelitian yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir [1]. Komposit serat tekstil adalah salah satu jenis komposit yang menarik perhatian karena kombinasi sifat-sifat mekanik dan termal yang unik dari serat tekstil bersama dengan matriks polimer [6]. Material ini menawarkan

kekuatan dan kekakuan yang tinggi serta keberagaman aplikasi yang luas, termasuk dalam industri otomotif, *aerospace*, dan konstruksi. Salah satu tantangan utama dalam pengembangan komposit serat tekstil adalah untuk meningkatkan adhesi antara serat dan matriks polimer, yang berdampak pada sifat mekanik dan termal dari komposit [4]. Selain itu, pemahaman yang lebih dalam tentang pengaruh berbagai jenis serat

tekstil terhadap sifat komposit juga merupakan hal yang penting untuk dieksplorasi [5]. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa jenis serat tekstil, orientasi serat, dan proses manufaktur komposit memiliki dampak signifikan terhadap sifat mekanik dan termal dari komposit serat tekstil [2]. Namun, masih ada kekurangan pengetahuan dalam hal ini, terutama dalam konteks penggunaan serat tekstil alami atau serat daur ulang, yang menjadi fokus penelitian ini.

Tujuan pada penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi waktu *treatment* NaOH pada komposit tekstil tali agel-katun bermatrik ripoxy terhadap kekuatan impak dan daya serap air. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi waktu *treatment* NaOH pada komposit tekstil tali agel-katun bermatrik ripoxy terhadap kekuatan impak dan daya serap air.

Adapun beberapa batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Bahan spesimen dibuat dari material
 - Matriks resin Ripoxy
 - Penguat komposit serat tekstil tali agel-katun
2. Variasi waktu *treatment* serat tekstil tali agel-katun selama 1 jam, 2 jam, 3 jam
3. Alat yang digunakan adalah pencetak vacuum infusion otomatis.
4. Temperatur dan tekanan udara dianggap konstan.
5. Arah aliran resin tidak di perhitungkan.
6. Terdapat 2 Proses pengujian
 - Pengujian kekuatan Impak
 - Pengujian Daya serap air

2. Dasar Teori

2.1. Komposit

Komposit berasal dari kata “to compose” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana komposit berarti gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan yang digabung menjadi satu bahan secara mikroskopis, dimana bahan pembentuknya masih terlihat seperti aslinya dan memiliki hubungan kerja, sehingga mampu menampilkan sifat-sifat mekaniknya [7].

Penelitian ini mengacu pada pembuatan komposit serat (Fiber Composite) dan berdasarkan matriknya menggunakan komposit matrik polimer (Polymer Matrix Composite/PMC).

2.2. Matriks (Resin Epoxy)

Matriks adalah bahan yang berfungsi sebagai pengikat atau matriks, dalam komposit. Matriks berperan penting dalam memberikan integritas struktural kepada komposit dan memastikan bahwa bahan penguat tetap bersatu dan berfungsi bersama. Fungsi utama matriks adalah menjaga bahan penguat tetap dalam posisinya dan membantu menahan beban yang diterapkan pada komposit.

Material komposit tekstil adalah material yang terbentuk dari gabungan serat alami atau sintetis dianyam atau ditenun dulu setelah itu dipadukan dengan matriks polimer untuk menciptakan material dengan sifat mekanik yang superior. Dalam konteks komposit tekstil, serat seperti tali agel atau serat alami lainnya dapat diperkuat dengan matriks seperti resin untuk menghasilkan material yang lebih kuat dan tahan lama.

2.3. Serat Tali Agel

Tali agel adalah tali yang berasal dari proses pemilinan serat agel. Serat tersebut didapatkan dari hasil pengolahan daun agel atau lontar. Tanaman tersebut sering ditemukan di daerah-daerah Bali, Jawa Timur, Madura, dan Nusa Tenggara. Serat agel didapatkan dengan mengeringkan daun muda pohon Gedang. Serat dari daun kering kemudian diserut dan dipilin dengan mesin khusus.

Tali agel yang terbuat dari serat alami, memiliki kekuatan putus dan kemuluran yang lebih rendah dibandingkan tali yang terbuat dari serat sintetis. Teknis tali ini relatif rendah karena proses pembusukan oleh bakteri yang menyebabkan tali menjadi mudah rusak. Karakteristik serat tanpa kitosan berwarna coklat terang dengan tekstur permukaan yang kaku dan terasa kasar jika diraba, sedangkan yang telah diberi lapisan kitosan memiliki warna coklat tua dengan tekstur permukaan yang lebih halus dan tidak terlalu kaku.

2.4. Katun

Katun adalah bahan yang terbuat dari serat kapas yang diolah menjadi benang. Katun tergolong sebagai serat alami dan umum dipakai sebagai bahan untuk tekstil. Katun memiliki sifat kuat dan tahan lama, serta memiliki kemampuan untuk menyerap air dengan baik. Proses pembuatan katun dari kapas diawali dengan memilah buah kapas yang sudah dipetik. Kemudian kapas diolah menjadi serat kapas sehingga bisa saling menyambung dan memanjang. Setelah itu serat kapas diproses dengan Teknik *yarning* yang membuatnya menjadi benang, lalu benang bisa dicelupkan untuk mendapatkan warna yang diinginkan.

2.5. Resin

Resin adalah senyawa polimer yang memiliki viskositas yang tinggi, mudah mengeras, mudah terbakar, serta tidak larut dalam air. Resin terbuat dari eksudat (getah) yang dikeluarkan oleh banyak jenis tetumbuhan, terutama oleh jenis-jenis pohon runjung (konifer). Getah ini biasanya membeku, lambat atau segera, dan membentuk massa yang keras dan, sedikit banyak, transparan. Resin dapat dimanfaatkan sebagai bahan pernis, perekat, pelapis makanan, campuran dupa dan parfum, serta sumber bahan mentah bagi bahan-bahan organik olahan. Terdapat 4 jenis resin yaitu *epoxy*, *polyester resin*, *silicon*, dan *polyurathane*.

2.6. Perlakuan pada Permukaan Serat (Surface Treatment)

Perlakuan atau modifikasi pada permukaan permukaan serat bertujuan untuk mengurangi sifat suka air (hidrofilik) serat, membersihkan kotoran, meningkatkan porositas serta kekasaran permukaan, dan memperbaiki sifat *wettability* serat. Metode perlakuan ini dapat dilakukan secara kimia maupun fisika. Perlakuan secara kimia mencakup perendaman dengan larutan alkali/basah, permanganate, serta penggunaan bahan kopling (*coupling agent*) [8]. Salah satu perlakuan yang banyak digunakan adalah perlakuan alkali dengan NaOH (sodium hidroksida) karena relatif lebih ekonomis dan hasil yang diperoleh cukup baik. Secara fisik dan kimia, perlakuan permukaan dengan alkali menyebabkan berkurangnya kandungan lignin dan hemiselulosa pada permukaan serat, yang berpengaruh nantinya pada sifat listrik dari serat dan komposit.

2.7. Vacuum Infusion

Vacuum infusion adalah metode pembuatan komposit yang memanfaatkan udara bertekanan rendah untuk menghindari ruang kosong akibat udara yang terjebak selama proses laminasi. Beberapa kelebihan metode ini diantaranya dapat membentuk komposit yang kompleks dengan tebal dan sifat mekanik yang baik, serta limbah resin yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan metode tradisional.

2.8. Uji Impak

Pengujian dampak merupakan salah satu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan material menyerap energi yang diberikan dan kekuatan material menerima beban kejutan (*shock resistance*). Uji dampak dilakukan dengan memberikan pembebanan kejutan (*flexural shock*) ke arah transversal pada benda uji hingga benda tersebut mengalami keretakan, patah, cacat permanen atau rusak pada tingkat pembebanan tertentu.

Uji dampak memiliki dua metode pengujian, yaitu uji dampak metode charpy dan uji dampak metode izod. Yang membedakan kedua metode pengujian ini adalah pada pembebanannya. Pengamatan utama pada pengujian dampak adalah pengukuran energi yang digunakan untuk mematahkan spesimen. Energi potensial pendulum yang dilepaskan dari ketinggian tertentu adalah E_0 . Akan tetapi, setelah benda uji patah, pendulum akan terus berayun pada ketinggian yang lebih rendah, menghasilkan energi potensial E_1 . Perbedaan energi potensial inilah yang merupakan energi diserap oleh benda uji. Spesimen uji Dampak ini dibentuk sesuai dengan ASTM D 6110 dengan ukuran panjang 127 mm, lebar antara 12,7 mm dan tinggi 12,7 mm.

2.9. Uji Daya Serap Air

Daya Serap Air merupakan proses untuk mengevaluasi kemampuan komposit dalam menyerap air. Dalam konteks ini, daya serap air mengacu pada

seberapa banyak air yang dapat diserap oleh material komposit ketika terpapar kelembaban atau lingkungan berair. Spesimen yang digunakan dalam pengujian ini menyesuaikan ASTM D 570-98 dengan panjang 76,2 mm, lebar 24,5 mm, dan tebal 3,2 mm.

3. Metode-penelitian

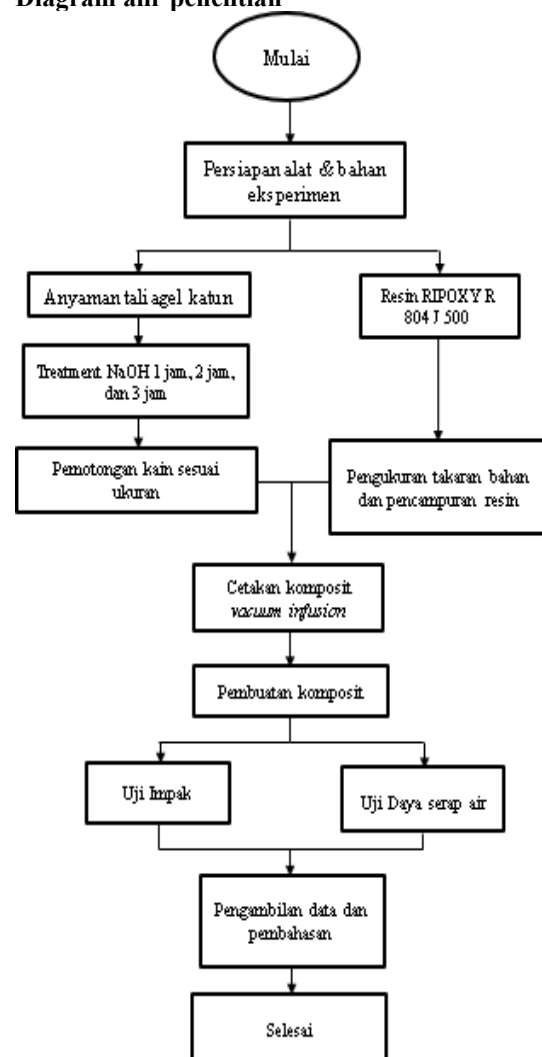
3.1. Alat Penelitian

1. Alat Uji Dampak : Charpy impact HT-8041A.
2. Alat Cetak : *Vacuum Infusion*.
3. Alat Ukur : Penggaris, timbangan digital, dan gelas beker.
4. Alat Bantu : Gunting dan pisau, sendok (pengaduk), wadah, dan tisu.

3.2. Bahan Penelitian

1. Tali agel 1,15 mm dan katun
2. Resin Ripoxy, Mekpo, dan Coubalt
3. NaOH (Natrium Hidroksida)
4. Air
5. *Mirror Glaze*

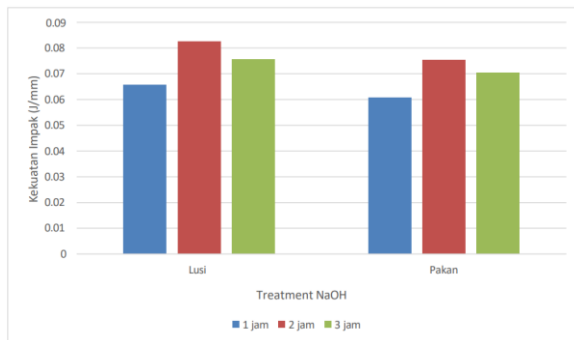
3.3. Diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Uji Tarik



Gambar 2. Grafik Pengaruh Treatment NaOH terhadap Kekuatan Impak

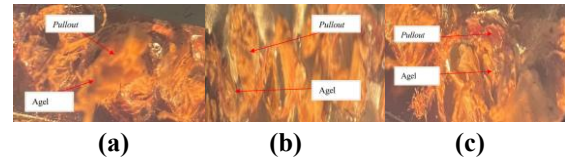
Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata spesimen arah lusi dengan waktu perendaman NaOH selama 1 jam memiliki nilai kekuatan *impact* sebesar (0,0657 J/mm²). Sedangkan nilai rata-rata spesimen arah lusi dengan waktu perendaman NaOH selama 2 jam memiliki nilai kekuatan *impact* sebesar (0.0827 J/mm²), kemudian untuk spesimen arah lusi dengan waktu perendaman NaOH selama 3 jam memiliki nilai kekuatan *impact* sebesar (0.0756 J/mm²). Untuk nilai rata-rata spesimen arah pakan dengan waktu perendaman NaOH selama 1 jam memiliki nilai kekuatan *impact* sebesar (0.0608 J/mm²), sedangkan nilai rata-rata spesimen arah pakan dengan waktu perendaman NaOH selama 2 jam memiliki nilai kekuatan *impact* sebesar (0.0753 J/mm²), kemudian nilai rata-rata spesimen arah pakan dengan waktu perendaman NaOH selama 3 jam memiliki nilai kekuatan *impact* yaitu sebesar (0.0706 J/mm²).

Dilihat dari grafik diatas, untuk kekuatan *impact* mengalami peningkatan dari variasi waktu perlakuan alkali 1 jam ke 2 jam dengan arah potong lusi meningkat sebesar 26,88%. Namun mengalami penurunan pada variasi 3 jam arah potong lusi dengan nilai rata-rata kekuatan *impact* 8.58%. Untuk spesimen arah potong pakan dengan variasi waktu perlakuan alkali 1 jam ke 2 jam kekuatan *impact* mengalami peningkatan sebesar 23,85%. Pada arah potong pakan dengan variasi waktu alkali 2 jam ke 3 jam mengalami penurunan kekuatan *impact* sebesar 6,24%.

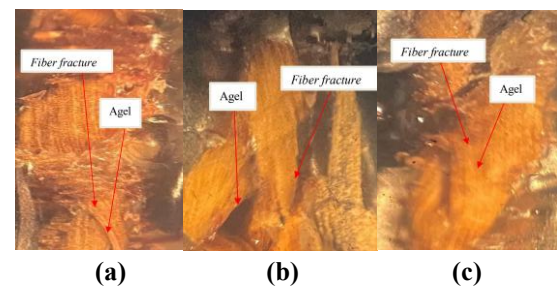
Dilihat dari data diatas, untuk kekuatan *impact* mengalami peningkatan dari variasi waktu perlakuan alkali 1 jam ke 2 jam dengan arah potong lusi dan pakan peningkatan sebesar 26,88% dan 23,85% dengan nilai *impact* tertinggi mencapai 0.0827 J/mm². Peningkatan ini terjadi karena kandungan lignin dan pectin, hemiselulosa dan kotoran yang terdapat pada serat dihilangkan sehingga meningkatkan ikatan antara serat dengan matriks yang mengakibatkan kekuatan *impact* meningkat. Namun mengalami penurunan pada perlakuan alkali 2 jam ke 3 jam arah potong lusi sebesar 8.58% dan 6,24%.

Penurunan ini diakibatkan karena waktu perlakuan alkali yang terlalu lama sehingga menyebabkan serat menjadi rusak sehingga mempengaruhi kekuatan *impact* yang didapat [3].

4.2. Foto Mikro



Gambar 3. Hasil uji *impact* Searah lusi treatment NaOH 5% selama (a) 1 jam, (b) 2 jam, dan (c) 3 jam



Gambar 4. Hasil uji *impact* Searah pakan treatment NaOH 5% selama (a) 1 jam, (b) 2 jam, dan (c) 3 jam

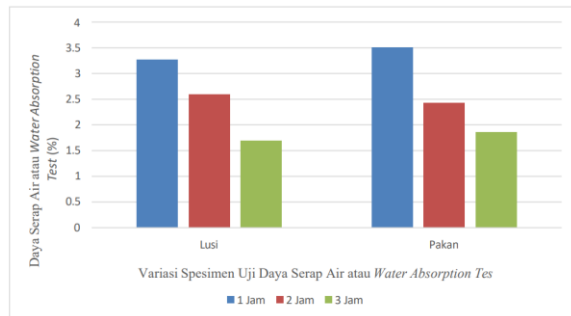


Gambar 5. Hasil foto mikroskop terhadap spesimen

Dari gambar hasil di atas, kita dapat melihat bahwa pada spesimen uji *impact* potongan searah katun, terjadi *fiber pullout* pada ke tiga variasi spesimen. Saat terjadi perpatahan, resin terlebih dulu patah, kemudian diikuti oleh serat yang meregang sebelum akhirnya ikut patah. Hal ini disebabkan kekuatan serat tersebut yang melebihi kekuatan dari matriks (resin) yang digunakan. *Fiber pullout* terjadi pada semua variasi spesimen potongan searah lusi (agel). Sementara itu, pada spesimen dengan potongan searah benang katun, terjadi *fiber fracture* dimana kekuatan serat dibantu oleh kekuatan matriks dan mengalami kegagalan pada saat yang bersamaan sehingga terlihat seperti potongan bersih. *Fiber*

fracture terjadi pada semua variasi spesimen potongan searah pakan (katun).

4.3. Uji Daya Serap Air



Gambar 6. Grafik Data Penelitian Uji Daya Serap Air

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata spesimen arah lusi dengan waktu perendaman NaOH selama 1 jam memiliki nilai daya serap air sebesar (3.27%), Sedangkan nilai rata-rata spesimen arah lusi dengan waktu perendaman NaOH selama 2 jam memiliki nilai daya serap air sebesar (2.59%), Kemudian untuk spesimen arah lusi dengan waktu perendaman NaOH selama 3 jam memiliki nilai daya serap air sebesar (1.69%), Untuk nilai rata-rata spesimen arah pakan dengan waktu perendaman NaOH selama 1 jam memiliki nilai daya serap air sebesar (3.50%), sedangkan nilai rata-rata spesimen arah pakan dengan waktu perendaman NaOH selama 2 jam memiliki nilai daya serap air sebesar (2.42%), kemudian nilai rata-rata spesimen arah pakan dengan waktu perendaman NaOH selama 3 jam memiliki nilai daya serap air sebesar (1.86%).

Dilihat dari data tersebut menunjukkan bahwa spesimen arah pakan dengan waktu perendaman NaOH selama 1 jam memiliki nilai rata-rata daya serap air tertinggi, sedangkan spesimen arah lusi dengan waktu perendaman NaOH selama 3 jam memiliki nilai rata-rata daya serap air terendah. Dikarenakan penggunaan NaOH yang lama menyebabkan penurunan daya serap air (hidrofilik) pada serat karena degradasi selulosa. Selulosa yang terdegradasi mengurangi kemampuan serat untuk menyerap air [9].

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan di atas dapat kita simpulkan sebagai berikut:

Pada uji *impact*, spesimen yang paling tinggi kekuatan *impact* adalah spesimen dengan arah potongan lusi variasi *treatment* larutan NaOH 5% selama 2 jam dengan kekuatan *impact* 0,0827 J/mm² dan spesimen yang paling rendah kekuatannya adalah spesimen dengan potongan arah pakan variasi *treatment* NaOH 5% selama 1 jam memiliki nilai kekuatan *impact* sebesar 0.0608 J/mm². Pada uji daya serap air, spesimen yang paling tinggi daya serap airnya adalah spesimen dengan arah potongan pakan

variasi *treatment* larutan NaOH 5% selama 1 jam dengan nilai daya serap air 3.50% dan spesimen yang paling rendah daya serap airnya adalah spesimen dengan arah potong lusi variasi *treatment* larutan NaOH 5% selama 3 jam dengan nilai daya serap air 1.69%. Secara umum, spesimen dengan arah potongan lusi memiliki kekuatan yang lebih kuat dibandingkan dengan spesimen arah potongan pakan. Pada spesimen arah lusi, terjadi *fiber pullout* pada semua variasi spesimen, sementara itu pada spesimen searah benang katun, terjadi *fiber fracture* pada semua variasi spesimen. Penurunan kekuatan serat pada *treatment* NaOH 5% selama 3 jam disebabkan oleh lignin dan hemiselulosa pada serat yang semakin terdegradasi oleh kandungan NaOH tinggi dalam larutan.

Daftar Pustaka

- [1] Alami, S., Aplikasi Bumper, U., & Julian, M., 2022. *Pengembangan Material Komposit Berpenguat*. Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan, 10(2).
- [2] Azizi, R., Yopa,), Prawatya, E., Wicaksono, R. A., Program,), Mesin, S. T., Tanjungpura, U., Prof, J., & Nawawi, H. H., 2021. *Karakterisasi Pengaruh Orientasi Serat terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit* (Vol. 2, Issue 1).
- [3] Dantes, K. R., Nugraha, I. N. P., Elisa, E., & Yudistira, I. P. H., 2023. *Analisis Pengaruh Variasi Waktu Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Impact Komposit Polyester Yang Diperkuat Serat Bambu*. Jurnal Rekayasa Mesin, 14(2), 393–399.
- [4] Diana, L., Ghani Safitra, A., & Nabel Ariansyah, M., 2020. *Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer*. 4(2), 59–67.
- [5] Mahmuda, E., Savetlana, S., & Sugiyanto, D., 2013. *Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk Dengan Matrik Epoxy*. In Jurnal Fema (Vol. 1, Issue 3).
- [6] Nisa, K. S., Melyna, E., & Samida, M. R. M., 2022. *Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Poliester dengan Alkalisasi KOH Menggunakan Metode Hand Lay-Up*. Rekayasa, 15(3), 354–361.
- [7] Novel Sagitta, J., Ketut Gede Sugita, I., Istri Putri Kusuma Kencanawati, C., & Jimbaran Bali Abstrak, B., 2017. *Variasi Ketebalan*

Panel Green Komposit Terhadap Koefisien Serap Bunyi Komposit Serabut Kelapa (Cocos Nucifera) Dengan Perekat Getah Pinus (Pinus Merkusii). In Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika (Vol. 6, Issue 4).

- [8] Taj, S., Munawar, M., & Khan, S., 2007. ***Natural fiber-reinforced polymer composites.*** Proc. Pakistan Acad. Sci., 44, 129–144.
- [9] Witono, K., Surya Irawan, Y., Soenoko, R., & Suryanto, H., 2013. ***Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap Morfologi dan Kekuatan Tarik Serat Mendong.*** In Jurnal Rekayasa Mesin (Vol. 4, Issue 3).

	Haekal Ali An menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana.
Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan Rekayasa Manufaktur.	