

**PENGEMBANGAN DAN KARAKTERISASI BIOKOMPOSIT PVA –
NANOSELULOSA SERAT WARU DICOATING TiO₂**

**DEVELOPMENT AND CHARACTERISATION OF BIOPLASTIC FROM PVA –
WARU FIBER NANOCELLULOSE WITH TiO₂ COATED**

Suteja¹⁾, Syarif Hidayatullah¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia
email: suteja@unram.ac.id*, syarift008@gmail.com

Received:
04 Desember
2025

Accepted:
04 Januari
2026

Published:
04 Januari
2026

Abstract

Biocomposites or bioplastics made from polyvinyl alcohol (PVA) continue to be researched and developed due to their environmentally friendly properties and wide range of applications. However, the mechanical strength of these bioplastics is limited, and the presence of antibacterial agents restricts their practical application compared to conventional plastics. This study aims to address these limitations by integrating nanocellulose derived from waru fibers with a TiO₂ layer. The evaluation of TiO₂-coated PVA-waru nanocellulose bioplastics includes measurements of tensile strength, antibacterial activity, morphology via scanning electron microscopy (SEM), and contact angle analysis. The results show significant progress, with tensile strength increasing from 3.31 to 8.41 MPa and thickness increasing from 0.18 to 0.62 mm, which can be attributed to enhanced cross-linking facilitated by the TiO₂ layer. Additionally, antibacterial testing revealed a minimum inhibition zone of less than 3 mm against E. coli and S. aureus.

Keywords: Biocomposites, Polyvinyl Alcohol, TiO₂ – Coated

Abstrak

Biokomposit berbahan polivinil alkohol (PVA) terus diteliti dan dikembangkan karena sifat ramah lingkungan dan aplikasi yang luas. Akan tetapi, ketahanan mekanik biokomposit ini terbatas, dan keberadaan agen antibakteri membatasi aplikasi praktisnya dibandingkan dengan plastik konvensional. Penyelidikan ini bertujuan untuk mengatasi keterbatasan tersebut dengan mengintegrasikan *nanocellulose* yang berasal dari serat waru bersama dengan lapisan TiO₂. Evaluasi biokomposit PVA-waru *nanocellulose* yang dilapisi TiO₂ mencakup pengukuran kekuatan tarik, aktivitas antibakteri, morfologi melalui mikroskop elektron pemindaian (SEM), dan analisis sudut kontak. Hasil penelitian menunjukkan kemajuan signifikan, dengan kekuatan tarik meningkat dari 3,31 menjadi 8,41 MPa dan ketebalan meningkat dari 0,18 menjadi 0,62 mm, yang dapat dikaitkan dengan peningkatan ikatan silang yang difasilitasi oleh lapisan TiO₂. Selain itu, uji antibakteri menunjukkan zona penghambatan minimal kurang dari 3 mm terhadap E. coli dan S. aureus.

Kata Kunci: Biokomposit, Polivinil Alkohol, Pelapisan TiO₂

DOI: 10.20527/jtam_rotary.v7i1

How to cite: Suteja., & Hidayatullah, S., "Pengembangan Dan Karakterisasi Biokomposit Pva – Nanoselulosa Serat Waru Dicoating TiO₂". *JTAM ROTARY*, 8(1), 51-58, 2026.

PENDAHULUAN

Biokomposit yang terbuat dari polivinil alkohol (PVA) semakin menarik perhatian karena perilaku positif terhadap lingkungan dan aplikasi yang dapat diandalkan (Gapsari *et al.*, 2025). Biokomposit yang *biodegradable* ini digunakan sebagai bagian dari inisiatif yang lebih besar untuk mengatasi masalah sampah dan keberlanjutan terkait polimer konvensional dari minyak bumi (Awang *et al.*, 2023; Suteja *et al.*, 2025). Polimer konvensional umumnya terbuat dari sumber daya yang tidak terbarukan dan memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap pencemaran lingkungan. Aplikasi biokomposit sebagai plastik secara luas masih rendah karena oleh tantangan seperti sifat-sifat yang kurang memadai, yang dapat membatasi efektivitasnya dalam berbagai aplikasi. Polisakarida sebagai bahan biokomposit telah menunjukkan potensi sebagai biomaterial yang efisien terhadap gas seperti O_2 dan CO_2 . Hal ini menguntungkan dalam aplikasi pembungkus makanan. Namun, produksi dan modifikasi produk biokomposit berbasis selulosa perlu pengembangan untuk meningkatkan karakteristik yang signifikan (Gapsari, 2025). Tantangan ini menekankan pentingnya penelitian dan inovasi berkelanjutan untuk mengatasi kelemahan biokomposit sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas biokomposit.



Gambar 1. PVA

Serat alam sebagai sumber selulosa telah muncul sebagai solusi yang potensial untuk meningkatkan keterbatasan biokomposit (Andoko *et al.*, 2023). Biokomposit yang diperkuat dengan serat alami seperti serat waru, serat kapok, serat timoho dan lainnya menawarkan alternatif berkelanjutan untuk mengganti plastik konvensional. Serat alami ini memiliki karakteristik ramah lingkungan sebagai penguat biokomposit dengan PVA sebagai matrik. Kombinasi ini berpotensi mengatasi masalah terkait kelemahan dan ketahanan yang rendah dari biokomposit. Penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat alami berupa nanoselulosa ke dalam biokomposit (PVA) dapat secara signifikan meningkatkan karakteristik mekanik, stabilitas termal, dan kinerja keseluruhan. Pengintegrasian nanoselulosa dari serat waru, ke dalam biokomposit menawarkan beberapa manfaat, seperti kemampuan untuk terurai secara alami, bersifat terbarukan, dan berpotensi mengurangi biaya produksi dibandingkan dengan fabrikasi plastik konvensional (Teodorescu *et al.*, 2018). Peneliti dapat menciptakan biokomposit sebagai bioplastik yang menyeimbangkan kinerja dan keberlanjutan lingkungan dengan memanfaatkan kekuatan dan keberlanjutan serat kulit waru ini. Metode ini tidak hanya meningkatkan karakteristik mekanik dan *thermal* biokomposit tetapi juga menyediakan kebutuhan material plastik yang terus meningkat dengan bahan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Dilain hal, pelapisan dengan TiO_2 juga telah diteliti secara intensif karena karakteristiknya yang menguntungkan seperti efek antibakteri. Selain itu, lapisan TiO_2 telah digunakan untuk meningkatkan karakteristik seperti ketahanan mekanik, bioaktivitas, dan kompatibilitas dengan matrik PVA. Oleh karena itu, aplikasi TiO_2 pada biokomposit berpotensi meningkatkan sifat dan kinerjanya untuk berbagai aplikasi (Dell'Edera *et al.*, 2021).

Gambar 2. Titanium Dioxide (TiO₂)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efek pelapisan TiO₂ pada biokomposit, khususnya sampel biokomposit PVA-nanoselulosa serat waru. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan biokomposit yang lebih berkelanjutan dan berkualitas tinggi dengan mengkaji penerapan lapisan TiO₂. Hasil penelitian ini dapat memiliki implikasi nyata untuk berbagai aplikasi seperti pengganti plastik konvensional, pelapisan logam dan bidang industri lain di mana kualitas biokomposit yang ditingkatkan sangat penting.

METODE PENELITIAN

Material

Serat nanoselulosa kulit waru diisolasi mengikuti metode yang telah dilaporkan oleh (Gapsari et al., 2021). Polyvinyl alcohol (PVA) Polyvinyl Alcohol (PVA) 100 gr Merck 114266 / Polyvinyl Alcohol PA dan TiO₂.

Preparasi dan Fabrikasi PVA-nanoselulosa waru.

Serbuk PVA dimasukkan ke dalam air destilat 100 mL kemudian diaduk selama 30 sampai 60 menit. Setelah larutan transparan terbentuk, 5% nanoselulosa waru dari 10 g PVA ditambahkan ke dalam suspensi. Suspensi dilanjutkan dengan dipanaskan dan diaduk di atas magnetic stirrer pada suhu mencapai 90 °C, kecepatan 500 rpm hingga suspensi mengalami gelatinisasi dengan pH diatur dengan menggunakan larutan NaOH 0.1 M. Gel yang dihasilkan selanjutnya dicor di atas kaca dan degassing untuk mengurangi kandungan void selama 15 menit diikuti dengan didiamkan selama 2 jam pada suhu kamar sebelum dilakukan pengecoran membran. Biokomposit kemudian dikeringkan selama 15 jam dalam oven pengering vakum 45 °C.

Biokomposit yang dihasilkan selanjutnya dipisah menjadi dua tipe yaitu biokomposit tanpa coating dan biokomposit dengan *coating* TiO₂. Pelapisan dijalankan dengan melarutkan 2 g titanium dioxide (TiO₂) ke dalam 10 ml larutan kloroform dan diaduk sekitar 15 menit. Campuran larutan tersebut kemudian disemprotkan ke permukaan biokomposit.

Pengujian Kekuatan Tarik

Dengan menggunakan mesin uji tarik universal tensile machine RTG (INSTRON) Sedangkan dengan load cell yang diberikan sebesar 5 kN dan kecepatan crosshead 5 mm/menit pada suhu ruangan, sesuai dengan standar D882 (ASTM, 2002) karakteristik tarik sampel membran biokomposit dievaluasi. Klem tarik terpasang erat pada kedua ujung strip sampel (70 x 10 x 3 mm).

Pengujian *Contact angel/ wettability*

Uji *wettability* biokomposit tanpa dan dengan coating TiO₂ dilakukan dengan mengukur sudut kontak yang terbentuk antara PVA-nanocelulosa-coating TiO₂. Perhitungan sudut kontak diawali dengan meregangkan serat pada dua titik dengan jarak

60 mm. Etilen glikol dan air ditetaskan pada serat menggunakan pipet standar 0.05 ml. Setiap uji *wettability* biokomposit dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Kemudian, pada sesi ini dilakukan pengambilan gambar dengan kesesuaian dan kualitas terbaik.

Pengujian Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan biokomposit diukur menggunakan Mitutoyo SJ 210 dan dilakukan pada 3 titik yang berbeda. Kekasaran permukaan biokomposit sangat mempengaruhi ikatan antarmuka antara produk biokomposit.

Scanning Electron Msicroscopy

Morphology membran 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. Gambar sampel SEM ditangkap pada perbesaran sekitar 500 dan 2000 dalam ruang hampa tinggi pada jarak kerja 0,5 mm. Sebelum pengamatan dengan SEM, morphology biokomposit dilapisi terlebih dahulu dengan emas ketebalan 3 μm .

Pengujian Anti Bakteri

Untuk mendapatkan aktivitas ketahanan antibakteri biokomposit dengan dan tanpa coating. Biokomposit tanpa dan dengan coating TiO_2 ukuran 50 mm x 30 mm ditempatkan cawan petri dan diberikan media agar nutrisi yang diinokulasi dengan *Ereschia Coli* (E. Coli) dan *Staphylococcus Aureus* (S. Aureus) secara terpisah. Plat didinginkan pada suhu 10 °C selama 3 jam untuk memungkinkan difusi bakteriosin dalam media agar tanpa pertumbuhan mikroba. Mereka kemudian diinkubasi pada suhu ruangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekuatan Tarik Biokomposit

Untuk mengkarakterisasi sifat mekanik biokomposit, sampel tanpa dan dengan coating TiO_2 diinvestigasi dengan pengujian tarik. Tabel 1 menampilkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas biokomposit sebelum dan setelah *coating* TiO_2 . Kekuatan tarik dan ketebalan biokomposit masing-masing sebesar 3,31 MPa dan 0,18 mm berturut-turut. Kekuatan tarik dan ketebalan biokomposit mengalami peningkatan yang sangat signifikan setelah *dicoating* dengan TiO_2 yaitu sebesar 154.08% dan 240%, dengan nilai kekuatan tarik sebesar 8,41 MPa dan ketebalan 0,62 mm. Fenomena ini disebabkan oleh ikatan silang fisik baru antara larutan coating pada permukaan biokomposit terjadi melalui kombinasi ikatan hidrogen, interaksi *van der waals*, serta penguncian mekanis pada struktur mikro permukaan. Interaksi non-kovalen ini berperan penting dalam meningkatkan adhesi dan kestabilan lapisan tanpa melibatkan reaksi kimia permanen

Ketika larutan coating diaplikasikan ke permukaan biokomposit maka akan mengisi void ataupun porositas dari biokomposit tersebut sehingga mencegah terjadinya inisiasi retak dan kegagalan (Jailani *et al.*, 2025). Yang pada akhirnya meningkatkan kemampuan menahan beban dan tarik membran. Biokomposit yang memiliki kerapatan ikatan silang tinggi maka akan menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi juga.

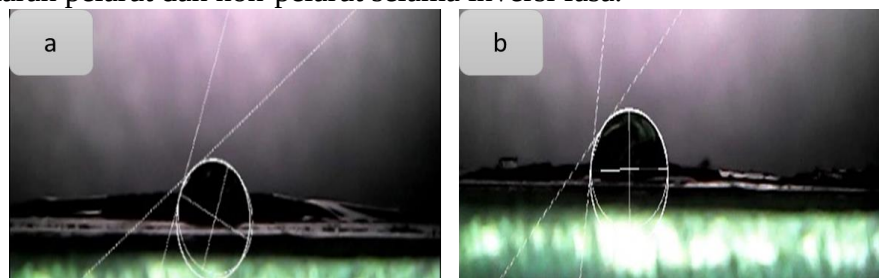
Tabel 1. Nilai kekuatan dan regangan tarik biokomposit

Sampel Biokomposit	Ketebalan (mm)	Beban Tarik (N)	Kekuatan Tarik (MPa)
Biokomposit tanpa <i>coating</i>	0,18	1,05	3,31
Biokomposit <i>coating</i> TiO_2	0,62	7,99	8,41

Sudut Kontak

Keterbasahan biokomposit diukur secara kuantitatif dengan sudut kontak cairan yang dijatuhkan pada permukaan membran biokomposit ditampilkan pada gambar 3. Sudut kontak statis menampilkan bahwa dengan adanya pelapisan TiO_2 pada permukaan biokomposit terjadi kenaikan nilai sudut kontak dari 69° dengan tanpa pelapisan menjadi 78° setelah dilapisi dengan TiO_2 . Nilai sudut kontak tersebut mengindikasikan bahwa biokomposit memiliki keterbasahan yang kurang baik dengan air. Peningkatan sudut kontak menunjukkan penurunan kemampuan keterbasahan biokomposit. Hal ini merupakan akibat dari keterbasahan membran biokomposit disebabkan oleh polaritas gugus hidroksil pada PVA dan nanoselulosa waru. Faktor kekasaran permukaan biokomposit juga menjadi salah satu penyebab tinggi atau rendahnya keterbasahan biokomposit. Oleh karena itu, biokomposit ini sangat cocok untuk digunakan sebagai pemisah/pemurnian dalam aplikasi untuk pemurnian air bersih karena sifat karena kemampuan hidrofiliknya (Pinto *et al.*, 2022).

Penyemprotan TiO_2 pada permukaan biokomposit menyebabkan peningkatan ketebalan membran yang dihasilkan signifikan. Ketebalan biokomposit yaitu sebesar 0,18 mm jauh di bawah ketebalan dari biokomposit- TiO_2 yang sebesar 0,62 mm. Ketebalan biokomposit- TiO_2 yang tinggi dikaitkan dengan hadirnya serbuk TiO_2 + larutan coating yang mengendap di permukaan. Selain itu, peningkatan ketebalan juga dikaitkan dengan tingginya viskositas larutan klorofom + TiO_2 yang membatasi meresapnya pelarut dari pelapis ke sebagian besar bagian biokomposit. Sifat ketebalan membran dikaitkan dengan laju pertukaran pelarut dan non-pelarut selama inversi fasa.



Gambar 3. Sudut Kontak Pada Permukaan Biokomposit, a) Tanpa *Coating*, b) Dengan *Coating* TiO_2

Tabel 2. Nilai sudut kontak (*wettability*) biokomposit

Sampel	Theta E (°)	Contact Angle (°) (180° - Theta E)
Biokomposit	78	108
Biokomposit <i>coating</i> TiO_2	69,9	110,1

Kekasaran Permukaan Biokomposit

Tabel 3. Nilai kekasaran permukaan biokomposit

Sampel	Nilai Kekasaran Ra (μm)
Biokomposit	2.74
Biokomposit <i>coating</i> TiO_2	9.61

Nilai kekasaran permukaan biokomposit ditampilkan pada Tabel 3. Kekasaran permukaan biokomposit meningkat dengan signifikan setelah perlakuan pelapisan dengan TiO_2 , dibandingkan dengan biokomposit tanpa pelapisan yang memiliki permukaan lebih halus. Biokomposit tanpa pelapisan memiliki nilai kekerasan Ra sebesar 2,74 μm,

sedangkan biokomposit yang dilapisi TiO_2 memiliki nilai R_a sebesar $9,61 \mu\text{m}$. Hal ini dapat dikaitkan dengan perlakuan pelapisan permukaan dengan TiO_2 , yang secara cepat meningkatkan tekstur halus pada permukaan biokomposit serta membentuk ikatan silang dengan PVA (Gapsari *et al.*, 2023). Hal ini juga menunjukkan korelasi yang kuat dengan foto SEM permukaan serat dengan hasil eksperimen. Oleh karena itu, biokomposit dengan pelapisan TiO_2 terlihat lebih kasar.

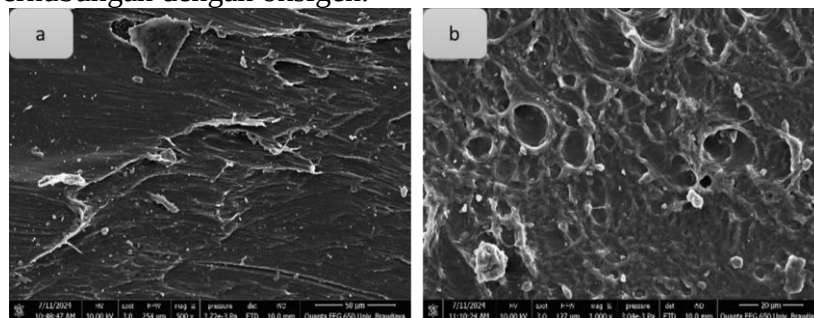
Peningkatan kekasaran permukaan biokomposit setelah pelapisan TiO_2 berimplikasi langsung terhadap peningkatan daya lekat, penguatan ikatan antar fase, serta potensi aplikasi fungsional berbasis permukaan. Permukaan yang lebih kasar mendukung interlocking mekanis dan pembentukan ikatan silang fisik dengan PVA, sebagaimana diperkuat oleh hasil analisis SEM. Kondisi ini menjadikan biokomposit berlapis TiO_2 lebih sesuai untuk aplikasi struktural ringan, pelapisan lanjutan, serta material fungsional ramah lingkungan.

Morphology (SEM)

Morfologi permukaan biokomposit dengan dan tanpa *coating* ditampilkan pada gambar 3. Morfologi permukaan biokomposit tanpa *coating* menunjukkan permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan permukaan biokomposit *coating* dan permukaan sedikit bergelombang seperti yang ditunjukkan pada gambar 3a. Pada permukaan biokomposit juga terlihat adanya pemisahan fase antara penggabungan domain serat nanoselulosa waru dalam matriks PVA yang menyebabkan adanya granula-granula butiran polimer tak beraturan pada permukaan biokomposit. Hal ini mengkonfirmasi adhesi antarmuka PVA-nanoselulosa waru yang lemah antara dua komponen, keterbatasan transisi fase antara komponen pelarut dan non-pelarut yang menyebabkan rendahnya kemampuan untuk menahan beban tarik. Gambar 3b merupakan tampilan biokomposit setelah dicoating dengan TiO_2 . Dari gambar 3b terlihat dengan jelas adanya produk hasil *coating* dengan struktur yang sangat kasar dengan butiran TiO_2 . Lapisan *coating* TiO_2 ini diharapkan mampu meningkatkan interaksi permukaan biokomposit. Pada bagian-bagian tertentu terdapat ketidakrataan permukaan hasil *coating* TiO_2 yang menyebabkan ketidakrataan ketebalan hasil pelapisan.

Ketidakrataan permukaan pada biokomposit berlapis TiO_2 terutama disebabkan oleh aglomerasi partikel TiO_2 dan distribusi partikel yang tidak homogen dalam larutan *coating*. Selain itu, topografi awal permukaan biokomposit yang berpori serta laju pengeringan yang relatif cepat turut memperkuat variasi ketebalan lapisan. Pembentukan ikatan silang fisik antara TiO_2 dan PVA juga berkontribusi terhadap restrukturisasi lokal lapisan, sehingga menghasilkan permukaan yang lebih kasar dan tidak seragam.

Hasil pelapisan biokomposit membentuk jaringan hasil *coating* yang menunjukkan skala makro yang tidak teratur dan beberapa struktur bersisik yang muncul di permukaan dan batas butiran bebas dari retakan permukaan dan porositas karena adanya interkalasi fungsi yang berhubungan dengan oksigen.



Gambar 4. Morphology Biokomposit, a) Tanpa *Coating*, b) Dengan *Coating* TiO_2

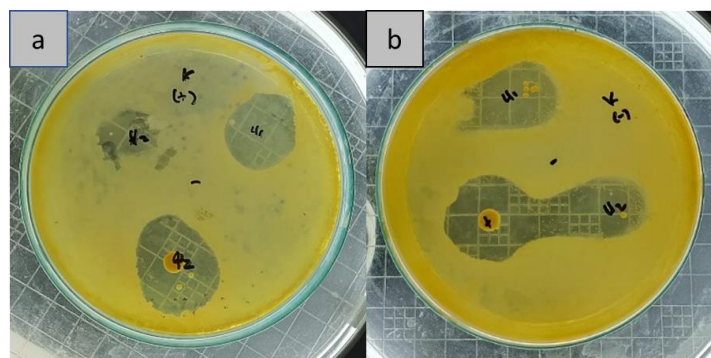
Anti Bakteri

Tabel 4. Hasil uji anti bakteri of biokomposit tanpa dan dengan coating TiO₂ komposit

Sampel	Parameter Uji	Hasil
Biokomposit	Staphylococcus Aureus	Negatif Zona Hambat
	Ereschia Colli	Negatif Zona Hambat
Biokomposit <i>coating</i> TiO ₂	Staphylococcus Aureus	Zona Hambat Lemah
	Ereschia Colli	Zona Hambat Lemah

Aktivitas ketahanan terhadap bakteri biokomposit tanpa dan dengan *coating* TiO₂ melawan bakteri Ereschia Colli dan Staphylococcus Aureus ditampilkan pada gambar 4 dengan parameter aktivitas ditampilkan pada tabel 4. Dari gambar 4 terlihat bahwa biokomposit lebih rentan terhadap pertumbuhan bakteri baik bakteri Ereschia Colli ataupun Staphylococcus Aureus dibandingkan dengan biokomposit *coating* TiO₂ yang disebabkan oleh efek sinergis dari pelapis. Dengan adanya lapisan pelapis pada biokomposit maka bakteri lebih susah untuk berinteraksi melalui ikatan kimia dengan dinding sel dengan nanoselulosa, sehingga menonaktifkan perkembangan bakteri. Akan tetapi meningkatkan perkembangan spesies fosfor yang akhirnya menyebabkan kematian bakteri uji.

Tabel 4 menunjukkan kemampuan nilai hambat minimum dari senyawa antibakteri. Sifat antibakteri dari sampel biokomposit tanpa dan dengan *coating* TiO₂ melawan E. Coli (gram negatif) dan S. Aureus (gram positif). Hasil pertumbuhan bakteri pada sampel biokomposit pati-serbuk dilihat dari gambar 4 (a) bahwa semua sampel tidak terdapat zona hambatan bakteri. Hal tersebut menyebabkan pertumbuhan bakteri sangat cepat pada biokomposit pati-serbuk. Sedangkan sampel biokomposit coating TiO₂ dilihat dari gambar 4 (b) bahwa semua sampel terdapat zona hambatan bakteri (Liu *et al.*, 2023). Meskipun zona hambat lemah dan daya hambat bakteri kurang dari 5 mm, penambahan nanopartikel TiO₂ memberikan dampak nyata terhadap penghambatan pertumbuhan bakteri pada biokomposit. Ini disebabkan nanopartikel TiO₂ memiliki sifat antibakteri, antioksidan, dan anti-inflamasi.



Gambar 3. Hasil Pengujian Aktivitas Bakteri Biokomposit

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mensintesis biokomposit dari PVA – nanoselulosa waru dan dilapisi dengan TiO₂. Biokomposit yang dihasilkan menunjukkan kekuatan tarik meningkat dari 3,31 MPa menjadi 8,41 MPa setelah dilapisi TiO₂, melebihi banyak material konvensional. Sudut kontak dan kekasaran permukaan meningkat secara signifikan masing-masing menjadi 110,1 derajat dan 8,57 µm sebagai bahan terbarukan dan sejalan dengan tujuan keberlanjutan. Temuan ini menunjukkan potensi sebagai bahan yang dapat diskalakan. Penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi optimasi lebih lanjut biokomposit dengan variasi komposisi dan jenis pengisi yang berbeda.

REFERENSI

- Andoko, A., Gapsari, F., Diharjo, K., M R, S., & Siengchin, S. (2023). Isolation of microcellulose from timoho fiber using the process of delignification and maceration: Evaluation of physical, chemical, structural, and thermal properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 224, 48–54.
- Awang, N. A., Mohamed, M. A., & Salleh, W. N. W. (2023). Polyvinyl Alcohol/Cellulose- Based Biocomposites and Bionanocomposites. In *Polyvinyl Alcohol2Based Biocomposites and Bionanocomposites* (pp. 81–130). Wiley.
- Dell'Edera, M., Lo Porto, C., De Pasquale, I., Petronella, F., Curri, M. L., Agostiano, A., & Comparelli, R. (2021). Photocatalytic TiO₂-based coatings for environmental applications. *Catalysis Today*, 380, 62–83.
- Gapsari, F. (2025). Enhanced structural and thermal properties of oil palm frond fiber-derived nanocellulose using chemical and mechanical treatments for eco-friendly composites. *Disseminating Information on the Research of Mechanical Engineering-Jurnal Polimesin*, 23(2). <http://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin>
- 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.
- Gapsari, F., Kartikowati, C. W., Madurani, K. A., Harmayanti, A., & Sulaiman, A. M. (2025). 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>
- 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, applications and challenges in advanced engineering. *Defence Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2025.05.020>
- Liu, F., Zhang, X., Xiao, X., Duan, Q., Bai, H., Cao, Y., Zhang, Y., Alee, M., & Yu, L. (2023). Improved hydrophobicity, antibacterial and mechanical properties of polyvinyl alcohol/quaternary chitosan composite films for antibacterial packaging. *Carbohydrate Polymers*, 312, 120755. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.120755>
- Pinto, E., Aggrey, W. N., Boakye, P., Amenuvor, G., Sokama-Neuyam, Y. A., Fokuo, M. K., Karimaie, H., Sarkodie, K., Adenutsi, C. D., Erzuah, S., & Rockson, M. A. D. (2022). Cellulose processing from biomass and its derivatization into carboxymethylcellulose: A review. *Scientific African*, 15, e01078.
- 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, 106302.
- Teodorescu, M., Bercea, M., & Morariu, S. (2018). Biomaterials of Poly(vinyl alcohol) and Natural Polymers. *Polymer Reviews*, 58(2), 247–287.