E-ISSN: 3025-0994
Halaman 2430-2444
Volume 4 Nomor 3 Tahun 2026

Sintesis Membran Selulosa Asetat-Tio_2 Sebagai Media Penyaring Mikroplastik

Luh Sri Suryani[1], Ni Putu Sri Ayuni[2], Ni Wayan Yuningrat[3]

[1,2]Program Studi Kimia, Universitas Pendidikan Ganesha
[3]Program Studi Kimia Terapan, Universitas Pendidikan Ganesha
e-mail: sri.suryani@student.undiksha.ac.id

Abstrak

Mikroplastik merupakan polutan yang berpotensi mencemari lingkungan perairan dan menimbulkan dampak negatif terhadap organisme akuatik maupun kesehatan manusia. Keberadaan mikroplastik yang semakin meningkat di lingkungan perairan mendorong perlunya pengembangan metode penyisihan yang efektif, salah satunya melalui teknologi filtrasi membran. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis selulosa asetat serta mengkaji pengaruh penambahan nanopartikel TiO_2 terhadap karakteristik dan kinerja membran dalam penyaringan mikroplastik. Selulosa asetat disintesis melalui reaksi asetilasi menggunakan selulosa dan anhidrida asetat, kemudian dikarakterisasi menggunakan spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR), uji swelling, uji permeabilitas (fluks), serta pengujian kinerja filtrasi. Membran komposit selulosa asetat–TiO_2 dibuat dengan metode inversi fasa menggunakan variasi konsentrasi TiO_2 sebesar 0, 1, 2, dan 3% (b/b). Hasil analisis FTIR menunjukkan terbentuknya selulosa asetat yang ditandai dengan munculnya pita serapan karbonil ester pada sekitar 1730 cm^{-1} dan nilai derajat substitusi sebesar 2,30. Penambahan TiO_2 memengaruhi karakteristik membran, terutama kemampuan penyerapan air dan permeabilitasnya. Membran dengan konsentrasi TiO_2 sebesar 2% (b/b) menunjukkan nilai swelling tertinggi sebesar 63% dan nilai fluks tertinggi sebesar 541,4 L/m².jam. Hasil filtrasi menggunakan partikel glitter sebagai model mikroplastik menunjukkan bahwa seluruh membran mampu menahan partikel mikroplastik selama proses penyaringan. Secara keseluruhan, membran selulosa asetat–TiO_2 dengan konsentrasi TiO_2 2% memberikan kinerja filtrasi terbaik dan berpotensi dikembangkan sebagai material penyaring mikroplastik pada lingkungan perairan.

Kata Kunci: Filtrasi, Membran Komposit, Mikroplastik, Selulosa Asetat, Tio_2.

Abstract

Microplastics are emerging pollutants that pose significant risks to aquatic ecosystems due to their persistence and widespread distribution. Their increasing presence in water bodies has created a need for effective removal technologies, among which membrane filtration has attracted considerable attention because of its simplicity and high separation efficiency. This

study aimed to synthesize cellulose acetate and investigate the effect of titanium dioxide (TiO_2) nanoparticles on membrane characteristics and performance for microplastic filtration. Cellulose acetate was synthesized through an acetylation reaction using cellulose and acetic anhydride, followed by characterization using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy, swelling analysis, permeability testing, and filtration performance evaluation. Cellulose acetate–TiO_2 membranes were fabricated by the phase inversion method with TiO_2 concentrations of 0, 1, 2, and 3% (w/w). FTIR analysis confirmed the successful formation of cellulose acetate, indicated by the presence of an ester carbonyl absorption band at approximately 1730 cm^{-1} and a degree of substitution of 2.30. The addition of TiO_2 influenced membrane properties, particularly water uptake and permeability. The membrane containing 2% (w/w) TiO_2 exhibited the highest swelling value (63%) and water flux (541.4 L m^{-2} h^{-1}). Filtration experiments using glitter particles as model microplastics showed that all membranes effectively retained microplastic particles. Overall, the cellulose acetate–TiO_2 membrane containing 2% (w/w) TiO_2 demonstrated the best filtration performance and shows promising potential for microplastic removal from aquatic environments.

Keywords : Cellulose Acetate, Composite Membrane, Filtration, Microplastics, Tio_2.

LATAR BELAKANG

Limbah plastik merupakan permasalahan global yang hingga saat ini belum dapat diatasi secara optimal. Plastik yang terbuang ke lingkungan, khususnya perairan, akan mengalami degradasi akibat paparan radiasi ultraviolet dan proses mekanis sehingga terfragmentasi menjadi partikel berukuran lebih kecil yang disebut dengan mikroplastik (Aulia et al., 2023). Mikroplastik berukuran kurang dari 5 mm dan diketahui memiliki dampak negatif terhadap lingkungan serta kesehatan organisme akuatik seperti ikan dan zooplankton, menyebabkan gangguan fisiologis, stres oksidatif, hingga efek toksik (Kataria et al., 2024). Selain itu, mikroplastik memiliki sifat persisten dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan sehingga berpotensi menimbulkan risiko ekologis maupun kesehatan dalam jangka panjang (Rahman et al., 2021).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kandungan mikroplastik dalam air adalah teknologi membran. Metode ini banyak digunakan karena prosesnya relatif sederhana, konsumsi energi yang rendah, serta efektif dalam memisahkan partikel maupun senyawa terlarut (Aulia et al., 2023). Berbagai jenis membran telah dikembangkan, seperti polyethersulfone (PES), polytetrafluoroethylene (PTFE), dan membran berbasis mikrofiber. Penggunaan teknologi membran juga dinilai menjanjikan untuk pengolahan air karena mampu menghasilkan efisiensi penyisihan mikroplastik yang tinggi serta mudah dikombinasikan dengan proses pengolahan lainnya (Benson et al., 2022).

Selulosa asetat merupakan salah satu material yang potensial digunakan sebagai bahan membran karena kemampuannya yang larut dalam pelarut organik seperti aseton, sehingga memudahkan proses pembentukan membran melalui metode inversi fasa (Oprea & Voicu, 2023). Namun, membran selulosa asetat memiliki beberapa kelemahan, seperti kecenderungan fouling dan stabilitas termal yang relatif rendah (Sholikhah, 2022). Oleh

karena itu, diperlukan modifikasi untuk meningkatkan kinerja membran. Selain memiliki sifat biodegradabel dan berasal dari sumber terbarukan, selulosa asetat juga banyak dikembangkan sebagai material membran untuk aplikasi pemisahan kontaminan dalam air (Cahyani & Kusuma, 2025).

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah penambahan nanopartikel Titanium Dioksida (TiO_2). Penambahan TiO_2 diketahui dapat meningkatkan hidrofilitas, sifat antifouling, serta stabilitas permukaan membran (Shafiq et al., 2018). Namun demikian, sifat fotokatalitik TiO_2 yang dapat menghasilkan radikal bebas di bawah paparan sinar UV juga berpotensi menyebabkan degradasi mikroplastik menjadi partikel yang lebih kecil (Ge, 2022), sehingga perlu diperhatikan dalam aplikasinya. Di sisi lain, pengembangan teknologi penyisihan mikroplastik terus menjadi fokus penelitian karena meningkatnya pencemaran mikroplastik pada berbagai lingkungan perairan dan pentingnya metode yang efektif serta berkelanjutan untuk mengatasinya (Xiang et al., 2023).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi membran selulosa asetat–TiO_2 dengan variasi konsentrasi TiO_2 serta mengevaluasi kinerjanya dalam filtrasi mikroplastik.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mensintesis selulosa asetat dari α-selulosa, memfabrikasi membran komposit selulosa asetat–TiO_2, serta mengevaluasi karakteristik dan kinerjanya dalam filtrasi mikroplastik. Alat yang digunakan meliputi magnetic stirrer, pH meter, neraca analitik, oven, vacuum pump, corong Büchner, dan spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FTIR) Shimadzu A12596280396. Bahan yang digunakan terdiri atas α-selulosa, asam asetat glasial, natrium asetat anhidrat, asam sulfat (95–97%), asetat anhidrida, aseton, N,N-dimetilformamida (DMF), diklorometana (DCM), nanopartikel TiO_2 anatase berukuran 21 nm (Sigma Aldrich), akuades, serta glitter plastik berukuran 0,2 mm sebagai model mikroplastik.

Sintesis selulosa asetat dilakukan dengan modifikasi metode yang dikembangkan oleh Darmawan (2018). Sebanyak 10 g α-selulosa didispersikan dalam 250 mL asam asetat glasial dan diaduk selama 2 jam pada suhu ruang. Selanjutnya ditambahkan empat tetes asam sulfat sebagai katalis, kemudian 75 mL asetat anhidrida ditambahkan secara bertahap dan campuran diaduk kembali selama 2 jam. Reaksi yang terjadi merupakan proses asetilasi antara gugus hidroksil pada selulosa dan gugus asetil dari asetat anhidrida sehingga menghasilkan selulosa asetat. Campuran reaksi kemudian dituangkan ke dalam akuades dingin berlebih untuk mengendapkan produk, disaring, dicuci hingga pH netral, dan dikeringkan pada suhu 55°C sampai diperoleh berat konstan. Metode asetilasi dipilih karena mampu menghasilkan selulosa asetat dengan derajat substitusi yang sesuai untuk aplikasi membran dan pengolahan air (Islam et al., 2023).

Selulosa asetat hasil sintesis kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR pada rentang bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terbentuk. Sampel dicampur dengan KBr pada perbandingan 1:100 (b/b), kemudian dipres menjadi pelet sebelum dianalisis. Derajat substitusi (DS) ditentukan melalui metode titrasi saponifikasi menggunakan NaOH berlebih yang selanjutnya dititrasi dengan HCl

standar. Selain itu, dilakukan uji kelarutan menggunakan aseton, DCM, dan DMF dengan pengamatan visual terhadap tingkat kelarutan sampel.

Pembuatan membran selulosa asetat–TiO_2 dilakukan menggunakan metode inversi fasa yang dimodifikasi dari Abedini et al. (2011). Sebanyak 2,5 g selulosa asetat dilarutkan dalam 25 mL aseton dan diaduk selama 45–90 menit hingga homogen. Nanopartikel TiO_2 ditambahkan dengan variasi konsentrasi 0, 1, 2, dan 3% (b/b terhadap berat selulosa asetat), yaitu masing-masing sebesar 0; 0,025; 0,050; dan 0,075 g. Sebelum dicampurkan ke dalam larutan polimer, TiO_2 didispersikan terlebih dahulu dalam 3 mL DMF dan diaduk selama 90 menit hingga homogen. Dispersi TiO_2 kemudian ditambahkan ke dalam larutan selulosa asetat dan diaduk kembali selama 90 menit. Larutan dope yang diperoleh didiamkan selama 1 jam untuk menghilangkan gelembung udara, kemudian dicetak pada permukaan datar dan dibiarkan selama 30 detik sebelum dimasukkan ke dalam bak koagulasi untuk proses inversi fasa. Membran yang terbentuk dicuci menggunakan akuades untuk menghilangkan sisa pelarut dan disimpan hingga digunakan untuk pengujian lebih lanjut. Penggunaan metode inversi fasa banyak diterapkan dalam fabrikasi membran karena mampu menghasilkan distribusi pori yang baik dan struktur membran yang stabil (Abu-Zurayk et al., 2023).

Karakterisasi membran meliputi analisis gugus fungsi menggunakan FTIR, uji swelling, uji ketahanan pH, dan uji permeabilitas. Analisis FTIR dilakukan terhadap membran dengan variasi konsentrasi TiO_2 sebesar 0, 1, 2, dan 3%. Uji swelling dilakukan dengan merendam membran berukuran 1 × 1 cm dalam akuades selama 24 jam, kemudian ditentukan perubahan massa sebelum dan sesudah perendaman. Uji ketahanan pH dilakukan dengan merendam membran dalam larutan HCl (pH 2–3), akuades (pH 7), dan NaOH (pH 9–10) selama 24 jam. Uji permeabilitas dilakukan menggunakan sistem filtrasi vakum dengan akuades sebagai larutan umpan sebanyak 50 mL. Volume permeat dan waktu filtrasi dicatat untuk menghitung nilai fluks membran. Parameter swelling, stabilitas kimia, dan permeabilitas merupakan parameter penting dalam menentukan performa membran pada aplikasi pemisahan dan pengolahan air (Mansoori et al., 2024).

Pengujian filtrasi mikroplastik dilakukan menggunakan glitter plastik sebagai model mikroplastik. Sebanyak 0,1 g glitter didispersikan dalam 50 mL akuades dan disaring menggunakan membran selulosa asetat–TiO_2 yang telah dipotong sesuai diameter corong Büchner. Sebelum digunakan, membran direndam dalam akuades selama 10 menit. Filtrasi dilakukan dengan bantuan vakum dan waktu penyaringan dicatat hingga seluruh sampel melewati membran. Permeat hasil filtrasi diamati secara visual untuk mengevaluasi perubahan kejernihan larutan, sedangkan membran pasca-filtrasi diamati untuk mengetahui adanya partikel mikroplastik yang tertahan pada permukaannya sebagai indikator kemampuan penyisihan mikroplastik. Modifikasi membran menggunakan TiO_2 dilaporkan dapat meningkatkan karakteristik permukaan membran sekaligus mendukung efisiensi penyisihan berbagai kontaminan dalam air (Cozzolino et al., 2025).

Data hasil sintesis digunakan untuk menghitung kadar asetil dan derajat substitusi (DS) menggunakan Persamaan (1) dan Persamaan (2). Hasil analisis FTIR, uji ketahanan pH, dan pengamatan filtrasi dianalisis secara deskriptif. Nilai swelling dihitung menggunakan Persamaan (3), sedangkan nilai fluks membran dihitung menggunakan Persamaan (4).

Dari hasil sintesis selulosa asetat dihitung kadar asetil menggunakan persamaan 1.

$$\%A = \frac{(Vb - Vs)N}{W} \times 4{,}3 \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan:
%A = kadar asetil
Vb = volume HCl blanko
Vs = volume HCl sampel
N = konsentrasi HCl
4,3 =faktor konversi gugus asetil
W = massa sampel

Dari nilai kadar asetil selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai DS selulosa asetat hasil sintesis menggunakan Persamaan 2.

$$DS = \frac{162 \times \%Asetil}{4300 - (42 \times \%Asetil)} \quad \text{.....(2)}$$

Keterangan:
DS = derajat Substitusi
162 = Massa Molekul unit anhidroglukosa (AGU) penyusun selulosa (g/mol)
4300 = Konstanta yang diperoleh dari hasil hubungan matematis antara persen asetil dan derajat substitusi (43x100)
42 = Massa satu gugus asetil yang tersubstitusi (g/mol)

Hasil uji ketahanan pH, uji gugus fungsi dengan FTIR, uji morfologi dengan SEM digunakan untuk mengkarakterisasi membran selulosa asetat-TiO_2 secara deskriptif.
Kadar air suatu membran dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$swelling(\%) = \frac{W_{basah} - W_{\text{ker}\,ing}}{W_{\text{ker}\,ing}} \times 100\% \quad \text{..... (3)}$$

Untuk uji permeabilitas (Fluks) membran digunakan Persamaan 4.

$$J = \frac{V}{A \times \Delta t} \quad \text{..... (4)}$$

Keterangan :
J = Fluks (L/m^2. Jam)
V = volume air (L)
A = luas permukaan membran (m^2)
Δt = waktu (jam)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Selulosa Asetat

Sintesis selulosa asetat berhasil dilakukan melalui reaksi asetilasi selulosa menggunakan anhidrida asetat dengan katalis asam sulfat. Produk yang dihasilkan berupa

padatan berwarna putih dengan masa akhir sebesar 7,5 g, yang menunjukkan bahwa proses modifikasi berlangsung dengan baik. Hasil sintesis selulosa asetat pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



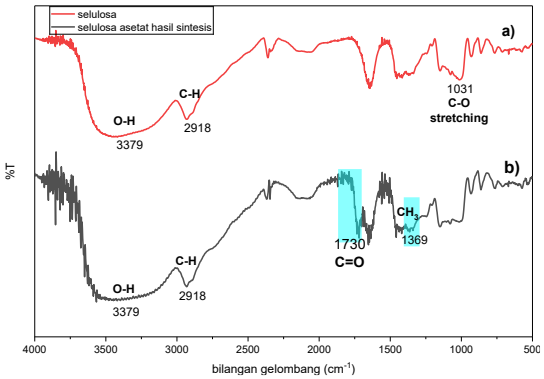
Gambar 1. Selulosa asetat hasil sintesis

Reaksi asetilasi terjadi melalui substitusi gugus hidroksil (-OH) pada selulosa oleh gugus asetil dari anhidrida asetat sehingga terbentuk gugus ester asetat (-$OCOCH_3$). Pada proses ini, asam asetat glasial berperan dalam membantu pengembangan struktur selulosa sehingga meningkatkan kemampuan gugus hidroksil dari selulosa untuk bereaksi dengan reagen, sedangkan asam sulfat berfungsi sebagai katalis yang membantu mempercepat reaksi asetilasi. Produk yang diperoleh dalam bentuk padatan putih mengindikasikan terbentuknya selulosa asetat, sedangkan proses presipitasi dalam aquades terjadi akibat perbedaan kepolaran antara pelarut organik dan non pelarut sehingga selulosa asetat yang memiliki kelarutan yang lebih rendah mengalami pengendapan. Tahap pencucian dan penegeringan dilakukan untuk menghilangkan sisa reagen serta memperoleh produk yang baik untuk karakterisasi lebih lanjut.

Karakerisasi Selulosa Asetat Hasil Sintesis

a. Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR

Setelah sintesis, selulosa asetat hasil sintesis dianalisis menggunakan spektroskopi FTIR untuk menentukan gugus fungsi yang terbentuk. Hasil analisis FTIR dapat dilihat pada Gambar 2.

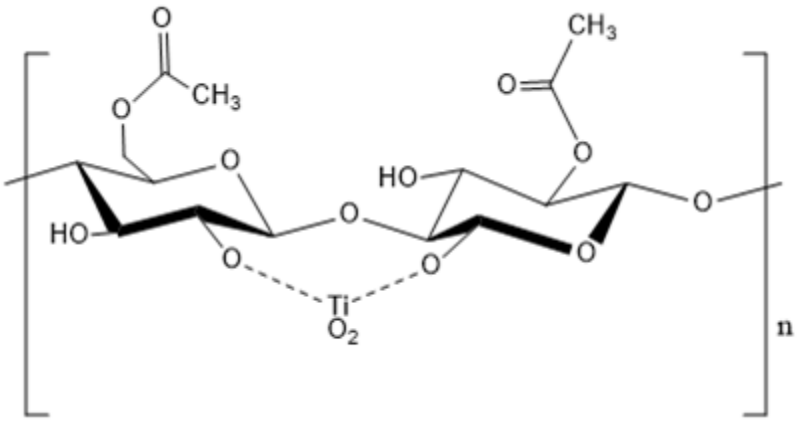


Gambar 2. Spektrum Hasil FTIR a) selulosa; b) selulosa asetat

Perubahan spektrum FTIR dari selulosa asetat menunjukkan bahwa proses asetilasi berlangsung dengan baik. Hal ini ditandai dengan Munculnya pita serapan pada sekitar 1730 cm^{-1} mengindikasikan terbentuknya gugus karbonil ester sebagai hasil substitusi gugus hidroksil selulosa oleh gugus asetil. keberadaan pita serapan pada 1369 cm^{-1} yang berkaitan dengan vibrasi bending gugus metil (CH_3) semakin memperkuat terbentuknya gugus asetil pada struktur selulosa asetat. Penurunan intensitas pita serapan -OH pada daerah 3200-3500 cm^{-1} menunjukkan bahwa sebagian gugus hidroksil telah tergantikan selama proses asetilasi.

Di sisi lain, pita serapan pada sekitar 1031 cm^{-1}yang berkaitan dengan vibrasi C-O masih teramati, menandakan bahwa struktur utama selulosa tetap dipertahankan. Hasil ini mengonfirmasi bahwa selulosa berhasil dimodifikasi menjadi selulosa asetat dengan derajat substitusi parsial.

Berdasarkan hasil analisis FTIR, tidak ditemukan gugus fungsi baru setelah penambahan TiO_2. Pita serapan karakteristik selulosa asetat masih teramati pada seluruh variasi membran, yang menunjukkan bahwa struktur kimia utama polimer tetap dipertahankan. Oleh karena itu, interaksi yang terjadi antara selulosa asetat dan TiO_2 diduga berupa interaksi fisik, seperti ikatan hidrogen atau interaksi koordinasi lemah antara atom oksigen pada gugus hidroksil maupun ester selulosa asetat dengan permukaan nanopartikel TiO_2. Model interaksi yang diusulkan berdasarkan hasil FTIR ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Model Interaksi Membran Selulosa Asetat dengan TiO_2

b. Penentuan Derajat Substitusi dengan Titrasi Saponifikasi

Derajat substitusi (DS) dihitung melalui metode titrasi saponifikasi untuk menentukan kadar asetil (%AG) pada selulosa asetat hasil sintesis. Hasil titrasi menunjukkan bahwa selulosa asetat memiliki kadar asetil sebesar 38,3%, yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai DS. Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai DS sebesar 2,30 yang menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan termasuk dalam kategori selulosa diasetat.

Nilai DS tersebut mengindikasikan bahwa sebagian besar gugus hidroksil pada unit selulosa telah tersbstitusi oleh gugus asetil selama proses asetilasi. Hasil ini diperkuat oleh spektrum FTIR yang menunjukkan munculnya pita serapan karbonil ester pada sekitar 1730 cm^{-1} serta pita serapan gugus metil asetil pada 1369 cm^{-1}. Keberadaan gugus-gugus tersebut menunjukkan keberhasilan reaksi asetilasi dan pembentukan selulosa asetat.

Selain itu, nilai DS sebesar 2.30 sejalan dengan sifat kelarutan produk yang larut sempurna dalam aseton. Selulosa asetat dengan DS pada kisaran 2-2,5 umumnya memiliki kelarutan yang baik dalam pelarut organik dan banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan membran. Oleh karena itu, selulosa asetat hasil sintesis dinilai telah memenuhi karakteristik yang diperlukan untuk membuat membran komposit selulosa asetat-TiO_2.

c. Uji Kelarutan

Uji kelarutan selulosa asetat hasil sintesis dilakukan menggunakan aseton, diklorometana (DCM), dan dimetilformamida (DMF). Sebanyak 0,3 g sampel dilarutkan dalam 10 mL masing-masing pelarut. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa selulosa asetat larut secara homogen dalam ketiga pelarut tanpa meninggalkan residu. Kemampuan selulosa asetat untuk larut dalam aseton menunjukkan bahwa proses asetilasi telah berlangsung dengan baik, ditandai oleh substitusi sebagian gugus hidroksil (-OH) pada selulosa menjadi gugus asetil (-$OCOCH_3$). Kelarutan yang baik dalam pelarut organik tersebut konsisten dengan karakteristik selulosa asetat hasil sintesis yang memiliki tingkat substitusi asetil yang relatif tinggi.

Pembuatan Membran Selulosa Asetat-TiO_2

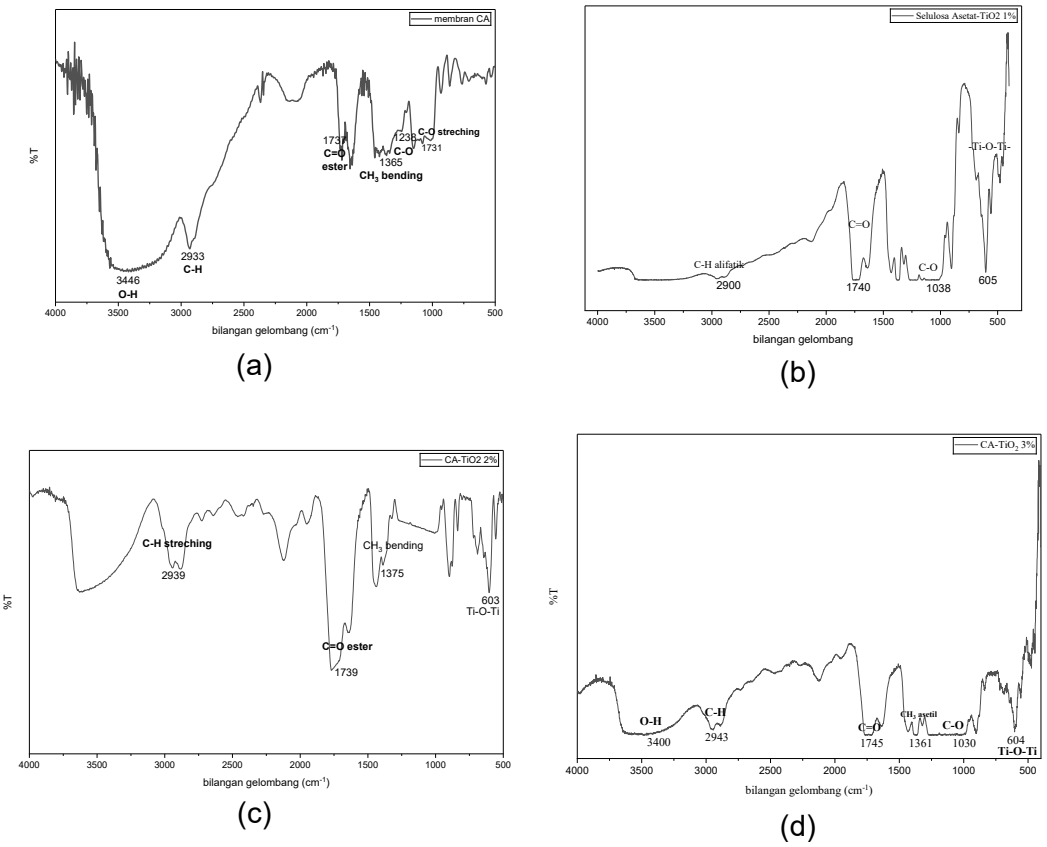
membran selulosa asetat-TiO_2 berhasil dibuat menggunakan metode inversi fasa dengan variasi konsentrasi TiO_2 sebesar 0, 1, 2, dan 3% (m/m terhadap selulosa asetat). Secara visual, larutan dope tanpa penambahan TiO_2 tampak jernih, sedangkan larutan dope dengan penambahan TiO_2 menyebabkan larutan menjadi semakin keruh akibat keberadaan nanopartikel dalam sistem. Dispersi TiO_2 dalam dimetilformamida (DMF) sebelum pencampuran dengan larutan selulosa asetat membantu menghasilkan campuran yang lebih homogen. Setelah proses pencetakan dan koagulasi, diperoleh membran berbentuk lembaran tipis yang relatif homogen. Membran dengan konsentrasi TiO_2 rendah tampak lebih fleksibel, sedangkan peningkatan konsentrasi TiO_2 menghasilkan membran yang lebih kaku.

Perbedaan fisik membran dipengaruhi oleh interaksi antara nanopartikel TiO_2 dan matriks selulosa asetat selama proses inversi fasa. Penambahan TiO_2 dapat meningkatkan hidrofilisitas sistem dan memengaruhi proses pertukaran pelarut-nonpelarut yang berperan dalam pembentukan struktur porii. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, nanopartikel TiO_2 berpotensi mengalami aglomerasi sehingga distribusinya dalam matriks polimer menjadi kurang merata. Kondisi tersebut dapat memengaruhi morfologi membran serta kontribusi terhadap perubahan sifat fisik dan performa filtrasi yang dihasilkan.

Karakerisasi Membran Selulosa Asetat

a. Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR

Karakterisasi gugus fungsi membran selulosa asetat-TiO_2 dilakukan menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi perubahan gugus fungsi akibat penambahan TiO_2 pada matriks membran. Spektrum FTIR membran kontrol (0%) serta membran komposit dengan variasi konsentrasi TiO_2 1%, 2%, dan 3% ditunjukkan pada Gambar 3



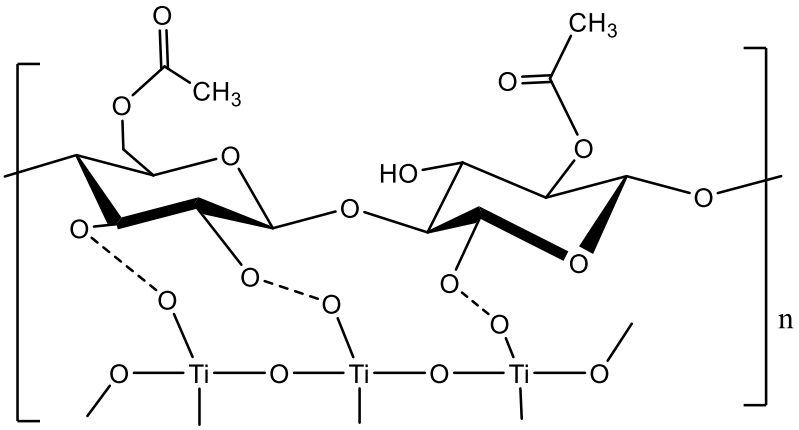
Gambar 3. Spektrum FTIR (a) Membran CA; (b) Membran Variasi TiO_2 1%; (c)Membran Variasi TiO_2 2%; (d) Membran Variasi TiO_2 3%.

Spektrum FTIR membran kontrol (0%) memperlihatkan pita serapan karakteristik seluosa asetat, yaitu pita regangan O-H pada sekitar 3400-3500 cm^{-1}, pita regangan C-H pada sekitar 2920 cm^{-1}, pita karbonil ester (C=O) pada sekitar 1735 cm^{-1}, serta pita C-O dan C-O-C pada sekitar 1240 cm^{-1} dan 1030 cm^{-1}. Keberadaan pita-pita tersebut mengonfirmasi terbentuknya selulosa asetat sebagai matriks membran.

Pada membran dengan penambahan TiO_2 sebesar 1, 2, dan 3%, seluruh pita serapan utama selulosa asetat masih teramati, menunjukkan bahwa struktur kimia dasar polimer tetap terjaga setelah proses modifikasi. Pita karbonil ester pada sekitar 1735

cm $^{-1}$ tetap muncul pada seluruh variasi membran, yang mengindikasikan bahwa penambahan TiO_2 tidak menyebabkan degradasi gugus fungsi utama selulosa aetat. Perubahan intensitas pita pada daerah 3400-3500 cm $^{-1}$ serta daerah bilangan gelombang rendah mengindikasikan adanya interaksi antara nanopartikel TiO_2 dan matriks selulosa asetat. Interaksi tersebut diduga terjadi melalui ikatan hidrogen antara gugus hidroksil residu pada selulosa asetat dan gugus hidroksil pada permukaan TiO_2. Selain itu, perubahan intensitas pada daerah bilanagn gelombang rendah menunjukkan keberadaan interaksi fisik antara TiO_2 dan matriks polimer. Secara keseluruhan, hasil FTIR mengonfirmasi bahwa TiO_2 berhasil terdispersi dalam membran tanpa mengubah struktur kimia utama selulosa asetat, sehingga berpotensi meningkatkan sifat hidrofilisitas dan performa filtrasi membran.

Hasil menunjukkan bahwa TiO_2 terdispersi dalam matriks selulosa asetat tanpa mengubah struktur kimia utama polimer. Berdasarkan hasil tersebut, diusulkan model interaksi antara gugus oksigen pada selulosa asetat dan permukaan TiO_2 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Model Interaksi Membran Selulosa Asetat dengan TiO_2.

b. Uji Kadar Air (*Swelling*)

Uji *Swelling* dilakukan untuk mengetahui kemampuan penyerapan air membran selulosa asetat-TiO_2 pada berbagai konsentrasi nanopartikel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *Swelling* membran 0, 1, 2, dan 3% berturut-turut sebesar 9,58%; 18,30%; 63%; dan 6,73%. Peningkatan nilai *Swelling* pada membran dengan penambahan TiO_2 hingga konsentrasi 2% menunjukkan bahwa nanopartikel TiO_2 berkontribusi terhadap peningkatan hidrofilisitas membran. Sifat hidrofilik TiO_2 meningkatkan interaksi antara membran dan molekul air sehingga penyerapan air menjadi lebih tinggi. Selain itu, keberadaan TiO_2 diduga mempengaruhi proses pembentukan struktur pori selama inversi fasa yang turut meningkatkan kapasitas penyerapan air membran.

Nilai *Swelling* tertinggi diperoleh pada membran dengan konsentrasi TiO_2 2%, yang mengindikasikan bahwa pada konsentrasi tersebut dispersi nanopartikel dalam amtriks polimer berlangsung secara lebih optimal. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi TiO_2 menjadi 3% menyebabkan penurunan nilai *Swelling* yang cukup signifikan. Hal ini

disebabkan oleh terjadinya aglomerasi nanopartikel TiO_2 yang mengurangi efektivitas interaksi antara membran dan air serta menghambat difusi air ke membran. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengaruh penambahan TiO_2 terhadap sifat penyerapan air membran tidak bersifat linier dan terdapat konsentrasi optimal, yaitu 2% yang menghasilkan karakteristik *Swelling* terbaik.

c. Uji Permeabilitas (fluks)

Pengujian fluks dilakukan menggunakan aquades sebagai larutan umpan dengan volume awal sebesar 50 mL. Membran yang digunakan memiliki diameter 7 cm. Hasil pengujian fluks membran selulosa asetat-TiO_2 ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Fluks

Konsentrasi TiO_2 (%)	Volume Permeat (mL)	Waktu filtrasi (jam)	Nilai Fluks (L/m^2.jam)
0%	48,0	0,0555	247,1
1%	47,0	0,0375	325,5
2%	46,3	0,0222	541,4
3%	48,0	0,0722	172,7

Penambahan TiO_2 memengaruhi nilai fluks membran selulosa asetat. Nilai fluks meningkat dari membran 0% hingga mencapai maksimum pada konsentrasi 2% yaitu sebesar 541,4 L/m^2.jam, kemudian menurun pada konsentrasi 3% menjadi 172,7 L/m^2.jam. Peningkatan fluks pada konsentrasi 2% menunjukkan peningkatan hidrofilisitas membran, sedangkan penurunan pada konsentrasi 3% diduga disebabkan oleh aglomerasi nanopartikel. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi TiO_2 2% memberikan hasil optimal.

d. Uji Ketahanan pH

Uji ketahanan pH menunjukkan bahwa membran selulosa asetat-TiO_2 mengalami perubahan fisik setelah perendaman dalam larutan NaOH 0,1 N, ditandai dengan permukaan yang lebih licin dan struktur yang lebih rapuh dibandingkan kondisi awal. Sebaliknya, membran yang direndam dalam HCl 0,1M dan aquades tidak menunjukkan perubahan fisik yang signifikan. Perubahan pada kondisi basa diduga disebabkan oleh hidrolisis gugus ester selulosa asetat yang menyebabkan degradasi rantai polimer dan menurunkan integritas struktur membran. Sementara itu, stabilitas membran pada kondisi asam dan netral menunjukkan bahwa gugus ester relatif tahan terhadap hidrolisis pada lingkungan tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa membran selulosa asetat-TiO_2 memiliki stabilitas yang lebih baik pada pH netral hingga asam dibandingkan pada kondisi basa.

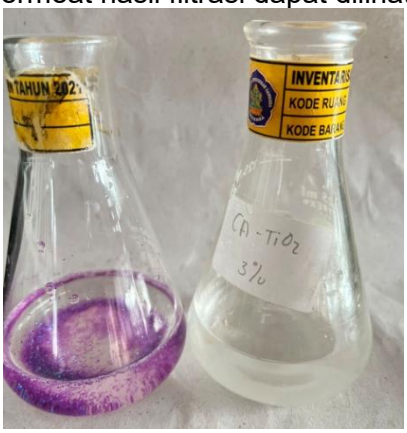
Filtrasi Mikroplastik

Hasil uji filtrasi mikroplastik menunjukkan bahwa seluruh variasi membran selulosa asetat-TiO_2 mampu menahan partikel mikroplastik (glitter) secara visual, yang ditandai dengan tidak ditemukannya partikel glitter pada permeat hasil filtrasi. Data hasil filtrasi mikroplastik ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Filtrasi Mikroplastik

Konsentrasi TiO_2(%)	Waktu filtrasi (detik)
0	180 detik
1	150 detik
2	95 detik
3	252 detik

Perbedaan konsentrasi TiO_2 memengaruhi waktu filtrasi yang diperoleh. Membran dengan konsentrasi TiO_2 2% menunjukkan waktu filtrasi tercepat, yaitu 1 menit 35 detik, sedangkan membran dengan konsentrasi TiO_2 3% memerlukan waktu filtrasi terlama, yaitu selama 4 menit 12 detik. Peningkatan waktu filtrasi pada konsentrasi TiO_2 yang lebih tinggi diduga berkaitan dengan aglomerasi nanopartikel yang menyebabkan permeabilitas membran menurun. Hasil ini menunjukkan bahwa membran selulosa asetat-TiO_2 memiliki kemampuan dalam menyaring partikel mikroplastik, dengan membran 2% menunjukkan kinerja filtrasi yang paling optimal. Perbandingan secara visual antara larutan mikroplastik dengan permeat hasil filtrasi dapat dilihat pada Gambar 5.



(a)



(b)



(c) (d)

Gambar 5. Perbandingan Visual antara larutan mikroplastik dengan permeat hasil filtrasi (a) membran CA-TiO_2 0%; (b) membran CA-TiO_2 1%; (c) membran CA-TiO_2 2%; (d) membran CA-TiO_2 3%.

SIMPULAN

Membran komposit selulosa asetat-TiO_2 berhasil dibuat melalui metode inversi fasa dengan variasi konsentrasi TiO_2 sebesar 0, 1, 2, dan 3%. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa penambahan TiO_2 tidak mengubah struktur utama selulosa asetat. Penambahan TiO_2 memengaruhi karakteristik membran, yang ditunjukkan oleh perubahan nilai *Swelling*, fluks dan waktu filtrasi. Membran dengan konsentrasi TiO_2 2% menunjukkan kinerja terbaik dengan nilai *Swelling* tertinggi, fluks sebesar 541,4 L/m^2.jam, serta waktu filtrasi tercepat. Selain itu, seluruh membran mampu menahan partikel mikroplastik berupa glitter selama proses filtrasi. Oleh karena itu, membran selulosa asetat-TiO_2 dengan konsentrasi TiO_2 2% berpotensi sebagai media penyaring mikroplastik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama proses penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Organik dan BioKimia Universitas Pendidikan Ganesha atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abedini, R., Mahmoud, S., & Aminzadeh, R. (2011). A Novel Cellulose Acetate (CA) Membrane Using Tio_2 Nanoparticles: Preparation, Characterization And Permeation Study. *Desalination, 277*(1–3), 40–45. Https://Doi.Org/10.1016/J.Desal.2011.03.089

Abu-Zurayk, R., Alnairat, N., Khalaf, A., Ibrahim, A. A., & Halaweh, G. (2023). Cellulose Acetate Membranes: Fouling Types And Antifouling Strategies—A Brief Review. *Processes, 11*(2), 489. Https://Doi.Org/10.3390/Pr11020489

Aulia, A., Azizah, R., Sulistyorini, L., & Rizaldi, M. A. (2023). Literature Review: Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan Pesisir, Biota Laut Dan Potensi Risiko Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia, 22*(3), 328–341. Https://Doi.Org/10.14710/Jkli.22.3.328-341

Benson, N. U., Agboola, O. D., & Fred-Ahmadu, O. H. (2022). Micro(Nano)Plastics Prevalence, Food Web Interactions, And Toxicity Assessment In Aquatic Organisms: A Review. *Frontiers In Marine Science, 9*, 851281. Https://Doi.Org/10.3389/Fmars.2022.851281

Cahyani, A. S., & Kusuma, S. B. W. (2025). Synthesis Of Cellulose Acetate Based On Coconut Coir (*Cocos Nucifera* L.) And Its Application On Bioplastic Fabrication. *Indonesian Journal Of Chemical Science, 14*(1), 55–67.

Cozzolino, V., Coppola, G., Calabrò, V., Chakraborty, S., Candamano, S., & Algieri, C. (2025). Heterogeneous Tio_2 Photocatalysis Coupled With Membrane Technology For Persistent Contaminant Degradation: A Critical Review. *Applied Water Science, 15*, 243. Https://Doi.Org/10.1007/S13201-025-02493-3

Ge, J., Zhang, Z., Ouyang, Z., Shang, M., Liu, P., Li, H., & Guo, X. (2022). Photocatalytic Degradation Of (Micro)Plastics Using Tio_2-Based And Other Catalysts: Properties, Influencing Factors, And Mechanisms. *Environmental Research, 209*, 112729. Https://Doi.Org/10.1016/J.Envres.2022.112729

Islam, M. D., Uddin, F. J., Rashid, T. U., & Shahruzzaman, M. (2023). Cellulose Acetate-Based Membrane For Wastewater Treatment—A State-Of-The-Art Review. *Materials Advances, 4*(18), 4054–4102. Https://Doi.Org/10.1039/D3MA00255A

Kataria, N., Yadav, S., Garg, V. K., Rene, E. R., Jiang, J. J., Rose, P. K., Kumar, M., & Khoo, K. S. (2024). Occurrence, Transport, And Toxicity Of Microplastics In Tropical Food Chains: Perspectives, Views, And Way Forward. *Environmental Geochemistry And Health, 46*(3). Https://Doi.Org/10.1007/S10653-024-01862-2

Mansoori, M., Et Al. (2024). Fabrication Of Polysulfone-Cellulose Acetate Based Tio_2@Sio_2-Cus And Fe_3O_4@XG Membrane And Its Application In Wastewater Treatment. *Desalination And Water Treatment, 320*, 100636. Https://Doi.Org/10.1016/J.Dwt.2024.100636

Oprea, M., & Voicu, S. I. (2023). Cellulose Acetate-Based Materials For Water Treatment In The Context Of Circular Economy. *Water, 15*(10), 1860. Https://Doi.Org/10.3390/W15101860

Rahman, A., Sarkar, A., Yadav, O. P., Achari, G., & Slobodnik, J. (2021). Occurrence, Fate And Remediation Of Microplastic Contamination In The Environment: A Review. *Science Of The Total Environment, 794*, 143872. Https://Doi.Org/10.1016/J.Scitotenv.2020.143872

Shafiq, M., Sabir, A., Islam, A., Khan, S. M., Gull, N., Hussain, S. N., & Butt, M. T. Z. (2018). Cellulose Acetate-Based Thin Film Nanocomposite Reverse Osmosis Membrane

Incorporated With Tio_2 Nanoparticles For Improved Performance. *Carbohydrate Polymers, 186*, 367–376. Https://Doi.Org/10.1016/J.Carbpol.2018.01.070

Sholikhah, M. (2022). *Fabrikasi Membran Nanofibers Selulosa Asetat Termodifikasi Tio_2 Dengan Metode Electrospinning Untuk Degradasi Zat Warna* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Walisongo]. Https://Eprints.Walisongo.Ac.Id/21224/1/Skripsi_1808026025_Maratus_Sholikhah.Pdf

Topan Darmawan, M., Elma, M., & Ismail, M. (2018). Sintesis Dan Karakterisasi Selulosa Asetat Dari Alfa Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan), 4*(1), 50–55. Https://Doi.Org/10.20527/Jukung.V4i1.4658

Xiang, P., Zhang, T., Wu, Q., & Li, Q. (2023). Systematic Review Of Degradation Processes For Microplastics: Progress And Prospects. *Environmental Science And Ecotechnology, 13*, 100222. Https://Doi.Org/10.1016/J.Ese.2022.100222