



E-ISSN 3032-601X & P-ISSN 3032-7105

Vol. 2, No. 2, Tahun 2025

MISTER

Journal of Multidisciplinary Inquiry in Science,
Technology and Educational Research

**Jurnal Penelitian Multidisiplin dalam Ilmu
Pengetahuan, Teknologi dan Pendidikan**

**UNIVERSITAS SERAMBI MEKKAH
KOTA BANDA ACEH**

mister@serambimekkah.ac.id

Journal of Multidisciplinary Inquiry in Science Technology
and Educational Research

Journal of MISTER

Vol. 2, No. 2, Tahun 2025

Pages : 3087–3093

Pengaruh Kinerja Nanopartikel TiO₂, ZnO dan GO pada Membran PSf Neat untuk Pengolahan Limbah Batik

Ratih Estu Nugraheni

Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sunan Bonang

Article in Journal of MISTER

Available at : <https://jurnal.serambimekkah.ac.id/index.php/mister/index>

DOI : <https://doi.org/10.32672/mister.v2i2.3089>

How to Cite this Article

APA : Nugraheni, R. E. (2025). Pengaruh Kinerja Nanopartikel TiO₂, ZnO dan GO pada Membran PSf Neat untuk Pengolahan Limbah Batik. *Journal of Multidisciplinary Inquiry in Science, Technology and Educational Research*, 2(2), 3087 – 3093. <https://doi.org/10.32672/mister.v2i2.3089>

Others Visit : <https://jurnal.serambimekkah.ac.id/index.php/mister/index>

MISTER: *Journal of Multidisciplinary Inquiry in Science, Technology and Educational Research* is a scholarly journal dedicated to the exploration and dissemination of innovative ideas, trends and research on the various topics include, but not limited to functional areas of Science, Technology, Education, Humanities, Economy, Art, Health and Medicine, Environment and Sustainability or Law and Ethics.

MISTER: *Journal of Multidisciplinary Inquiry in Science, Technology and Educational Research* is an open-access journal, and users are permitted to read, download, copy, search, or link to the full text of articles or use them for other lawful purposes. Articles on Journal of MISTER have been previewed and authenticated by the Authors before sending for publication. The Journal, Chief Editor, and the editorial board are not entitled or liable to either justify or responsible for inaccurate and misleading data if any. It is the sole responsibility of the Author concerned.



ISSN 3032-7105

ISSN 3032-601X



Pengaruh Kinerja Nanopartikel TiO₂, ZnO dan GO pada Membran PSf Neat untuk Pengolahan Limbah Batik

Ratih Estu Nugraheni

Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sunan Bonang

*Email Korespondensi: ratihestunug@gmail.com

Diterima: 12-02-2025

| Disetujui: 13-02-2025

| Diterbitkan: 14-02-2025

ABSTRACT

Membrane technology is currently experiencing rapid growth. Various applications of membranes have been implemented in everyday life, one of which is wastewater treatment. In Indonesia, batik is recognized as a UNESCO heritage art form. However, batik wastewater has not been properly treated, leading to environmental damage. This research aims to investigate the effects of TiO₂, ZnO, and GO nanoparticles on neat PSf membranes. These three nanoparticles were chosen for their ability to modify the hydrophilicity and porosity of the membrane. The results indicated that TiO₂, ZnO, and GO nanoparticles influenced the separation capability for COD, ammonia, Cr, and color content in the modified membranes. The enhanced separation ability of the modified membranes suggests that TiO₂, ZnO, and GO nanoparticles have the potential to reduce environmental damage.

Keywords: TiO₂, ZnO, GO, Nanoparticles, Membrane

ABSTRAK

Membran merupakan teknologi yang sedang berkembang pesat untuk saat ini. Beberapa aplikasi membran telah diterapkan di kehidupan sehari-hari. Salah satunya adalah untuk pengolahan limbah. Di Indonesia, batik merupakan salah satu karya seni yang telah diakui oleh UNESCO. Namun limbah batik belum bisa diolah dengan baik sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh nanopartikel TiO₂, ZnO, dan GO pada membran PSf neat. Ketiga nanopartikel tersebut dipilih karena memiliki kemampuan modifikasi terhadap hidrofilitas dan porositas membran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel TiO₂, ZnO, dan GO mempengaruhi kemampuan pemisahan COD, amonia, Cr, dan kadar warna pada membran modifikasi. Peningkatan kemampuan pemisahan membran modifikasi menunjukkan bahwa nanopartikel TiO₂, ZnO, dan GO berpotensi mengurangi kerusakan lingkungan.

Katakunci: TiO₂, ZnO, GO, Nanopartikel, Membran

PENDAHULUAN

Pada tahun 2009 batik telah resmi diakui *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) sebagai salah satu warisan kekayaan negara Indonesia. Batik digemari karena memiliki motif dan corak yang khas. Penggunaan batik bisa dilakukan pada acara formal maupun non formal. Hal ini berdampak pada peningkatan industri batik hingga 39,7% dalam waktu lima tahun terakhir (Badan Pusat Statistik, 2020). Namun perkembangan industri batik yang baik belum diimbangi dengan penanganan air limbah yang sesuai dengan standard. Sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan di kawasan industri batik dan pemukiman warga (Apriyani, 2018). Permasalahan lingkungan akibat industri batik terjadi karena limbah batik memiliki warna yang pekat, bahan kimia melimpah, dan bahan aktif lainnya yang berbahaya bagi lingkungan (Hassan, 2009).

Dalam proses pembuatan batik sekitar 80% dari total air keseluruhan terbuang menjadi limbah tidak terpakai (Watini, 2009). Kondisi ini terjadi karena kebanyakan industri batik masih berskala kecil atau rumahan (*home industry*). Dari segi keuangan, dana yang dimiliki belum maksimal. Sedangkan dari segi teknologi belum memadai. Tempat yang terbatas juga menyebabkan kebanyakan industri batik tidak melakukan pengolahan limbah dengan maksimal. Pembuangan hasil limbah batik dilakukan pada saluran air hujan dan selokan dinilai wajar oleh pemilik usaha karena kurangnya fasilitas pengolahan limbah batik (Sumarni, 2012).

Umumnya pengolahan limbah batik dilakukan menggunakan metode konvensional seperti koagulasi, oksidasi, adsorpsi, dan lumpur aktif (Panda, 2015). Namun metode-metode tersebut belum cukup efektif untuk menghilangkan kandungan zat pewarna dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Gozalvez-Zafrilla, 2008). Kandungan zat pewarna pada limbah batik bersifat *non-biodegradable* atau susah untuk diuraikan. Sehingga dibutuhkan pengolahan limbah yang dapat mengurai kandungan senyawa kimia pada limbah batik. Selain itu, limbah batik juga memiliki struktur kimia yang sangat kuat. Pengolahan limbah konvensional tidak bisa melemahkan ikatan-ikatan kimia tersebut. Sehingga penggunaan sinar ultraviolet dan ozonasi menjadi hal yang sering ditawarkan untuk mengurangi permasalahan pada pengolahan limbah batik (Panda, 2015).

Teknologi ozonasi dan ultraviolet sering dilakukan untuk menguraikan limbah batik karena memiliki kemampuan untuk menguraikan senyawa-senyawa kimia. Kemampuan ini juga dimiliki oleh nanopartikel TiO_2 , ZnO , dan GO . Modifikasi membran PSf dengan nanopartikel TiO_2 , ZnO , dan GO dipilih karena memiliki biaya murah, perawatan mudah, serta instalasi sederhana. Membran PSf juga terkenal memiliki kestabilan baik, kekuatan tinggi, fleksibilitas tinggi, serta rentang pH luas (Gao, 2014; Sinha & Purkait, 2015). Kekurangan dari membran ini adalah hidrofilitas yang rendah (Gao, 2014). Sehingga perlu ditambahkan nanopartikel yang dapat meningkatkan jumlah fluks (Sinha & Purkait, 2015).

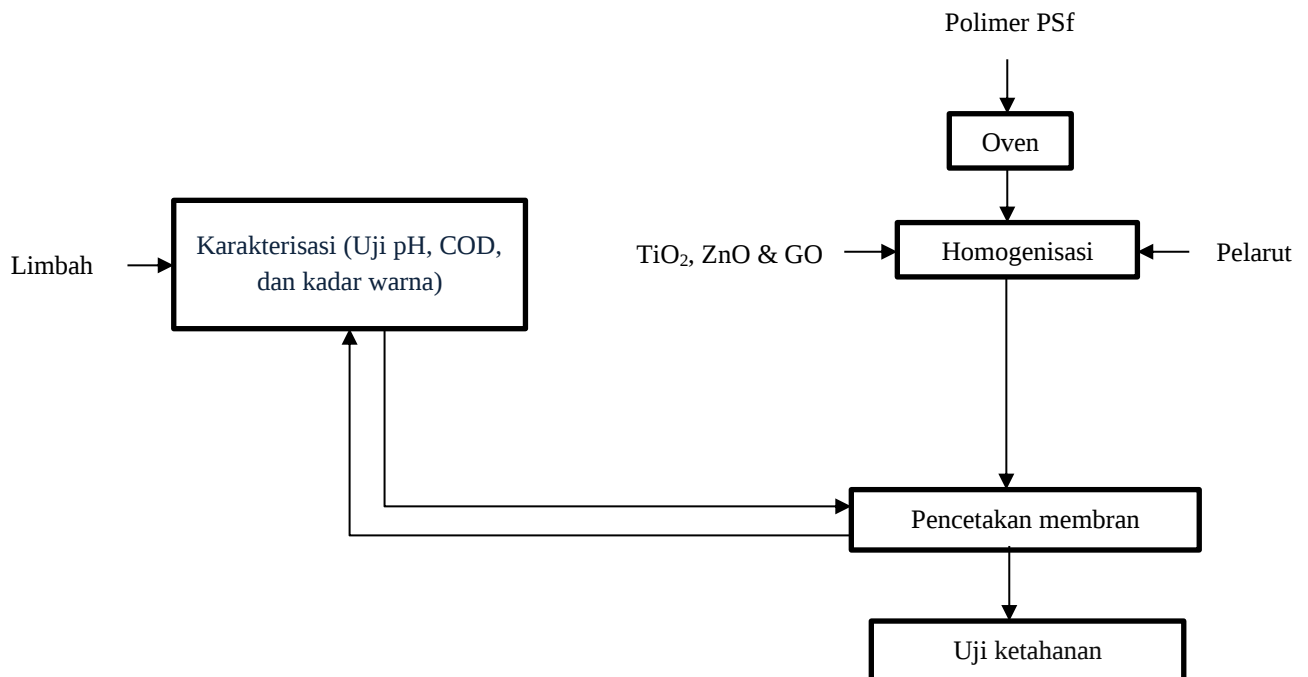
Pada penelitian terdahulu dijelaskan bahwa nanopartikel TiO_2 paling baik dimodifikasikan pada membran PSf dibawah 2% berat (Bidsorkhi, 2016). Sementara nanopartikel ZnO memiliki luaran jenis membran yang berbeda pada tiap penamahan gram nanopartikel ZnO (Ahmad, 2015). Pada penelitian yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar berat ZnO yang ditambahkan pada membran maka semakin berpori membran yang dihasilkan. Sementara pada penelitian sebelumnya, nanopartikel GO seringkali dimodifikasikan pada nanopartikel lain yang digunakan sebagai penunjang kekuatan adsorpsi nanopartikel ke dalam matriks membran *neat* (Chung, 2017).

Setelah melakukan studi literatur, diketahui bahwa karakteristik membran PSf, nanopartikel TiO_2 , ZnO , dan GO memiliki keselarasan yang baik. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk membandingkan

kinerja tiga jenis nanopartikel ke dalam membran PSf *neat*. Hal ini diharapkan dapat menciptakan membran modifikasi yang memiliki ketahanan baik serta hidrofilitas tinggi. Dengan karakteristik yang baik diharapkan membran modifikasi dapat membantu menyelesaikan permasalahan lingkungan akibat limbah batik industri rumahan (*home industry*).

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, diantaranya (i) karakterisasi limbah batik, (ii) pembuatan membran modifikasi, (iii) filtrasi limbah batik, dan (iv) uji ketahanan membran. Parameter yang dihitung pada tahap (i) dan (iii) adalah kadar pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan kadar warna. Tahap (i) menggunakan limbah batik sementara tahap (iii) menggunakan permeat proses filtrasi. Filtrasi dilakukan pada kondisi tekanan 5 bar, suhu ruang, serta waktu selama 30 menit.



Gambar 1. Skema Rancangan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengumpulan dan pengolahan data menggunakan langkah penelitian yang telah dijelaskan pada subab sebelumnya, didapatkan beberapa hasil sebagai berikut:

Pengaruh Nanopartikel TiO₂, ZnO, dan GO Pada Porositas Membran PSf neat

Porositas membran dihitung untuk mengetahui pengaruh kinerja membran modifikasi. Porositas merupakan rongga atau pori yang terdapat di dalam membran (Smith et al., 1994). Dimana semakin besar

porositas membran maka jumlah pori di dalam membran semakin besar. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa nilai porositas meningkat setelah penambahan nanopartikel TiO₂, ZnO, dan GO pada membran PSf *neat*.

Tabel 1. Hasil Uji Porositas

Membran	Porositas (%)	Diameter rata-rata pori (nm)
PSf <i>neat</i>	65,385	22,301
PSf-TiO ₂	78,261	26,446
PSf-ZnO	77,083	23,159
PSf-GO	80,851	29,603

Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan nanopartikel TiO₂, ZnO, dan GO pada membran PSf *neat* efektif untuk meningkatkan porositas membran. Fenomena ini terjadi karena nanopartikel melakukan adsorpsi dan menciptakan jarak antara polimer dan pelarut pada proses homogenisasi. Jarak ini kemudian membentuk pori saat proses inversi fasa atau pelucutan nanopartikel dilakukan (Tang, 2020). Dengan meningkatnya porositas membran maka permeabilitas membran juga akan meningkat (Sheikh & dkk, 2020).

Kemampuan Hidrofilitas Membran Modifikasi

Membran PSf *neat* memiliki kelemahan yakni hidrofilitas yang rendah. Proses modifikasi membran PSf *neat* dengan nanopartikel TiO₂, ZnO, dan GO diharapkan bisa meningkatkan kemampuan hidrofilitasnya. Uji hidrofilitas sederhana dilakukan dengan menghitung sudut kontak membran (Sali et al., 2019). Membran dikatakan memiliki hidrofilitas tinggi atau hidrofilik jika nilai sudut kontak dibawah 90° (Sali et al., 2019). Sementara kebalikannya disebut sebagai hidrofobik.

Tabel 2. Hasil Uji Hidrofilitas

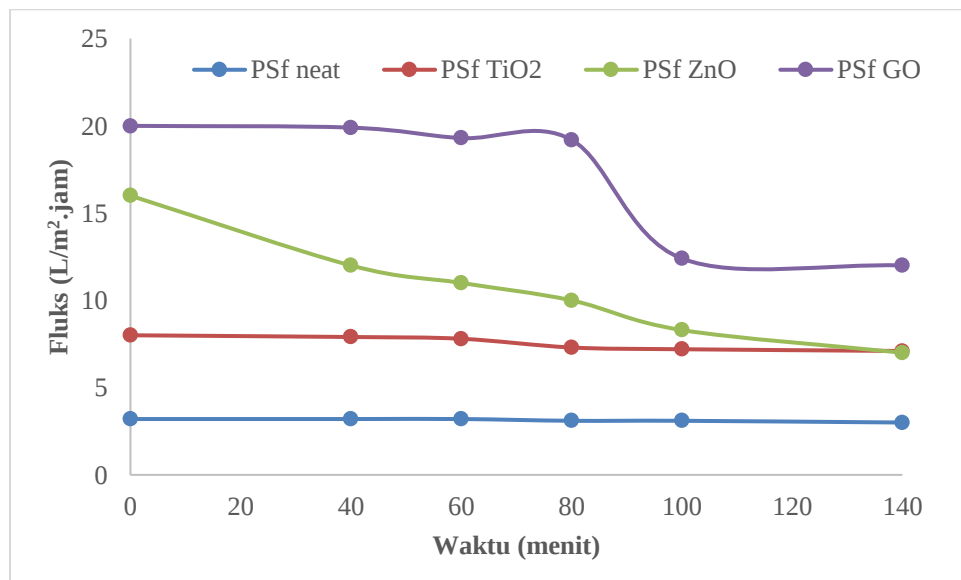
Membran	Rata-rata sudut kontak (°)
PSf <i>neat</i>	75,5 ± 1,9
PSf-TiO ₂	73,6 ± 0,9
PSf-ZnO	72,3 ± 2,8
PSf-GO	69,9 ± 2,4

Data pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa nilai rata-rata sudut kontak semakin rendah setelah penambahan nanopartikel pada membran PSf *neat*. Ini artinya kemampuan hidrofilitas membran modifikasi semakin baik. Pengaruh peningkatan nilai hidrofilitas terjadi karena nanopartikel TiO₂, ZnO, dan GO memiliki gaya afinitas. Gaya afinitas yang dimiliki oleh nanopartikel dapat menyebabkan membran memiliki kecenderungan untuk menarik elektron karena memiliki kandungan oksigen (Kusworo et al.,

2020).

Kinerja Membran Modifikasi

Kinerja membran modifikasi dapat dilihat dari uji filtrasi. Dimana semakin besar jumlah fluks maka membran dapat dikatakan memiliki kinerja yang baik (Laila & dkk, 2013). Selain itu, besarnya nilai rejeksi juga bisa menunjukkan bahwa membran memiliki kerja baik (Laila & dkk, 2013).



Gambar 1. Permeabilitas Membran Modifikasi

Berdasarkan **Gambar 1** diketahui bahwa urutan fluks dari terendah ke tertinggi dimiliki oleh membran PSf *neat*, membran PSf-TiO₂, membran PSf-ZnO, dan membran PSf-GO. Hal ini membuktikan bahwa penambahan nanopartikel pada membran PSf *neat* memberikan dampak positif pada kinerja membran. Hasil ini sejalan dengan nilai hidrofilitas membran modifikasi nanopartikel TiO₂ yang lebih rendah dibandingkan nanopartikel ZnO dan GO pada pembahasan sebelumnya. Besarnya jumlah fluks dipengaruhi hidrofilitas karena jika hidrofilitas membran besar maka kemampuan menyerap air akan semakin besar pula (Sun & dkk, 2013).

Selain itu, **Gambar 1** juga menunjukkan bahwa nilai fluks akan menurun seiring dengan penambahan waktu. Hal ini terjadi karena penyumbatan kotoran yang terkandung pada umpan limbah batik. Penyumbatan kotoran menyebabkan umpan limbah batik yang seharusnya melewati permukaan membran menjadi tertahan karena pori tertutup. Jika penyumbatan terus-menerus terjadi maka dapat menyebabkan *fouling*.

KESIMPULAN

Penambahan nanopartikel TiO₂, ZnO, dan GO pada membran PSf *neat* efektif untuk memodifikasi membran. Kemampuan adsorpsi masing-masing nanopartikel menyebabkan terbentuknya pori-pori yang besar pada permukaan membran. Selain itu, modifikasi membran menggunakan nanopartikel juga

meningkatkan kemampuan hidrofilitas membran yang berdampak baik pada kinerja membran.

Pada penelitian selanjutnya diharapkan proses kombinasi dari tiga nanopartikel TiO₂, ZnO, dan GO sekaligus. Hal ini mungkin lebih efektif untuk menyelesaikan permasalahan lingkungan di sekitar industri batik rumahan. Selain itu, perlu ditambahkan metode yang dapat mengurangi penyumbatan pada proses filtrasi membran modifikasi agar fluks yang dihasilkan lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad. (2015). Preparation and characterisation of PES-ZnO mixed matrix membranes for humic acid removal. *Desalination and Water Treatment*, 3257-3268.
- Apriyani. (2018). Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 21-29.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Sektor Industri Tekstil di Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bidsorkhi. (2016). Preparation and characterization of a novel highly hydrophilic and antifouling polysulfone/nanoporous TiO₂ nanocomposite membrane. *Nanotechnology IOP Publishing*, 1-11.
- Chung. (2017). Development of polysulfone-nanohybrid membranes using ZnO-GO composite for enhanced antifouling and antibacterial control. *Desalination*, 123-132.
- Gao. (2014). Effect of nano-amphiphilic cellulose as a modifier to PSf composite membranes. *Elsevier Ltd*, 199-203.
- Gonzalez-Zafrilla. (2008). Nanofiltration of secondary effluent for wastewater reuse in the textile industry. *Desalination*, 272-279.
- Hassan, L. N. (2009). Coagulation and Flocculation Treatment of Wastewater in Textile Industry Using Chitosan. *Journal of Chemical and Natural Resources Engineering*, 43-53.
- Kusworo, T. D., Aryanti, N., & Utomo, D. P. (2020). Effect of nano-TiO₂ loading in polysulfone membranes on the removal of pollutant following natural-rubber wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 101190.
- Laila, & dkk. (2013). A review on membrane fabrication: Structure, properties and performance relationship. *Desalination*, 77-95.
- Panda. (2015). Performance evaluation of two stage nanofiltration for treatment of textile effluent containing reactive dyes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 1678-1690.
- Sali, S., Mackey, H. R., & Abdala, A. A. (2019). Effect of graphene oxide synthesis method on properties and performance of polysulfone-graphene oxide mixed matrix membranes. *Nanomaterials*.
- Sheikh, M., & dkk. (2020). Application of ZnO nanostructures in ceramic and polymeric membranes for water and wastewater technologies: A review. *Elsevier*, 123475.
- Sinha, & Purkait. (2015). Preparation of fouling resistant PSF flat sheet UF membrane using amphiphilic polyurethane macromolecules. *Desalination*, 155-168.
- Smith, D. M., Hua, D. W., & Earl, W. L. (1994). Characterization of Porous Solids. *MRS Bulletin*, 44-48.
- Sumarni. (2012). Adsorpsi Zat Warna dan Zat Padat Tersuspensi dalam Limbah Cair Batik. *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi Periode III*, 263-269.
- Sun, W., & dkk. (2013). Pretreatment and membrane hydrophilic modification to reduce membrane fouling. *Membranes*, 226-241.

- Tang, Q. (2020). Preparation of porous antibacterial polyamide 6 (PA6) membrane with zinc oxide (ZnO) nanoparticles selectively localized at the pore walls via reactive extrusion. *Science of the Total Environment*, 137018.
- Watini. (2009). *Pengaruh Waktu Kontak Eceng Gondok (Eichornia crassipes) Terhadap Penurunan Kadar Cd dan Cr Pada Air Limbah Industri Batik (Home Industry Batik di Desa Sokaraja Lor)*. 2009: Universitas Jenderal Soedirman.