

[Study of Hardness Strength and Impact Strength on Composites Reinforced by Sansevieria Fiber With Variation of Starch Addition 6%-10%]

[Studi Kekuatan Kekerasan dan Kekuatan Impact pada Komposit Diperkuat Serat Sansevieria dengan Variasi Penambahan Amilum 6%-10%]

Wisty Nugroho¹⁾, Edi Widodo^{*2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: ediwidodo@umsida.ac.id

Abstract. *Natural fiber reinforced polymer composites have become one of the areas of research that attract attention because of their superior and environmentally friendly mechanical properties. This study aims to determine the effect of adding starch 6%, 7%, 8%, 9%, 10% on the characteristics of the mechanical properties of composites reinforced with sansevieria fibers. The manufacture of this composite uses the hand lay up method with a fiber weight fraction volume of 30% and alkali treatment of sansevieria fibers with a concentration of 5% NaOH for two hours. This alkali treatment aims to reduce the content of lignin, hemicellulose, and dirt layers on the fiber surface. Testing the characteristics of mechanical properties in this study is the impact test and Shore D hardness test. In the good impact test results without the addition of starch, because the increasing concentration of starch can reduce the density of molecular bonds in the polymer matrix, so that the bond strength between molecules decreases. While the results of the Shore D hardness test are better adding starch, because starch acts as a filler that reduces local deformation on the composite surface when tested with an indenter on the Shore D hardness tester.*

Keywords - *Polymer composite; Sansevieria fiber; starch; hand lay-up method*

Abstrak. *Komposit polimer yang diperkuat serat alam telah menjadi salah satu bidang penelitian yang menarik perhatian karena sifat mekanisnya yang unggul dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan amilum 6%, 7%, 8%, 9%, 10% terhadap karakteristik sifat mekanik komposit yang diperkuat dengan serat sansevieria. Pembuatan komposit ini menggunakan metode hand lay up dengan volume fraksi berat serat sebesar 30% dan perlakuan alkali terhadap serat sansevieria dengan konsentrasi NaOH 5% selama dua jam. Perlakuan alkali ini bertujuan untuk mengurangi kandungan lapisan lignin, hemiselulosa, dan kotoran pada permukaan serat. Pengujian karakteristik sifat mekanik pada penelitian ini yaitu uji impact dan uji kekerasan Shore D. Dalam hasil pengujian impact yang baik berupa tanpa penambahan amilum, karena semakin meningkat konsentrasi amilum dapat menurunkan densitas ikatan molekul pada matriks polimer, sehingga kekuatan ikatan antar molekul berkurang. Sedangkan hasil uji kekerasan shore D lebih baik menambahkan amilum, karena amilum berperan sebagai filler yang mengurangi deformasi lokal pada permukaan komposit ketika diuji dengan indenter pada alat uji kekerasan Shore D.*

Kata Kunci – *Komposit polimer; Serat sansevieria; amilum; metode hand lay-up*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dibidang material juga telah terbukti memberi manfaat bagi dunia industri, baik manufaktur, otomotif maupun industri lainnya. Dunia teknik merupakan salah satu bidang yang menunjukkan perkembangan yang sangat pesat. Sehingga pemanfaatan material semakin efisien karena telah dilakukan perbaikan dari masa kemasa. Terutama pada material komposit serat alam memiliki peranan yang penting pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sebagai material alternatif, material komposit memberikan banyak keunggulan dibandingkan dengan material logam diantaranya yaitu komposit memiliki ketahanan korosi, desain yang fleksibel, memiliki ketangguhan material yang baik dan bobot yang ringan. Komposit adalah gabungan dari dua bahan atau lebih memiliki sifat mekanik lebih kuat dari material dasarnya. Pada umumnya material komposit berasal dari dua unsur, yaitu serat sebagai bahan penguat dan matriks sebagai bahan pengikat serat [1]. Komposit polimer dengan bahan penguat serat alam memiliki banyak kelebihan dari pada penggunaan komposit berpenguat serat sintesis. Menggunakan komposit sintesis dapat digantikan dengan serat alam dengan begitu kekuatan dan modulus spesifiknya akan tinggi, ramah lingkungan, memberikan manfaat biaya manufaktur yang lebih ekonomis, serta menghasilkan

emisi karbon yang rendah, biodegradabilitas, dan yang terakhir tidak ada bahaya bagi kesehatan kuli tangan dan nyaman untuk digunakan[2]. Komposit serat alam juga memiliki sifat penyerapan dan isolasi akustik yang mudah. Dalam aplikasinya, komposit serat alam juga memiliki karakteristik yang baik dan komposisi kimia yang memadai karena kandungan selulosa, hemiselulosa, lignin dan yang terakhir mempunyai zat lilin[3].

Serat pada dasarnya dibagi menjadi dua yaitu serat alam (*natural fiber*) dan serat buatan (*synthetic fiber*). Serat alam (*natural fiber*) merupakan serat bersumber langsung dari tumbuhan alam bukan buatan atau rekayasa manusia[4]. Serat alam ialah serat yang didapat dari alam yang dapat diperbarui seperti serat kayu, serat tumbuhan buah kelapa sawit, serat ijuk, serat nanas, serat *sansevieria*, serat pisang, serat kapas, rami, dan lain sebagainya. Adapun serat buatan (*synthetic fiber*) didapat dari proses kimia seperti serat boron, serat karbon atau serat grafit, serat gelas, serat alumina, serat aramid, dan serat silikon karbida diperoleh dari proses kimia seperti serat boron, serat karbon atau serat grafit, serat gelas, serat alumina, serat aramid, dan serat silikon karbida[5]. Tanaman *sansevieria* dikenal dengan nama lain yaitu lidah mertua atau tanaman ular, karena tekstur daunnya mirip kulit ular, warna daun ada yang hijau muda dengan corak bersisik seperti ular jenis *sansevieria* yang sering dipergunakan adalah *sansevieria trifasciata* yang dikenal sebagai sumber serat komersial karena memiliki serat yang lembut, liat dan sangat elastis dan salah satunya dapat menyerap karbon monoksida, karbon dioksida, asap rokok, dan gas beracun lainnya dan sifat dari pada serat *sansevieria* ini memiliki bentuk yang hampir sama dengan serat daun nanas yaitu memiliki sifat yang tidak mudah rapuh, mengkilat, dan panjang sehingga cocok untuk dijadikan penguat pada material komposit serat alam[6]. Serat lidah mertua (*sansevieria*) memiliki potensi sebagai bahan penguat komposit karena mempunyai sifat mekanik yang baik. Serat *sansevieria* memiliki struktur lignoselulosa berupa lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Serat *sansevieria* adalah salah satu bahan yang mengandung selulosa, sehingga perlu proses pemisahan lignin. Pengambilan serat *sansevieria* melalui beberapa tahapan yakni pengelantangan (*bleaching*), ekstraksi serat (*degumming*), serta penguraian serat[7]. Dalam memaksimalkan kekuatan serat berbagai cara yang dapat dilakukan, salah satunya yaitu melakukan perendaman dengan larutan kimia, perlakuan kimia serat yang banyak digunakan adalah larutan alkali NaOH (*Natrium Hidroksida*) karena memiliki sifat asam basah yang kuat yang berfungsi untuk meningkatkan daya ikat antara serat dan matriks[8]. Perlakuan alkali terhadap serat *sansevieria*, yaitu dengan proses perendaman pada air aquades dan konsentrasi NaOH 5% selama 2 jam untuk menghilangkan lapisan lignin pada serat[9]. Dengan hilangnya lapisan lignin ini maka ikatan antara serat dan matriks akan menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Serat yang mengalami perlakuan alkalisasi dengan penguat *natrium hidroksida* (NaOH) akan memiliki kekuatan yang lebih kuat dibandingkan serat yang tidak mengalami alkalisasi[10].

Material komposit memiliki perekat yang biasa disebut dengan matriks, misalnya yaitu resin *epoxy* dan *polyester*. Selain itu terdapat katalis atau *hardener* yang terkandung dalam komposit yang berfungsi untuk mempersingkat waktu pengerasan pada komposit[11]. Pencampuran atau penyatuan resin dan katalis dilakukan pada wadah yang kemudian terjadi proses pengerasan atau polimerisasi. Material komposit banyak dimanfaatkan karena mempunyai banyak kelebihan diantaranya tidak terkorosi dan mempunyai ketahanan terhadap degradasi lingkungan, mempunyai ketahanan fatigue tinggi, mempunyai sifat tailoring dan mempunyai kekuatan spesifik dan kekakuan yang lebih tinggi[12]. Matriks yang digunakan dalam pembuatan komposit ini adalah resin *polyester* bening tipe 801 dan katalis *mepoxe*.

Selain untuk menaikkan sifat serat juga dilakukan untuk menaikkan daya rekat pada serat yang salah satunya yaitu menggunakan campuran bahan. Tepung Pati atau *amilum* merupakan karbohidrat kompleks yang tak larut dalam cairan, berbentuk bubuk putih, tidak berasa serta tidak berbau, *amilum* memiliki rumus kimia ($C_6H_{10}O_5$). Salah satu *amilum* yang umum digunakan ialah *amilum* singkong, *amilum* singkong memiliki kemampuan sebagai pengikat yang lebih baik dibandingkan dengan *amilum* jagung dan *amilum* kentang[13]. *amilum* adalah polisakarida yang berasal dari alam yang banyak terdapat secara luas dalam biji, buah, akar, dan batang. *Amilum* terdiri dari dua jenis molekul yaitu amilosa dan amilopektin dengan struktur kimia yang tersusun. *Amilosa* berbentuk struktur heliks merupakan polisakarida linear yang tersusun dari rantai panjang molekul glukosa yang dihubungkan oleh ikatan oleh α -(1,4)-D-glukosa, dengan berat molekul rata-ratanya adalah 105 Da. Sebaliknya amilopektin adalah kelompok polimer bercabang yang tiap unitnya dihubungkan secara linier oleh ikatan α -(1,4) pada rantai lurus, serta ikatan α -(1,6) pada titik percabangan. Pati termasuk kedalam polimer alam, karena pati dihasilkan dari pemanfaatan karbon dioksida dan air melalui proses fotosintesis, serta dapat terdegradasi dengan sempurna[14].

Penelitian ini membahas tentang penambahan *amilum* sebagai bahan tambahan dalam pembuatan komposit polimer. Tepung pati dalam bahasa ilmiahnya adalah *amilum manihot esculenta* terbuat dari umbi tanaman singkong sebagai bahan tambahan dalam pembuatan komposit polimer. Komposit ini menggunakan bahan pengikat (matriks) berupa resin bening *polyester* tipe 801 dan bahan pengisi (*filler*) menggunakan serat alam berasal dari tumbuhan lidah mertua (*sansevieria*) dengan penambahan konsentrasi *amilum* sebesar (6%, 7%, 8%, 9%, 10%). Pada proses penambahan *amilum* dalam pembuatan komposit polimer diharapkan dapat memberikan nilai ketahanan pada saat menguji material komposit tersebut terhadap kekuatan kekerasan dan kekuatan *impact*. *Amilum* merupakan bahan organik dari pati singkong yang mengandung *polisakarida*, sehingga dapat digunakan sebagai bahan perekat

dalam pembuatan komposit polimer sebagai bahan campuran antara resin dan tepung pati, karena membentuk lapisan yang cukup kuat[15]. *Amilum* ini digunakan sebagai penguat dalam komposit yang akan dibuat, dengan sifat perekat pada *amilum* ini diharapkan dapat lebih memaksimalkan kerekatan gaya ikat matrik pada komposit polimer. *Amilum* memiliki kemampuan sebagai pengikat yang lebih baik dibandingkan dengan *amilum* jagung dan *amilum* kentang. Amilopektin dalam air dapat membentuk larutan koloidal. Bila larutan koloidal dipanaskan maka akan terbentuk massa yang lengket, sifat inilah yang dimanfaatkan sebagai bahan pengikat yang dapat meningkatkan sifat alir *amilum*[16].

II. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen (*experimental research*) dengan tujuan untuk menguji nilai kekuatan kekerasan dan kekuatan *impact* pada komposit polimer yang diperkuat menggunakan serat *sansevieria* dengan variasi penambahan konsentrasi *amilum* sebesar 6%, 7%, 8%, 9%, 10%. Matriks yang digunakan dalam bahan pengikat serat pada proses pembuatan komposit polimer berupa resin bening *polyester* tipe 801 dan bahan penguatnya menggunakan serat *sansevieria* dengan volume fraksi berat serat sebesar 30% dengan metode *hand lay up*, dimana sebelum proses pembuatan komposit polimer serat *sansevieria* tersebut dilakukan perlakuan alkali dengan cara direndam pada larutan NaOH sebesar 5% selama 2 jam. Penelitian ini menggunakan standart ASTM D 5942-96 untuk uji *impact* metode *charpy* dan ASTM D 2240 untuk uji kekerasan shore D.

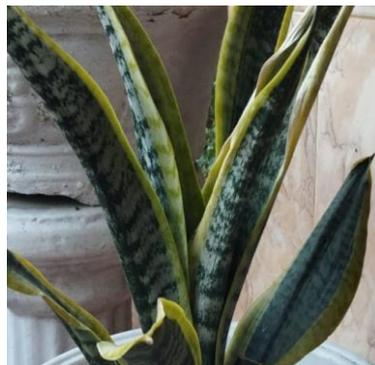
Dalam proses eksperimen pada penelitian ini dilakukan dilaboratorium teknik mesin universitas muhammadiyah sidoarjo, sedangkan untuk uji material dilakukan di politeknik negeri malang. Untuk alat yang digunakan dalam pembuatan komposit polimer ini meliputi cetakan spesimen dimana cetakan terbuat dari *silicon rubber* rtv 48, timbangan digital, gelas plastik dan lain-lainya.

A. Persiapan Material dan Metode Pembuatan Komposit Polimer

Adapun material pada komposit polimer yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Serat lidah mertua (*Sansevieria*)

Serat daun *sansevieria* merupakan serat yang diperoleh dari tumbuhan lidah mertua atau yang dapat dikenal dengan bahasa ilimianya berupa tumbuhan *sansevieria*. *Sansevieria* merupakan tumbuhan ber biji tunggal (monokotil), sehingga akar tanaman ini berbentuk serabut. Serat daun *sansevieria* memiliki banyak kelebihan yang menjadikannya menarik untuk berbagai aplikasi, terutama untuk material komposit polimer karena serat ini bersifat ramah lingkungan, tidak beracun, sifat mekanik nya yang baik, densitasnya yang rendah, ketersediaan yang melimpah, tidak ada bahaya bagi kesehatan kuli tangan dan nyaman untuk digunakan[17]. Karakteristik pada serat daun *sansevieria* memiliki nilai kekuatannya cukup baik dan cocok untuk digunakan sebagai bahan penguat pada material komposit terutama pada nilai modulus elastisitas berkisar antara 300–600 Mpa, nilai rata-rata regangan mulur berkisar sebesar 7,50% perhelai serat lidah mertua, massa jenis serat *sansevieria* (lidah mertua) berkisar sekitar 1,2 hingga 1,5 g/cm³[18].



(A)



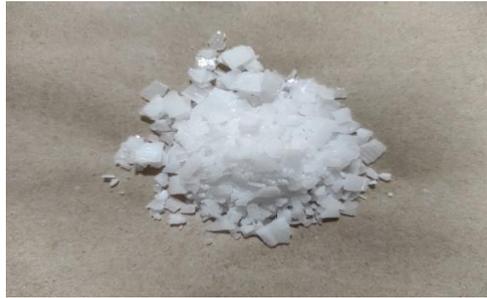
(B)

Gambar 1. (A) Tanaman lidah mertua dan (B) serat lidah mertua (*sansevieria trifasciata*)

2. NaOH (*Natrium Hidroksida*)

Natrium hidroksida merupakan salah satu senyawa kimia anorganik yang bersifat alkali/basa berbentuk kristal dan berwarna putih bersifat higroskopis dan larut dalam air. Ketika dilarutkan dalam air, NaOH terionisasi menjadi ion natrium (Na⁺) dan ion hidroksida (OH⁻), yang membuat larutannya bersifat basa (alkalis). Kemampuan NaOH untuk meningkatkan pH larutan secara signifikan menjadikannya bahan proses alkali terhadap serat *sansevieria* dapat menghilangkan pengotor pada permukaan serat dan membuat diameter

menjadi lebih kecil. Secara umum, ketika serat semakin kecil maka kekuatan material komposit semakin tinggi[19].



Gambar 2. Serpihan *natrium hidroksida* (NaOH)

3. Perlakuan Alkali

Perlakuan alkali terhadap serat *sansevieria* (lidah mertua) berfungsi untuk meningkatkan daya ikat antara serat dan matrik. Proses ini biasanya dilakukan dengan merendam serat dengan menggunakan larutan alkali berupa natrium hidroksida (NaOH) dan konsentrasi NaOH 5% selama 2 jam untuk menghilangkan lapisan lignin pada serat *sansevieria* (lidah mertua). Berikut persamaan rumus yang digunakan sebagai proses alkali :

$$m_{NaOH} = \text{Perlakuan Alkali} \times V = \dots(\text{gram}) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} m_{NaOH} &= \text{Massa NaOH (gram)} \\ V &= \text{Banyaknya volume aquadest (ml)} \end{aligned}$$



Gambar 3. Proses Perlakuan Alkali terhadap serat *sansevieria*

4. Matriks

Matriks yang digunakan sebagai bahan pengikat serat pada proses pembuatan komposit menggunakan resin benin *polyester* tipe 801. Resin *polyester* tersebut merupakan jenis resin *polyester* tak jernih yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi salah satu contohnya komposit. Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matrik. Selain itu matriks juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matrik harus diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matrik[20].



Gambar 4. Resin Bening Polyester Tipe 801

5. Katalis *Mexpo*

Dalam proses pengerasan resin, katalis merupakan bahan yang digunakan untuk mempersingkat reaksi (*curing*) atau proses pengerasan pada temperatur ruang. Katalis yang digunakan dalam proses *curing* pada cairan resin ini menggunakan katalis berjenis *mexpo* (*methyl ethyl ketone peroxide*). Penggunaan katalis dalam proses ini mempercepat reaksi pengeringan atau *curing*, mengubah resin dari bentuk cair menjadi padat dan keras lebih cepat, terutama untuk pembuatan komposit membutuhkan waktu pengeringan yang lama terutama jika tidak ada katalis yang digunakan. Penggunaan katalis memungkinkan komposit selesai lebih cepat dan meningkatkan efisiensi proses pembuatan komposit. Namun, jika digunakan terlalu banyak, katalis dapat menimbulkan panas yang berlebihan pada saat proses pengerasan. Reaksi panas yang berlebihan maka akan mengakibatkan kerusakan pada hasil yang dapat menurunkan kekuatan dan kualitas komposit[21].



Gambar 5. Katalis *Mexpo*

6. *Amilum*

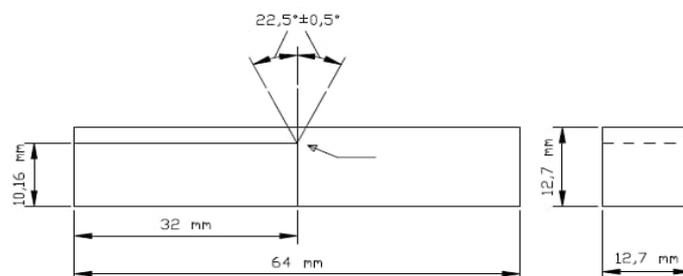
Amilum merupakan karbohidrat kompleks yang tak larut dalam cairan, berbentuk bubuk putih, tidak berasa serta tidak berbau. Salah satu *amilum* yang umum digunakan ialah *amilum* singkong, *amilum* singkong memiliki kemampuan sebagai pengikat yang lebih baik dibandingkan dengan *amilum* jagung dan *amilum* kentang. *Amilum* ini mempunyai sifat-sifat yang sangat potensial untuk dimanfaatkan dalam industri pangan antara lain sebagai pengental (*thickener*), pengisi (*filler*), bahan pengikat (*binder*) dan sebagai bahan penstabil (*stabilizer*), bahan pembentuk edible film serta dalam industri farmasi. Tapioka diperoleh dengan proses pengendapan filtrat ubi kayu[22]. Penggunaan tepung pati sebagai bahan tambahan dalam pembuatan komposit polimer bertujuan untuk meningkatkan ketahanan mekanik, kekuatan, dan kekakuan material komposit.



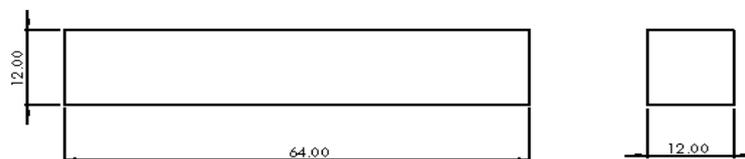
Gambar 6. *Amilum* (Tepung Pati)

7. Metode Pembuatan Komposit

Pada proses pembuatan komposit polimer yang diperkuat dengan serat daun *sansevieria* ini menggunakan metode *hand lay-up* dimana serat dipotong dengan ukuran 1 cm dengan orientasi serat acak. Metode *hand lay-up* adalah metode yang digunakan dalam proses laminasi serat manual untuk menghasilkan komposit. Metode *hand lay-up* memiliki kelemahan yang disebabkan hubungan permukaan dengan serat dan matriks yang tidak sempurna sehingga terjadinya rongga karena udara yang terdapat pada matriks dan serat yang dapat mengurangi komposit, sedangkan keuntungan metode *hand lay-up* antara lain biaya produksi murah, sederhana, kemudahan dalam pencetakan dan desain produk serta variasi ketebalan komposisi serat [23]. Metode *hand lay up* pada pembuatan komposit ini menggunakan jarum sebagai memadatkan serat dan resin memastikan serat benar-benar terendam resin di seluruh area cetakan *silicon* dan untuk menghilangkan gelembung pada resin karena jarum memiliki ujung yang lancip sehingga mudah untuk menghilangkannya. Pembuatan spesimen komposit polimer ini menggunakan cetakan yang terbuat dari *silicon rubber* rtv 48 bertujuan menggunakan cetakan ini pada saat proses pembuatan komposit polimer agar waktu spesimen mudah dikupas saat sudah mengeras dan cetakan *silicon* ini bisa digunakan kembali. Pengujian kekuatan *impact* metode *charpy* menggunakan ASTM 5942-96 untuk menetapkan prosedur dan persyaratan untuk pengujian *impact*. Sedangkan untuk pengujian kekerasan Shore D dengan ukuran bentuk spesimen menggunakan standar ASTM D 2240.



Gambar 7. Bentuk cetakan uji *impact* metode *charpy* ASTM D 5942-96



Gambar 8. Bentuk cetakan uji kekerasan shore D ASTM D 2240.

B. Perhitungan Komposisi Pada Pembuatan Komposit Polimer

Dalam penelitian ini, penentuan takaran dan persiapan bahan yang digunakan dalam pembuatan komposit dilakukan dengan menggunakan beberapa persamaan rumus untuk menghitung komposisi material komposit ini secara tepat. Salah satu proses utama adalah fraksi volume serat, yang digunakan untuk mengukur berat serat lidah mertua (*sansevieria*) sebagai bahan penguat dalam pembuatan komposit polimer. Persamaan untuk menghitung fraksi volume serat adalah sebagai berikut[24]:

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

$$v_f = \frac{w_f/p_f}{w_f/p_f + m_k/p_m} = \dots(\%) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- v_f = Fraksi volume serat (%)
 m_k = Massa matriks Komposit dalam satu cetakan penuh (gram)
 w_f = Massa Berat serat (gram)
 p_f = Massa jenis serat (gr/mm^3)
 p_m = Massa jenis matrik (gr/mm^3)

Dengan menggunakan persamaan pada penjelasan rumus diatas untuk menghitung fraksi volume serat, maka dapat mengetahui presentase ketelitian volume serat dalam total volume komposit yang mengandung serat dan matriks. Dalam pembuatan komposit fraksi volume serat sangat penting, karena mempengaruhi sifat mekanik dan pengaplikasian pada material komposit. Dengan menggunakan persamaan rumus ini, maka kita dapat mengontrol komposisi bahan dan merancang material dengan sifat yang sesuai dengan tujuan untuk mengaplikasikan dalam proses tertentu.

Selanjutnya dalam pembuatan komposit, perhitungan massa matriks dilakukan relatif terhadap berat total komposit. Perhitungan massa matriks sangat penting dalam pembuatan komposit karena menentukan keseimbangan antara matriks dan serat dalam komposit tersebut. Dengan menggunakan rumus perhitungan ini, maka dapat mengetahui bahwa komposit memiliki komposisi bahan yang sesuai untuk memberikan sifat mekanik yang optimal serta tingkat biodegradabilitas yang diinginkan. Berikut dibawah ini menjelaskan perhitungan komposisi matriks yang dibutuhkan sebagai parameter pembuatan komposit polimer :

$$m_m = m_k - v_a \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- m_m = Massa berat matriks dalam konsentrasi *amilum* (gr)
 m_k = Massa matriks komposit dalam satu cetakan penuh (gr)
 v_a = Variasi konsentrasi *amilum* (%)

Perhitungan berat *amilum* terhadap komposisi komposit memberikan gambaran yang jelas tentang berapa banyak *amilum* yang digunakan dalam setiap variasi presentase *amilum* dan untuk mengetahui nilai kekuatannya. Maka berat *amilum* dalam komposisi pembuatan komposit polimer dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$m_a = \frac{v_a}{100\%} \times m_k \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- m_a = Massa berat *amilum* dalam setiap variasi presentase *amilum* (gr)
 v_a = Variasi Konsentrasi *Amilum* (%)
 m_k = Massa matriks komposit dalam satu cetakan penuh (gr)

Berikut ini menjelaskan tentang perhitungan variasi konsentrasi *amilum* berupa parameter sangat penting yang perlu dihitung untuk mengetahui berapa presentase dari setiap komposisi dalam pembuatan komposit ini karena mengacu dalam konteks artikel ini tentang variasi penambahan *amilum*. Berikut dibawah ini menjelaskan perhitungan variasi konsentrasi *amilum* :

$$v_a = \frac{m_a}{m_k} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

- v_k = Variasi Konsentrasi *Amilum* (%)
 m_k = Massa matriks komposit dalam satu cetakan penuh (gr)
 m_a = Massa berat *amilum* dalam setiap variasi presentase *amilum* (gr)

C. Pengujian Spesimen Komposit Polimer

1. Pengujian pertama pada spesimen komposit polimer ini menggunakan uji *impact* metode *charpy*.

Uji *impact* metode *charpy* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan material. Oleh karena itu uji *impact* banyak dipakai dalam bidang menguji sifat mekanik yang dimiliki oleh suatu material. Pengujian *impact* merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan material terhadap beban kejut. Dasar pengujian *impact* ini adalah penyerapan energi potensial dari

pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi[25]. Dalam pengujian *impact* metode *charpy* ini yang mana menggunakan persamaan rumus sebagai berikut[26]:

$$E = m \times g \times H1 - m \times g \times H2 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

E = Energi Serap (*Joule*)

m = massa berat pandulum (kg)

g = gravitasi (m/s²)

H1 = sudut awal sebelum di ayunkan (°)

H2 = sudut akhir setelah di ayunkan (°)

$$HI = E / A \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

HI = Nilai Kekuatan *Impact* (*Joule*/mm²)

E = Energi terserap (*Joule*)

A = Luas sobekan / patahan (mm²)



Gambar 9. Alat Uji *Impact Charpy Test*

2. Pengujian kedua pada spesimen komposit polimer ini menggunakan uji kekerasan Shore D

Pengujian kekerasan shore D ini bertujuan untuk mengetahui nilai ketahanan benda uji terhadap penetrasi suatu bahan yang lebih keras dengan bentuk dan pengaruh gaya tertentu sehingga akan diperoleh nilai kekerasan benda uji. Standar yang digunakan pada alat uji durometer shore D merujuk pada standar ASTM D2240. Keunggulan utama dari alat uji durometer Shore D adalah kemampuannya untuk memberikan pengukuran kekerasan dengan cepat dan akurat. Indentor akan menghasilkan pembacaan nilai kekerasan secara cepat pada kala kekerasan Shore D. Skala kekerasan Shore D paling sering digunakan untuk mengukur kekerasan material plastik, karet, dan bahan elastomer lainnya. Uji dilakukan pada permukaan spesimen sejumlah lima titik dengan jarak minimal 6 mm antar titik. Pada proses pengujian kekerasan shore D spesimen harus memiliki ketebalan minimal sebesar 6mm[27]. Ketika mengukur kekerasan menggunakan skala Shore D, perhitungan nilai kekerasan didasarkan pada kedalaman penetrasi yang dihasilkan oleh ujung penetrator ke dalam bahan uji. Rumus umum untuk menghitung kekerasan Shore D adalah sebagai berikut[28].

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

$$H_{Shore D} = 100 - D \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

$H_{Shore D}$ = Nilai kekerasan Shore D (SHD)

D = Kedalaman penetrasi ujung penetrator ke dalam bahan uji (mm)



Gambar 10. Alat Uji Kekerasan Shore Durometer Digital

III. Hasil dan Pembahasan

A. Komposisi Pembuatan Spesimen

Dari proses penelitian pada pembuatan komposit yang diperkuat menggunakan serat *sansevieria* dengan perlakuan alkali. Proses alkali tersebut berupa proses perendaman serat *sansevieria* pada larutan NaOH (*natrium hidroksida*) dengan konsentrasi 5% selama 2jam. Untuk Fraksi volume serat sebesar 30% serta serat dipotong dengan ukuran 1 cm dan matriks menggunakan resin bening *polyester* tipe 801 dengan variasi penambahan *amilum* sebesar 6%, 7%, 8%, 9%, 10%. Maka didapatkan data yang akan dituangkan dalam bentuk tabel guna mempermudah dalam mengamati hasil yang sudah diperoleh, seperti pada tabel 1 menjelaskan mengenai komposisi pembuatan spesimen komposit polimer.

Tabel 1. Komposisi Pembuatan Spesimen

No	Resin (Gram)	Katalis (Gram)	Pati (Gram)	Variasi Presentase <i>Amilum</i> (%)
1	50	1	0	0%
2	47	1	3	6%
3	46,5	1	3,5	7%
4	46	1	4	8%
5	45,5	1	4,5	9%
6	45	1	5	10%

B. Proses Pembuatan Komposit Polimer

Tahap awal proses pembuatan komposit polimer pada penelitian ini adalah mempersiapkan serat lidah mertua (*sansevieria*) terlebih dahulu sebagai bahan penguat. Langkah pertama proses pengambilan pada daun *sansevieria* terlebih dahulu yang sudah cukup tua. Kemudian dilakukan proses *water retting* berupa proses perlakuan perendaman pada daun lidah mertua menggunakan air bersih dan dibiarkan selama 3-4 minggu sampai dengan tekstur daun lembek, warna kecoklatan, dan timbul bau busuk. Proses pengambilan serat dengan cara pengerukan (*scrapping*) menggunakan benda tumpu agar serat yang diperoleh tetap utuh dan tidak rusak. Serat yang dihasilkan lalu dicuci untuk membuang sisa lendir yang menempel. Serat lalu dikeringkan dengan cara dijemur selama 3-5 hari di tempat yang tidak terpapar sinar matahari secara langsung untuk menghindari pemutihan[29]. Setelah serat sudah mengering lanjut langkah berikutnya berupa perlakuan alkali atau proses perendaman serat *sansevieria* dalam larutan NaOH (Natrium Hidroksida) dengan konsentrasi 5% selama waktu 2 jam.

Tahapan kedua adalah proses pembuatan spesimen pertama siapkan serat *sansevieria* terlebih dahulu kemudian timbang serat sesuai dengan fraksi volume 30% dan potong serat tersebut dengan panjang 1 cm. Langkah berikutnya timbang resin dan *amilum* sesuai dengan variasi presentase penambahan *amilum*, jika sudah maka campurkan resin dan *amilum* kedalam suatu wadah. Setelah itu tuangkan campuran resin yang telah dicampur dengan *amilum* ke dalam cetakan, kemudian tambahkan potongan serat *sansevieria* yang telah disiapkan kemudian tata posisi serat dalam cetakan *silicon* dengan orientasi serat acak. Lalu membiarkan proses pengerasan terjadi secara alami selama waktu kurang lebih kira-kira 4 jam, apabila masih belum benar-benar mengeras maka proses pengeringan dapat dilakukan lebih lama lagi. Setelah spesimen sudah keadaan mengeras dilanjutkan proses pembentukan spesimen sesuai dengan ukur benda uji dengan menggunakan mesin frais. Untuk spesimen uji *impact* dibuat mengikuti standar ASTM D 5942-96 yaitu spesimen mempunyai dimensi panjang 64 mm, luas patahan takik 10,16 mm dan mempunyai lebar 12,7 mm dengan menggunakan V note dengan sudut 45°. Untuk Spesimen uji kekrasan shore D dibuat mengikuti standar ASTM D 2240 dan mempunyai dimensi panjang 64 mm, ketinggian 12 mm, luas 12mm.



Gambar 11. Proses Perlakuan Alkali Atau Proses Perendaman Serat *Sansevieria*



A

B

C

D

Gambar 12. A. Penimbangan Serat B. Penimbangan Resin C. Penimbangan Tepung Pati (*amilum*) D. Penimbangan Katalis



Gambar 13. Proses Penuangan Resin Yang Sudah Dicampurkan Serat Beserta *Amilum* Kedalam Cetakan *Silicon*

C. Hasil Pengujian *Impact* Metode *Charpy*

Pengujian *impact* dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari proses pembuatan material komposit polimer sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian *impact* metode *charpy* umumnya memberikan nilai energi yang diserap oleh material selama proses pengujian, yang diukur dalam satuan *Joule* (J). Uji *impact* metode *Charpy* dirancang untuk mengukur ketangguhan suatu material, yaitu kemampuan material untuk menyerap energi sebelum mengalami kerusakan atau patah.

Pengujian *impact* ini menggunakan alat uji berjenis *Promes Charpy Impact Test* dengan kapasitas maksimal energi yang diserap oleh alat uji ini sebesar 200 *Joule* milik laboratorium teknik mesin politeknik negeri malang. Pada bab ini, menjelaskan hasil dari penelitian mengenai pengaruh variasi penambahan konsentrasi tepung pati (*amilum manihot esculenta*) pada komposit polimer yang diperkuat dengan serat *sansevieria* terhadap kekuatan *impact* akan dijelaskan secara rinci. Maka didapatkan data yang akan dituankan dalam bentuk tabel guna mempermudah dalam mengamati hasil yang sudah diperoleh, seperti pada tabel 2 berikut untuk hasil pengujian *impact*:

Tabel 2. Data Hasil Uji *Impact*

Spesimen	Variasi Presentase <i>Amilum</i> (%)	Sudut Awal (°)	Sudut Akhir (°)	Energi Serap (<i>Joule</i>)	Harga <i>Impact</i> (<i>joule/mm²</i>)
A1	0%	120°	93,1°	105,83	0,820
A2	0%	120°	97,6°	105,39	0,816
A3	0%	120°	98,7°	105,24	0,815
B1	6%	120°	104,6°	104,18	0,807
B2	6%	120°	107,8°	103,42	0,801
B3	6%	120°	110,8°	102,51	0,794
C1	7%	120°	108,5°	103,22	0,799
C2	7%	120°	109,7°	102,87	0,797
C3	7%	120°	109,9°	102,82	0,796
D1	8%	120°	100,5°	104,99	0,813
D2	8%	120°	96,4°	105,49	0,817
D3	8%	120°	106,8°	103,67	0,803
E1	9%	120°	111,8°	102,21	0,792
E2	9%	120°	105,7°	103,93	0,805
E3	9%	120°	110,8°	102,51	0,794
F1	10%	120°	109,7°	102,87	0,797
F2	10%	120°	110,3°	102,66	0,795
F3	10%	120°	112,9°	101,86	0,789

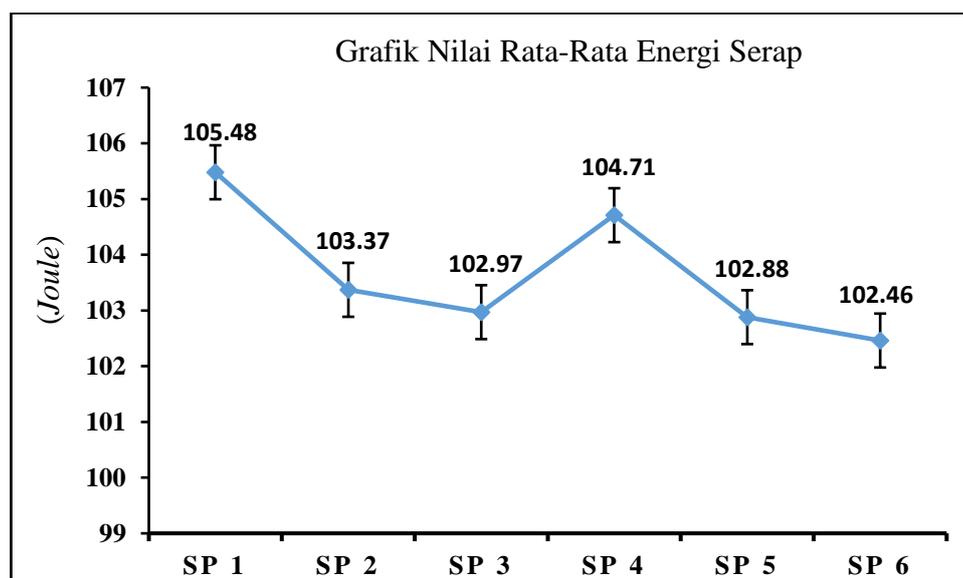
Pada tabel 2 menjelaskan tentang data hasil uji *impact* metode *charpy* dari spesimen tanpa penambahan *amilum* atau 0% sampai spesimen dengan penambahan *amilum* sebesar 6%, 7%, 8%, 9%, 10%. Bahwasanya dari hasil data pada tabel 2 dapat dijelaskan variasi penambahan *amilum* sebesar 6%, 7%, 8%, 9%, 10% sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik material komposit polimer tersebut. Tabel tersebut memberikan hasil data mulai dari sudut awal pendulum hingga sudut akhir pendulum ketika terjadi benturan pada spesimen, beserta energi serap dan harga *impact*. Untuk mengetahui nilai rata rata pada energi serap dan harga *impact* dari setiap variasi penambahan *amilum* maka

bisa dilihat pada tabel 3. Pada tabel 3 menjelaskan data nilai rata-rata energi serap dan harga *impact* pada hasil pengujian *impact*. SP 1 menjelaskan nilai rata-rata energi serap dan harga *impact* untuk spesimen A1,A2,A3 pada variasi penambahan *amilum* 0% atau spesimen tanpa penambahan *amilum*. SP 2 menjelaskan nilai rata-rata energi serap dan harga *impact* untuk spesimen B1, B2, B3 dari variasi penambahan *amilum* 6%. SP 3 menjelaskan nilai rata-rata energi serap dan harga *impact* untuk spesimen C1, C2, C3 dari variasi penambahan *amilum* 7%. SP 4 menjelaskan nilai rata-rata energi serap dan harga *impact* untuk spesimen D1, D2, D3 dari variasi penambahan *amilum* 8%. SP 5 menjelaskan nilai rata-rata energi serap dan harga *impact* untuk spesimen E1, E2, E3 dari variasi penambahan *amilum* 9%. SP 6 menjelaskan nilai rata-rata energi serap dan harga *impact* untuk spesimen F1, F2, F3 dari variasi penambahan *amilum* 10%.

Tabel 3. Nilai Rata-Rata Energi Serap dan Harga *Impact* Pada Hasil Perhitungan Uji *Impact*

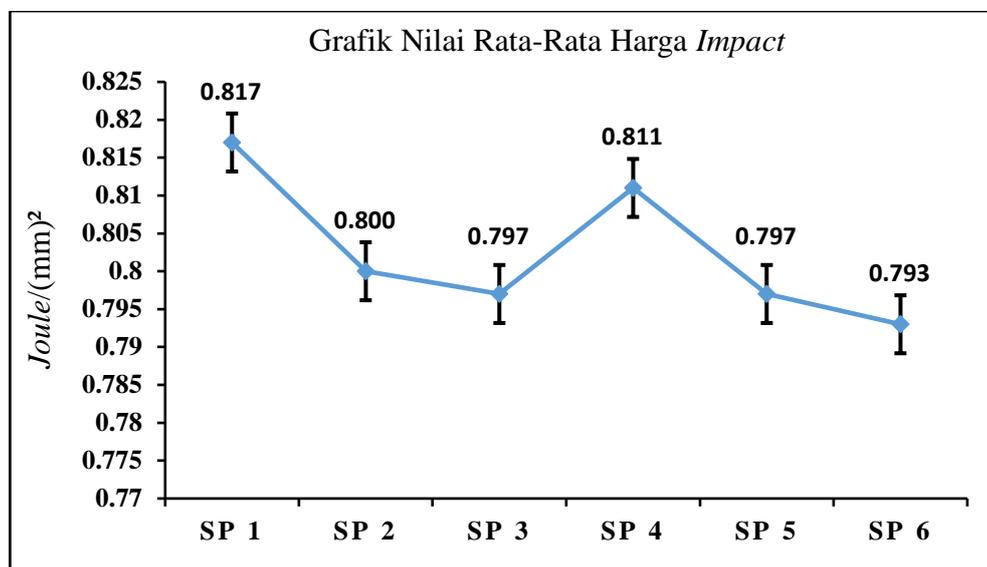
Kode Spesimen	Energi Serap Rata-Rata (Joule)	Harga <i>Impact</i> Rata-Rata (joule/mm ²)
SP 1	105,48	0.817
SP 2	103,37	0.800
SP 3	102,97	0.797
SP 4	104,71	0.811
SP 5	102,88	0.797
SP 6	102,46	0.793

Pada tabel 3 dapat dilihat hasil perhitungan nilai rata-rata energi serap dan harga *impact* pada spesimen dari proses pengujian *impact* yang telah dilakukan. Berdasarkan data yang ditampilkan pada tabel 3 tersebut dapat dilihat bahwa nilai rata-rata energi serap dan harga *impact* hasilnya bervariasi yang terkait dengan naiknya presentase penambahan *amilum*. Hasil perhitungan energi serap dalam pengujian material komposit polimer ini berasal dari pengukuran jumlah energi yang diserap oleh spesimen ketika menerima beban kejut atau benturan mendadak hingga material tersebut mengalami kegagalan, seperti retak, patah, atau deformasi plastis. Sedangkan penurunan harga *impact* atau kekuatan *impact* pada material komposit polimer yang diberi variasi penambahan *amilum* dapat disebabkan oleh beberapa faktor. *Amilum* merupakan polisakarida memiliki struktur yang lebih rapuh dan mudah patah bila dibandingkan dengan matriks polimer. Penambahan *amilum* juga dapat menciptakan ketidakseragaman dalam distribusi sifat mekanik komposit polimer. Jika *amilum* tidak terdistribusi secara merata, maka dapat terbentuk titik lemah dalam material komposit polimer tersebut dan mengurangi nilai kekuatannya. Sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan *amilum* memiliki pengaruh dalam kekuatan *impact* atau harga *impact* pada material komposit polimer[30]. Dari data tabel hasil perhitungan tersebut maka didapatkan nilai rata-rata energi serap dan harga *impact* tersebut akan dirubah menjadi grafik hasil rata-rata seperti yang ada di bawah ini:



Gambar 14. Grafik Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata Energi Serap

Dilihat dari grafik rata-rata energi serap pada gambar 14 adanya penurunan nilai energi serap spesimen yang berarti menunjukkan bahwa kemungkinan besar disebabkan oleh pengaruh penambahan *amilum* terhadap sifat mekanik material komposit polimer. Pada spesimen dengan kode SP 1 berupa variasi penambahan *amilum* 0% memiliki nilai rata-rata dari jumlah 3 spesimen dengan energi serap mencapai nilai tertinggi sebesar 105,48 *joule*. Sedangkan pada SP 2 pada variasi penambahan *amilum* 6% mengalami penurunan pertama pada nilai rata-rata dari jumlah 3 spesimen dengan energi serap menjadi 103,37 *joule*. Penurunan berlanjut pada SP 3 variasi penambahan *amilum* 7% memiliki nilai rata-rata energi serap dari jumlah 3 spesimen menjadi 102,97 *joule*. Menariknya, pada SP 4 pada variasi penambahan *amilum* 8%, memiliki nilai rata-rata energi serap dari jumlah 3 spesimen mengalami kenaikan sementara menjadi 104,71 *joule*, menunjukkan spesimen pada variasi 8% mungkin dipengaruhi oleh karakteristik material atau distribusi *amilum* pada spesimen tersebut. Penurunan berlanjut pada SP 5 variasi penambahan *amilum* 9% memiliki nilai rata-rata energi serap sebesar 102,88 *joule* dan SP 6 variasi penambahan *amilum* 10% dengan nilai energi serap rata-rata sebesar 102,46 *joule*. Peningkatan sifat mekanik terhadap komposit polimer pada variasi konsentrasi *amilum* 8% ini dapat dijelaskan bahwa pada penggunaan konsentrasi *amilum* yang tepat, maka *amilum* dapat terdistribusi secara merata dalam matriks material, memungkinkan interaksi yang baik antara *amilum* dan matriks. Berdasarkan jurnal laurentina dinia eka indarti, sari purnavita, mumpuni asih pratiwi 2021, menyatakan bahwa penambahan tepung tapioka dengan penggunaan yang tepat maka dapat mengakibatkan persebaran yang merata sehingga nilai *tensile strength* semakin meningkat[31].



Gambar 15. Grafik Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata Harga Impact

Hasil pengujian komposit yang diperkuat menggunakan serat *sansevieria* dengan variasi penambahan *amilum* bahwa semakin meningkatkan presentase *amilum* cenderung semakin menurun nilai kekuatan spesimen karena memiliki pengaruh terhadap hasil energi serap dan kekuatan *impact* pada material tersebut. Penambahan *amilum* juga dapat menyebabkan distribusi yang tidak merata antara matriks dan bahan pengisi berdasarkan pada jurnal pada penelitian yang dilakukan oleh m. luthfi zultiansyah1, darmein, dan al-fathier 2024, menyatakan yang terlalu banyak penambahan serbuk alumina sehingga mengakibatkan matriks tersebut mengental, yang pada akhirnya tidak mampu mengikat dengan sempurna serat pelepah pinang[32]. Dilihat pada grafik gambar 15 menunjukkan kurva kenaikan nilai kekuatan *impact* dari variasi tanpa penambahan *amilum* atau 0% SP 1 memiliki nilai rata-rata harga *impact* sebesar 0,817 *joule/mm*² dan mengalami penurunan ketika presentase *amilum* semakin meningkat pada variasi penambahan *amilum* 6% dan 7% atau SP 2 dan SP 3 dengan nilai rata-rata harga *impact* menjadi 0,800 dan 0,797 *joule/mm*². Menariknya pada hasil nilai rata-rata harga *impact* pada spesimen dengan variasi presentase *amilum* 8% atau SP 4 dengan nilai sebesar 0,811 *joule/mm*². Adanya terjadi peningkatan karakteristik pada sifat mekanik material. Terjadinya penurunan lagi nilai harga *impact* pada variasi presentase *amilum* 9% dan 10% dengan nilai rata-rata harga *impact* 0,797 dan 0,793 *joule/mm*². Penurunan harga *impact* bisa juga disebabkan oleh kurang baiknya ikatan permukaan antara resin dan *amilum* sehingga mengakibatkan penurunan sifat mekanis pada material komposit berdasarkan pada jurnal pada penelitian yang dilakukan oleh Tito Arif Sutrisno, Nanang Dwi Cahyono, Komang Astana Widi, menyatakan penambahan serbuk tepung sagu yang terlalu banyak sehingga harga *impact* mengalami penurunan [33]. Jadi penambahan bahan pengisi pada material komposit dalam jumlah yang tepat mampu meningkatkan karakteristik mekanik material secara baik dan terlalu banyak *amilum* bisa menyebabkan pengurangan kekuatan ikatan

antara matriks dan *amilum*, karena *amilum* bersifat higroskopis atau dapat disebut dengan mampu menyerap air. Sifat higroskopis ini terjadi karena struktur kimia *amilum* yang terdiri dari rantai polisakarida (glukosa) yang dapat berikatan dengan molekul air melalui ikatan hidrogen. Hal tersebut dapat dinyatakan pada penelitian yang dilakukan oleh Sitti Nurrahmi, Sity Nuraisyah, dan Hernawati 2020, yang menyatakan penambahan pati dalam pembuatan plastik selain meningkatkan degradabilitas bahan, juga berdampak pada menurunnya kekuatan mekanis material[34].

Menurunnya nilai kekuatan *impact* dikarenakan penambahan *amilum* yang menambah sifat material tersebut menjadi getas dan mudah putus selain itu membuat resin menjadi bisa terpisah dan tidak terdistribusi secara merata. Misalnya, pada pencampuran yang kurang intensif *amilum* bisa menggumpal atau mengendap. Hal tersebut yang membuat komposit dengan penambahan *amilum* memiliki nilai kekuatan *impact* rata-rata yang lebih rendah sedangkan spesimen tanpa tambahan *amilum* memiliki ketangguhan yang lebih baik terhadap beban kejut atau benturan mendadak. Oleh karena itu, penambahan *amilum* cenderung tidak meningkatkan kekuatan material dalam hal ketangguhan terhadap benturan (*impact strength*), tetapi justru menurunkannya secara bertahap. Sesuai dengan teori pada penelitian yang dilakukan deswita, sulungbudi dan sudirman 2019, yang menyatakan semakin tinggi presentase *amilum* yang ditambahkan pada bahan komposit polimer maka sifat mekaniknya semakin menurun[35]. Pernyataan tersebut sesuai dengan teori jika pada penambahan *amilum* dapat meningkatkan kekuatan struktur material, tetapi dalam beberapa kasus, bisa menyebabkan material menjadi lebih getas. Karena *amilum* merupakan bahan yang relatif keras dan kurang elastis dibandingkan dengan matriks, terlalu banyak *amilum* bisa menyebabkan material menjadi lebih mudah patah atau retak saat mengalami ketangguhan beban kejut. Tanpa adanya *amilum* atau bahan pengikat lainnya, material biasanya memiliki sifat yang lebih fleksibel dan elastis. Fleksibilitas ini memungkinkan material untuk menyerap dan mendistribusikan energi benturan dengan lebih baik, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan atau retak. Material yang lebih fleksibel cenderung lebih tahan terhadap benturan karena tidak langsung pecah atau retak ketika menerima beban kejut (*impact*)[36].



Gambar 16. Spesimen Setelah Di Uji *Impact*

Berdasarkan hasil pengamatan pada spesimen diatas setelah diuji *impact* pada spesimen komposit polimer dengan variasi konsentrasi *amilum* 0%, 6%, 7%, 8%, 9%, dan 10%. Maka bisa dapat dilihat bahwa pola patahan pada setiap spesimen menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh kandungan material yang digunakan seperti pada variasi penambahan tepung pati (*amilum*). Spesimen dengan konsentrasi 0% cenderung menunjukkan patahan yang lebih rapi dan ulet (*fracture*), maka dapat disimpulkan bahwa spesimen telah mengalami deformasi yang cukup besar sebelum akhirnya patah ketika diberi beban *impact*. Material yang bersifat ulet (*ductile*) biasanya memiliki kemampuan yang tinggi untuk menyerap energi sebelum patah[37]. Pada konsentrasi 6% sampai 10%, terlihat adanya perubahan karakteristik patahan, di mana patahan mulai menunjukkan sifat material yang lebih getas (*brittle*) dengan bentuk yang tidak sepenuhnya rapi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bahan penguat pada komposit polimer ini mulai menurunkan nilai kekuatan *impact* terhadap material tersebut.

D. Hasil Pengujian Kekerasan Shore D

Pengujian kekerasan dilakukan pada 5 titik yang berbeda dengan jarak antar titik 6 mm sebanyak 5 kali pengulangan pada setiap spesimen di tiap sampelnya. Hasil pengujian kekerasan Shore D material komposit resin bening *polyester* tipe 801 berpenguat serat *sansevieria* menggunakan metode *hand lay-up* ditunjukkan pada Tabel 3. Uji kekerasan shore D dirancang untuk mengukur tingkat kekerasan material yang relatif keras, seperti plastik keras, komposit, resin, dan karet yang kaku. Pengujian kekerasan dilaksanakan di Lab Manufaktur Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Alat yang digunakan untuk uji kekerasan Shore D bernama durometer Shore D. Durometer ini merupakan alat pengukur kekerasan yang menggunakan indentasi berbentuk jarum dan kedalaman

indentasi ujung penetrator sebesar 13,4 mm dengan nilai kekerasan maksimum 100 SHD. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan *amilum* terhadap sifat kekerasan material komposit polimer. Maka didapatkan data yang akan dituankan dalam bentuk tabel guna mempermudah dalam mengamati hasil yang sudah diperoleh, seperti pada tabel 3 berikut untuk hasil pengujian kekerasan shore D :

Tabel 4. Data Hasil Uji kekerasan Shore D

Spesimen	Variasi Presentase <i>Amilum</i> (%)	Jumlah Sampel Dalam 1 Pcs Spesimen (SHD)					Nilai Rata-Rata Kekerasan Per-Spesimen (SHD)
		1	2	3	4	5	
A1	0%	77,5	78,9	77,8	79,5	80,5	78,8
A2	0%	78,8	79,5	80,5	78,5	80,5	79,5
A3	0%	78	79	79,5	80	79,5	79,2
B1	6%	78,5	78	80,5	81	82,5	80,1
B2	6%	83,5	79	80,5	79,5	80	80,5
B3	6%	79,5	84,5	82,5	81,5	83,5	82,3
C1	7%	78,5	83,5	79,5	82,5	77,5	80,3
C2	7%	72	81	85,5	83,5	82,5	80,9
C3	7%	85,5	79,5	82,5	84	79,5	82,2
D1	8%	80,5	82,5	82	83,6	83,5	82,4
D2	8%	81,7	82,8	81	80	83	81,7
D3	8%	82	83	82	81,5	82,5	82,2
E1	9%	82	85	83,5	81,5	84,5	83,2
E2	9%	85,5	83	84,5	83,5	86	84,5
E3	9%	84	78	78,5	79	84	80,7
F1	10%	84	84,5	83	81,5	85,5	83,7
F2	10%	85,5	83,5	77	85	84	83
F3	10%	80	84	78,5	85,5	84,5	82,5

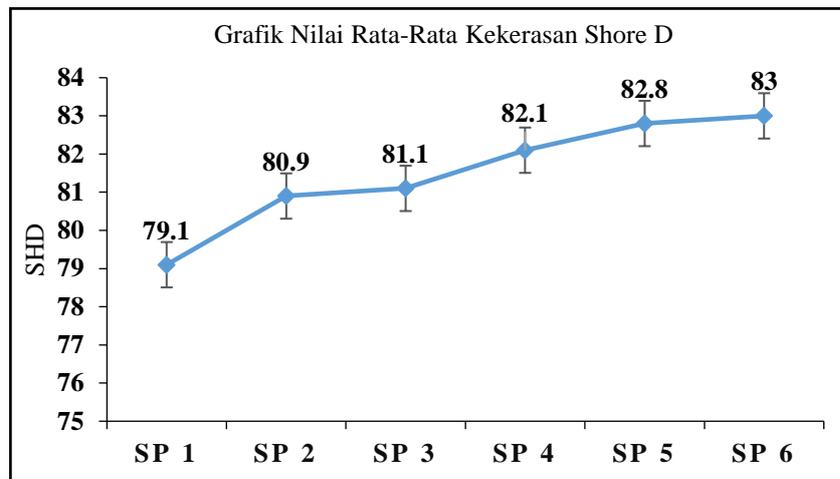
Tabel di atas menunjukkan data hasil uji kekerasan shore D dari spesimen tanpa penambahan *amilum* atau 0% sampai spesimen dengan penambahan *amilum* sebesar 6%, 7%, 8%, 9%, 10%. Dari tabel diatas dapat diamati perubahan nilai kekerasan suatu material yang dihasilkan dari variasi penambahan *amilum* 6%–10% sebagai acuan pada hasil pengujian komposit polimer. Untuk setiap spesimen, dilakukan pengukuran sebanyak lima kali dan hasilnya akan dihitung dengan nilai rata-rata pada setiap spesimen memiliki nilai kekuatannya berapa. Tabel tersebut memberikan hasil data nilai kekerasan material komposit polimer dari suatu gaya penekanan kedalaman indentasi ujung penetrator. Setelah diketahui nilai kekerasan pada setiap spesimen langkah berikutnya mencari nilai rata-rata kekerasan keseluruhan pada setiap variasi penambahan *amilum*. Pada tabel 5 dibawah ini menjelaskan tentang data nilai rata-rata kekerasan Shore D pada hasil pengujian kekerasan komposit polimer. SP 1 menjelaskan nilai rata-rata kekerasan Shore D untuk spesimen A1,A2,A3 pada variasi penambahan *amilum* 0% atau spesimen tanpa penambahan *amilum*. SP 2 menjelaskan nilai rata-rata kekerasan Shore D untuk spesimen B1, B2, B3 dari variasi penambahan *amilum* 6%. SP 3 menjelaskan nilai rata-rata kekerasan Shore D untuk spesimen C1, C2, C3 dari variasi penambahan *amilum* 7%. SP 4 menjelaskan nilai rata-rata kekerasan Shore D untuk spesimen D1, D2, D3 dari variasi penambahan *amilum* 8%. SP 5 menjelaskan nilai rata-rata kekerasan Shore D spesimen E1, E2, E3 dari variasi penambahan *amilum* 9%. SP 6 menjelaskan nilai rata-rata kekerasan Shore D untuk spesimen F1, F2, F3 dari variasi penambahan *amilum* 10%.

Tabel 5. Nilai Rata-Rata Data Hasil Perhitungan Pada Uji kekerasan Shore D

Kode Spesimen	Nilai Kekerasan Shore D (SHD)
SP 1	79,1
SP 2	80,9
SP 3	81,1
SP 4	82,1
SP 5	82,8
SP 6	83

Pada tabel 5 menjelaskan hasil rata-rata keseluruhan dari variasi penambahan *amilum* dari 0%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% pada uji kekerasan Shore D. Dari data yang ditunjukkan pada tabel 6, terlihat adanya peningkatan karakteristik spesimen pada sifat mekanik dari hasil uji kekerasan Shore D seiring dengan bertambahnya variasi presentase *amilum*.

Untuk mempermudah mengetahui peningkatan nilai kekerasan seiring dengan bertambahnya persentase amilum pada material komposit polimer tersebut maka akan dibuatlah grafik hasil uji kekerasan Shore D dapat dilihat pada gambar 17 seperti yang ada di bawah ini:



Gambar 17. Grafik Hasil Perhitungan Nilai Kekerasan Shore D

Pada grafik di atas dapat disimpulkan bahwa secara garis besar penambahan konsentrasi *amilum* berpengaruh menambahkan nilai kekerasan suatu material komposit yang diperkuat dengan serat daun lidah mertua. Sehingga dapat dianalisis menggunakan tinjauan-tinjauan seperti jejak indentasi pada spesimen yang sudah diuji. Maka akan ditemukan pada spesimen yang memiliki jejak lebih dalam memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah. Sedangkan pada spesimen yang memiliki jejak indenter lebih dangkal mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi. Nilai kekerasan material tersebut yang paling rendah diperoleh pada komposit yang diperkuat serat *sansevieria* tanpa penambahan *amilum* yaitu variasi 0% memiliki nilai kekerasan material sebesar 79,1 SHD. Sedangkan untuk nilai kekerasan yang tertinggi diperoleh pada komposit dengan variasi penambahan amilum 10% yaitu sebesar 83 SHD. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Firdaus, Arif Tjahjono, dan Sitti Ahmiatri Saptari 2018, yang menyatakan bahwa perbedaan bentuk *filler* mempengaruhi nilai kekerasan material komposit[38].

Penambahan konsentrasi *amilum* berdampak meningkatkan sifat kekerasan pada material komposit polimer. Terbukti dari data nilai kekerasan keseluruhan pada spesimen yang diberi penambahan *amilum*, nilai kekerasan pada komposit yang diberi penambahan *amilum* semakin bertambah meningkat dibandingkan dengan spesimen tanpa penambahan amilum atau spesimen 0% yang memiliki nilai tegangan tertinggi. Hasil ini juga sesuai dengan teori pada penelitian yang dilakukan akhmad affan hakim 2018, menyatakan material biodegradabel chitosan, pati singkong dan selulosa memiliki kemampuan meningkatkan sifat kekerasan poly(*lactid acid*)[39]. Pengujian kekerasan menunjukkan bahwasanya nilai kekerasan material komposit akan meningkat seiring dengan semakin bertambah variasi konsentrasi *amilum* maka semakin bagus hasil penekanan pada material. Semakin kuat ikatan antar partikel maka akan berakibat pada semakin besar gaya yang dibutuhkan untuk mengakibatkan terjadinya indentasi pada material. Komposit yang diperkuat oleh serat *sansevieria* memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit yang diperkuat oleh serat sintetis, hal ini dapat disimpulkan bahwa serat tersebut memiliki kandungan lignin sebesar 7-13%. Sehingga dapat meningkatkan kekakuan dan kekuatan serat, sehingga cocok untuk digunakan dalam aplikasi seperti bahan komposit. Berdasarkan penjelasan tersebut pada penelitian Ella Melyna, dan Annisa Jingga Sopian 2024, menyatakan Kandungan lignin yang cukup tinggi pada serat alam menjadikan serat tersebut memiliki kualitas kekerasan material yang lebih besar[40].



Gambar 18. Spesimen Uji Kekerasan Shore D



Gambar 19. Proses Pengujian Spesimen Pada Uji Kekerasan Shore D

Berdasarkan pada gambar tersebut terlihat proses pengujian kekerasan menggunakan alat Shore D durometer pada material komposit polimer dengan variasi penambahan amilum. Hasil pengujian menunjukkan nilai kekerasan sebesar 81.5 dan 84.5 SHD (Shore D), yang mengindikasikan bahwa material tersebut memiliki kekerasan yang cukup tinggi. Dalam penjelasan tentang karakteristik pada nilai kekerasan komposit polimer. Maka dari itu kekerasan dapat dipengaruhi oleh bahan campuran berupa *filler* seperti pada penelitian ini tentang variasi penambahan *amilum* yang ditambahkan sebagai bahan campuran pembuatan komposit polimer. Penambahan *amilum* pada spesimen uji kekerasan ini bertujuan untuk menambahkan nilai kekerasan pada spesimen bila dibandingkan dengan spesimen tanpa penambahan *amilum* nilai kekerasannya jauh lebih kecil.

Jadi hasil analisa data tersebut menjadi perbandingan pengaruh penambahan variasi presentase *amilum* pada pembuatan komposit polimer serat *sansevieria* terhadap nilai kekuatan uji *impact* dan nilai kekuatan uji kekerasan Shore D. Untuk hasil uji *impact* pada variasi penambahan *amilum* nilai tertinggi adalah pada variasi presentase *amilum* 0% atau tanpa penambahan *amilum* memiliki nilai rata-rata harga *impact* sebesar 0,817 mencapai *joule/mm²*. Namun penurunan nilai kekuatan *impact* tidak bersifat linier, dimana presentase *amilum* 8% memiliki nilai rata-rata harga *impact* sebesar 0,811 *joule/mm²* dan energi serap mencapai 104,71 *joule*, maka dari itu variasi presentase *amilum* 8% lebih bagus bila dibandingkan pada presentase *amilum* yang lain. Hasil tersebut dapat dianalisa pada karakteristik komposit polimer terhadap sifat mekaniknya dengan variasi penambahan *amilum* memiliki nilai kekuatan *impact* rata-rata yang lebih rendah sedangkan spesimen tanpa tambahan *amilum* memiliki ketangguhan yang lebih baik terhadap beban *impact*. Karenakan penambahan *amilum* yang menambah sifat material komposit polimer tersebut menjadi getas dan mudah putus selain itu membuat resin menjadi bisa terpisah dan tidak terdistribusi secara merata. Sedangkan pada hasil pengujian kekerasan Shore D pada material komposit polimer dengan variasi penambahan *amilum* hasilnya semakin meningkat nilai kekuatannya seperti pada hasil pengujian pada variasi presentase *amilum* 10% memiliki nilai kekerasan sebesar 83 SHD. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *amilum* berpengaruh terhadap nilai kekerasan material, oleh karena itu *amilum* memberikan nilai kekerasan yang tinggi dikarenakan sifatnya yang kaku dan kemampuannya meningkatkan kepadatan material. Meskipun peningkatannya cenderung melambat pada konsentrasi yang lebih tinggi pada presentase *amilum* 9% dan 10% kemungkinan adanya batasan efek penambahan *amilum*.

VII. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *impact* pada komposit yang diperkuat serat alam *sansevieria* dengan variasi konsentrasi *amilum* sebesar 6%, 7%, 8%, 9%, dan 10%, dapat disimpulkan bahwa penambahan tepung pati (*amilum*) sebagai pengisi pada matriks komposit memengaruhi kemampuan material dalam menyerap energi benturan secara tiba-tiba. Jadi kesimpulannya bertambahnya peningkatan konsentrasi *amilum* cenderung dapat menurunkan nilai kekuatan *impact* dan energi serap material. Namun, penurunan ini tidak bersifat linier, di mana pada konsentrasi *amilum* 8% ditemukan nilai energi serap dan harga *impact* yang relatif lebih optimal dibandingkan konsentrasi lebih tinggi. Sedangkan dari hasil analisa data pada pengujian kekerasan Shore D bahwa penambahan *amilum* pada matriks polimer memperkuat struktur material sehingga dapat meningkatkan nilai kekerasan material.

Nilai kekuatan *impact* yang tertinggi didapatkan pada spesimen tanpa penambahan *amilum* atau 0% dengan nilai rata-rata energi serap sebesar 105,48 *joule* dan nilai rata-rata harga *impact* 0,817 *joule/mm²*, sedangkan nilai kekuatan *impact* yang terendah didapatkan dari spesimen dengan penambahan *amilum* 10% dengan nilai energi serap mencapai 102,46 *joule* dan harga *impact* menjadi 0,793 *joule/mm²*.

Nilai kekerasan Shore D tertinggi ditemukan pada konsentrasi *amilum* sebesar 10%, dengan nilai kekerasan keseluruhan sebesar 83 SHD, sedangkan nilai kekerasan Shore D terendah didapatkan dari spesimen tanpa penambahan *amilum* 0% dengan nilai kekerasan sebesar 79,1 SHD.

Maka akan bagus hasilnya untuk uji *impact* jika pembuatan komposit tidak menggunakan bahan tambahan berupa *amilum* atau tepung tapioka dimana kekuatan material komposit akan lebih menurun. karena tepung tapioka mempunyai sifat pengikat yang tidak baik ketika di campur dengan serat *sansevieria* dan resin sehingga sifat material tersebut menjadi getas dan mudah putus. Akan tetapi sebaliknya penambahan konsentrasi *amilum* atau tepung tapioka untuk uji kekerasan shore D pada spesimen komposit polimer dapat meningkat nilai kekuatan kekerasannya jika dibandingkan spesimen tanpa penambahan *amilum*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada universitas muhammadiyah sidoarjo dengan memberikan fasilitas pada laboratorium teknik mesin. Tidak lupa juga saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada prodi teknik mesin fakultas sains & teknologi yang telah menyediakan fasilitas laboratorium teknik mesin, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan sampai proses penelitian ini selesai.

REFERENSI

- [1] H. Husman, A. H. Armin, and Y. Yuliyanto, "Pengaruh Panjang Serat dan Fraksi Volume Komposit Lidah Mertua Terhadap Pengujian Tarik," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 15, no. 02, pp. 215–221, 2023, doi: 10.33504/manutech.v15i02.281.
- [2] T. H. Ningsih, A. Fiveriati, and F. W. Irfani, "Kekuatan Dan Momen Bending Serta Energi Impak Komposit Serat Kulit Kersen Akibat Variasi Fraksi Volume," *J. Inov. Teknol. Manufaktur, Energi, dan Otomotif*, vol. 1, no. 2, pp. 95–104, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.poliwangi.ac.id/index.php/jinggo/>
- [3] E. Widodo and I. Dwiyoga, "ANALISIS PENGARUH ALKALISASI NaOH TERHADAP SERAT NANAS SEBAGAI PENGUATAN BIO KOMPOSIT," *Otopro*, vol. 18, no. 1, pp. 1–6, 2022, doi: 10.26740/otopro.v18n1.p1-6.
- [4] D. E. Natanael Siagian and M. H. Sedo Putra, "Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan," *CIVeng J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 5, no. 1, p. 55, 2024, doi: 10.30595/civeng.v5i1.17879.
- [5] I. P. G. Suartama, I. N. P. Nugraha, and K. R. Dantes, "Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanis Komposit Matriks Polimer Polyester Diperkuat Serat Pelepeh Gebang," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 4, no. 1, 2020, doi: 10.23887/jjtm.v4i1.8312.
- [6] M. Mastur, B. Sugiantoro, A. Kurniawan, and N. Artati, "Pengaruh Orientasi Cloth dan Roving Serat Sensivera dengan Perlakuan Alkali dan Penguat CNTs Terhadap Kekuatan Bending dan Morfologi (Uji SEM)," *Iteks*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2022.
- [7] Sayudin, B. Sugiantoro, and S. Sakuri, "Iteks Pengaruh Bentuk Flake Dan Continous Serat Sensivera Yang Telah Dialkali Berpenguat Cnts dan Non-Cnts Terhadap Kekuatan Mekanik dan Struktur Mikro The Influence of Flake Shape and Continuous Sensivera Fibers that have been Toughened with Cnts and Non," vol. 14, no. 1, pp. 89–96, 2022.
- [8] T. T. Kurniawan and E. Widodo, "Experimental Study on Sansivera Composite Fibers Against the Administration of Alkaline NaOH (Sodium Hydroxide)," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 4, no. June, pp. 7–13, 2023, doi: 10.21070/pels.v4i0.1411.

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

- [9] R. Rodiawan, S. Suhdi, and F. Rosa, "Analisa Sifat-Sifat Serat Alam Sebagai Penguat Komposit Ditinjau Dari Kekuatan Mekanik," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 39–43, 2020, doi: 10.24127/trb.v5i1.117.
- [10] F. Husaini, S. M. B. Respati, and M. Dzulfikar, "PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME DAN ARAH SERAT PADA KOMPOSIT Matrik Resin Polyesther Berpenguat Serat Pelepah Lontar (BORASSUS FLABELLIFER) DENGAN PERLAKUAN NaOH 5% TERHADAP KEKUATAN UJI TARIK," *J. Ilm. Momentum*, vol. 16, no. 1, 2020, doi: 10.36499/mim.v16i1.3349.
- [11] L. P. Ayu Ariska, M. A. Sahlan, and U. Hikmah, "Analisis Sifat Mekanis Komposit Matriks Polyester dengan Penguat Cangkang Kerang Hijau," *J. Fis.*, vol. 13, no. 1, pp. 20–28, 2023, doi: 10.15294/jf.v13i1.38835.
- [12] Asmeati, M. Yusuf Ali, I. Purnama, and M. Paloboran, "Analisis Uji Mekanik dan Struktur Makro dan Mikro Terhadap Material Komposit dengan Arah Acak Serat Ampas Tebu," *J. Media Komun. Pendidikan Teknol. dan Kejuru.*, vol. 9, no. 2, pp. 91–102, 2022.
- [13] I. G. N. J. . Arisanti, C.I.S, Dewi, D.P.R.P., Prasetia, "PENGARUH RASIO AMILUM: AIR TERHADAP SPESIFIKASI AMILUM SINGKONG (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) FULLY PREGELATINIZED," *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019.
- [14] P. N. Zulvianti, P. M. Lestari, and N. Nining, "Review Komposit Pati–Kitosan: Perannya dalam Berbagai Sistem Penghantaran Obat," *Maj. Farmasetika*, vol. 7, no. 1, p. 18, 2022, doi: 10.24198/mfarmasetika.v7i1.36496.
- [15] W. Sumanti, R. Kusmiadi, and R. Apriyadi, "Aplikasi Edible Coating Tepung Tapioka Dengan Oleoresin Daun Kemangi untuk Memperpanjang Umur Simpan Buah Jambu Air Cincalo (*Syzygium samarangense* [Blume] Merril & L.M. Perry)," *AGROSAINSTEK J. Ilmu dan Teknol. Pertan.*, vol. 4, no. 1, pp. 70–78, 2020, doi: 10.33019/agrosainstek.v4i1.35.
- [16] C. I. S. Arisanti, N. M. A. Wiradewi, and N. P. A. D. Wijayanti, "Pengaruh Perbandingan Amilum Singkong (*Manihot esculenta* Crantz.) Fully Pregelatinized dan Gom Akasia terhadap Sifat Fisik Eksipien Co-processing," *J. Farm. Udayana*, vol. 3, no. 1, pp. 91–98, 2019.
- [17] G. Mega *et al.*, "Penerapan Lidah Mertua dan Sirih Gading dalam My Little PAP untuk Mengurangi Emisi CO di Ruangan Merokok sebagai Konsep Penerapan Smart City," *J. Student Res.*, vol. 1, no. 5, pp. 325–342, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.55606/jsr.v1i5>
- [18] L. O. Br Napitupulu, A. Widyasanti, A. Thoriq, and A. Yusuf, "The Study of Process and Characteristics of Woven Fabric from Plant Fibers of Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata* P.)," *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 7, no. 2, pp. 207–220, 2019, doi: 10.29303/jrpb.v7i2.137.
- [19] E. H. Umi Lailatul Jamilah1, "MODIFIKASI SERAT ALAM DAN KARAKTERISASINYA SEBAGAI PENGUAT MATERIAL KOMPOSIT," *J. Educ. Appl. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 25–31, 2023.
- [20] F. R. Titani, "Pemanfaatan Serat Sabut Kelapa sebagai Material Penguat Pengganti Fiberglass pada Komposit Resin Polyesther untuk Aplikasi Bahan Konstruksi Pesawat Terbang," *Techno (Jurnal Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Purwokerto)*, vol. 19, no. 1, p. 23, 2018, doi: 10.30595/techno.v19i1.2397.
- [21] A. Alamsyah, T. Hidayat, and A. N. Iskandar, "Pengaruh Perbandingan Resin Dan Katalis Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass-Polyesther Untuk Bahan Pembuatan Kapal," *Zo. Laut J. Inov. Sains Dan Teknol. Kelaut.*, vol. 2, no. 2, pp. 26–32, 2020, doi: 10.62012/zl.v1i2.10760.
- [22] Y. Y. Fikri Firdausi 1, Ubaidillah Nawwaf Al Fanni2, Agus Widayoko3, "Pembuatan Styrofoam Ramah Lingkungan Dari Pati Singkong (Amilum manihot) Dengan Penambahan serbuk Cangkang Telur (Ova) Sebagai Filler. Fikri," *J. Integr. SAINS DAN QUR 'AN*, vol. 3, no. 2, pp. 300–307, 2024.
- [23] S. B. S. Awaluddin Suprayogi1, Indra Permana2,* , "GAYA TARIK MAKSIMAL KOMPOSIT GFRP DENGAN METODE," *J. Teknol. REKAYASA ELEKTRO, Mater. DAN MANUFAKTUR*, pp. 26–31.
- [24] R. Lumintang, F. A. Rauf, and G. D. Soplanit, "Ketahanan Bending Komposit Matriks Poliester Berpenguat Serat Sabut Kelapa," *J. Tekno Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 88–94, 2019.
- [25] S. Syukran, A. Syahri, and A. S. Ismy, "The Effect of Heat Input on the Tensile Strength and Toughness of welded SS400 Materials by SMAW," *J. Weld. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 21–25, 2023, doi: 10.30811/jowt.v5i1.3508.
- [26] Y. Nuhgraha, M. K. A. Rosa, and I. Agustian, "Perancangan Alat Uji Impak Digital dengan Metode Charpy Untuk Mengukur Kekuatan Material Polimer," *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 15–19, 2020, doi: 10.33369/jamplifier.v10i2.15316.
- [27] S. T. M. T. Andi Yulio1)Prof.Dr.HendraSuherman, "ANALISA KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BIO KOMPOSIT RESIN EPOXY ORIENTASI HORIZONTAL MENGGUNAKAN COMPRESSION MOLDING Andi," *Jur. Tek. Mesin, 2)Universitas Bung Hatta*, vol. 47, no. 4, pp. 124–134, 2021, doi: 10.31857/s013116462104007x.
- [28] M. Pramudia, T. Prasetyo, R. M. Yusron, and M. Safiudin, "Analisa Beban Penekanan Hidrolis Terhadap

- Kekerasan Komposit Resin Epoksi Berpenguat Serbuk Kulit Jagung dan Fly Ash Menggunakan Metode Compression ...,” *Infotekmesin*, vol. 14, no. 02, pp. 69–75, 2024, doi: 10.35970/infotekmesin.v15i1.2153.
- [29] R. Wanti, H. Dzulfikar, and R. Rudy, “Ekstraksi dan Karakterisasi Serat Alam dari Daun Sansevieria Laurenti dan Sansevieria Zeylinic,” *Texere*, vol. 18, no. 2, pp. 88–104, 2020, doi: 10.53298/texere.v18i2.59.
- [30] K. R. Dantes, E. Elisa, and I. M. P. B. Susila, “Analisis Kekuatan Impact Dan Model Perpatahan Komposit Polyester Berpenguat Serat Alam Ijuk,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 401–408, 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i2.1105.
- [31] L. Dinia Eka Indarti, S. Purnavita, and M. Asih Pratiwi, “Komposit Bioplastik Kolang-Kaling dan Tepung Tapioka dengan Penambahan Berbagai Jenis Plasticizer,” *Juni*, vol. 17, no. 1, pp. 7–14, 2021.
- [32] M. L. Zultiansyah *et al.*, “ANALISA PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SERBUK ALUMINA (Al₂O₃) TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA KOMPOSIT RESIN EPOXY,” vol. 8, no. 2, 2024.
- [33] T. A. Sutrisno, N. D. Cahyono, K. A. Widi, F. Rahmadianto, R. Febritasari, and G. A. Pohan, “Analisa Pengaruh Variasi Penambahan Serbuk Tepung Sagu Terhadap Kekuatan Impact Pada Material Komposit Resin Polyester Berpenguat Serat Kulit Jagung Effect Analysis of Fly Ash addition variations on Impact strength behaviour on Polyester Resin Composite Material wit,” *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 7, no. 1, pp. 27–35, 2023, doi: 10.31289/jmemme.v7i1.7553.
- [34] S. Nurrahmi, S. Nuraisyah, and H. Hernawati, “Pengaruh Penambahan Pati dan Plasticizer Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Plastik Biodegradable,” *J. Fis. dan Ter.*, vol. 7, no. 2, pp. 128–138, 2020, doi: 10.24252/jft.v7i2.18267.
- [35] Deswita, A. K. Karo, G. T. Sulungbudi, and Sudirman, “Polipropilen Dengan Filler Tepung Tapioka Untuk Bahan Kemasan,” *Indones. J. Mater. Sci.*, vol. 12, no. 1, pp. 24–29, 2010.
- [36] A. Putra and A. Salsabilla, “PENGARUH PENAMBAHAN CROSSLINKER TERHADAP KARAKTERISTIK KOMPOSIT SELULOSA BAKTERI-EKSTRAK DAUN CINCAU (*Cyclea barbata*),” *CHEDS J. Chem. Educ. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 66–73, 2022, doi: 10.30743/cheds.v6i2.6129.
- [37] K. O. S. Yasa, I. N. P. Nugraha, and K. R. Dantes, “Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Kekuatan Impak Dan Model Patahan Komposit Polyester Berpenguat Serat Kelapa (*Cocos Veridis*),” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 6, no. 1, p. 8, 2018, doi: 10.23887/jjtm.v6i1.11236.
- [38] A. Firdaus, A. Tjahjono, and S. A. Saptari, “Analisis Pengaruh Bentuk Filler Pada Komposit Batang Bambu Terhadap Nilai Kekerasan (Hardness Shore D),” *Al-Fiziya J. Mater. Sci. Geophys. Instrum. Theor. Phys.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2019, doi: 10.15408/fiziya.v1i2.9506.
- [39] A. A. Hakim, “Studi Komparasi Penambahan Filler Organik Terhadap Peningkatan Sifat Mekanik Dan Thermal Komposit Biodegradabel Poly (Lactic Acid) Pada Aplikasi Plastik Green Material,” *Inst. Teknol. Sepuluh Nopember, Surabaya*, pp. 1–82, 2018.
- [40] A. J. S. Ella Melyna, “Sintesis Biokomposit Resin Epoksi/Serat Ijuk/Serat Kelapa dengan Alkalisasi KOH,” *J. Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 19–25, 2013, [Online]. Available: www.jurnalteknologi.utm.my

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.