



A Review of Nanofiltration Membrane Technology to Treat Water Problems

Review Teknologi Membran Nanofiltrasi untuk Mengatasi Masalah Air

Syifa Aulia Permata Sari^{1*}, Lesta¹, Syarmila¹, Yunita Hanum¹, Zulfa Mawaddah¹, Jurian¹, dan Nurhadini¹

¹Department of Chemistry, Universitas of Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka,
Kepulauan Bangka Belitung, 33172

**Corresponding author: sipasipaaaa@gmail.com*

Received: April 01, 2022 Accepted: December 20, 2022 Published: December 26, 2022

ABSTRACT

One of the most widely used membranes is the nanofiltration membrane, this membrane is formed from various nanomaterials, such as metal nanoparticles and metal oxides, carbon-based nanoparticles, metal organic frameworks, and micro or organic nanoparticles. Membrane separation processes are used to concentrate or fractionate liquids to produce two liquids with different compositions. This makes the nanofiltration process an alternative compared to conventional processes. The potential of nanofiltration membranes can be used in textile industry wastewater treatment, tofu liquid waste, tofu liquid waste treatment, batik wastewater testing, and groundwater management as drinking water. In addition, nanofiltration membrane technology can be used as a separator for a substance in the air, such as removal of cypermethrin, arsenic cream, concentration of lactic acid bacteria as a tasty probiotic, removal of carbosulfan, Zr-Hf separation, and can see the characterization and performance evaluation of the antifouling properties of membranes. . Based on the process, the performance of a membrane is determined by two simple factors, namely flux (permeate flow rate) and membrane selectivity.

Keywords: *membrane nanofiltration, separation, selectivity, wastewater, organic matter*

PENDAHULUAN

Perkembangan era revolusi ekonomi menjadikan arahan sektor perindustrian semakin meningkat. Kemajuan diberbagai bidang tentu membuahkan hasil yang lebih banyak pula. Namun pada kenyatannya perkembangan ini tidak seimbang antara proses dan pengolahan pembuangan akhir seperti limbah dari industri. Hal ini tentu akan menimbulkan dampak negatif baik bagi individu maupun lingkungan terutama pada perairan. Apalagi tidak sedikit proses di

dalam industri menggunakan bahan-bahan yang cukup berbahaya. Tanggap permasalahan tersebut perlu dilakukan, seperti akhir-akhir ini salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk pengelolaan yaitu teknologi membran.

Teknologi membran dipilih karena prinsip kerjanya yang terbilang praktis, lalu tingkat konsumsi energinya rendah, dan dapat mengurangi senyawa organik atau anorganik yang berada dalam air tanpa adanya penggunaan bahan kimia. Membran merupakan

suatu lapisan tipis yang bersifat *permeable* atau *semipermeable* sebagai penghalang unsur-unsur dengan ukuran tertentu untuk melewatinya. Menurut Maharani dan Alia (2013), membran menjadi penghalang yang mengontrol transportasi molekul-molekul sehingga terbentuklah permeat yang terbebas dari molekul-molekul pengotor. Performa suatu membran ditentukan oleh dua faktor sederhana yaitu fluks (kecepatan aliran permeat) dan selektivitas membran.

Nanofiltrasi merupakan proses filtrasi membran yang relatif baru dan sering kali digunakan pada air dengan jumlah total padatan terlarut sedikit dengan tujuan untuk *softening* (penghilangan kation polivalen) dan penghilangan produk samping desinfektan seperti zat organik alam atau sintetik. Saat ini, membran nanofiltrasi yang tersedia secara komersial yaitu poliamida (PA) dan selulosa asetat (CA). Polimer lain seperti polieter sulfon (PES), polimida (PI), polistiren sulfonat (SPSF), zeolit, polivinil alkohol (PVA), dan kitosan (CS) dapat digunakan dalam pembuatan membran nanofiltrasi.

Prinsip kerja membran nanofiltrasi termasuk jenis membran semipermeabel, pada prosesnya dilakukan pemisahan komponen terlarut yang melewati daerah membran. Kemudian terbentuk permeat atau filtrat dan membentuk konsentrat. Membran nanofiltrasi pada dasarnya bermuatan negatif, sehingga dapat digunakan dalam penolakan anion untuk menentukan rejeksi agar dapat memberikan selektivitas pemisahan yang maksimal. Karakteristik tersebut telah dimanfaatkan dalam pengolahan air limbah. Selain itu, penggunaan membran nanofiltrasi dapat digunakan dalam pemisahan suatu zat yang terkandung di dalam air.

Berdasarkan kriteria bahan membran dan karakteristik membran nanofiltrasi tersebut, akan diidentifikasi mengenai jenis bahan yang digunakan dalam pembuatan membran untuk menentukan potensi pemisahan serta pengaruh kinerja membran dalam mengatasi berbagai permasalahan terkait pengolahan air dan pemisahan suatu zat. Identifikasi ini didasarkan pada penelitian sebelumnya.

A. Pengolahan Air Menggunakan Membran Nanofiltrasi

Secara umum, kemajuan dalam teknologi berbasis membran telah banyak dilakukan,

mengingat manfaatnya yang terbilang dapat menghasilkan hasil yang maksimal. Salah satu membran yang paling banyak digunakan yaitu membran nanofiltrasi, membran ini dibentuk dari berbagai nanomaterial, seperti nanopartikel logam dan oksida logam, nano berbasis karbon, metal organik *framework*, dan mikro atau nanopartikel organik. Secara khusus, keunggulan berbasis nanomaterial diantaranya termasuk selektivitas tinggi, stabilitas yang baik dan sifat antifouling yang ditekankan. Sejumlah nanopartikel oksida logam dan logam oksida, yaitu zeolit, silika (SiO_2), titanium dioksida (TiO_2), serta nanopartikel perak (NPAg), telah disubstitusi ke dalam matriks polimer untuk sintesis membran nanofiltrasi, dan dapat meningkatkan kinerja membran, termasuk fluks dan penolakan, stabilitas mekanik dan termal, serta sifat antifouling juga antibakteri (Ji *et al.*, 2019).

Daya Tarik utama pada proses membran nanofiltrasi dilihat dari konsumsi energi yang rendah, efisiensi pemisahan yang lebih besar, proses yang relatif sederhana, dan peningkatan kualitas hasil akhir. Hal tersebut didasarkan pada sifat selektif massa molar atau ukuran partikel (Salehi, 2014).

Proses pemisahan membran digunakan untuk mengkonsentrasikan atau memfraksinasi cairan agar menghasilkan dua cairan dengan komposisi yang berbeda. Hal ini menjadikan proses nanofiltrasi sebagai alternatif dibandingkan dengan proses konvensional. Sifat-sifat membran dapat berupa pengontrol komponen mana yang akan mengalir dan mana yang akan dipertahankan berdasarkan sifat selektif massa molar atau ukuran partikel.

Nanofiltrasi sendiri beroperasi di bidang antara Reverse Osmosis (RO) dan ultrafiltrasi (UF), membran tersebut dapat menahan molekul organik dengan berat molekul lebih besar dari 200 - 400. Adapun kontaminan yang ditolak oleh membran nanofiltrasi seperti organik terlarut, insektisida, herbisida, antibiotik, nitrat, gula, dan ion logam.

Pada dasarnya, banyak sekali pengaplikasian dari membran nanofiltrasi ini, berikut akan dijelaskan pengaruh dari membran tersebut berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan baik dari segi proses pengolahan air maupun pemisahan suatu zat dalam air (Tabel 1).

Tabel 1. Potensi membran nanofiltrasi terhadap pengolahan air

No	Jenis Membran	Potensi	Variasi	Hasil
1.	Membran Nanofiltrasi	pengolahan air limbah industri tekstil	beroperasi pada relatif tekanan rendah, yang berkisar 500-1000 kPa	menghasilkan air hasil pengolahan limbah yang dapat digunakan kembali untuk proses primer pembuatan tekstil
2.	Membran Nanofiltrasi	pengolahan air limbah menjadi air minum	KFS-MF-UF	pengolahan air dengan teknologi membran telah menghasilkan air olahan dengan kualitas air minum yang disyaratkan
3.	Membran nanofiltrasi NF270	pengolahan limbah cair batik	ukuran pori 180 kDa pada tekanan 4, 5, dan 6 bar	penyisihan warna, COD, BOD, TSS dan logam Pb sudah memenuhi baku mutu untuk tekanan optimum 6 bar
4.	Membran nanofiltrasi Silika	pengolahan limbah cair tahu	- membran silika (10 gram) - membran silika (5 gram) - membran silika (8 gram)	- tidak didapatkan nilai koefisien rejeksi - nilai koefisien rejeksi yang paling besar - kinerja membran kurang optimal
5.	Membran nanofiltrasi NF270	pengolahan limbah lindi	lindi sintetis dan lindi TPA Blondo	membran nanofiltrasi NF270 mampu menyisihkan TSS dan Fe dengan tingkat rejeksi 100%
6.	Membran nanofiltrasi	pengujian air limbah batik	membran 3 gram dan 5 gram	- nilai fluks tertinggi (3 gram) yaitu 26,4 m³/M - nilai fluks tertinggi (5 gram) yaitu 24 m³/M
7.	Membran nanofiltrasi	pengolahan air tanah untuk sumber daya air minum	pH 9.4 dengan tekanan rendah 2 bar	tercapainya Penghapusan hingga 99% untuk 10 mg/L larutan besi

Hasan (2016), melakukan penelitian terhadap pengolahan air limbah industri tekstil menggunakan membran nanofiltrasi yang beroperasi pada relatif tekanan rendah berkisar 500-1000 kPa. Kualitas permeat

yang dihasilkan memungkinkan untuk penggunaan kembali air limbah dalam proses pewarnaan maupun *finishing*. Berkat teknologi membran ini dapat dianggap sebagai terobosan revolusioner dalam bidang teknologi dan

sangat membantu untuk kedepannya. Penelitian lain dilakukan oleh Hidayah (2018), mengenai pengolahan air limbah menjadi air minum dengan menghilangkan ammonium dan bakteri *E-coli* melalui membran nanofiltrasi. Penelitian ini didasari oleh pemanfaatan air limbah menjadi air minum diperlukan pengolahan yang dapat memenuhi standar kualitas sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan No.907/ MENKES/SK/VII/2002, sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas tinggi serta tidak berbahaya bagi kesehatan manusia. Pengolahan pendahuluan dilakukan menggunakan sistem KFS, MF, dan UF. Pengolahan air dengan teknologi membran ini telah menghasilkan air olahan dengan kualitas air minum yang baik.

Penelitian selanjutnya yaitu pengolahan limbah cair batik yang dilakukan oleh Kiswanto *et al.*, (2019), menggunakan membran nanofiltrasi NF270 dengan ukuran pori 180 kDa pada tekanan 4, 5, dan 6 bar, hasil yang diperoleh menunjukkan parameter penyisihan warna, COD, BOD, TSS dan logam Pb sudah memenuhi baku mutu pada tekanan optimum 6 bar. Adapun penelitian serupa yang dilakukan oleh Hendra *et al.*, (2014) mengenai pemanfaatan membran nanofiltrasi sebagai pengujian pada air limbah batik, perbedaannya terletak pada jenis bahan pembuatan membran. Pada penelitian ini zeolit dijadikan sebagai bahan baku pengolahan membran. Variasi yang digunakan ialah membran dengan massa 3 gram dan 5 gram, dengan nilai fluks tertinggi (3 gram) yaitu 26,4 m³/M dan nilai fluks tertinggi (5 gram) yaitu 24 m³/M.

Berbeda dengan pengolahan limbah cair tahu membran nanofiltrasi yang digunakan berbahan baku membran nanofiltrasi silika. Penelitian yang dilakukan oleh Tangahu dan Dwi (2016) ini memilih variasi jumlah membran sebagai pembanding, variasinya berada pada membran silika 5, 8, dan 10 gram. Hasil dari masing-masing percobaan antara lain: pada membran silika 5 gram, nilai koefisien rejeksi merupakan nilai yang paling besar, lalu pada membran silika 8 gram kinerja membran kurang optimal dan pada membran silika 10 gram ini tidak didapatkan nilai koefisien rejeksi. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa massa silika yang paling optimum untuk pembuatan membran adalah 5 gram dengan nilai koefisien rejeksi yang paling baik untuk parameter ammonium adalah 92,17%.

Futry *et al.*, (2015), melakukan penelitian serupa menjadikan membran nanofiltrasi

NF270 sebagai pengolahan limbah lindi, dalam penelitian ini digunakan lindi sintetik dan lindi TPA Blondo. Kinerja membran NF270 sendiri dapat menyisihkan parameter COD, TSS, TDS, dan logam Fe dengan lindi sintetik sebagai tujuan untuk menghindari pengaruh dari pengotor lain. Sedangkan limbah lindi TPA Blondo digunakan untuk mengetahui potensi membran NF270 dalam pengaplikasiannya terhadap pengolahan lindi. Contoh penelitian terakhir yaitu penggunaan membran nanofiltrasi sebagai teknologi pengolahan air tanah untuk sumber daya air minum. Membran NF berpotensi digunakan untuk semua jenis pengolahan air termasuk tanah, permukaan, dan air limbah atau juga digunakan sebagai *pretreatment* untuk desalinasi.

B. Penyisihan Zat dalam Media Perairan dengan Membran Nanofiltrasi

Selain potensi dari membran nanofiltrasi terhadap pengolahan air, membran ini juga dapat digunakan sebagai teknologi penyisihan suatu zat di dalam air. Adapun berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat dilihat pada tabel 2.

Teknologi membran dipilih karena prinsip kerjanya menggunakan mekanisme pengayakan dan melarut-difusi, selain itu pada prosesnya tidak membutuhkan bahan kimia tambahan, dapat beroperasi pada suhu ruangan, dan memiliki tingkat konsumsi energi yang rendah (Zanna, 2018). Pengolahan residu pestisida seperti jenis cypermethrin penting dilakukan untuk mempertahankan kualitas lingkungan, namun pengolahan limbah residu pestisida melalui proses konvensional dinilai kurang efektif dan efisien karena dibutuhkan lahan yang cukup luas dan bahan kimia dalam jumlah besar. Hal tersebut menjadi dasar penelitian oleh Naibaho *et al.*, (2017), jenis membran yang digunakan yaitu membran NF270, dengan konsentrasi 0,53 dan 0,88 ppm dilakukan pada variasi tekanan operasi 4, 5, dan 6 bar. Hasil penelitian membuktikan bahwa nilai fluks akan semakin meningkat seiring peningkatan tekanan. Nilai fluks (J_o) yang paling besar terdapat pada tekanan 6 bar.

Pemisahan lainnya seperti penghilangan arsenik dalam air menggunakan membran NF270 yang dilakukan oleh Lestari (2020). Karakteristik membran yang mengatur pemisahan arsenik harus menentukan pemutusan berat molekul (MWCO), muatan elektrokinetik dan karakteristik penolakan garam individu pada rentang pH 4 sampai 10.

Tabel 2. Potensi membran nanofiltrasi terhadap penyisihan suatu zat dalam air

No	Jenis Membran	Potensi	Variasi	Hasil
1.	Membran NF270	penyisihan cypermethrin dalam air	konsentrasi 0,53 dan 0,88 ppm dilakukan pada variasi tekanan operasi 4, 5, dan 6 bar	semakin besar tekanan operasi, maka semakin besar nilai fluks yang didapat
2.	Membran NE90	penghilangan arsenik dari air	konsentrasi As(V) dan As(III)	- penyisihan As(V) meningkat di seluruh rentang pH - penyisihan As(III) meningkat selama rentang pH 8-10
3.	Membran nanofiltrasi	pemekatan bakteri asam laktat sebagai probiotik savory	tekanan operasi 25 bar selama 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 270 dan 300 menit	proses NF optimal tercapai pada waktu ke-210 menit
4.	Membran nanofiltrasi NF270	penyisihan karbosulfan dalam air	tekanan operasi 4, 5, dan 6 bar	semakin tinggi tekanan operasi, fluks yang dihasilkan juga semakin tinggi
5.	Membran nanofiltrasi	pemisahan Zr-Hf	metode kompleksasi membran nanofiltrasi	dapat dilakukan untuk memisahkan elemen hafnium yang ada pada $ZrOCl_2$
6.	Membran nanofiltrasi matriks campuran	preparasi, karakterisasi dan evaluasi kinerja serta sifat antifouling dari membran	membran dengan kekasaran yang lebih rendah (0,04wt% MWCNT/PES)	kekasaran permukaan membran berperan penting dalam ketahanan antibiofouling membran MWCNT dan mewakili sifat antifouling yang unggul
7.	Membran nanofiltrasi	efek sinergis dari pengotoran gabungan dan membran nanofiltrasi	pengotoran gabungan dari membran NF	efek sinergis yang cukup besar ditemukan selama pengotoran gabungan
8.	Membran nanofiltrasi	pengaruh tekanan dan hasil suhu terhadap rejeksi Gd-DPTA dan Sm-DPTA	variasi tekanan 2-6 bar dan suhu 20-40°C	semakin tinggi tekanan maka rejeksi semakin tinggi dan semakin tinggi suhu maka rejeksi akan semakin kecil

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penyisihan As(V) meningkat di seluruh rentang pH sedangkan

As(III) meningkat selama rentang pH 8-10. Selain dapat dilakukan untuk penyisihan suatu zat, dapat pula dilakukan untuk pemekatan

bakteri asam laktat sebagai probiotik savory yang diteliti oleh Moerniati *et al.*, (2019), Proses pemekatan dilakukan selama 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, dan 300 menit pada tekanan 25 bar. Hasil menunjukkan pada proses pemekatan di menit ke-210 merupakan waktu yang optimal dalam menghasilkan probiotik savory. Hal ini berkaitan dengan seiring peningkatan waktu, maka proses akan menurunkan fluks bahan namun dapat meningkatkan komposisi retentat.

Penggunaan membran nanofiltrasi lainnya digunakan sebagai teknologi penyisihan karbosulfan dalam air seperti yang dilakukan pada penelitian Lintang *et al.*, (2017), yang beroperasi pada tekanan operasi 4, 5, dan 6 bar, serta variasi pH 4, 7, dan 9 untuk mencari tingkat rejeksi yang optimal. Tekanan operasi optimum didapatkan pada tekanan 5 bar dengan rejeksi sebesar 98,91%. Dapat diartikan bahwa semakin bertambahnya pH maka tingkat rejeksi akan semakin tinggi pula. Kemudian pada penelitian Wahyu *et al.*, (2020), dilakukan pemisahan Zr-Hf menggunakan metode kompleksasi-membran nanofiltrasi, proses pemisahan ion anorganik dapat dilakukan dengan menggunakan reagen polimerisasi yang terlarut di dalam air dikombinasikan dengan membran filtrasi. Reaksi (penolakan) Zr dan Hf oleh membran nanofiltrasi dari campuran Zr dan Hf dengan membran nanofiltrasi dalam media air memperoleh nilai rejeksi yang tinggi. Hal ini dikarenakan sifat kimia Zr dan juga Hf sangat mendominasi.

Dalam hal pemeriksaan kualitas membran, preparasi, karakterisasi dan evaluasi kinerja serta sifat antifouling dari membran dapat dilakukan. Membran yang digunakan ialah membran nanofiltrasi matriks campuran dengan kekasaran yang lebih rendah (0,04 wt% MWCNT/PES) untuk menghasilkan sifat antifouling yang unggul. Efek sinergis dari pengotoran gabungan dan membran nanofiltrasi pun dapat diketahui dengan pengotoran gabungan dari membran NF. Efek sinergis yang cukup besar dapat ditemukan selama pengotoran gabungan, seperti yang ditunjukkan oleh penurunan fluks dalam skala tinggi dibandingkan dengan hanya efek aditif pengotoran koloid dan pengotoran organik saja. Selain itu, pengaruh tekanan dan hasil suhu terhadap rejeksi Gd-DTPA dan Sm-DTPA dari membran nanofiltrasi dapat ditentukan seperti pada penelitian berikutnya, metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pembuatan larutan standar gadolinium(III) dan

samarium(III), pembuatan larutan kompleks dan pemisahan dengan membran nanofiltrasi pada variasi tekanan 2-6 bar dan suhu 20-40°C. Hasil dari percobaan tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan yang diberikan pada membran, maka rejeksi Gd-DTPA dan Sm-DTPA semakin tinggi dan semakin tinggi suhu yang diberikan pada membran, maka nilai rejeksi akan semakin kecil.

Berbagai keunggulan dan manfaat dari membran nanofiltrasi menjadikan membran sebagai teknologi yang banyak digunakan pada masa kini serta masa yang akan datang, sehubungan dengan banyaknya potensi dari membran tersebut, banyak pula para peneliti yang meneliti semua kemungkinan untuk diuji coba menggunakan teknologi membran. Beberapa diantaranya seperti yang telah dibahas, selain untuk pengolahan air dapat pula dijadikan sebagai alat pemisahan suatu komponen dalam media air. Pemilihan dalam penggunaan membran nanofiltrasi tentu diperlukan suatu kesesuaian apakah metode ini dapat menghasilkan produk yang baik atau tidak, sehingga hasil yang didapat sesuai dengan kriteria.

KESIMPULAN

Berdasarkan identifikasi potensi dari membran nanofiltrasi terhadap masalah perairan di bidang industri yang telah dikemukakan melalui kajian penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa teknologi membran nanofiltrasi merupakan proses filtrasi membran yang relatif baru dan sering kali digunakan pada air dengan jumlah total padatan terlarut sedikit. Dapat diketahui bahwa performa suatu membran ditentukan oleh dua faktor sederhana yaitu fluks (kecepatan aliran permeat) dan selektivitas membran. Penggunaan teknologi membran nanofiltrasi ini berkerja pada pengolahan air limbah serta penyisihan zat yang tidak diperlukan dalam air.

DAFTAR PUSTAKA

- Futry Tria Christ., Heru Susanto, dan Sudarno. 2015. *Pengolahan Limbah Lindi Menggunakan Membran Nanofiltrasi NF270*. Semarang: Program Studi S1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Hasan, Kevin. 2016. *Pengolahan Limbah Tekstil dengan Teknologi Membran*. Bandung: Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.
- Hidayah, Malikhatul. 2018. *Pengolahan Air Limbah Menjadi Air Minum Dengan*

- Menghilangkan Amonium Dan Bakteri E-Coli Melalui Membran Nanofiltrasi. *Walisongo Journal of Chemisthry*. 2(1): 6-13.
- Hendra Arya Pratama, Alia Damayanti, dan Eddy S. Soedjono. 2014. *Nanofiltration Zeolite Membrane Performing Test Using Batik Waste Water*. Surabaya: Department of Environmental Engineering, Faculty Civil Engineering and Planning, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).
- Ji, D., Xiao, C., An, S., Zhao, J., Hao, J., dan Chen, K. 2019. Preparation of high-flux PSF/GO loose nanofiltration hollow fiber membranes with dense-loose structure for treating textile wastewater. *Chemical Engineering Journal*. 36(3): 33-42.
- Kiswanto, Rahayu, L. N., dan Wintah. 2019. Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi Di Kota Pekalongan. *Jurnal LITBANG*. 17: 72-82.
- Lestari, K.R. 2020. *Teori Dasar Membran*. Jakarta: LP-UNAS.
- Lintang Noor Fitria, Heru Susanto, dan Titik Istirokhatun. 2017. *Penyisihan Karbosulfan dalam Air dengan Menggunakan Membran Nanofiltrasi*. Semarang: Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Maharani, R.M., dan Alia Damayanti. 2013. Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Fosfat dan Amonium. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(2): 2301-9271.
- Moerniati, Sri., Susilowati, Agustine., dan Aspiyanto. 2019. Potensi Nanofiltrasi Dalam Pemekatan Bakteri Asam Laktat Sebagai Probiotik Savory Dari Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.) Terfermentasi Oleh *Rhizopus-C₁*. *AGRITECH*, 29(3): 145-152.
- Naibaho, C.T.P., Heru Susanto, dan Purwono. 2017. Penyisihan Cypermethrin Dalam Air Menggunakan Membran Nanofiltrasi. *Ejournal UNDIP*. 6(1): 1-15.
- Puspayana, Rukma Dwi., Damayanti, dan Aliya. 2013. Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Kadar Nitrat dan Amonium. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2): 87- 91.
- Salehi, F. 2014. Current and Future Applications for Nanofiltration Technology in the food Processing. *Advances in Bioseparations for food and Bioprocessing*, 92(2): 161-177.
- Tangahu, B.V., dan Dwi, A.N. 2016. Uji Penurunan Kandungan Cod, Bod Pada Limbah Cair Pewarnaan Batik Menggunakan Scirpus Grossus Dan Iris Pseudacorus Dengan Sistem Pemaparan Intermittent. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 8(2): 1-10.
- Vahid Vatanpour, Sayed Siavash Madaeni, Rostam Moradianb, Sirus Zinadini, Dan Bandar Astinchap. 2011. *Fabrikasi Dan Karakterisasi Membran Nanofiltrasi Antifouling Baru Yang Dibuat Dari Karbon Nanotube/Polietersulfon Nanokomposit Teroksidasi Berdinding Banyak*.
- Wahyu Rachmi Pusparini, Dan Isyuniarto. 2020. *Teknologi Pemisahan Zr-Hf Menggunakan Metode Kompleksasi-Membran Nanofiltrasi*. Yogyakarta: Pusat Teknologi Akselerator Dan Proses Bahan Batan.
- Zanna, E.N. 2018. *Pembuatan Membran Hibrid*. Banyumas: Fakultas Teknoloji Dan Sains Ump.