

ANALISIS RASIO SERAT RAMI DAN HIDROKSIAPATIT PADA KOMPOSIT BERMATRIKS UHMWPE DENGAN METODE *HOT PRESS*

1,2,3) Program Studi Teknik
Mesin, Universitas
Tidar

Achmad Luthfian Fathoni^{1*}, Xander Salahudin²⁾, Sri Hastuti³⁾

Corresponding email ^{1*)} :
achmadluthfian12@gmail.com

Received: 24.09.2024
Accepted: 17.04.2025
Published: 28.06.2025

©2025 Politala Press.
All Rights Reserved.

Abstrak. Komposit merupakan material gabungan dari dua atau lebih bahan yang saling terikat. Umumnya biomaterial terbuat dari logam. Namun, logam memiliki modulus elastisitas tinggi yang menyebabkan stress shielding dan harganya mahal karena logam material tidak terbarukan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kekuatan mekanik komposit serat rami, hidroksiapatit, dan UHMWPE sebagai potensi biomaterial non logam, dengan variasi komposisi 13%: 0%: 87%, 6,5%: 6,5%: 87%, 0%: 13%: 87%. Komposit dibuat dengan hot press suhu 190°C, tekanan 100 bar, dan holding time 15 menit. Hasil pengujian menunjukkan komposit dengan 13% serat rami memiliki nilai ketangguhan impak dan kekuatan tarik paling tinggi, yaitu 0,055 J/mm² dan 10.75 MPa.

Kata Kunci: Biomaterial, komposit, hidroksiapatit, UHMWPE, rami

Abstract. Composite is a material made from two or more combined substances that are bound together. Typically, biomaterials are made of metals. However, metals have a high elastic modulus, which leads to stress shielding, and they are expensive because metals are non-renewable materials. This study aims to analyze the mechanical strength of composites made from ramie fiber, hydroxyapatite, and UHMWPE as a potential non-metallic biomaterial, with variations in composition of 13%: 0%: 87%, 6.5%: 6.5%: 87%, and 0%: 13%: 87%. The composites were manufactured using a hot press at a temperature of 190°C, pressure of 100 bar, and a holding time of 15 minutes. The test results showed the composite containing 13% ramie fiber having the highest impact toughness and tensile strength values of 0.055 J/mm² and 10.75 Mpa.

Keywords: Biomaterial, composite, hydroxyapatite, UHMWPE, ramie

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v12i1.294>

1. Pendahuluan

Biomaterial merupakan suatu material yang memiliki fungsi untuk menggantikan, mendukung, dan atau mengembalikan bagian tubuh manusia yang mengalami kerusakan, biomaterial dapat terbuat dari bahan alami atau buatan [1]. Biomaterial melingkupi semua jenis material, meliputi logam, keramik, polimer, dan komposit. Komposit adalah material yang tersusun dari dua material atau lebih yang saling terikat. Kelebihan dari material komposit yaitu karakteristiknya yang fleksibel sehingga dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan aplikasi tertentu [2]. Dikarenakan karakteristiknya yang fleksibel, material komposit dapat diaplikasikan secara luas, salah satunya untuk aplikasi biomaterial.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, komposit dengan matriks polimer lebih dipilih karena mampu memberikan keseimbangan yang lebih baik antara kekuatan yang dimiliki oleh logam dan kekakuan yang dimiliki oleh keramik [3]. Biomaterial umumnya terbuat dari logam yang memiliki ketangguhan dan kekuatan mekanik tinggi. Namun, logam memiliki densitas tinggi yang menyebabkan biomaterial lebih berat dan modulus elastisitas tinggi yang dapat menimbulkan *stress shielding* yang mengakibatkan pelemahan pada tulang [4]. Selain itu, biomaterial dari logam juga cenderung lebih mahal karena material logam yang tidak terbarukan. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis kekuatan mekanik komposit biomaterial menggunakan alternatif material non logam, yaitu serat rami, hidroksiapatit, dan UHMWPE.

Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE) banyak digunakan sebagai bahan biomaterial, karena memiliki ketahanan aus, keuletan, dan biokompatibilitas tinggi terhadap jaringan tubuh [5]. Namun, material UHMWPE tidak memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, sehingga diperlukan material tambahan untuk meningkatkan kekuatannya. Material yang bisa digunakan sebagai penguat adalah serat rami. Serat rami dipilih sebagai amterial penguat, karena termasuk dalam kategori serat alam yang mmiliki kekuatan mekanik yang cukup besar jika dibandingkan serat sintetis [6]. Serat alam dapat dijadikan penguat yang baik pada komposit dengan matriks *thermoset* atau *thermoplastic*. Keuntungan lain dari penggunaan serat alam yaitu sifatnya yang dpat diperbaharui, ketersediaan yang melimpah, dan harga yang relatif murah.

Material lain yang digunakan dalam penelitian ini yaitu hidroksiapatit (HAp). HAp memiliki struktur kristal apatit yang cukup kuat untuk menahan beban dan mempercepat fiksasi biologis yang kuat pada jaringan tulang [7]. HAp yang menyebar secara merata di dalam matriks akan menghasilkan interaksi antarmuka yang lebih baik antara matriks dan penguat. Hal ini dapat meningkatkan efisisensi mekanisme transmisi beban [8]. Selain itu, HAp juga memiliki sifat biokompatibel, bioaktif, tidak toksik, dan tidak menyebabkan reaksi penolakan oleh tubuh [9]. Sehingga HAp bisa dimanfaatkan sebagai bahan penyusun komposit biomaterial.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka akan dilakukan penelitian analisis pengaruh variasi komposisi serat rami dan hidroksiapatit terhadap kekuatan mekanik komposit bermatriks UHMWPE sebagai potensi biomaterial. Adapun variasi komposisi yang diterapkan pada penelitian ini yaitu 13% serat rami: 0% HAp: 87% UHMWPE, 6,5% serat rami: 6,5% HAp: 87% UHMWPE, dan 0% serat rami: 13% HAp: 87% UHMWPE.

2. Kajian Pustaka

Dalam suatu peneilitan membutuhkan pengumpulan analisis, literatur, dan referensi yang relevan dengan topik penelitian yang dibahas. Hal ini dibutuhkan untuk memahami landasan teoritis yang sudah ada dan meninjau penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya di bidang yang sama. Penelitian mengenai penggunaan UHMWPE, HAp, dan serat alam sebagai bahan komposit telah banyak dilakukan.

UHMWPE telah digunakan secara luas sebagai material di bidang medis karena memiliki karakteristik biokompatibilitas yang unggul, ketahanan kimia, volume keausan yang rendah (0,68 mm³), kekuatan tarik hingga 41,4 MPa, ketahanan terhadap bahan kimia, dan kristalinitas tinggi yang mencapai lebih dari 90% [10].

Material UHMWPE dapat digunakan untuk membuat sambungan pinggul, lutut, bahu, dan sambungan buatan lainnya. UHMWPE digunakan sebagai bahan implan sendi yang cukup populer, karena harganya yang murah, koefisien gesekan, keausan yang rendah dalam jangka panjang, serta stabilitas dan biokompatibilitas di dalam tubuh [11].

Penelitian membahas pengaruh penambahan HAp dan *polycarprolactone* (PCL) pada komposit UHMWPE/PCL/HAp untuk aplikasi acetabular cup liner implant. Penelitian ini menerapkan beberapa variasi rasio PCL dan HAp. Proses pencetakan komposit menggunakan metode *hot press* pada temperatur 150°C, tekanan 7 MPa, dan lama penekanan 25 menit. Hasilnya, penambahan PCL dan HAp mempengaruhi sifat mekanik komposit yang dihasilkan, komposit dengan variasi komposisi 87% UHMPWE dan HAp 13% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi, sebesar 2,54 MPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas tertinggi dihasilkan oleh komposit dengan variasi komposisi 87%UHMWPE, 10%PCL, 3%HAp sebesar 10,34 MPa [12]

3. Metodologi Penelitian

Alat dan Bahan

a. Alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu cetakan spesimen, alat *hot press*, alat uji impak charpy, alat uji tarik, alat foto makro, dan alat uji SEM.

b. Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu serat rami sebagai material penguat, HAp sebagai material pengisi atau *filler*, UHMWPE sebagai material pengikat atau matriks, dan natrium hidroksida (NaOH) sebagai bahan perlakuan alkali serat rami.



Gambar 1. Bahan-bahan a) Serat rami, b) HA, dan c) UHMWPE

Variabel Penelitian

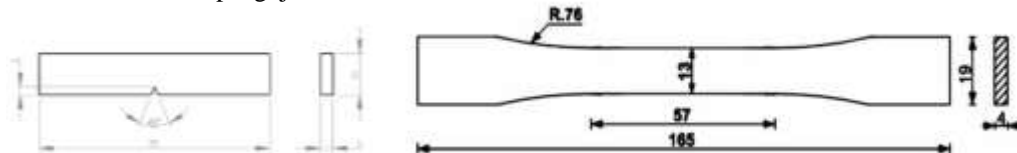
Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah:

a. Variabel bebas

Merupakan variabel yang dianggap sebagai faktor yang dapat mempengaruhi variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi komposisi serat rami, HAp, dan UHMWPE dengan perbandingan 13% serat rami: 0% HAp: 87% UHMWPE, 6,5% serat rami: 6,5% HAp: 87% UHMWPE, dan 0% serat rami: 13% HAp: 87% UHMWPE.

b. Variabel terikat

Merupakan variabel yang dipengaruhi atau bergantung pada variabel bebas. Variabel terikat diukur atau diamati untuk melihat dampak dari perubahan variabel bebas. Variabel terikat yang digunakan yaitu pengujian impact ASTM D-5942 dan pengujian tarik ASTM D-638-I.



Gambar 2. Dimensi spesimen a) uji impact ASTM D-5942 dan b) uji tarik ASTM D-638-I

Tahapan Penelitian

a. Persiapan alat dan bahan

Tahapan ini meliputi proses pembuatan hidroksiapatit dari tulang sapi dan proses alkalisasi serat rami. Hidroksiapatit diperoleh dari limbah tulang sapi yang sudah dibersihkan dan dikalsinasi di dalam *furnace* dengan suhu 900°C selama 4 jam [13]. Proses kalsinasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan air dan senyawa organik yang masih ada pada tulang sapi. Selanjutnya proses alkalisasi pada serat rami, dilakukan dengan pencucian serat pada air mengalir untuk menghilangkan kandungan getah. Lalu, serat rami direndam pada larutan 5% NaOH selama 2 jam. Proses perendaman ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin pada serat rami dan dapat meningkatkan adhesi antara serat rami dengan matriks. Selain itu, perendaman NaOH selama 2 jam dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit [14].

b. Proses cetak komposit

Setelah persiapan alat dan bahan selesai dilakukan, proses selanjutnya yaitu cetak komposit. Serat rami, HAp, dan UHMWPE ditimbang sesuai dengan fraksi volume lalu dimasukkan ke dalam cetakan besi yang sudah dilapisi *aluminium foil*. Komposit dicetak menggunakan metode *hot press* dengan suhu 190°C , tekanan 100 bar, dan *holding time* 20 menit. Setelah selesai proses pencetakan, komposit dipotong sesuai dengan ukuran standar spesimen pengujian impact ASTM D-5942 dan pengujian tarik ASTM D-638-I.



Gambar 3. Proses cetak komposit dengan *hot press*



Gambar 4. Spesimen a) uji impact dan b) uji tarik

- c. Pengujian kekuatan mekanik
Pengujian yang dilakukan adalah uji impak charpy untuk mengetahui ketahanan spesimen dalam menerima beban yang diberikan secara tiba-tiba dan pengujian kekuatan tarik untuk mengetahui ketahanan spesimen terhadap beban tarik.
- d. Pengujian foto makro dan SEM
Pengujian ini dilakukan untuk menganalisis struktur, morfologi, dan ikatan antara serat, *filler*, dan matriks.

4. Hasil dan Pembahasan

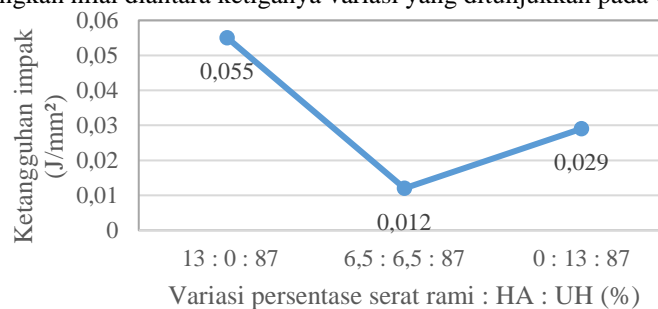
Hasil Pengujian Impak

Pengujian impak charpy dilakukan menggunakan alat dengan spesifikasi beban pendulum 1,375 kg, sudut awal pendulum (α) 148°, dan panjang jari-jari batang pendulum (r) 0,3948 m. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap variasi komposisi komposit. Dari 3 spesimen akan diambil rata-rata dari nilai ketangguhan impak. Hasil pengujian impak charpy ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian impak

No	Variasi	Esrp (J)	HI (J/mm ²)
1	13%SR: 0%HA: 87% UH	1,61	0,055
2	6,5%SR: 6,5%HA: 87%UH	0,39	0,012
3	0%SR : 13%HA: 87%UH	0,89	0,029

Nilai rata-rata hasil pengujian impak dari masing-masing variasi komposisi kemudian disajikan dalam bentuk grafik untuk membandingkan nilai diantara ketiganya variasi yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik pengaruh variasi persentasi serat rami : HA : UH terhadap ketangguhan impak

Dari grafik pada Gambar 5 menunjukkan pengaruh variasi komposisi serat rami terhadap nilai ketangguhan impak. Hasilnya, nilai ketangguhan impak paing tinggi didapatkan oleh spesimen dengan komposisi 13% SR: 0% HA: 87% UH dengan nilai ketangguhan impak 0,055 J/mm². Serat rami sebagai penguat memiliki kemampuan untuk menyerap energi dan mendistribusikan energi benturan secara lebih merata ke seluruh bagian komposit. Dengan komposisi serat rami 13%, komposit memiliki material penguat yang lebih banyak untuk mendistribusikan energi impak secara lebih efektif dibandingkan dengan komposit yang memiliki serat rami lebih sedikit. Nilai ketangguhan impak paling rendah pada variasi 6,5% SR: 6,5 %HA: 87% UH dengan nilai 0,012 J/mm². Hal ini bisa terjadi karena komposit dengan variasi komposisi ini memiliki keseimbangan yang kurang optimal antara serat rami sebagai penguat dan HAp sebagai pengisi. Fenomena nilai energi impak yang menurun pada variasi komposisi material penguat dan pengisi yang moderat juga terjadi pada penelitian komposit serat daun lidah mertua, serbuk gergaji, dan resin epoksi [15].

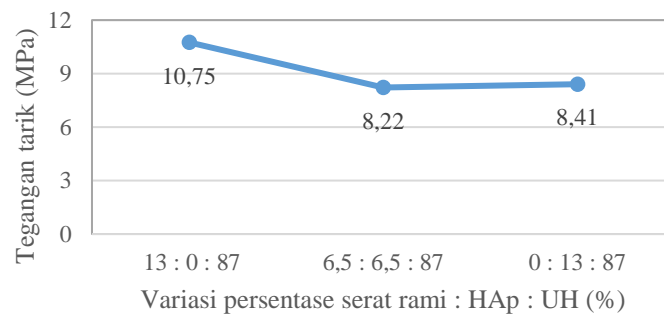
Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan universal testing machine. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali percobaan pada setiap variasi komposisi. Dari 3 spesimen akan diambil rata-rata dari nilai ketangguhan impak. Hasil pengujian impak charpy ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian tarik

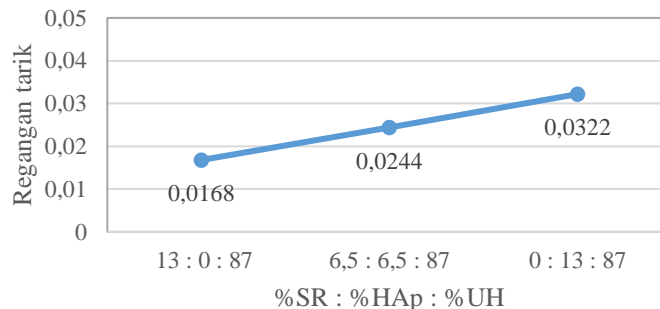
No	Variasi	ρ (N)	σ (MPa)	ϵ	E (MPa)
1	13%SR: 0%HAp: 8%7UH	386,51	10,75	0,0168	624,0
2	6,5%SR: 6,5%HAp: 87%UH	354,27	8,22	0,0244	338,5
3	0%SR: 13%HAp: 87%UH	469,50	8,41	0,0322	258,4

Nilai rata-rata tegangan tarik dari masing-masing variasi komposisi kemudian disajikan dalam bentuk grafik untuk membandingkan nilai diantara ketiga variasi yang ditunjukkan pada gambar 5.



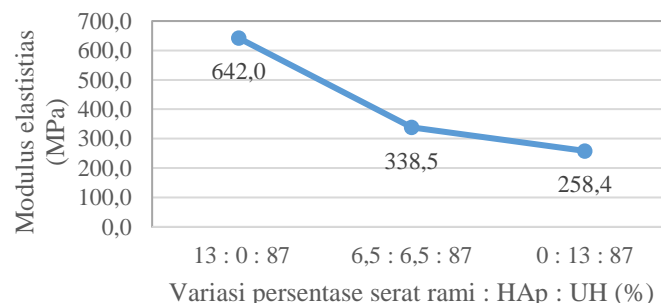
Gambar 6. Grafik pengaruh variasi persentase serat rami : HAp : UH terhadap tegangan tarik

Grafik pada Gambar 6 menunjukkan pengaruh variasi komposisi serat rami dan hidroksiapatit pada komposit UHMWPE terhadap nilai tegangan tarik. Hasilnya, nilai rata-rata tegangan tarik tertinggi didapatkan oleh spesimen dengan variasi komposisi 13% SR: 0% HAp: 87% UH dengan nilai rata-rata tegangan tarik mencapai 10,75 MPa. Serat rami sebagai material penguat dapat meningkatkan kekuatan tarik secara signifikan, karena serat rami membantu mendistribusikan beban lebih merata ke semua area spesimen [16]. Nilai rata-rata tegangan tarik paling rendah didapatkan oleh spesimen komposit variasi 6,5% SR: 6,5% HAp: 87% UH, dengan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 8,22 MPa. Hal ini dikarenakan meski ada material serat rami sebagai penguat dan HA sebagai pengisi namun kombinasi komposisi keduanya tidak cukup dominan untuk meningkatkan kekuatan tarik secara optimal. Komposisi 6,5% serat rami tidak cukup dominan untuk mendistribusikan beban ke semua area spesimen, 6,5% HAp sebagai material pengisi juga belum cukup untuk menambah kepadatan spesimen.



Gambar 7. Grafik pengaruh variasi persentase serat rami : HAp: UH terhadap regangan tarik

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan pengaruh variasi komposisi serat rami dan hidroksiapatit pada komposit UHMWPE terhadap nilai regangan tarik. Variasi komposisi 13% SR: 0% HAp: 87% UH meski memiliki nilai tegangan tarik tertinggi, namun nilai regangan tariknya paling rendah, serat rami dapat memiliki kekuatan tarik yang tinggi tetapi tidak memiliki kapasitas regangan yang besar, karena regangan serat rami yang kecil sehingga serat cenderung tidak mengalami deformasi besar sebelum spesimen patah [17]. Hasil regangan ini menunjukkan semakin banyak komposisi serat semakin rendah pula nilai regangannya.



Gambar 8. Grafik pengaruh variasi persentase serat rami : HAp : UH terhadap modulus elastisitas

Modulus elastisitas menggambarkan seberapa banyak material akan meregang atau berubah bentuk dan seberapa besar beban yang diperlukan untuk menyebabkan perubahan tersebut [18]. Dengan nilai modulus elastisitas yang semakin besar, maka menunjukkan bahwa material spesimen lebih kaku atau *rigid* yang berarti material spesimen akan mengalami deformasi yang lebih kecil dan material tidak akan mudah meregang atau patah.

Dari grafik pada Gambar 8 nilai modulus elastisitas paling tinggi pada komposit variasi komposisi 13% SR: 0% HA:p 87% UH dengan nilai sebesar 642,0 MPa. Nilai modulus elastisitas menurun seiring berkurangnya komposisi serat rami pada komposit. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kandungan serat rami dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas. Hal ini berkaitan dengan karakteristik serat rami yang memiliki regangan tarik rendah. Selain itu, pengaruh perlakuan perendaman NaOH pada serat rami juga semakin menambah sifat kaku pada serat, sejalan dengan penelitian yang menyatakan perlakuan alkali dengan perendaman serat dalam cairan NaOH selama 2 jam dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas [19].

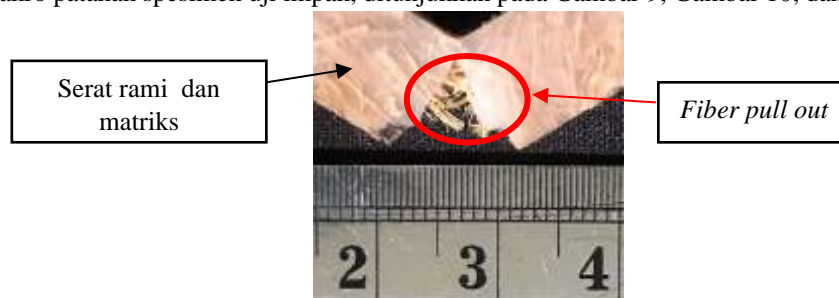
Data dari hasil pengujian tarik ini dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang membahas mengenai sifat komposit dengan material UHMWPE/PCL/HA [12]. Nilai tegangan tarik dan modulus elastisitas pada penelitian ini hasilnya lebih baik. Penambahan serat rami sebagai material penguat dapat meningkatkan nilai tegangan tarik dan modulus elastisitas dengan sangat signifikan. Hal ini disebabkan serat rami sebagai material penguat bisa mendistribusikan beban lebih merata ke semua area spesimen. HA sebagai material *filler* atau pengisi juga memberikan peningkatan nilai tegangan tarik meski nilainya tidak signifikan. Adanya HAp dapat meningkatkan kepadatan dan meningkatkan interaksi antar molekul dalam spesimen.

Mengacu pada penelitian yang dilakukan Thomas dan Singh [20] dan Putri [12], kekuatan tarik komposit pada penelitian ini sudah termasuk dalam kategori kekuatan tarik pada *cancellous bone* yang berkisar 1-12 MPa dan dari aspek kekuatan tarik juga bisa sesuai untuk aplikasi *acetabular cup liner implant*. Namun, dalam aplikasi biomaterial ada aspek lain selain kekuatan mekanik, seperti kemampuan biokompatibilitas yang harus dilakukan penelitian lebih lanjut.

Hasil Pengujian Foto Makro

Setelah dilakukan uji kekuatan mekanik pada spesimen, berupa uji ketangguhan impak dan kekuatan tarik untuk mengetahui kekuatan mekanik pada masing-masing variasi komposisi. Selanjutnya akan dilakukan pengujian struktur makro pada patahan spesimen. Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik spesimen yang diuji. Pengamatan struktur makro dilakukan dengan menggunakan lensa kamera dengan perbesaran 5 kali.

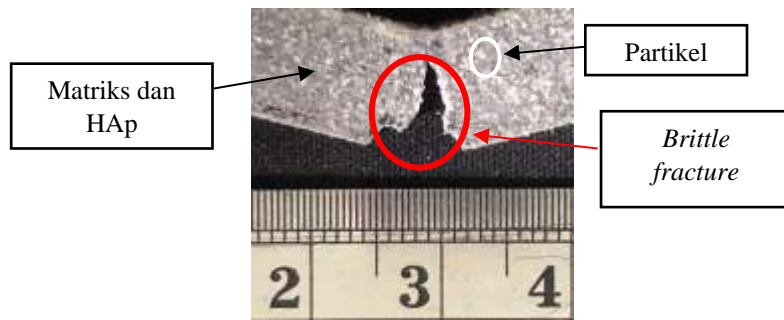
- a. Foto makro patahan spesimen uji impak, ditunjukkan pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.



Gambar 9. Foto makro spesimen impak 13% SR: 0% HAp: 87% UH



Gambar 10. Foto makro spesimen impak 6,5% SR:, 6,5% HAp: 87% UH



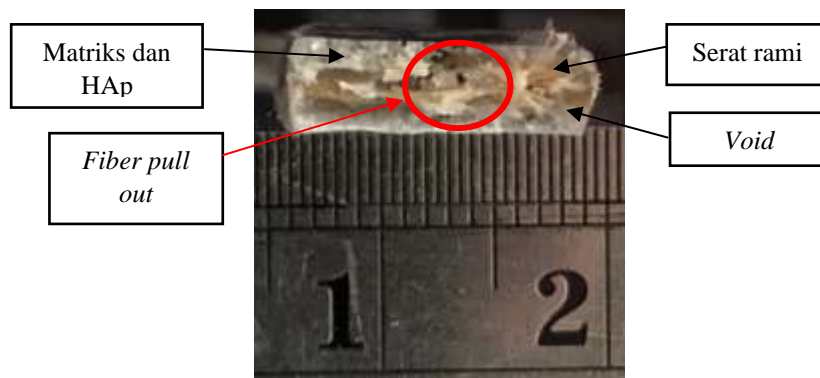
Gambar 11. Foto makro spesimen impact 0% SR: 13% HAp: 87% UH

Hasil foto makro pada penampang patahan spesimen uji impact menunjukkan terjadinya fenomena *fiber pull out* pada spesimen yang menggunakan serat rami sebagai material penguat. Fenomena ini menunjukkan bahwa material serat dan matriks tidak terikat secara optimal, hal ini bisa mengurangi nilai ketangguhan impact. Patahan yang terjadi pada ketiga spesimen adalah patahan getas atau *brittle fracture*, yang artinya pada area patahan tidak terjadi deformasi plastis yang signifikan.

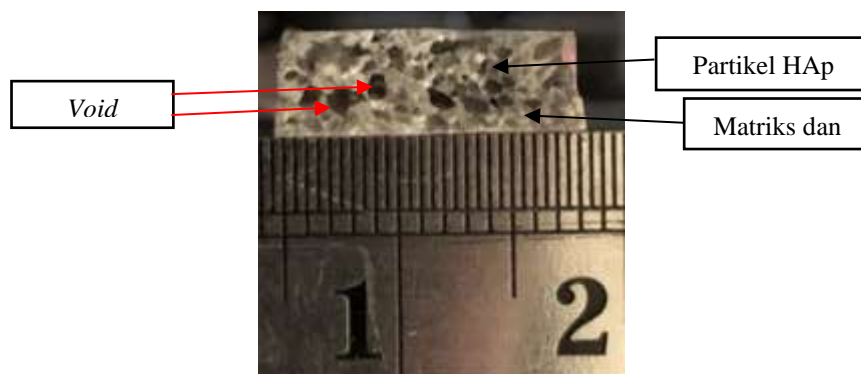
b. Foto makro patahan spesimen uji tarik, ditunjukkan pada Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14.



Gambar 12. Foto makro spesimen tarik 13% SR: 0% HAp: 87% UH



Gambar 13. Foto makro spesimen tarik 6,5% SR: 6,5% HAp: 87% UH

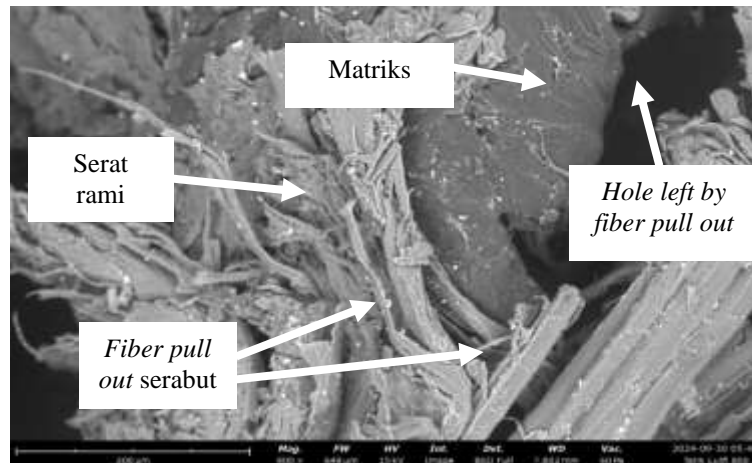


Gambar 14. Foto makro spesimen tarik 0% SR: 13% HAp: 87% UH

Hasil foto makro penampang patahan spesimen uji tarik menunjukkan pada patahan komposit yang menggunakan serat rami adanya fenomena *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar. Hal ini menjadi indikasi adanya interaksi tarik-menarik antara serat dan matriks. *Fiber pull out* juga menandakan ikatan antara serat dan matriks yang kurang optimal, hal ini sering terjadi dalam komposit dengan matriks yang lebih lemah atau saat serat tidak terikat dengan maksimal. Selain itu, di ketiga patahan spesimen terlihat adanya fenomena *void* atau rongga yang terbentuk di dalam material komposit yang disebabkan adanya udara yang terperangkap di dalam komposit selama proses pencetakan. *Void* dapat menyebabkan ikatan *interfacial* antara matriks dan serat kurang baik yang mengakibatkan berkurangnya kekuatan tarik suatu material.

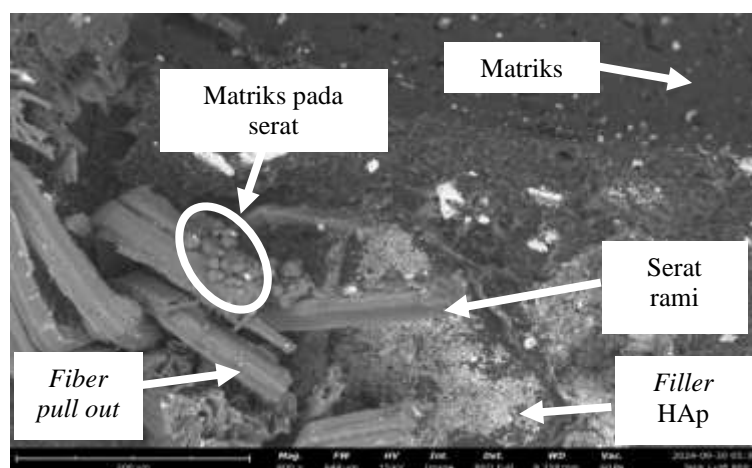
Hasil Pengujian SEM

Struktur, bentuk, dan susunan komponen penyusun pada komposit dapat dilihat diamati menggunakan SEM dengan perbesaran yang lebih detail dibandingkan uji foto makro. Spesimen yang digunakan adalah spesimen tarik dengan hasil kekuatan tarik terbaik dan terburuk dengan perbesaran 800 kali.



Gambar 15. Hasil uji SEM spesimen tarik 13% SR: 0% HAp: 87% UH

Spesimen uji tarik dengan nilai kekuatan tarik terbaik pada variasi 13% SR: 0% HAp: 87% UH sebesar 10,57 MPa. Dilakukan pengamatan SEM dengan perbesaran 800 kali yang ditunjukkan pada Gambar 15. Hasil pengamatan menunjukkan komposit dengan variasi komposisi ini memiliki serat rami yang lebih banyak. Jumlah serat rami ini yang mempengaruhi nilai kekuatan tarik komposit. Selain itu, ada fenomena *fiber pull out* dan bekas tercabutnya serat (*hole left by fiber pull out*) [21]. Namun, dengan jumlah serat yang lebih banyak, terlihat *fiber pull out* yang berbentuk serabut, mengindikasikan saat dilakukan pengujian tarik serat rami menahan beban tarik dan kegagalan terjadi secara bertahap. Sehingga meskipun interaksi antara serat dan matriks tidak optimal, spesimen komposit dengan komposisi serat yang lebih banyak bisa menahan beban tarik lebih optimal.



Gambar 16. Hasil uji SEM spesimen tarik 6,5% SR: 6,5% HAp: 87% UH

Spesimen uji tarik dengan nilai kekuatan tarik terburuk pada variasi 6,5% SR: 6,5% HAp: 87% UH sebesar 8,22 MPa. Dilakukan pengamatan SEM dengan perbesaran 800 kali yang ditunjukkan pada Gambar 16. Hasil pengamatan menunjukkan komposit dengan variasi komposisi ini memiliki serat rami yang lebih sedikit, lebih didominasi oleh campuran matriks dan HAp. Komposisi serat yang lebih sedikit ini menjadikan serat kurang

optimal dalam menahan beban tarik. Ditandai dengan *fiber pull out* yang berbentuk rata, yang berarti serat tidak menahan beban tarik secara optimal dan langsung putus atau terlepas dari matriks. Selain itu, terlihat adanya tanda-tanda partikel matriks yang melekat pada serat, mengindikasikan penambahan *filler* meningkatkan ikatan antara matriks dan serat [22]. Namun, terdapat fenomena aglomerasi atau pengumpulan partikel HAp di satu area yang disebabkan distribusi filler yang kurang merata. Hal ini bisa menurunkan kekuatan tarik, karena distribusi beban tarik menjadi tidak merata [23].

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian mekanik yang sudah dilakukan mengenai pengaruh komposisi serat rami dan HAp terhadap kekuatan mekanik komposit bermatriks UHMWPE, menghasilkan kesimpulan bahwa serat rami dapat meningkatkan ketangguhan impact dan kekuatan tarik komposit. Komposit dengan variasi komposisi 13% serat rami, 0% HAp, 87% UH menjadi variasi komposisi yang mendapatkan nilai ketangguhan impact dan nilai kekuatan tarik paling tinggi, yaitu 0,055 J/mm² dan 10,75 MPa. Namun, serat rami yang dikombinasikan dengan HAp menghasilkan nilai kekuatan mekanik yang paling rendah. Komposit dengan variasi komposisi 6,5% serat rami, 6,5% HAp, 87% UH mendapatkan nilai ketangguhan impact sebesar 0,0122 J/mm² dan nilai kekuatan tarik sebesar 8,22 MPa. Hal ini dikarenakan komposisi serat rami dan HAp tidak cukup dominan untuk meningkatkan nilai kekuatan mekanik komposit. Hasil pengamatan foto makro menunjukkan ada beberapa fenomena yang terjadi pada patahan spesimen uji impact dan uji tarik. Diantaranya, *fiber pull out* dan *hole left by fiber pull out* yang menandakan kurang optimalnya ikatan antara serat rami dan matriks. *Void* atau rongga yang muncul terjadi karena udara yang terperangkap di dalam cetakan saat proses pencetakan spesimen. Dua fenomena ini dapat mengurangi nilai kekuatan tarik suatu material.

Daftar Pustaka

- [1] I. Sukmana, A. Y. Eka Risano, M. Arif Wicaksono, dan R. Adi Saputra, "Perkembangan dan Aplikasi Biomaterial dalam Bidang Kedokteran Modern: A Review," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 5, hlm. 635–646, Okt 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i5.1037.
- [2] Suyitno, *Bahan Teknik untuk Rekayasa (Polimer, Keramik, Kayu, dan Komposit)*, 1 ed., vol. 1. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Pranala, 2021.
- [3] E. Espinosa, V. Escobar-Barrios, G. Palestino, dan M. Waldo-Mendoza, "Thermal and mechanical properties of UHMWPE/HDPE/PCL and bioglass filler: Effect of polycaprolactone," *J Appl Polym Sci*, vol. 138, hlm. 50374, Des 2020, doi: 10.1002/app.50374.
- [4] R. Huiskes, H. Weinans, dan B. Van Rietbergen, "The Relationship Between Stress Shielding and Bone Resorption Around Total Hip Stems and the Effects of Flexible Materials."
- [5] M. Hussain dkk., "Ultra-high-molecular-weight-polyethylene (UHMWPE) as a promising polymer material for biomedical applications: A concise review," 1 Februari 2020, *MDPI AG*. doi: 10.3390/polym12020323.
- [6] A. Srikavi dan M. Mekala, "Characterization of Sunn hemp fibers as a substitute for synthetic fibers in composites and various applications," *Ind Crops Prod*, vol. 192, hlm. 116135, Feb 2023, doi: 10.1016/J.INDCROP.2022.116135.
- [7] J. S. Al-Sanabani, A. A. Madfa, dan F. A. Al-Sanabani, "Application of calcium phosphate materials in dentistry," 2013. doi: 10.1155/2013/876132.
- [8] D. L. P. Macuvele dkk., "Advances in ultra high molecular weight polyethylene/hydroxyapatite composites for biomedical applications: A brief review," *Materials Science and Engineering: C*, vol. 76, hlm. 1248–1262, Jul 2017, doi: 10.1016/J.MSEC.2017.02.070.
- [9] A. S. Budiati dkk., "Exploration of Bovine Bone Waste as Source of Bovine Hydroxyapatite Synthesis and its Composite with Gelatin-Hydroxypropylmethyl Cellulose as Injectable Bone Substitute," *Ecology, Environment, and Conservation*, vol. 26, no. 135–140, Jun 2020.
- [10] N. A. Patil, J. Njuguna, dan B. Kandasubramanian, "UHMWPE for biomedical applications: Performance and functionalization," *Eur Polym J*, vol. 125, hlm. 109529, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.109529.
- [11] J. Chen, G. Guorong, dan J. Fu, "Clinical Applications of UHMWPE in Joint Implants," 2019, hlm. 1–20. doi: 10.1007/978-981-13-6924-7_1.
- [12] L. Y. Putri, "Analisis Pengaruh Rasio Polycaprolactone dan Hydroxyapatite pada Komposit UHMWPE/PCL/HA Terhadap Sifat Mekanik, Morfologi, Biokompatibilitas untuk Aplikasi Acetabular Cup Liner Implant," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2023.
- [13] M. Dany Puspitasari dan S. E. Cahyaningrum, "Uji Degradasi Termal pada Komposit Hidroksiapatit-Kitosan-Kolagen sebagai Bonegraft," 2021.
- [14] S. Prasajo, S. B. Respati, dan H. Purwanto, "Pengaruh Alkalisasi terhadap Kompatibilitas Serat Sabut Kelapa (*Cocos Nucifera*) dengan Matriks Polyester," *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 2018.
- [15] A. Nur dkk., "Sifat Fisis dan Akustik Komposit Serat Daun Lidah Mertua dengan Serbuk Gergaji sebagai Peredam Bunyi," 2021. [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>

- [16] A. E. Latief, N. D. Anggraeni, D. Hernady, dan J. T. Mesin, “Karakterisasi Mekanik Komposit Matriks Polipropilena High Impact Dengan Serat Alam Acak Dengan Metode Hand Lay Up Untuk Komponen Automotive,” *Jurnal Rekayasa Hijau*, vol. 3, no. 3, 2019.
- [17] P. Wambua, J. Ivens, dan I. Verpoest, “Natural fibres: Can they replace glass in fibre reinforced plastics?,” *Compos Sci Technol*, vol. 63, no. 9, hlm. 1259–1264, 2003, doi: 10.1016/S0266-3538(03)00096-4.
- [18] W. D. Callister dan D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering an Introduction*, 9th ed. Wiley, 2013.
- [19] P. Ilmu Purboputro dan A. Hariyanto, “Analisis Sifat Tarik dan Impak Komposit Serat Rami dengan Perlakuan Alkali dalam Waktu 2, 4, 6, dan 8 Jam Bermatriks Poliester,” *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 18, no. 2, hlm. 64–75, 2017.
- [20] D. J. Thomas dan D. Singh, “3D Printing in Medicine and Surgery: Applications in Healthcare,” 2021.
- [21] H. T. Pangestu, H. Sosiati, dan Sudarisman, “Karakterisasi Sifat Mekanis Komposit Serat Nanas/Epoksi dengan Penambahan Serbuk Kuningan dan MgO sebagai Bahan Alternatif Kampas Rem Sepeda Motor,” *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <http://journal.umy.ac.id/index.php/jmpm>
- [22] O. I. Okoli dan G. F. Smith, “Failure modes of fibre reinforced composites: The effects of strain rate and fibre content,” *J Mater Sci*, vol. 33, no. 22, hlm. 5415–5422, 1998, doi: 10.1023/A:1004406618845.
- [23] N. Ahmadi dan F. Nugroho, “Influence of Biomass Based Carbon Black as Filler Composite on Tensile and Impact Strength,” *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, vol. 12, no. 2, Okt 2020, doi: 10.28989/angkasa.v12i2.539.