



UNIVERSITAS
SRIWIJAYA

SERTIFIKAT



Diberikan kepada

Subriyer Nasir

Atas Partisipasinya Sebagai

Pemakalah

*Pada Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat
AVoER-9*

*Yang diselenggarakan oleh Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Di Palembang, 29 November 2017*

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS, Ph.D
NIP. 196009091987031004

PANITIA SEMINAR **Ketua Seminar Nasional
AVoER ke-9**



FAK. TEKNIK - UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Ir. H. Ari Siswanto, MCRP, Ph.D
NIP. 195812201985031002

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT



“PENGUATAN INOVASI DALAM SAINS DAN TEKNOLOGI”

HOTEL 101 PALEMBANG, 29 NOVEMBER 2017

ISBN : 978-979-19072-1-7



Seminar Nasional
Penelitian dan Pengabdian Masyarakat AVoER 9
Palembang, 29 November 2017

Penulis :

Tim AVoER-9

ISBN : 978-979-19072-1-7

Editor :

Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS, Ph.D

Dr. Saloma, ST., MT

Ir. Ari Siswanto, MCRP, Ph.D

Reviewer :

Dr. Saloma Hasyim, ST.

Dr. Imroatul C Juliana. S

Dr. Melawati Agustin, S

Dr. Betti Susanti, ST. MT.

Dr. Iwan Pahendra A. ST. MT

Dr. Restu Juniah, MT.

Dr. Rr. Harminuke Eko H. ST. MT.

Gunawan, ST. MT. Ph.D

Amir, ST. MT. Ph.D

Dr. Leily NK, ST. MT.

Ir. Ari Siswanto, MCRP. Ph.D

Dr. Ir. Setyo Nugroho, M.Arch.

Husnul Hidayat, ST. MSc.

Dr. Ir. EndangWiwiek DH, MSc.

Desain Sampul dan Tata letak :

Rachmad Karoni

Humam Abdulloh

Andre Rachmana

M. Fahri

M. Malik Abdul Azis

Penerbit:

Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Redaksi :

Panitia Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat AVoER9 FT UNSRI

Jalan Raya Prabumulih Km.32 Indralaya Ogan ilir Sumatera Selatan

Tel. 0711 580738

Fax. 0711 580741

E-mail. avoer@unsri.ac.id

Cetakan Pertama, November 2017

Hak cipta dilindungi Undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin penulis dan penerbit.

ISBN : 978-979-19072-1-7

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan petunjuk-Nya sehingga “Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat AVoER 9, *Penguatan Inovasi Dalam Sains dan Teknologi*” dapat terlaksana dengan baik.

Seminar ini merupakan rangkaian kegiatan tahunan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang mendapatkan kepercayaan untuk diselenggarakannya kegiatan ini setiap tahun.

Dari terlaksananya seminar ini diharapkan adanya kerjasama yang baik antar Pembicara Kunci, dan Pemakalah dalam rangka Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat serta segenap panitia yang mempersiapkan sebelum seminar ini dilaksanakan.

Pada kesempatan kali ini kami ingin menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada Pimpinan Universitas dan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, keynote speaker , tim reviewer, sponsor, pemakalah, serta segenap panitia yang telah berpartisipasi atas terselenggaranya acara ini.

Tidak lupa kami selaku panitia pelaksana memohon maaf seandainya dalam penyelenggaraan acara ini ada kekurangan dan ketidaksempurnaan.

Akhir kata kami ucapkan selamat seminar, semoga kegiatan kita ini bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, 29 November 2017

KATA SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Assalamualaikum wr wb

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat NYA lah kita bisa berada disini.

Dengan rasa bangga saya menyambut kegiatan AVoER 9 yang diselenggarakan oleh Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Kegiatan ini disusun oleh Program Studi Arsitektur, yang tentunya dengan dukungan penuh dari pihak fakultas dan rektorat.

Suatu kehormatan bagi saya untuk bisa menerima banyak pembicara dan pemakalah dari seluruh Indonesia. Acara ini menggabungkan peneliti, akademisi, para ahli, dan juga mahasiswa. Saya yakin dan optimis kegiatan AVoER 9 ini akan menjadi kesempatan luar biasa untuk bertukar informasi, ilmu, dan juga meningkatkan kesadaran untuk terus berupaya untuk kemajuan bangsa dan negara.

Akhir kata, saya ingin mengucapkan terima kasih untuk semua pihak yang telah memberikan kontribusi terhadap kegiatan AVoER 9 ini. Saya juga berterima kasih kepada seluruh panitia dalam mensukseskan kegiatan ini. Dan ucapan terima kasih juga saya haturkan kepada seluruh sponsor yang telah membantu kegiatan ini.

**Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D**

KATA SAMBUTAN KETUA PANITIA AVoER 9 FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Assalamualaikum wr wb

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat NYA sehingga seminar nasional AVoER 9 ini dapat terlaksana

Fakultas Teknik memiliki perhatian khusus terhadap perkembangan ilmu pengetahuan baik yang dilaksanakan melalui kegiatan penelitian para akademisi maupun pengabdian masyarakat yang menerapkan hasil penelitian untuk kesejahteraan masyarakat. Penguatan Inovasi dalam sains dan teknologi dipilih menjadi tema AVoER kali ini karena relevan dengan upaya meningkatkan kapabilitas dan kapasitas bangsa Indonesia untuk maju dalam persaingan global.

Pada kesempatan ini kami selaku panitia mengucapkan terima kasih kepada para nara sumber kunci yang telah berkenan hadir pada acara seminar ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada pihak Universitas Sriwijaya, Fakultas Teknik dan pihak sponsor atas dukungannya dalam suksesnya acara ini.

**Ketua Panitia AVoER ke-9 Universitas Sriwijaya
Ir. Ari Siswanto, MCRP. Ph.D**

KINERJA PROSES HIBRID MEMBRAN (NANOFILTRASI-REVERSE OSMOSIS) DALAM PENGOLAHAN AIR MENGANDUNG CIPROFLOXACIN ANTIBIOTIK

Ian Kurniawan^{1*}, Subriyer Nasir², Hermansyah³, Mardiyanto⁴

¹Teknologi Laboratorium Medik, Universitas Katolik Musi Charitas Palembang

²Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya, Palembang

³MIPA Kimia, Universitas Sriwijaya, Palembang

⁴MIPA Farmasi, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author: iankurniawan019@gmail.com

ABSTRACT: *The clean water crisis becomes a world and Indonesia problem. One of the causes of the declining environment quality is the contamination of antibiotic. Potential used of antibiotics in hospitals causes residual antibiotics to be mixed in wastewater. Antibiotics are resistant and persistent in the aquatic environment even in small concentrations. Ciprofloxacin is one type of antibiotic that its use increases every year. Hospital wastewater treatment has not been designed for antibiotics, so it needs to develop alternative technologies to solve the problem. Membrane is one of the newest technologies in wastewater treatment. Membranes can be integrated between membrane types and between processing systems (Hybrid membrane). In this research, commercial membranes are used cellulose acetate (NF) and composite polyamid (RO). Scale experimental research laboratory capacity 300 L/day. The pressure operated is 80 psi with variation of Ciprofloxacin concentration 4, 5 and 10 ppm. Membrane performance variables are flux and rejection. The highest flux result in a solution of 4 ppm Ciprofloxacin NF 7.63 L/m².jam and RO 6.10 L/m².jam, 5 ppm at NF 7.46 L/m².jam and RO 5.65 L/m².jam and 10 ppm at NF 7.46 L/m².jam and RO 5.76 L/m².jam. The highest rejection of Hybrid membrane systems (NF-RO) were 98.25%, 97.4% and 98.4%, respectively. Hybrid membrane (NF-RO) has a good performance and can significantly reduce the level of Ciprofloxacin antibiotics.*

Keywords: *Antibiotic, Ciprofloxacin, Hybrid membrane, Nanofiltration, Reverse Osmosis*

ABSTRAK: Krisis air bersih menjadi permasalahan dunia dan Indonesia. Salah satu penyebab menurunnya kualitas lingkungan perairan adalah cemaran antibiotik. Potensi penggunaan antibiotik di rumah sakit menyebabkan sisa antibiotik akan tercampur dalam air limbah. Antibiotik bersifat resisten dan persisten di lingkungan perairan walaupun dalam konsentrasi kecil. Ciprofloxacin merupakan salah satu jenis antibiotik yang penggunaannya meningkat setiap tahun. Pengolahan air limbah rumah sakit belum didesain untuk antibiotik, sehingga perlu dikembangkan teknologi alternatif untuk mengatasinya. Membran merupakan salah satu teknologi terbaru dalam pengolahan air limbah. Membran dapat diintegrasikan baik antar jenis membran maupun antar sistem pengolahan (Hibrid membran). Membran komersil yang digunakan selulosa asetat (NF) dan komposit poliamid (RO). Skala penelitian eksperimen laboratorium kapasitas 300 L/hari. Tekanan dioperasikan 80 psi dengan variasi konsentrasi Ciprofloxacin 4, 5 dan 10 ppm. Variabel kinerja membran yaitu fluks dan rejeksi. Hasil fluks tertinggi pada larutan 4 ppm Ciprofloxacin NF 7,63 L/m².jam dan RO 6,10 L/m².jam, 5 ppm pada NF 7,46 L/m².jam dan RO 5,65 L/m².jam dan 10 ppm pada NF 7,46 L/m².jam dan RO 5,76 L/m².jam. Rejeksi tertinggi sistem Hibrid membran (NF-RO) masing-masing 98,25%, 97,4% dan 98,4%. Hibrid membran (NF-RO) memiliki kinerja yang baik dan mampu mengurangi kadar Ciprofloxacin antibiotik secara signifikan.

Kata Kunci: Antibiotik, Ciprofloxacin, Hibrid membran, Nanofiltrasi, Reverse osmosis

PENDAHULUAN

Polutan yang memerlukan pengolahan lanjut mencakup berbagai bahan kimia buatan manusia (pestisida, kosmetik, produk perawatan rumah tangga dan obat-obatan) yang penggunaannya di seluruh dunia untuk memenuhi kebutuhan masyarakat modern (Amand et al., 2014). Data yang dikeluarkan oleh organisasi dunia WWF dalam laporannya Toxic Chemical mengungkapkan bahwa antara tahun 1930 sampai 2000, produksi bahan kimia yang diakibatkan oleh kegiatan manusia meningkat dari 1 juta menjadi 400 juta/tahun. Aktivitas manusia telah mengakibatkan kontaminasi sumber daya air melalui mikropolutan biologis, seperti virus dan bakteri yang bersifat toksik (Sui et al., 2015).

Verlicchi et al. (2015) menyatakan bahwa beberapa jenis kontaminan pencemar lingkungan yang sangat memerlukan perhatian dan pengolahan lebih lanjut dikarenakan terbatasnya regulasi akibat karakteristik khas limbah yaitu *Pharmaceuticals and personal care products* (PPCPs). Evgenidou et al. (2015) menemukan *Pharmaceuticals and personal care products* (PPCPs) bersama dengan penggunaan obat-obatan yang sudah dilarang berdampak terhadap polusi lingkungan biotik dan abiotik serta produk turunan dari transformasi obat-obatan tersebut diakibatkan oleh kurangnya pengetahuan, teknologi dan efisiensi dalam mereduksi obat-obatan.

Kegiatan rumah sakit akan menghasilkan residu obat-obatan, salah satunya antibiotik. Antibiotik merupakan bagian yang terpenting dalam pengobatan pada saat ini, karena membantu mengobati infeksi pada manusia. Vasquez et al. (2015) menyatakan potensi pencemaran air limbah rumah sakit secara biologis dapat menyebabkan pengaruh baik langsung ataupun tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Air limbah yang berasal dari sarana pelayanan kesehatan seperti rumah sakit mengandung bahan kimia dan obat-obatan yang bersifat karsinogenik dan genotoksik yang dapat menyebabkan penyakit kanker serta kelainan genetik (Sharma et al., 2015).

Karakteristik air limbah rumah sakit yang mengandung *Pharmaceuticals and personal care products* (PPCPs) salah satunya antibiotik sulit untuk dapat direduksi oleh sistem pengolahan air limbah rumah sakit (Rivera-utrilla et al., 2013). Senyawa antibiotik yang berada di lingkungan dalam jangka waktu tertentu secara terus-menerus dapat menyebabkan beberapa mikroorganisme patogen menjadi persisten dan bertahan di lingkungan karena sulit diurai secara alami (Akter et al., 2012).

Salah satu antibiotik yang ditemukan dalam efluen air limbah yaitu Ciprofloxacin. Hamjinda et al. (2015) menggunakan lokasi penelitian di Kota Bangkok, Thailand menemukan Ciprofloxacin. Mater et al. (2014)

lokasi penelitian di Perancis menemukan Ciprofloxacin. Varela et al. (2014) melakukan penelitian di rumah sakit Portugal menemukan Ciprofloxacin, Santos et al. (2013) menemukan senyawa antibiotik seperti Ciprofloxacin dengan lokasi penelitian di Spanyol dan Kurniawan et al. (2017) menemukan Ciprofloxacin dengan menggunakan sampel air limbah rumah sakit di Palembang, Indonesia.

Penggunaan antibiotik yang sangat tinggi di rumah sakit menyebabkan kemungkinan terjadinya *unsafe action* dan *unsafe condition* karena antibiotik tersebut dapat terbuang secara tidak sengaja ke dalam sistem pembuangan air limbah. Chonova et al. (2016) mengatakan bahwa IPAL yang dimiliki oleh rumah sakit tidak dirancang untuk mengolah limbah yang mengandung obat-obatan sehingga limbah yang dihasilkan oleh proses pengolahan akan mengandung kontaminan tersebut. Karakteristik khas yang mengandung berbagai jenis pencemar, maka menurut Gracia-Lor et al. (2012) yang melakukan suatu penelitian di Valencia, Spanyol maka pengolahan air limbah rumah sakit memerlukan teknologi khusus melalui teknik minimalisasi pengolahan air limbah melalui metode Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Teknologi membran merupakan suatu instalasi unit pengolahan air dengan pengembangan dan kemajuannya sangat baik. Teknologi membran banyak dilakukan dalam proses filtrasi air minum (Bodzek et al., 2012). Membran dapat diartikan sebagai proses pemisahan beberapa komponen dari aliran fluida, berfungsi sebagai pemisah yang sangat selektif diantara dua fasa dengan kemampuan menahan komponen tertentu. Membran berdasarkan ukuran partikel yang difiltrasi terbagi menjadi mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi dan reverse osmosis (Fane et al., 2011).

Proses membran dengan menggunakan nanofiltrasi (NF) dan reverse osmosis (RO) semakin banyak digunakan untuk menghasilkan air berkualitas tinggi. Sejumlah penelitian telah menunjukkan kemampuan NF-RO untuk menghilangkan air limbah dengan kandungan kontaminan organik dan anorganik termasuk limbah farmasi (Dolar et al., 2013). Frederic dan Yves (2014) dalam penelitiannya mengenai air limbah rumah sakit berpendapat bahwa perlu dikembangkan penggunaan teknologi terbaru instalasi pengolahan air limbah rumah sakit untuk mengganti teknologi saat ini karena masih ditemukannya beberapa senyawa mikropolutan setelah melewati proses pengolahan limbah.

Teknologi membran dapat menjadi solusi dalam proses pengolahan air limbah rumah sakit, seiring dengan perkembangannya proses membran dapat dikombinasikan (*Hybrid membrane*) dengan metode membran nanofiltrasi dan reverse osmosis (Singh, 2015). Proses nanofiltrasi yang dikombinasikan dengan reverse

osmosis dapat memisahkan komponen pengotor yang memiliki karakteristik mengandung residu obat-obatan, sebesar 94%-100% (Dolar et al., 2012). Hibrid membran nanofiltrasi dan reverse osmosis merupakan teknologi membran yang terkini dan belum banyak dimanfaatkan dalam pengolahan air limbah rumah sakit.

Perancangan Hybrid membrane dalam penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yaitu Beier et al., (2010) yang membuat perancangan pengolahan air limbah rumah sakit kapasitas 250 L/hari, dengan pretraetmen Membrane Bioreactor (MBR) dan two stage-Nanofiltration (NF) komersil dan one stage-reverse osmosis (RO) komersil, tipe aliran cross flow, high pressure 60 bar. Perancangan yang dilakukan Dolar et al., (2012) kapasitas 700 L/hari menggunakan pra perlakuan Koagulasi FeCl₃ two stage-Nanofiltration (NF) Dow/FilmTec NF270 dan NF90 Polyamide dan one stage-reverse osmosis (RO) extra low-energy Dow/FilmTec XLE Polyamide, tipe aliran cross flow. Walaupun berbeda akan tetapi tujuan yang ingin dicapai dari kedua penelitian tersebut sama yaitu melihat kinerja dari membran NF-RO dalam mengurangi Antibiotik dalam air limbah rumah sakit khususnya Ciprofloxacin.

METODE PENELITIAN

Sampel dan Bahan

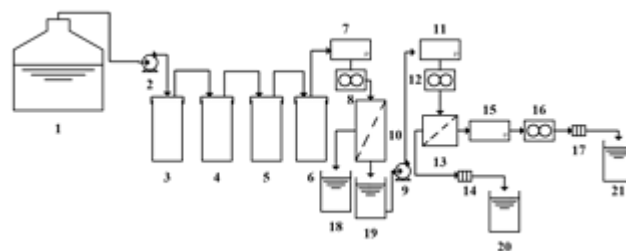
Sampe air yang digunakan dalam larutan umpan adalah larutan Ciprofloxacin dengan konsentrasi 4, 5 dan 10 ppm dengan standar dari PT. Dexa Medica. Analisis kuantitatif Ciprofloxacin menggunakan HPLC Empower 3 Alliance Waters C 2695 dilengkapi dengan Detector UV/Vis 2489 Waters dengan kolom C18 Sunfire 100A 5µm 4,6 mm x 150 mm (186002559) menggunakan perbandingan fase gerak : (buffer posfat 0,025 M + TEA 0,05 % ditambahkan pH dengan asam posfat sampai pH 3) + acetonitril (80 : 20) dan kondisi operasional flow rate 1 mL/menit, panjang gelombang 278 nm.

Instrumentasi

Terdapat 2 peralatan utama dalam penelitian ini menggunakan membran komersil NF dan RO dengan luas permukaan membran (A = 2,946 m²) yang dilengkapi oleh housing membran. Membran nanofiltrasi dengan spesifikasi British portacle, Ceramic, Tubular Device, Standard 2 x 10 inch Water Quality USA. Membran reverse osmosis Model CSM Lenntech Tipe RE 2012-100, 25 0C, type Thin-Film Composite, Material Polyamide (PA), Element Configuration Spiral Wound.

Eksperimen

Hibrid membran rancangan dengan kapasitas 300 L/hari dilengkapi dengan Tanki Penampungan Awal, Pressure Gauge, dan Flow Meter dilengkapi pipa jenis Polyurethane Tube dengan ukuran 3/8 mm. Sistem juga dilengkapi dengan filter 5 micron (DAI-05) dan 1 micron (DAI-01) Water Quality USA Design, Granular Activated Carbon (GAC), Carbon Block Filter (CTO). Gambar 1 menunjukkan rancangan yang dibuat pada penelitian ini.



Gambar 1. Experiment Set Up Hybrid membrane (1.Inlet tank; 2. Pump; 3. Filter 5 micron; 4. Filter 1 micron; 5. GAC; 6. CTO; 7. PG; 8. Flow meter 9. Pompa; 10. NF; 11. PG; 12. Flow Meter; 13. RO; 14. Anti flow; 15. PG; 16. Flow meter; 17. Post Carbon; 18;19;20;21 Outlet Tank)

Umpan dialirkan pada sistem hibrid dengan tekanan maksimal 80 psi dan dilakukan analisis dan rejeksi setelah 30, 60, 90, 120 menit. Analisis rejeksi membran dilakukan untuk mengetahui kemampuan membran dalam mengurangi kadar Ciprofloxacin dalam air limbah rumah sakit dapat menghitung nilai flux dan rejeksi menggunakan persamaan :

$$J_v = \frac{V}{A \times t} \quad (1)$$

Keterangan : J_v = fluks (ml/cm².det), V = volume permeat (ml), A = luas permukaan membran (cm²), t = waktu (detik).

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \quad (2)$$

Keterangan : R = Rejeksi (%), C_p = Konsentrasi permeat, C_f = Konsentrasi feed (umpan) .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fluks

Analisis fluks membran digunakan untuk mengetahui kinerja membran dalam melewati umpan dalam volume tertentu. Pada tiap membran semakin besar tekanan yang dioperasikan maka akan berbanding lurus dengan nilai fluks dari membran tersebut. Umpan larutan Ciprofloxacin dialirkan ke dalam blok membran dan

dioperasikan pada tekanan 80 psi dan waktu yang bervariasi (per 30 menit selama 2 jam). Hasil analisis fluks membran (Tabel 1) dengan menggunakan larutan Ciprofloxacin menghasilkan nilai fluks NF 6,78-8,14 L/m².jam dan RO 5-6,1 L/m².jam dengan konsentrasi yang digunakan pada tekanan tetap 80 psi.

Tabel 1. Fluks Hibrid Membran

CIP (ppm)	A (m ²)	t (jam)	Fluks NF (L/m ² .jam)	Fluks RO (L/m ² .jam)
4	2,946	0,5	8,14	6,10
		1	7,80	5,93
		1,5	7,69	5,76
		2	7,63	5,65
5		0,5	7,46	5,76
		1	7,12	5,43
		1,5	7,24	5,47
		2	7,12	5,46
10		0,5	7,46	5,76
		1	7,12	5,09
		1,5	6,78	5,20
		2	6,78	5,09

Pada tekanan yang lebih tinggi maka *feed* larutan akan lebih kuat dalam melintasi pori membran sehingga menghasilkan nilai fluks yang juga semakin tinggi. Pola penurunan fluks terjadi seiring dengan lamanya waktu proses, akan tetapi kecenderungan perbedaan nilai fluks tidak terlalu signifikan walaupun konsentrasi dari larutan Ciprofloxacin dirubah.

Semakin lama proses dilakukan maka akan terjadi penurunan nilai fluks secara linier, penurunan fluks permeat dapat terjadi karena naik dan turunnya tekanan (ΔP) dan waktu operasi yang digunakan (Nasir et al., 2013). Larutan ciprofloxacin yang digunakan terdiri dari aquadest sebagai solvent dan ciprofloxacin (Dexa Medica) sebagai solute yang sudah dihomogenkan dengan kandungan impurities yang sedikit sehingga kondisi proses dapat berjalan dengan baik dan mempengaruhi volume permeat dan kemampuan pori membran.

Volume permeat menjadi salah satu variabel penting dalam analisis fluks membran, sehingga pengaruhnya terhadap perubahan nilai fluks akan sangat signifikan karena banyaknya kontaminan yang melalui pori membran sebagai penyebab terjadinya fouling secara bertahap. Pembersihan filter secara teratur dapat dilakukan untuk mencegah penurunan nilai fluks karena adanya solute yang tertahan oleh filter membran dan akan terakumulasi pada permukaan pori.

Rejeksi membran dilakukan untuk mengetahui kinerja membran dalam menghilangkan suatu kontaminan yang terdapat dalam umpan/*feed*. Penelitian ini menggunakan 2 jenis membran komersil yaitu NF *Cellulose acetate* dan RO *Composite Polyamide*. Proses berlangsung 2 jam pada tekanan 80 psi dengan perhitungan kadar Ciprofloxacin dilakukan setiap 30 menit (Tabel 2).

Penggunaan tekanan maksimal 80 psi pada proses menyebabkan peningkatan persentase rejeksi pada NF, akan tetapi tidak meningkatkan presentase rejeksi pada RO. Fenomena ini yang menyebabkan rejeksi terbaik sistem NF-RO 98,4% yang menggunakan *feed* water dengan kualitas tinggi lebih rendah dari rejeksi menggunakan sampel air limbah. Faktor berikutnya adalah masa pakai membran yang sudah mengalami penurunan akibat mulai tersumbatnya pori membran dari tahapan proses sebelumnya walaupun sudah dilakukan *backwash* untuk meningkatkan kinerja.

Hasil penelitian dengan menggunakan larutan Ciprofloxacin sebagai umpan menunjukkan kemampuan kinerja Hibrid membran pada hasil akhir sangat baik karena semua tahapan proses mampu merejeksi kadar Ciprofloxacin $EC50 \leq 1$ ppm, senada dengan penggunaan antibiotik air limbah rumah sakit sebagai umpan pada proses sebelumnya. Hal yang perlu diperhatikan adalah mulai terjadinya fouling sehingga akan menurunkan nilai fluks dan rejeksi secara bertahap.

Mekanisme kerja rejeksi yang terjadi dalam proses membran adalah adsorpsi fisik yang terjadi dikarenakan gaya. Menurut Baker (2004) dalam proses adsorpsi fisika, gaya tarik-menarik antar molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (membran) lebih kecil dari pada gaya tarik menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik-menarik antara CIP dengan permukaan membran relatif kecil. CIP tidak berinteraksi kuat dengan permukaan membran sehingga molekul CIP dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh CIP dapat digantikan oleh CIP lainnya. Adsorpsi fisik berbanding lurus dengan polarisasi konsentrasi.

Proses adsorpsi fisika tersebut menunjukkan terjadi interaksi antar molekul dalam proses rejeksi membran, dalam hal ini CIP (non polar) dengan NF cellulose acetate (polar) dan RO composite polyamide (polar). Akan tetapi interaksi molekul terjadi hanya diantara cellulose acetate dengan CIP dikarenakan cellulose acetate juga memiliki sifat non polar untuk berinteraksi dengan CIP. Interaksi antar molekul tidak mengakibatkan terbentuknya senyawa baru karena molekul-molekul tidak bereaksi.

Tabel 2. Rejeksi Hibrid Membran

Rejeksi

*Kinerja Proses Hibrid Membran (NF-RO) dalam
Pengolahan Air Mengandung Ciprofloxacin Antibiotik*

t (jam)	Cf (ppm)	Cp (ppm)	R (%)	R Sistem (%)
0,5	4,00	2,05	48,56	98,25
0,5	2,05	0,07	96,38	
1	4,00	2,04	48,79	98,25
1	2,04	0,07	96,35	
1,5	4,00	2,15	46,00	98
1,5	2,16	0,08	96,27	
2	4,00	2,22	44,41	98
2	2,22	0,08	96,13	
0,5	5,00	2,40	51,93	97,4
0,5	2,40	0,13	94,55	
1	5,00	2,46	50,72	97,4
1	2,46	0,13	94,60	
1,5	5,00	2,48	50,25	97,4
1,5	2,48	0,13	94,45	
2	5,00	2,50	49,82	97
2	2,50	0,15	93,90	
0,5	10,00	4,98	50,13	98,4
0,5	4,98	0,16	96,75	
1	10,00	5,01	49,82	98,4
1	5,01	0,16	96,73	
1,5	10,00	5,01	49,86	98,3
1,5	5,01	0,17	96,49	
2	10,00	5,02	49,78	98
2	5,02	0,20	95,99	

KESIMPULAN

Ciprofloxacin larut sedikit dalam air limbah rumah sakit sebagai antibiotik yang harus dikurangi konsentrasinya sebelum lepas ke lingkungan. Hibrid membran proses (NF-RO) mampu mengurangi larutan Ciprofloxacin secara maksimal sebesar 98,40 % pada Kondisi Tekanan 80 psi dan berbagai konsentrasi larutan sehingga bias diaplikasikan dalam rangka mewujudkan Green Hospital.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini disponsori oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Sesuai dengan Kontrak Penelitian Nomor : 2469/SP2H/K2/KM/2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Aamand, J., Gavrilesco, M., Agathos, S., & Fava, F. 2014. Emerging Pollutants in the Environment : Present and Future Challenges in Biomonitoring, Ecological Risks and Bioremediation. *New Biotechnology*, 1–10.
- Akter, F., Amin, M. R., Osman, K. T., Anwar, M. N., Karim, M. M., & Hossain, M. A. 2012. Ciprofloxacin-resistant *Escherichia coli* in hospital wastewater of Bangladesh and prediction of its mechanism of resistance. *World Journal Microbiol Biotechnol*, 827–834.
- Baker, R. W. 2004. Membrane Technology and Applications. Membrane Technology.
- Beier, S., Cramer, C., Mauer, C., Köster, S., Schröder, H. F., & Pinnekamp, J. 2012. MBR technology : a promising approach for the pretreatment of hospital wastewater. *Water Science & Technology*, 1648–1654.
- Bodzek, M., Konieczny, K., & Kwieci, A. 2012. Application of membrane processes in drinking water treatment – state of art. *Desalination and Water Treatment*. Taylor and Francis, (December), 37–41.
- Chonova, T., Keck, F., Labanowski, J., & Montuelle, B. 2016. Science of the Total Environment Separate treatment of hospital and urban wastewaters : A real scale comparison of effluents and their effect on microbial communities. *Science of the Total Environment*, 542, 965–975.
- Dolar, D., & Ignjati, T. 2012. Membrane treatment of veterinary pharmaceutical wastewater : comparison of results obtained on a laboratory and a pilot scale. *Environmental Science and Pollution Research*, 1033–1042.
- Dolar, D., Košutić, K., Periša, M., & Babić, S. 2013. Photolysis of enrofloxacin and removal of its photodegradation products from water by reverse osmosis and nanofiltration membranes. *Separation and Purification Technology*, 115, 1–8.
- Evgenidou, E. N., Konstantinou, I. K., & Lambropoulou, D. A. 2015. Occurrence and removal of transformation products of PPCPs and illicit drugs in wastewaters : A review. *Science of the Total Environment*, 505, 905–926.
- Fane, a G., Tang, C. Y., & Wang, R. 2011. 4.11 - Membrane Technology for Water: Microfiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration, and Reverse Osmosis. *Treatise on Water Science*, 301–335.
- Frédéric, O., & Yves, P. 2014. Pharmaceuticals in hospital wastewater: Their ecotoxicity and contribution to the environmental hazard of the effluent. *Chemosphere*.

- Gracia-lor, E., Sancho, J. V, Serrano, R., & Hernández, F. 2012. Chemosphere Occurrence and removal of pharmaceuticals in wastewater treatment plants at the Spanish Mediterranean area of Valencia. *Chemosphere*, 87(5), 453–462.
- Hamjinda, N. S., Chiemchaisri, W., Watanabe, T., & Honda, R. 2015. Toxicological assessment of hospital wastewater in different treatment processes. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Kurniawan, I., Nasir, S., Hermansyah, Mardiyanto., 2017. “The Screening of Potential Antibiotics from Hospital Wastewater in Tropical Region (Case Study at Palembang, South Sumatra, Indonesia)” *Pollution Research Journal. EM International. Vol. 36 (2). 343-351.*
- Mater, N., Geret, F., Castillo, L., Faucet-marquis, V., Albasi, C., & Pfohl-leszkowicz, A. 2014. In vitro tests aiding ecological risk assessment of ciprofloxacin, tamoxifen and cyclophosphamide in range of concentrations released in hospital wastewater and surface water. *Environment International*, 63, 191–200.
- Nasir, S., Budi, T., & Silviaty, I. 2013. Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat Alam dan Zeolit pada Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Bumi Lestari*, 13(1), 45–51.
- Rivera-utrilla, J., Sánchez-polo, M., Ferro-garcía, M. Á., & Prados-joya, G. 2013. Pharmaceuticals as emerging contaminants and their removal from water . A review. *Chemosphere*.
- Santos, L. H. M. L. M., Gros, M., Rodriguez-Mozaz, S., Delerue-Matos, C., Pena, A., Barceló, D., & Montenegro, M. C. B. S. M. 2013. Contribution of hospital effluents to the load of pharmaceuticals in urban wastewaters: Identification of ecologically relevant pharmaceuticals. *Science of The Total Environment*, 461-462, 302–316.
- Sharma, P., Mathur, N., Singh, A., & Sogani, M. 2015. Monitoring hospital wastewaters for their probable genotoxicity and mutagenicity. *Environment Monitoring Assesment*.
- Singh, R. 2015. *Membrane Technology and Engineering for Water Purification*. Butterworth-Heinemann. Elsevier Science & Technology Books.
- Sui, Q., Cao, X., Lu, S., Zhao, W., Qiu, Z., & Yu, G. 2015. Occurrence , sources and fate of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the groundwater : A review. *Emerging Contaminants*, 1(1), 14–24.
- Varela, R. A., Ferro, G., Vredenburg, J., Yan, M., Vieira, L., Rizzo, L., Manaia, C. M. 2013. Vancomycin resistant enterococci : From the hospital effluent to the urban wastewater treatment plant. *Science of The Total Environment*, 451, 155–161.
- Vasquez, M. I., Lambrianides, A., Schneider, M., Kümmerer, K., & Fatta-kassinos, D. 2014. Environmental side effects of pharmaceutical cocktails : What we know and what we should know. *Journal of Hazardous Materials*, 279, 169–189.