

Studi kekuatan kekerasan dan kekuatan *impact* pada komposit diperkuat serat *sansevieria* dengan variasi penambahan *amilum* 6%-10%

Edi Widodo¹, Wisty Nugroho^{1,*}

¹Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Jl. Raya Gelam No.250, Pagerwaja, Gelam, Kec. Candi, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61271
Email korespondensi: wistyonugroho27@gmail.com

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: Serat *sansevieria*; *amilum*; metode *hand lay-up*.

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: *Sansevieria* fiber; starch; *hand lay-up* method.

1 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 sintetis. Menggunakan komposit sintetis 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].

Tanaman *sansevieria trifasciata* 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 trifasciata* 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[3].

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[4]. *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 [5]. *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[6].

2 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 trifasciata* 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 trifasciata* dengan volume fraksi berat serat sebesar 30% dengan metode *hand lay up*, dimana sebelum proses pembuatan komposit polimer serat *sansevieria trifasciata* 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. Proses ekstraksi serat *sansevieria trifasciata* dari tanamannya dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pemanenan, pemisahan serat, pencucian, pengeringan, dan penyimpanan. Daun *sansevieria trifasciata* yang telah cukup tua dipanen, karena daun

yang lebih besar dan tebal mengandung lebih banyak serat. Setelah itu, serat dipisahkan dari jaringan daun menggunakan metode perendaman atau mekanis. Pada metode perendaman, daun direndam dalam air selama 7–14 hari hingga jaringan non-serat melunak, kemudian dikikis secara manual hingga hanya tersisa seratnya. Sementara itu, metode mekanis dilakukan dengan mengupas daun dan mengikis bagian dagingnya menggunakan alat pengerik atau pisau. Setelah serat diperoleh, serat dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran dan sisa lendir. Serat yang telah bersih kemudian dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari atau menggunakan oven dengan suhu rendah agar kadar airnya berkurang tanpa merusak struktur serat. Terakhir, serat yang sudah kering disimpan di tempat yang bersih dan kering untuk mencegah degradasi sebelum digunakan dalam proses pembuatan komposit. 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.

Persiapan Material dan Metode Pembuatan Komposit Polimer

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

Serat lidah mertua (*Sansevieria trifasciata*)

Serat daun *sansevieria* merupakan serat yang diperoleh dari tumbuhan lidah mertua atau yang dapat dikenal dengan bahasa ilimiahnya berupa tumbuhan *sansevieria trifasciata*. *Sansevieria trifasciata* merupakan tumbuhan berbiji tunggal (monokotil), sehingga akar tanaman ini berbentuk serabut. Serat daun *sansevieria trifasciata* 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 [7]. Karakteristik pada serat daun *sansevieria trifasciata* 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 trifasciata* (lidah mertua) berkisar sekitar 1,2 hingga 1,5 g/cm³. Ukuran diameter serat *sansevieria trifasciata* berada dalam kisaran dengan 0,05 hingga 0,25 mm.



Gambar 1. Serat lidah mertua (*sansevieria trifasciata*)

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, dimana senyawa NaOH dapat membentuk hidrat dengan rumus kimia $\text{NaOH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ [8]. Ketika dilarutkan dalam air, NaOH terionisasi menjadi ion natrium (Na^+) dan ion hidroksida (OH^-), yang membuat larutannya bersifat basa (alkali)[9]. 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[10].



Gambar 2. Serpihan natrium hidroksida (NaOH)

Matriks

Matriks yang digunakan sebagai bahan pengikat serat pada proses pembuatan komposit menggunakan resin bening *polyester* tipe 801. Resin bening *polyester* tipe 801 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 matriks. Selain itu matriks juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matriks harus diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap goncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matriks[11]. Perusahaan yang menyediakan berbagai jenis resin dan katalis yang digunakan dalam industri manufaktur dan digunakan dalam proses polimerisasi resin tersebut diproduksi oleh PT Aneka Jaya Kimia Raya.

Pada Perusahaan tersebut memproduksi bebrbagai jenis resin dan berbagai jenis bahan kimia.



Gambar 3. Resin Bening *Polyester* Tipe 801

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[12]. Katalis berjenis *mexpo* ini di produksi oleh diproduksi oleh PT Aneka Jaya Kimia Raya.



Gambar 4. Katalis *Mexpo*

1. *Amilum*

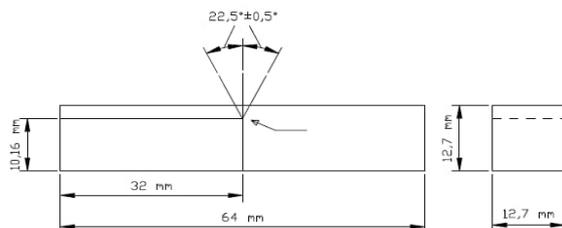
Amilum merupakan karbohidrat kompleks yang tak larut dalam cairan, berbentuk bubuk putih, tidak berasa serta tidak berbau. Salah satu *amilum* yang umum digunakan ialah *amilum* singkong, *amilum* singkong memiliki kemampuan sebagai pengikat yang lebih baik dibandingkan dengan *amilum* jagung dan *amilum* 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. Penggunaan tepung pati sebagai bahan tambahan dalam pembuatan komposit polimer bertujuan untuk meningkatkan ketahanan mekanik, kekuatan, dan kekakuan material komposit[13].

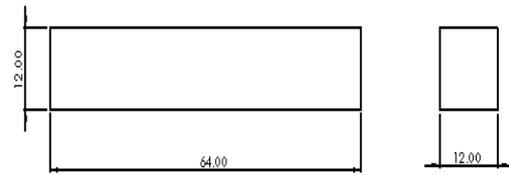


Gambar 5. Amilum (Tepung Pati)

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[14]. 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 mengilangkan 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 6. Bentuk cetakan uji *impact* metode *charpy* ASTM D 5942-96 (joule/mm^2)



Gambar 7. Bentuk cetakan uji kekerasan shore D ASTM D 2240 (*SHD*)

Pengujian pertama pada spesimen komposit polimer ini menggunakan uji *impact* metode *charpy*. Uji *Impact* adalah metode pengujian untuk mengukur ketangguhan atau kemampuan material dalam menyerap energi saat terkena benturan. Uji *Impact* ini dilakukan dengan memberi beban secara tiba-tiba pada material untuk melihat seberapa banyak energi yang dapat diserap oleh material tersebut sebelum mengalami kerusakan atau retak. Oleh karena itu uji *impact* banyak dipakai dalam bidang menguji sifat mekanik yang dimiliki oleh suatu material[15]. Alat uji *impact* ini bertipe *promes charpy impact test* dengan merek *ZwickRoell* dengan berat pendulum 8.3 kg ini memiliki kapasitas maksimal energi serap hingga 200 *Joule*. Pendulum pada alat uji *impact* metode *charpy* ini memiliki sudut alfa 120°, yang mengacu pada sudut antara lengan pendulum dan posisi vertikal. Sudut ini berperan penting dalam menentukan energi yang dilepaskan saat pendulum mengenai spesimen. Lengan pendulum yang memiliki panjang 0,62 meter menentukan jangkauan gerak pendulum, dan memungkinkan pendulum bergerak dengan kecepatan antara 3 hingga 6 m/s. Kecepatan ini sangat penting dalam menghasilkan benturan yang cukup kuat untuk mengukur energi yang diserap oleh material yang diuji. Energi serap spesimen yang diukur mencerminkan ketangguhan material tersebut dalam menghadapi benturan atau beban dinamis[16].



Gambar 8. Alat Uji Impact Charpy Test

Pengujian kedua pada spesimen komposit polimer ini menggunakan uji kekerasan Shore D. Pengujian kekerasan Shore D bertujuan untuk mengukur ketahanan suatu benda uji terhadap penetrasi benda

yang lebih keras dengan gaya tertentu. Proses ini dilakukan dengan cara menekan jarum atau alat penetrasi lainnya ke permukaan material dengan gaya tertentu, dan kedalaman penetrasi yang terjadi akan menentukan nilai kekerasan material tersebut. Jarum penetrasi yang digunakan memiliki ukuran standar dengan diameter sekitar 1.5 mm dan panjang sekitar 2.5 mm. Jarum ini dirancang dengan ujung yang tajam untuk menekan permukaan material yang diuji. Ketika alat durometer Shore D diterapkan pada material. Semakin sedikit penetrasi yang terjadi, semakin tinggi nilai kekerasan material, yang menunjukkan bahwa material tersebut lebih tahan terhadap deformasi atau goresan. Sebaliknya, semakin dalam penetrasi jarum, semakin rendah nilai kekerasan, yang menunjukkan material tersebut lebih mudah terdeformasi[17]. 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 skala kekerasan Shore D. Skala kekerasan Shore D paling sering digunakan untuk mengukur kekerasan material plastik, karet, dan bahan elastomer lainnya. Proses Uji kekerasan Shore D dilakukan pada permukaan spesimen sejumlah lima titik dengan jarak minimal 6 mm antar titik, bertujuan untuk menghindari terjadi pengaruh satu titik pengukuran terhadap titik lainnya, yang bisa mempengaruhi hasil uji kekerasan. Pada proses pengujian kekerasan shore D spesimen harus memiliki ketebalan minimal sebesar 6mm[18]. Jenis alat yang digunakan untuk uji kekerasan Shore D disebut durometer Shore D. Alat ini dirancang mampu untuk mengukur nilai kekerasan material dengan skala yang berkisar dari 0 hingga 100 SHD.



Gambar 9. Alat Uji Kekerasan Shore Durometer Digital

3 Hasil dan Pembahasan

Dari proses penelitian pada pembuatan komposit yang diperkuat menggunakan serat *sansevieria* dengan perlakuan alkali. Proses alkali tersebut berupa proses perendaman serat *sansevieria trifasciata* pada

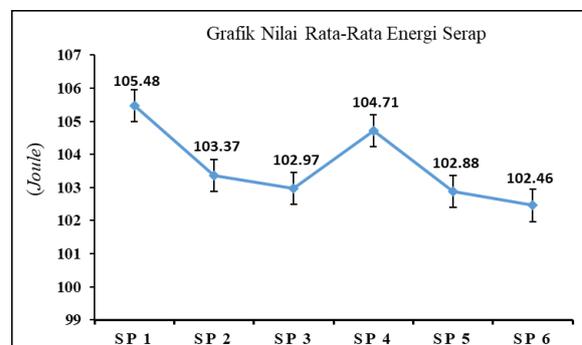
larutan NaOH (*natrium hidroksida*) dengan konsentrasi 5% selama 2 jam. Untuk Fraksi volume serat sebesar 30% serta serat dipotong dengan ukuran 1 cm dan matriks menggunakan resin bening *polyester* tipe 801 dengan variasi penambahan *amilum* sebesar 6%, 7%, 8%, 9%, 10%. Maka didapatkan data yang akan 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 Amilum (%)
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%

Hasil Pengujian Impact Metode Charpy

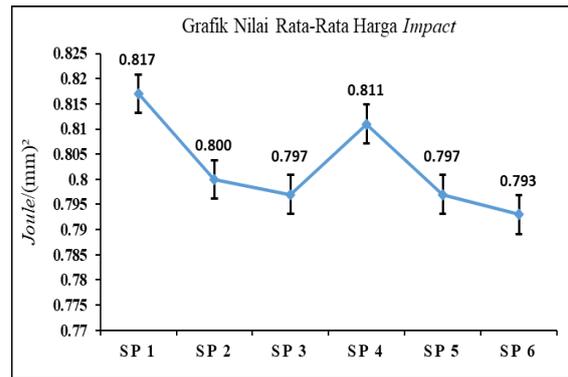
Pengujian *impact* ini menggunakan alat uji *impact* berjenis *Promes Charpy Impact Test* dengan kapasitas maksimal energi yang diserap oleh alat uji ini sebesar 200 *Joule* milik laboratorium teknik mesin politeknik negeri malang. Pada bab ini, menjelaskan hasil dari penelitian mengenai pengaruh variasi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



Gambar 10. Grafik Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata Energi Serap (joule)

Pada tabel grafik di atas dapat dijelaskan hasil perhitungan nilai rata-rata energi serap pada spesimen dari proses pengujian *impact* yang telah dilakukan 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. *Amilum* merupakan polisakarida memiliki struktur yang lebih rapuh dan mudah patah bila dibandingkan dengan matriks polimer. Jika *amilum* tidak terdistribusi secara merata, maka dapat terbentuk titik lemah dalam material komposit polimer tersebut dan mengurangi nilai kekuatannya[19]. Dilihat dari grafik rata-rata energi serap pada gambar 10 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 105,45 *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 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. 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. 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*. Hasil pengujian komposit yang diperkuat menggunakan serat *sansevieria trifasciata* 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[20].



Gambar 11. Grafik Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata Harga Impact *joule/mm²*.

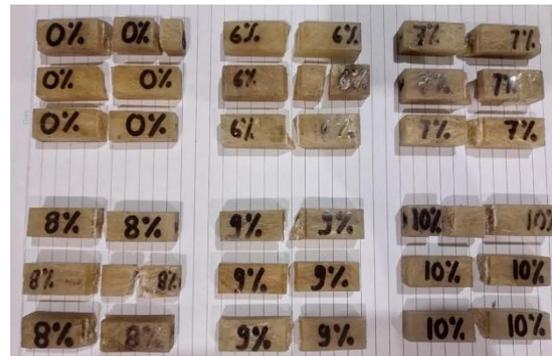
Hasil pengujian komposit yang diperkuat menggunakan serat *sansevieria trifasciata* dengan variasi penambahan *amilum* bahwa semakin meningkatkan presentase *amilum* cenderung semakin menurun nilai kekuatan spesimen karena memiliki pengaruh terhadap hasil energi serap dan kekuatan *impact* pada material 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[16]. Dilihat pada grafik gambar 11 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/mm²* 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/mm²*. Menariknya pada hasil nilai rata-rata harga *impact* pada spesimen dengan variasi presentase *amilum* 8% atau SP 4 dengan nilai sebesar 0,811 *joule/mm²*. 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/mm²*. 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 sugu yang terlalu banyak sehingga harga *impact* mengalami penurunan [17]. 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[22].

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[23]. 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*)[24].

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

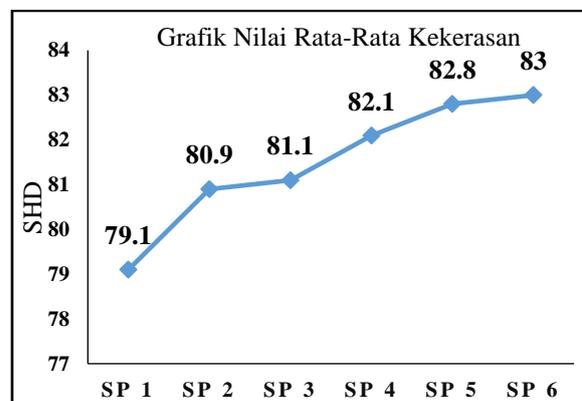
besar sebelum akhirnya patah ketika diberi beban *impact*. Material yang bersifat ulet (*ductile*) biasanya memiliki kemampuan yang tinggi untuk menyerap energi sebelum patah[25]. Pada konsentrasi 6% sampai 10%, terlihat adanya perubahan karakteristik patahan, di mana patahan mulai menunjukkan sifat 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.



Gambar 12. Spesimen Setelah Di Uji Impact

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. 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 niversitas 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. Hasil pengujian kekerasan Shore D pada material komposit polimer yang berpenguat serat *sansevieria trifasciata* dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 13. Grafik Hasil Perhitungan Nilai Kekerasan Keseluruhan Variasi Penambahan *Amilum*.

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[21].

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 Ahmad affan hakim 2018, menyatakan material biodegradabel chitosan, pati singkong dan selulosa memiliki kemampuan meningkatkan sifat kekerasan poly(*lactid acid*)[27]. 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 trifasciata* memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit yang diperkuat oleh serat sintetis, hal ini dapat simpulkan bahwa serat tersebut memiliki kandungan kandungan lignin sebesar 7-13%. Sehingga dapat meningkatkan kekakuan dan kekutan 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[28].



Gambar 14. Spesimen Uji Kekerasan Shore D



Gambar 15. 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, 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 trifasciata* 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/mm*². Namun penurunan nilai kekuatan *impact* tidak bersifat linier, dimana presentase *amilum* 8% memiliki nilai rata-rata harga *impact* sebesar 0,811 *joule/mm*² 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*

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian *impact* pada komposit yang diperkuat serat alam berupa serat *sansevieria trifasciata* 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 energi serap sebesar 105,45 joule dan nilai harga *impact* 0,816 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 trifasciata* dan resin polyester bening tipe 801 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*.

Daftar Pustaka

- [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/jinngo/>
- [3] M. Mastur, B. Sugiantoro, A. Kurniawan, and N. Artati, "Pengaruh Orientasi Cloth dan Roving Serat *Sansevieria* dengan Perlakuan Alkali dan Penguat CNTs Terhadap Kekuatan Bending dan Morfologi (Uji SEM)," *Iteks*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2022, [Online]. Available: <http://www.ejournal.stt-wiworotomo.ac.id/index.php/iteks/article/view/325%0Ahttp://www.ejournal.stt-wiworotomo.ac.id/index.php/iteks/article/download/325/398>
- [4] I. G. N. J. . Arisanti, C.I.S, Dewi, D.P.R.P., Prasetya, "PENGARUH RASIO AMILUM: AIR TERHADAP SPESIFIKASI AMILUM SINGKONG (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) FULLY PREGELATINIZED," *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019, [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-gene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- [5] A. R. M. Dzikri, "Optimasi Formula Kwetiau Tepung Komposit (Tepung Beras Hitam , Tepung Cangkang Kepiting Rajungan , Tepung Wortel) Menggunakan Design Expert Metode Mixture D-Optimal dan Pendugaan Umur Simpannya," *Artikel*, pp. 1–22, 2022.
- [6] 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.
- [7] G. Mega *et al.*, “Penerapan Lidah Mertua dan Sirih Gading dalam My Little PAP untuk Mengurangi Emisi CO di Ruang 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>
- [8] R. Tanjung *et al.*, “PENGARUH KONSENTRASI NaOH TERHADAP KEKUATAN FISIK, MEKANIK DAN MORFOLOGI KOMPOSIT BERPENGUAT SERBUK KAYU SENGON (*Albizia Chinensis*)-RESIN EPOXY,” *J. Tek. dan Sains*, vol. 4, pp. 29–39, 2023.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] F. R. Titani, “Pemanfaatan Serat Sabut Kelapa sebagai Material Penguat Pengganti Fiberglass pada Komposit Resin Polyester 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.
- [12] A. Alamsyah, T. Hidayat, and A. N. Iskandar, “Pengaruh Perbandingan Resin Dan Katalis Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass-Polyester 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.
- [13] 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.
- [14] S. B. S. Awaluddin Suprayogi1, Indra Permana2,* , “GAYA TARIK MAKSIMAL KOMPOSIT GFRP DENGAN METODE,” *J. Teknol. REKAYASA ELEKTRO, Mater. DAN MANUFAKTUR*, pp. 26–31.
- [15] E. P. D. Boangmanalu, A. B. Pratama, A. Qadry, J. F. H. Saragi, and F. T. H. Sinaga, “Charpy and Izod Method Impak Strength Analysis on ST 37 Steel with Temperature Variations,” *Formosa J. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 12, pp. 3329–3342, 2023, doi: 10.55927/fjst.v2i12.7074.
- [16] B. Maryanti *et al.*, “Karakteristik Kekuatan Impak Komposit Serabut Kelapa Dengan Variasi Panjang Serat,” *Pros. SENIATI*, vol. 5, no. 4, pp. 339–343, 2019.
- [17] A. Hermawan and M. Yudha Aris Widodo, “Analisa Pengaruh Rasio Komposisi Serbuk Kayu Jatikuningan (Cu-Zn) sebagai Bahan Material Pembuatan Kampas Rem Sepeda Motor,” pp. 232–249, 2023.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] M. L. Zultiansyah *et al.*, “ANALISA PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SERBUK ALUMINA (Al 2 O 3) TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA KOMPOSIT RESIN EPOXY,” vol. 8, no. 2, 2024.
- [21] 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 M,” *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 7, no. 1, pp. 27–35, 2023, doi: 10.31289/jmemme.v7i1.7553.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 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