



PERBAIKAN KARAKTERISTIK ANTI BAKTERI, *THERMAL* DAN MEKANIK BIOKOMPOSIT PVA DENGAN NANOSELULOSA SERAT TIMOHO

IMPROVING ANTIBACTERIAL, THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PVA BIOCOMPOSITES REINFORCED WITH TIMOHO FIBER NANOCELLULOSE

Suteja^{1*}, Syarif Hidayatullah¹, Ahmad Akromul Huda¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mataram, Indonesia

*Co-author: suteja@unram.ac.id

Article History:

Received : 07-11-2025
Revised : 14-12-2025
Accepted : 17-12-2025
Online : 18-12-2025

Keywords:

*Anti bacterial;
Poly vinyl alcohol (PVA);
Nanocellulose;
Timoho bark fiber;
Mechanical Properties;*

Kata Kunci:

Anti bakteri
Poly vinyl alcohol (PVA);
Nanoselulosa;
Serat kulit timoho;
Sifat Mekanik;



Abstract: Polyvinyl alcohol (PVA) has promising potential as gas purification membrane and bioplastic substitute for conventional materials. PVA material was reinforced with nanocellulose timoho fibers (NCT). Ten grams of NCT, 30 mL of distilled water, and 10 grams of PVA were stirred (500 rpm) at $\leq 80^\circ\text{C}$ on a magnetic stirrer until gel formed, then spread on a Petri dish and dried in an oven at 50°C for 21 hours. The elongation, tensile strength, and elastic modulus test results of PVA-NCT biocomposites showed increases of 21%, 29.97%, and 31.57%, respectively, compared to PVA biocomposites. This was due to the role of NCT as reinforcing agent and the mobility of PVA when tensile test. SEM morphology showed a fine speckled surface due to clumping. The thermal resistance of biocomposite increased due to the good interfacial bonding between NCT and the PVA matrix, thereby reducing the rate of weight loss. Exothermic reactions occurred in both biocomposites. The PVA biocomposite had a melting temperature of 110.34°C , and PVA-NCT biocomposite 119.83°C . The antibacterial activity of the PVA biocomposite has a lower inhibitory power compared to the PVA-NCT biocomposite. These biocomposites can be used for membrane materials and environmentally friendly bioplastics.

Abstrak: Poly vinyl alcohol (PVA) memiliki potensi menjanjikan sebagai membran pemurnian gas dan bioplastik pengganti material konvensional. Dalam investigasi ini, material PVA dikuatkan dengan serat selulosa berukuran nano dari serat kulit timoho (NCT). 10 gram NCT, 30 mL aquadest dan 10 gram PVA diaduk (500 rpm) panas ($\leq 80^\circ\text{C}$) di atas *magnetic stirrer* sampai terbentuk gel, kemudian di ratakan di cawan petri dan dikeringkan pada oven suhu 50°C selama 21 jam. Hasil pengujian elongasi, tarik dan modulus elastisitas biokomposit PVA-NCT mengalami peningkatan masing-masing sebesar 21%, 29,97% dan 31,57% berturut-turut dari biokomposit PVA. Hal ini disebabkan oleh peran dari NCT sebagai penguat dan mobilitas PVA ketika diberikan beban tarik. Morphology SEM menunjukkan permukaan yang berbintik halus akibat gumpalan ketika terjadinya gumpalan. Ketahanan termal biokomposit mengalami peningkatan yang dipengaruhi oleh ikatan antarmuka yang baik antara NCT–matriks PVA, sehingga mengurangi laju penurunan berat. Reaksi endoterm terjadi pada kedua biokomposit. Biokomposit PVA memiliki temperatur leleh sebesar $110,34^\circ\text{C}$ sedangkan biokomposit PVA-NCT sebesar $119,83^\circ\text{C}$. Aktivitas antibakteri biokomposit PVA memiliki daya hambat lebih rendah dibandingkan dengan biokomposit PVA-NCT. Biokomposit ini dapat digunakan untuk material membran dan bioplastik ramah lingkungan.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license

A. LATAR BELAKANG

Poly(vinil alkohol) (PVA) adalah polimer sintesis larut air terbesar yang dapat disintesis (Sau et al., 2021). Polimer alami ini dihasilkan melalui hidrolisis polivinil asetat. Derajat kelarutan, biodegradabilitas, serta sifat fisik lainnya dapat dikendalikan dengan mengubah berat molekul dan derajat hidrolisis (saponifikasi) polimer asli. *Poly (vinyl alcohol)* dapat dikembangkan sebagai material membran dan bioplastik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Patel et al., 2014). PVA memiliki karakteristik menonjol seperti kelarutan dalam air, kemudahan penggunaan, sifat pembentukan yang mudah dan biodegradabilitas mencapai 100%. Berkat semua karakteristik ini, polivinil alkohol (PVA) telah dan dapat digunakan secara luas untuk produksi membran, biokomposit dan material pengemasan, dengan menambahkan beberapa polimer alami dan terbarukan seperti kitosan, nanoselulosa, pati atau pengisi lignoselulosa (Schoeler et al., 2020; Suganthi et al., 2020).

Biokomposit PVA merupakan bahan yang terdiri dari setidaknya dua fase berbeda yaitu PVA sebagai matrik / pengikat dan nanoselulosa / serbuk nano sebagai penguat. Biokomposit PVA telah terbukti menjadi bahan yang menjanjikan untuk aplikasi dalam industri pertahanan, kesehatan dan industri pengemasan karena memiliki sifat mekanik, termal, antibakteri dan fungsional yang dapat dikendalikan. Sifat-sifat PVA tersebut biasanya dapat ditingkatkan dengan menambahkan pengisi, serbuk kalsium karbonat (CaCO_3), nanopartikel ZnO ataupun nanoselulosa dari serat alam, yang kemudian ditambahkan agen pengikat silang seperti asam sitrat (Gapsari et al., 2025a). Penambahan nanoselulosa dari serat alam, dan serbuk CaCO_3 ke dalam PVA secara signifikan meningkatkan karakteristik mekanik, termal dan anti bakterial melalui efek sinergis yang meningkatkan hasil arang dan menurunkan pelepasan panas total serta penghambatan pertumbuhan bakteri. Karakteristik sifat mekanik, penghalang sinar UV, dan sifat termal Film biokomposit berbasis polivinil alkohol yang diperkuat dengan nanoselulosa daun nanas (CNFs) telah dilaporkan oleh (Mahardika et al., 2024). Mereka melaporkan bahwa dengan penambahan CNFs, sifat mekanik komposit bionanokomposit ditemukan meningkat signifikan ($p < 0,05$), terutama komposit bionanokomposit dengan 4% berat CNFs menunjukkan sifat optimal. Kekuatan tarik, CI, dan stabilitas termal film ini masing-masing sebesar 28,9 MPa (naik 28,2%), 78,7% (naik 5,2%), dan 341,8 °C (naik 1,6%), dibandingkan dengan film PVA murni (Mahardika et al., 2024).

Sifat mekanik, termal dan antibakteri yang luar biasa dari serat nano selulosa memberikan potensi besar untuk bertindak sebagai agen penguat PVA. Selain itu, ketika adhesi antarmuka yang kuat dengan matriks tercapai, transfer tegangan yang baik dari matriks ke fase penguat diharapkan. Karena sifat hidrofilik polimer selulosa, daerah antarmuka sangat penting untuk memungkinkan dispersi dan distribusi yang baik dari nanoselulosa ke dalam matriks polimer, serta untuk mempromosikan adhesi yang baik antara kedua komponen. Salah satu sumber nanoselulosa yang menjanjikan adalah serta

timoho. Laporan peneliti sebelumnya menyebutkan bahwa serat timoho memiliki kandungan selulosa sebesar 42,75% dan indeks kekeristalan yang sangat tinggi yaitu 84,197% (Gapsari et al., 2021).

Dalam penelitian ini, serat nanoselulosa dari serat batang pohon timoho dihasilkan dan digunakan untuk produksi bahan biokomposit PVA. Serat nanoselulosa dari serat batang pohon timoho difabrikasi dan diuji sebagai elemen penguat dalam matriks polimer poli (vinil alkohol). Biokomposit yang dihasilkan dipastikan bahwa NCT terdispersi dan distribusi dengan baik ke dalam PVA. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi sifat-sifat penting seperti kekuatan tarik, morfologi permukaan, ketahanan termal (TGA dan DSC), serta pengujian aktivitas anti bakteri dari biokomposit PVA dan PVA-NCT yang difabrikasi dengan metode *casting*.

B. METODE PENELITIAN

1. Material

Terdapat dua bahan utama fabrikasi biokomposit dalam penelitian ini diantaranya polivinil alkohol (PVA) dengan hydrolysis 99% dan berat molekul sekitar 89.000-98.000 g mol⁻¹ mereka dibeli dari Sigma-Aldrich Pte. Ltd, Singapura. Nanoselulosa serat timoho menggunakan Teknik mekanik (*ultrafine grinding*) dan ultrasonikasi yang telah dilaporkan sebelumnya dengan diameter nanoselulosa sekitar 70 nm.

2. Fabrikasi Biokomposit

Fabrikasi biokomposit dilakukan dengan menimbang sekitar 10 g butiran PVA yang dilarutkan ke dalam gelas beker berisi 30 mL aquadest di atas *magnetic stirrer*. Setelah butiran PVA larut nanoselulosa serat timoho sebanyak 10 gram ditambahkan ke dalam larutan PVA (Mahardika et al., 2024). Mereka selanjutnya dihomogenisasi di atas *magnetic stirrer* selama 10 menit (500 rpm, suhu kamar). Selanjutnya adonan dipanaskan dengan pengaduk *magnetic stirrer* dengan suhu ≤ 80 °C sampai terbentuk gelatinisasi. Adonan gel yang dihasilkan dituang ke dalam cetakan cawan petri dan dikeringkan pada oven suhu 50 °C selama 21 jam. Sebelum karakterisasi sampel, semua biokomposit disimpan dalam desikator tertutup pada suhu 25 °C dan kelembaban relatif 50% (Suteja et al., 2025).

3. Kekuatan Tarik

Pengujian tarik biokomposit PVA ditujukan untuk mengukur gaya yang dibutuhkan dan regangan yang terjadi sampai biokomposit mengalami kegagalan/putus. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D638 menggunakan universal *tensile machine merk* RTG-1310 INSTRON dengan *load cell* 5 kN pada temperature 26,7 °C dan kelembaban relatif sebesar 56%. Panjang ukur uji tarik biokomposit sebesar 57 mm dan laju peregangannya sebesar 2 mm/min. Masing-masing tipe sampel dilakukan 3 kali pengulangan pengujian tarik.

4. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Morphology biokomposit diamati dengan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM). Pengamatan SEM ini dijalankan dengan menggunakan Phenom Pharos Desktop SEM machine, dengan arus dan tegangan masing-masing sebesar 8 mA dan 5 kV berturut-turut. Sebelum pengamatan dengan SEM, permukaan kegagalan biokomposit dilapisi terlebih dahulu dengan emas ketebalan 3 µm. Setiap sampel difoto pada lima posisi berbeda dan dipilih foto SEM terbaik.

5. Thermogravimetric Analysis (TGA) dan Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Thermal Analysis Instruments TGA-1 Metler Toledo digunakan untuk mengamati perilaku thermal biokomposit. Rentang suhu pengamatan dijalankan pada temperatur 30°C - 1000 °C untuk sampel biokomposit sekitar 10 mg. Pengujian dijalankan di bawah atmosfer nitrogen dengan laju pemanasan 10 °C/Menit. Masing-masing sampel diuji satu kali dan dianalisis.

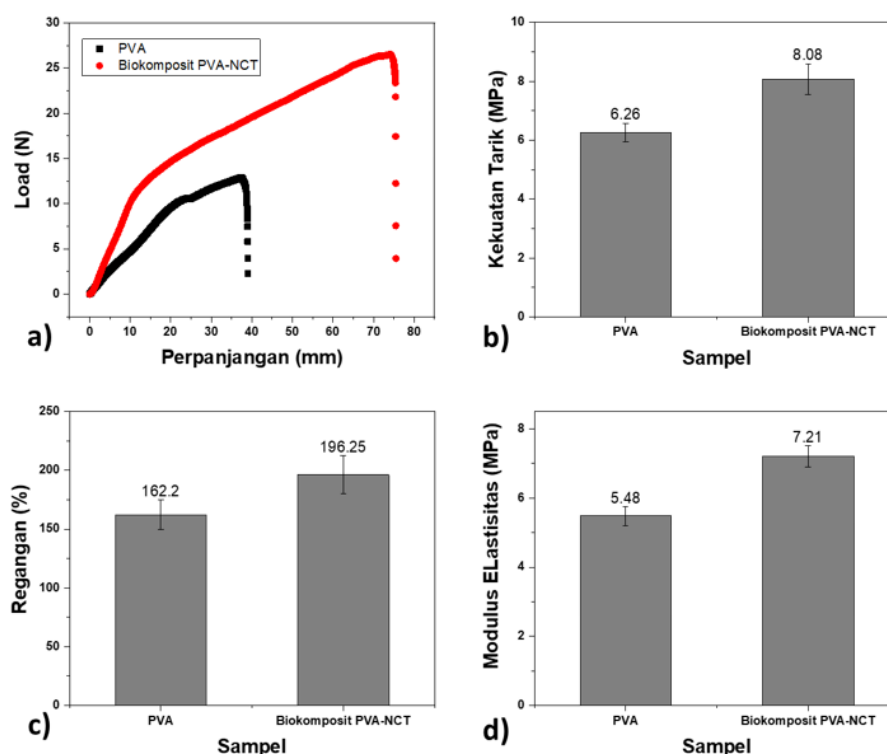
6. Anti Bakteri

Biokomposit ditempatkan pada cawan petri dan diberikan media nutrisi yang diinokulasi secara terpisah dengan *Ereschia Coli* (E. Coli) sebagai bakteri gram negatif dan *Staphylococcus Aureus* (S. Aureus) sebagai bakteri gram positif. Setiap inkubasi terdapat 3 sampel Masing-masing biokomposit. Plat didinginkan pada suhu 4 °C selama 2 jam untuk memungkinkan difusi bakteriosin dalam media agar tanpa pertumbuhan mikroba. Mereka kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kekuatan Tarik

Parameter kekuatan tarik biokomposit PVA dengan dan tanpa nanoselulosa (NCT) ditampilkan pada **Gambar 1**. **Gambar 1a** menampilkan hubungan kurva tegangan – perpanjangan biokomposit yang memberikan gambaran lengkap terkait dengan sifat tarik dari material tersebut. Dari kurva tegangan- perpanjangan biokomposit dapat dijabarkan parameter-marameter kekuatan tarik dalam **Gambar 1**. Secara umum kekuatan tarik biokomposit mengalami peningkatan seiring dengan adanya penguat NCT di dalam PVA (Mahardika et al., 2021). Beban yang mampu ditahan oleh sampel PVA didapat diketahui sebesar sekitar 12,7 N, kemudian meningkat signifikan menjadi 28.1 N.



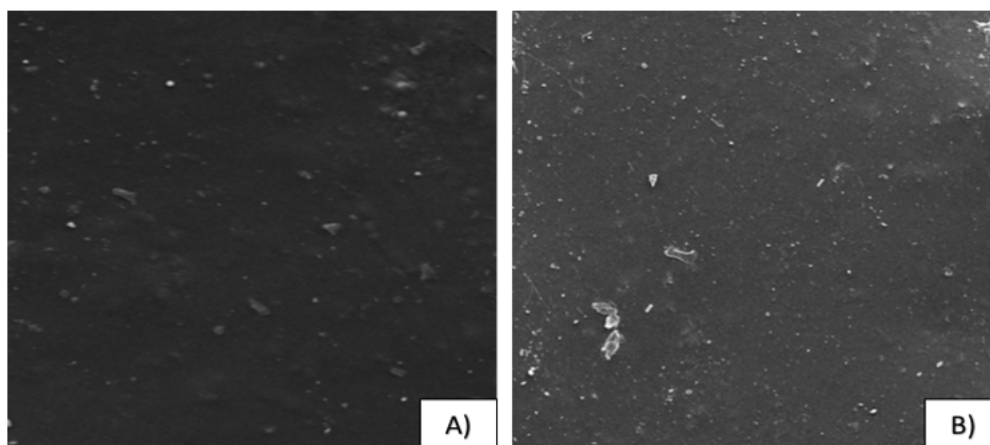
Gambar 1. Parameter Kekuatan Tarik Komposit PVA.

Gambar 1b menyajikan kekuatan Tarik biokomposit PVA dan Biokomposit PVA-NCT. Biokomposit PVA didapatkan kekuatan Tarik sebesar 6,26 MPa, kekuatan Tarik PVA ini meningkat menjadi 8,08 MPa setelah ditambahkan penguat NCT. Terdapat perbedaan kekuatan tarik PVA murni seperti yang dilaporkan oleh beberapa peneliti, (Mahardika et al., 2024) melaporkan kekuatan tarik

PVA murni sebesar 22,5 MPa sedangkan (Muthupandeewari et al., 2022a) mendapatkan kekuatan tarik ~5 MPa. Sementara itu, penelitian ini kekuatan tarik PVA murni mendekati hasil dari (Muthupandeewari et al., 2022b). Ketika pengisi nanoselulosa NCT ditambahkan ke dalam matriks PVA, kekuatan tarik biokomposit yang dihasilkan mengalami peningkatan (nilai peningkatan kekuatan tarik ditampilkan pada **Gambar 1b** dan tarik. Peningkatan kekuatan tarik disebabkan oleh beberapa hal diantaranya, indeks kekristalan tinggi serta mudah terdispersi secara homogen di dalam PVA sehingga rantai selulosa akan berperan melawan gaya tarik yang diterima (Gapsari et al., 2022b). Seragamnya tegangan yang didistribusikan ke seluruh matriks PVA melalui adanya interaksi antarmolekul yang kuat antara pengisi dan polimer PVA. Homogenitas *disperse* nanoselulosa (rantai selulosa) dengan membentuk ikatan hydrogen yang baik pada *interface* dengan matrik PVA (Gapsari et al., 2025b; Schoeler et al., 2020). Luasan permukaan *interface* yang terbentuk juga meningkat dengan hadirnya NCT di dalam PVA (Ramezani Kakroodi et al., 2014).

Perpanjangan tarik saat putus atau elongasi sampel biokomposit PVA juga mengalami peningkatan dengan bertambahnya pengisi nanoselulosa NCT seperti yang ditampilkan pada gambar 1c. Masing-masing sampel memiliki elongasi sebesar 162,2% untuk biokomposit PVA dan 196,25% untuk komposit PVA-NCT. Hal ini merupakan imbas dari adanya pergeseran nano selulosa di dalam PVA ketika diberikan beban Tarik. Selanjutnya, modulus elastisitas biokomposit juga memiliki trend perilaku yang sama dengan nilai kekuatan tarik dan elongasi. Modulus elastisitas biokomposit PVA-NCT meningkat sebesar 31,57% dari sampel biokomposit PVA. Diketahui masing-masing sampel biokomposit PVA dan biokomposit PVA-NCT masing-masing memiliki modulus elastisitas sebesar 5,48 MPa dan 7,21 MPa. Peningkatan modulus elastisitas ini besar kemungkinan disebabkan oleh interaksi yang kuat antara nanoselulosa/NCT – PVA dan daya rekat antar muka yang kuat antara NCT dan PVA (Rahim et al., 2024).

2. SEM

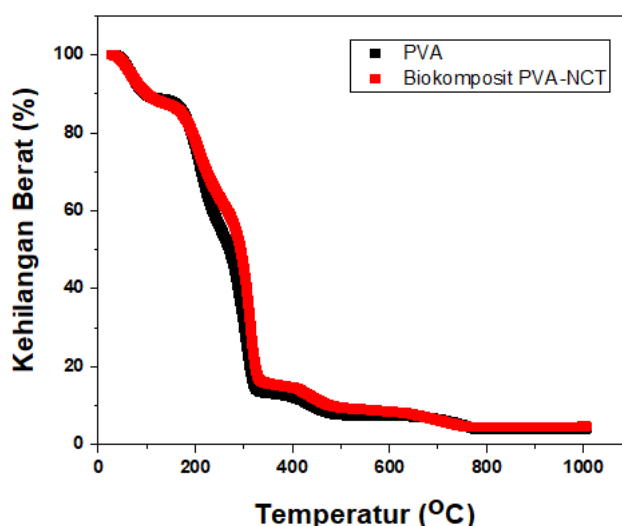


Gambar 2. foto SEM permukaan biokomposit sampel, a) biokomposit PVA, b) biokomposit PVA-NCT.

Gambar 2 menampilkan morphology hasil pengamatan SEM biokomposit antara biokomposit PVA dan biokomposit PVA-NCT. Hasil pengamatan ini memberikan informasi terkait dengan adanya gumpalan, homogenitas biokomposit serta distribusi NCT di dalam biokomposit. **Gambar 2a** menampilkan permukaan sampel biokomposit PVA, dari gambar tersebut terlihat adanya gumpalan dan bintik-bintik pada permukaan yang diindikasikan sebagai gelembung udara yang terperangkap (*void*) (Gapsari et al., 2022a; Jailani et al., 2025). Selain itu, bintik tersebut juga merupakan sedikit gumpalan akibat PVA mengalami proses gelatinisasi serta akibat proses pelepasan sampel pada permukaan kaca (cawan petri).

Gambar 5b menampilkan beberapa tonjolan-tonjolan permukaan pada sampel PVA-NCT yang merupakan bekas tarikan ketika proses pelepasan dari cetakan. Nanoselulosa yang berupa suspensi dan berukuran nano cenderung menghasilkan permukaan yang seragam dan gelombang halus pada bionanokomposit, yang mengindikasikan ikatan yang kuat antara nanoselulosa dengan PVA (Herlina Sari et al., 2025). Yang diakibatkan oleh terbentuknya ikatan hidrogen antara gugus hidroksil selulosa dan gugus hidroksil PVA (Mahardika et al., 2021; Schoeler et al., 2020). Berbeda dengan pengisi lain di dalam biokomposit keberadaan nanoselulosa di dalam biokomposit sangat sulit untuk diidentifikasi karena ukuran partikel nano. Keberadaan pengisi pada PVA yang meningkat cenderung mengakibatkan lebih banyak gumpalan, oleh karena itu perlu homogenitas dispersi/campuran supaya interaksi dan adhesi yang kuat antara matriks (PVA) dan suspensi nanoselulosa (Cholant et al., 2025).

3. TGA

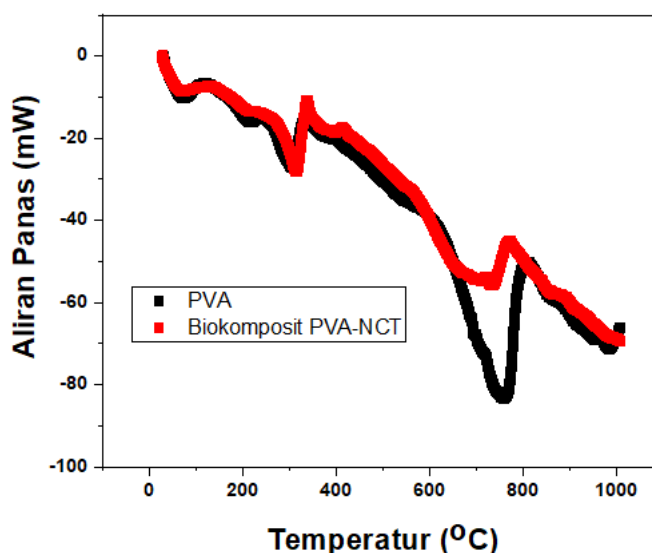


Gambar 3. pola kurva TGA dari biokomposit.

Degradasi berat biokomposit akibat perubahan temperatur diukur dengan termogravimetrik dan ditampilkan pada **Gambar 3**. Ketahanan termal merupakan parameter penting ketika biokomposit PVA-nanocelulosa timoho (NCT) diaplikasikan. Terdapat peningkatan ketahanan termal yang cukup signifikan ketika biokomposit PVA diperkuat NCT dibandingkan dengan biokomposit murni PVA. PVA diperkuat nanoselulosa memiliki ketahanan termal tertinggi sebesar 380 °C, sedangkan biokomposit PVA hanya mampu bertahan sampai temperatur 341,8 °C. al ini disebabkan oleh kontribusi NCT yang bersifat termostabil. **Gambar 3** menampilkan bahwa terdapat tiga tahap kehilangan berat dan massa transisi. Transisi tahap pertama terjadi pada temperature 32 °C sampai 120 °C yang diindikasikan sebagai proses dehidrasi atau kehilangan kelembaban biokomposit akibat penguapan air yang terserap (Gapsari et al., 2025b). Tahap kehilangan berat transisi biokomposit kedua terjadi pada temperature 140 °C sampai 240 °C sebagai degradasi dan rusaknya rantai ikatan antara PVA dengan nanoselulosa, kemudian terjadi sedikit pergeseran temperatur 260 sampai 390 °C. Tahap transisi kehilangan berat ketiga terjadi antara temperature 360 °C dan 567 °C yang merupakan frakturnya ikatan *backbone* C-C dari PVA yang menghasilkan karbon dan hidrokarbon. Setelah penambahan NCT ke dalam matriks PVA, ketahanan termal biokomposit mengalami peningkatan yang dipengaruhi oleh ikatan antarmuka yang baik antara NCT – matriks PVA sehingga mengurangi laju penurunan berat sampel akibat panas biokomposit (Sari et al., 2024). Fenomena ini juga terjadi melalui rantai kristal panjang nanoselulosa/SKD dengan ikatan hidrogen yang secara inheren terikat

dan tersusun secara terorganisir menyebabkan ketahanan termal biokomposit menjadi lebih tinggi, hal ini tampak mencolok pada temperatur 550 °C – 850 °C.

4. DSC



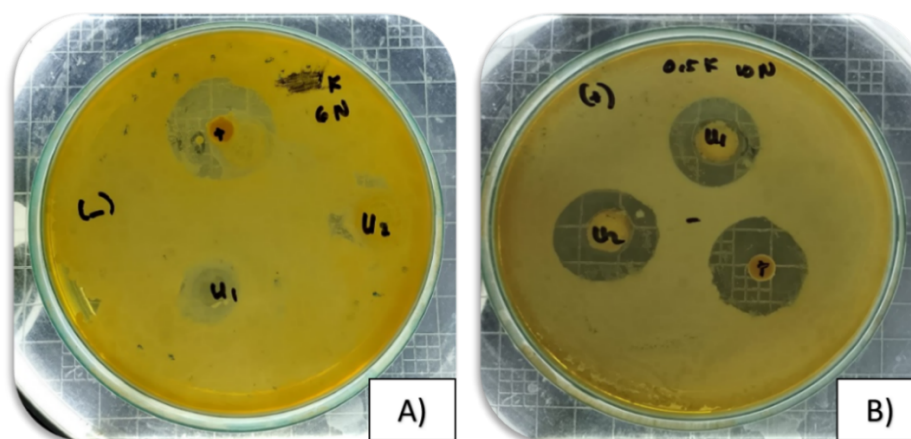
Gambar 4. Kurva DSC dari biokomposit.

Gambar 4. menampilkan kurva DSC dari biokomposit. Perbedaan phase struktural biokomposit PVA dan biokomposit PVA-NCT pada temperatur yang berbeda ditampilkan pada gambar 7 sebagai kurva DSC. Transisi *glass* (T_g) kedua sampel biokomposit sampai pada temperatur 92 °C, plot aliran panas menunjukkan ke bawah yang merupakan peristiwa endoterm (Gapsari et al., 2023). Peristiwa tersebut mengindikasikan penguapan air dan terjadi pada temperatur sekitar ± 80 –150 °C. Aliran panas tertinggi dimiliki oleh sampel biokomposit PVA-NCT. Hal ini berarti bahwa dengan penambahan pengisi NCT di dalam PVA terjadi peningkatan temperatur leleh biokomposit. Biokomposit PVA–NCT menunjukkan pergeseran T_g ke temperatur yang lebih tinggi dibandingkan PVA murni. Hal ini mengindikasikan adanya pembatasan mobilitas rantai polimer akibat interaksi antarmuka, seperti ikatan hidrogen antara gugus –OH PVA dan permukaan NCT. Sampel biokomposit PVA memiliki T_m (temperatur leleh) sebesar 110,34 °C sedangkan sampel biokomposit PVA-NCT memiliki T_m sebesar 119,83 °C. Fenomena ini juga diindikasikan sebagai proses nukleasi yang lebih baik untuk kristalisasi PVA. Keberadaan bahan pengisi NCT juga memungkinkan terjadinya tumpang tindih posisi aliran panas biokomposit. Melalui transkristalinitas sampel biokomposit PVA-NCT dipromosikan dengan peningkatan kristalinitas biokomposit dengan ikatan kimia NCT dan PVA (Diharjo et al., 2024).

5. Anti Bakterial

Aktivitas antibakteri sampel biokomposit dalam media cair berisi koloni *S. aureus* (bakteri gram positif) ditampilkan pada **Gambar 5**. Munculnya zona hambat berupa daerah bening di sekeliling spesimen uji mengindikasikan sensitivitas mikroorganisme terhadap sampel uji biokomposit. Dengan membandingkan diameter dari zona bening dengan standar, maka dapat ditentukan jenis mikroorganisme yang rentan atau resisten. **Tabel 1** menunjukkan bahwa efektifitas antibakteri biokomposit jelas dengan adanya kandungan NCT. Untuk sampel biokomposit PVA memiliki daya hambat sangat rendah, sedangkan setelah penambahan penguat NCT kemampuan penghambatan mengalami peningkatan. Sampel biokomposit PVA-NCT ini memiliki aktivitas antibakteri terbaik

terhadap *S. aureus* dengan laju penghambatan yang kuat. Aktivitas antibakteri ini dapat dijelaskan melalui mekanisme gangguan integritas, hambatan adhesi dan adsorpsi biomolekul membran sel bakteri *E. coli* pada permukaan PVA sebagai akibat rasio aspek permukaan yang tinggi NCT-PVA. Selanjutnya, NCT dengan senyawa utama gugus hidroksil ($-OH$) yang mampu membentuk ikatan permukaan aktif dengan PVA sehingga aktif berinteraksi dengan bakteri *E. coli* dan berperan sebagai penghambat kontak aktif. NCT yang ditambahkan ke dalam PVA bukan oksidator kuat Menginduksi pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) tingkat rendah ($\bullet OH$, O_2^- , H_2O_2) pada lingkungan lembab atau basah yang kaya oksigen. Hasil uji ini menunjukkan bahwa kombinasi optimal NCT dengan matrik PVA berhasil tidak hanya mempertahankan efek thermal dan mekaniknya tetapi juga meningkatkan aktivitas antibakteri hingga tingkat yang cukup besar (Mahardika et al., 2024).



Gambar 5. Aktivitas dan kemampuan anti bakteri, a) biokomposit PVA, b) biokomposit PVA-NCT.

Tabel 1. hasil uji anti bakteri *E. coli* pada biokomposit.

Sampel	Kontrol		Zona Hambat (mm)				Interpretasi
	Negatif	Positif	1	2	purata	Hasil	
PVA	6	29	24	24	24	18	Kuat
Biokomposit PVA-NCT	6	29	28	26	27	21	Sangat Kuat

Standar Interpretasi (Kassim et al., 2016)	
Zona Hambat (mm)	Interpretasi
< 5 mm	Tidak aktif
5 – 10 mm	lemah
10 – 15 mm	sedang
15 – 20 mm	kuat
> 20 mm	sangat kuat

D. SIMPULAN DAN SARAN

Biokomposit dari PVA dan biokomposit PVA-NCT telah sukses difabrikasi, diinvestigasi karakteristiknya. Setelah proses fabrikasi sampel biokomposit PVA-NCT memiliki kekuatan tarik sekitar 29,07% yang lebih baik dibandingkan dengan biokomposit PVA. Hal ini disebabkan oleh ikatan interface antara NCT dan PVA yang baik dan berperan meningkatkan luasan permukaan penahan beban tarik. Fenomena serupa juga terjadi pada elongasi dan modulus elastisitas biokomposit. Peningkatan modulus elastisitas ini disebabkan oleh interaksi yang kuat antara NCT – PVA dan daya rekat antar muka yang kuat antara NCT dan PVA. Morphology biokomposit

menampilkan permukaan yang kurang halus akibat gumpalan dalam proses gelatinisasi. Terdapat tiga tahap degradasi biokomposit PVA dan biokomposit PVA-NCT. Ketahanan termal biokomposit mengalami peningkatan yang dipengaruhi oleh ikatan antarmuka yang baik antara NCT – matriks PVA sehingga mengurangi laju penurunan berat sampel biokomposit. Reaksi endoterm dialami oleh kedua tipe sampel biokomposit. Sampel biokomposit PVA memiliki T_m (temperatur leleh) sebesar 110,34 °C sedangkan sampel biokomposit PVA-NCT memiliki T_m sebesar 119,83 °C. Hasil pengamatan terhadap mampu hambat anti bakteri disimpulkan bahwa kemampuan penghambatan biokomposit meningkat setelah ditambahkan NCT yang disebabkan oleh kemurnian yang tinggi. Biokomposit PVA-NCT memiliki karakteristik yang baik, biokomposit ini dapat digunakan untuk material membran dalam proses pemurnian air dan gas. Untuk penelitian selanjutnya akan dilakukan penelitian terkait dengan performa biokomposit sebagai pelapis atau pelindung produk pertanian sehingga lebih tahan lama ataupun pelindung bahan logam dari korosi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim penelitian dari UB dan Almh Prof. Dr. Ir. Femiana Gapsari, S.T., M.T. atas data pengujian yang disediakan.

DAFTAR RUJUKAN

- Cholant, G. M., Bosenbecker, M. W., Reichert, A. A., Beatrice, C. A. G., Freitas, T. C., Freitas, N. D., de Nunes, N. V. V., Galio, A. F., Missio, A. L., & de Oliveira, A. D. (2025). Polyvinyl Alcohol Films Reinforced with Nanocellulose from Rice Husk. *Macromol*, 5(1), 6. <https://doi.org/10.3390/macromol5010006>
- Diharjo, K., Gapsari, F., Andoko, A., Wijaya, M. N., Mavinkere Rangappa, S., & Siengchin, S. (2024). Flammability and thermal resistance of *Ceiba petandra* fiber-reinforced composite with snail powder filler. *Polymer Composites*, 45(6), 4947–4960. <https://doi.org/10.1002/pc.28100>
- Gapsari, F., Darmadi, D. B., Juliano, H., Hidayatullah, S., Suteja, Mavinkere Rangappa, S., & Siengchin, S. (2023). Modification of palm fiber with chitosan-AESO blend coating. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242, 125099. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125099>
- Gapsari, F., Kartikowati, C. W., Madurani, K. A., Harmayanti, A., & Sulaiman, A. M. (2025a). Enhanced PVA-bioplastic membranes with nanocellulose and hydroxyapatite derived from blood clam shells. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 23, 101035. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2024.101035>
- Gapsari, F., Kartikowati, C. W., Madurani, K. A., Harmayanti, A., & Sulaiman, A. M. (2025b). Enhanced PVA-bioplastic membranes with nanocellulose and hydroxyapatite derived from blood clam shells. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 23, 101035. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2024.101035>
- Gapsari, F., Purnowidodo, A., Hidayatullah, S., & Suteja, S. (2021). Characterization of Timoho Fiber as a reinforcement in green composite. *Journal of Materials Research and Technology*, 13, 1305–1315. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.05.049>
- Gapsari, F., Purnowidodo, A., Setyarini, P. H., Hidayatullah, S., Suteja, Izzuddin, H., Subagyo, R., Mavinkere Rangappa, S., & Siengchin, S. (2022a). Properties of organic and inorganic filler hybridization on Timoho <scp>Fiber-reinforced</scp> polyester polymer composites. *Polymer Composites*, 43(2), 1147–1156. <https://doi.org/10.1002/pc.26443>
- Gapsari, F., Purnowidodo, A., Setyarini, P. H., Hidayatullah, S., Suteja, Izzuddin, H., Subagyo, R., Mavinkere Rangappa, S., & Siengchin, S. (2022b). Properties of organic and inorganic filler hybridization on Timoho Fiber-reinforced polyester polymer composites. *Polymer Composites*, 43(2), 1147–1156. <https://doi.org/10.1002/pc.26443>
- Herlina Sari, N., Hidayatullah, S., & Maharsa Pradityatama, dan. (2025). *KARAKTERISTIK DELAMINASI DAN MEKANIK KOMPOSIT EPOXY LAMINAT ANYAMAN SERAT KULIT KAPOK-ALUMINIUM* (Vol. 25, Issue 2).
- Jailani, A., Hidzer, M. H., Firdaus, A. H. M., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., Atiqah, A., Wan Jaafar, W. M., & Suryanegara, L. (2025). Enhancing polyvinyl alcohol (PVA) nanocomposites: Key properties,

- p applications and challenges in advanced engineering.
- Defence Technology*
- .
-
- <https://doi.org/10.1016/j.dt.2025.05.020>
- Kassim, A., Omuse, G., Premji, Z., & Revathi, G. (2016). Comparison of Clinical Laboratory Standards Institute and European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing guidelines for the interpretation of antibiotic susceptibility at a University teaching hospital in Nairobi, Kenya: A cross-sectional study. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 15(1).
<https://doi.org/10.1186/s12941-016-0135-3>

Mahardika, M., Asrofi, M., Amelia, D., Syafri, E., Mavinkere Rangappa, S., & Siengchin, S. (2021). Tensile Strength and Moisture Resistance Properties of Biocomposite Films Based on Polyvinyl Alcohol (PVA) with Cellulose as Reinforcement from Durian Peel Fibers. *E3S Web of Conferences*, 302, 02001.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130202001>

Mahardika, M., Masruchin, N., Amelia, D., Ilyas, R. A., Septevani, A. A., Syafri, E., Hastuti, N., Karina, M., Khan, M. A., Jeon, B. H., & Sari, N. H. (2024). Nanocellulose reinforced polyvinyl alcohol-based biocomposite films: improved mechanical, UV-light barrier, and thermal properties. *RSC Advances*, 14(32), 23232–23239. <https://doi.org/10.1039/d4ra04205k>

Muthupandeeswari, A., Kalyani, P., & Vickraman, P. (2022a). Evaluation of vital features of PVA–CaCO₃ nanocomposite films for biodegradable packaging applications. *Polymer Bulletin*, 79(1), 65–85.
<https://doi.org/10.1007/s00289-020-03492-x>

Muthupandeeswari, A., Kalyani, P., & Vickraman, P. (2022b). Evaluation of vital features of PVA–CaCO₃ nanocomposite films for biodegradable packaging applications. *Polymer Bulletin*, 79(1), 65–85.
<https://doi.org/10.1007/s00289-020-03492-x>

Patel, A. K., Bajpai, R., & Keller, J. M. (2014). On the crystallinity of PVA/palm leaf biocomposite using DSC and XRD techniques. *Microsystem Technologies*, 20(1), 41–49. <https://doi.org/10.1007/s00542-013-1882-0>

Rahim, E. A., Ridhay, A., Sitti Nur Halizah, Indriani, Sosidi, H., Khairuddin, Inda, N. I., Nurakhirawati, Mirzan, Moh., & Amar, A. A. (2024). Sintesis dan Karakterisasi Polivinil Alkohol (PVA) Terlapis Polieugenol. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 10(1), 69–76.
<https://doi.org/10.22487/kovalen.2024.v10.i1.17088>

Ramezani Kakroodi, A., Cheng, S., Sain, M., & Asiri, A. (2014). Mechanical, Thermal, and Morphological Properties of Nanocomposites Based on Polyvinyl Alcohol and Cellulose Nanofiber from *Aloe vera* Rind. *Journal of Nanomaterials*, 2014(1). <https://doi.org/10.1155/2014/903498>

Sari, N. H., Syafri, E., Suteja, Fatriasari, W., & Karimah, A. (2024). Biocomposites Based On Micro Cellulose Fibers Extracted From *Paederia Foetida* Stems And Investigation Of Important Properties. *Journal of Applied Science and Engineering*, 27(9), 3191–3202. [https://doi.org/10.6180/jase.202409_27\(9\).0015](https://doi.org/10.6180/jase.202409_27(9).0015)

Sau, S., Pandit, S., & Kundu, S. (2021). Crosslinked poly (vinyl alcohol): Structural, optical and mechanical properties. *Surfaces and Interfaces*, 25, 101198. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2021.101198>

Schoeler, M. N., Scremin, F. R., de Mendonça, N. F., Benetti, V. P., de Jesus, J. A., de Oliveira Basso, R. L., & Stival Bittencour, P. R. (2020). CELLULOSE NANOFIBERS from CASSAVA AGRO-INDUSTRIAL WASTE AS REINFORCEMENT in PVA FILMS. *Quimica Nova*, 43(6), 711–717.
<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170542>

Suganthi, S., Vignesh, S., Kalyana Sundar, J., & Raj, V. (2020). Fabrication of PVA polymer films with improved antibacterial activity by fine-tuning via organic acids for food packaging applications. *Applied Water Science*, 10(4), 100. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1162-y>

Suteja, Hidayatullah, S., Gapsari, F., Purnowidodo, A., Susanti, L., Rangappa, S. M., & Siengchin, S. (2025). Enhancing the performance of natural fiber composites: Integrating Walikukun fiber and aluminum filler in epoxy matrices. *Reactive and Functional Polymers*, 214. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2025.106302>