

ISSN 1411-3465
Terakreditasi Nasional

Jurnal PURIFIKASI

Jurnal Teknologi dan Manajemen Lingkungan



Diterbitkan oleh:
Divisi Jurnal Purifikasi Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS
bekerja sama dengan
Ikatan Ahli Teknik Penyehatan dan Teknik Lingkungan Indonesia (IATPI)
Jawa Timur

Jurnal Purifikasi	Vol. 12	No. 2	Hal. 1-100	Surabaya Juli 2011	ISSN 1411-3465
----------------------	---------	-------	------------	-----------------------	-------------------

JURNAL PURIFIKASI

Terbit 2 kali setahun pada bulan Juli dan Desember. Memuat artikel teknologi dan manajemen di bidang ilmu Teknik Lingkungan dan ilmu lain yang terkait dengan bidang Teknik Lingkungan. ISSN 1411-3465

Ketua Penyunting

Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc

Penyunting Pelaksana

Prof. Dr. Ir. Wahyono Hadi, MSc

Prof. Ir. Joni Hermana, MScEs, PhD

Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES

I. D. A. A. Warmadewanthi, ST, MT, PhD

Welly Herumurti, ST, MEng

Mitra Bestari:

Prof. Dr. Ir. Ali Altway, MSc. (Jurusan Teknik Kimia, FTI-ITS), Prof. Dr. Ir. Triwulan, MSc (Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS), Dr. Ir. Puji Lestari, MSc (Jurusan Teknik Lingkungan, FTSL-ITB), Dr. Ali Masduqi, ST, MT (Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS), Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc (Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS), Prof. Ir. Renanto Handogo, MS, PhD (Jurusan Teknik Kimia, FTI-ITS), Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE, MSc, PhD (Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS)

Administrasi dan Sirkulasi:

Yuli Triastuti, ST, Sujito, Masupar.

Alamat Penyunting:

Ruang Divisi Jurnal Purifikasi Jurusan Teknik Lingkungan

Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Telepon: (031) 5948886 Faksimil: (031) 5928387

Website: <http://purifikasi.org/> dan e-mail: purifikasi@its.ac.id

Jurnal Purifikasi diterbitkan sejak Januari 2000 oleh Divisi Jurnal Purifikasi

Terakreditasi B berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi

No. 26/DIKTI/Kep/2005, 30 Mei 2005 dan No. 43/DIKTI/Kep/2008, 8 Juli 2008

Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Bekerja sama dengan Ikatan Ahli Teknik Penyehatan dan Teknik Lingkungan Indonesia

(IATPI) Jawa Timur

Penyunting menerima sumbangan tulisan yang belum pernah diterbitkan dalam media lain.

Naskah diketik di kertas HVS ukuran A4 spasi ganda sepanjang kurang lebih 15 halaman,

dengan format seperti tercantum pada halaman kulit dalam-belakang ("Pedoman

Penulisan"). Naskah yang masuk dievaluasi dan disunting untuk keseragaman format,

istilah, dan tata cara lainnya.

Daftar Isi**Kata Pengantar**

	Hal.
1. A Novel Treatment of Dye Wastewater of Batik Industry by a Combination of Aluminium Sulfate and Natural Iron Coated-Sand <i>Izarul Machdar dan Wahyu Rinaldi</i>	1 - 8
2. Pengolahan Air yang Mengandung Liner Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) dan Amonia dengan Kombinasi Proses Ozonasi Gelembung Mikro dan Filtrasi Membran <i>Setijo Bismo, Eva Fathul Karamah, Sutrasno, dan Sri Retno</i>	9 - 20
3. Pengolahan Limbah Cair Industri Pupuk Urea Menggunakan Filter Keramik <i>Subriyer Nasir, Muhammad Hatta Dahlan, David Bahrain, dan Atikah</i>	21 - 30
4. Peningkatan Reaktivitas Sorben Kalsium Hidroksida dan Tanah Diatomae (DE) <i>Mariana</i>	31 - 42
5. Lecheable Boron From Fly Ash <i>Januarti Jaya Eka Putri</i>	43 - 52
6. Metode Estimasi Penyebaran Polutan di Udara <i>Erna Apriliani</i>	53 - 62
7. Dampak Pertumbuhan Penduduk terhadap Beban Sumber Pencemar di Danau Sentani dengan Model Sistem Dinamik Berwawasan Lingkungan <i>Auldry F. Walukow</i>	63 - 74
8. Aplikasi Ultrasonik dan Microwave untuk Memurnikan Karbon Nanotube yang Disintesis dengan Metode Dekomposisi Metana <i>Widodo Wahyu Purwanto, Praswasti PDK Wulan, Shantya Shafa Paramitha</i>	75 - 82
9. Apakah Breakpoint Chlorination selalu Aplikatif untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Sakit? <i>Maya Shovitri</i>	83 - 92
10. Strategi Keruangan untuk Meningkatkan Akses Masyarakat Kelurahan Tambak Jati Kabupaten Subang terhadap Air Bersih <i>Sri Maryati</i>	93 - 100

Indeks Pengarang dan Judul Artikel**Indeks *Keywords*****Pedoman Penulisan****Formulir Berlangganan**

Kata Pengantar

Jurnal Purifikasi merupakan jurnal berkala dalam bidang Ilmu Rekayasa dan Manajemen dalam bidang Teknik Lingkungan dengan akreditasi B. Akreditasi tersebut didasarkan pada keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor:43/DIKTI/Kep/2008 tentang Hasil Akreditasi Berkala Ilmiah (Periode I Tahun 2008). Akreditasi berlaku sejak Juli 2008 sampai dengan Juli 2011.

Artikel yang dimuat pada Jurnal Purifikasi Volume 12 No. 2. Edisi bulan Juli tahun 2011 membahas tentang aspek-aspek teknologi dan manajemen lingkungan yang meliputi: hasil-hasil studi penelitian tentang pengolahan limbah cair industri dan rumah sakit, pengendalian penyebaran polusi udara, teknologi pengendalian gas hasil pembakaran sampah, pemanfaatan aplikasi ultrasonik dan microwave, pengolahan dan pengelolaan air bersih, serta kajian analisis erosi di daerah pengaliran sungai (DPS). Dengan terbitnya Jurnal Purifikasi edisi ini, diharapkan dapat memberikan manfaat kepada para peneliti, dosen, mahasiswa, maupun pengguna ilmu teknologi dan manajemen lingkungan.

Selain itu diharapkan kepada para ilmuwan yang berasal dari lembaga pendidikan tinggi, lembaga penelitian, dan industri untuk memberikan kontribusi ilmiahnya, baik berupa hasil penelitian, maupun hasil kajian/*review* mengenai teknologi atau permasalahan yang terkait dengan teknologi dan manajemen lingkungan.

Penyunting berharap artikel-artikel ilmiah yang termuat dalam Jurnal Purifikasi ini bermanfaat bagi para akademisi, peneliti, dan profesional yang berkecimpung dalam bidang teknologi dan manajemen lingkungan.

Ketua Penyunting

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PUPUK UREA MENGUNAKAN FILTER KERAMIK

WASTEWATER TREATMENT OF UREA FERTILIZER INDUSTRY USING CERAMIC FILTER

Subriyer Nasir*, Muhammad Hatta Dahlan, David Bahrin, dan Atikah
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang Prabumulih Km 32, Ogan Ilir 30663, Sumatera Selatan
*e-mail: subriyer@unsri.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi membran keramik. Filter keramik dibuat dari campuran tanah liat dan abu terbang batu bara dengan komposisi tertentu. Dalam percobaan ini dilengkapi dengan sistem pipa PVC, *flowmeter*, pengukur tekanan, dan pompa sirkulasi. Limbah cair yang diuji diperoleh dari efluen sekunder dari industri pupuk. Parameter yang dianalisis adalah aliran umpan tingkat, laju aliran, *Total Dissolved Solid* (TDS), pH, kandungan logam berat, dan kandungan amonia menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) kualitas air limbah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran keramik dapat menurunkan konsentrasi amonia dalam limbah sekunder sampai 96%. Ion logam berat (Fe, Cr, dan Mn) dapat dikurangi menjadi 60.9%, 39.4% dan 38.4% masing-masing. Komposisi terbaik dari membran/filter dicapai pada rasio 77.5% dari tanah liat, 20% *fly ash*, dan 2.5% dari serbuk besi.

Kata kunci: filtrasi, membran, tanah liat, *fly ash*.

Abstract

The purpose of this research was to design the liquid waste treatment system using ceramic membrane filtration method. The ceramic filter was made of a mixture of clay and coal fly-ash with certain compositions. Rig in this experiment was equipped with PVC piping system, flowmeter, pressure gauge, and the circulation pump. The liquid waste tested was obtained from the secondary effluent of a fertilizer industry. The measured were feed flow rate, permeate flow rate, Total Dissolved Solid (TDS), pH, heavy metal content, and ammonia contents according to the Indonesian National Standards (SNI) of effluent water quality. The results showed that ceramic membrane could decrease the ammonia concentration in the secondary effluent up to 96%. Heavy metal ions (Fe, Cr and Mn) could be reduced to 60.9%, 39.4% and 38.4% respectively. The best composition of membrane/filter was achieved at a ratio of 77.5% clay, 20% fly ash and 2.5% of iron powder.

Keywords: filtration, membrane, clay, fly ash.

1. PENDAHULUAN

Salah satu industri yang terdapat di Sumatera Selatan adalah industri pupuk urea yang dikelola oleh PT Pusri. Di satu pihak keberadaan PT Pusri berperan besar dalam meningkatkan kegiatan pertanian khususnya dan perekonomian Indonesia pada umumnya.

Di sisi lain, berbagai persoalan lingkungan tentu saja tidak dapat dilepaskan sebagai eksek dari suatu industri yang kompleksitasnya cukup tinggi. Salah satu permasalahan yang dihadapi adalah limbah cair dan gas. Berbagai usaha telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan lingkungan akibat limbah tersebut. Untuk limbah cair, PT Pusri

telah mempunyai unit pengolahan limbah cair yang secara berkala dilakukan monitoring terhadap kualitas efluennya.

Limbah padat yang berasal dari pembakaran batu bara juga merupakan masalah bagi lingkungan. Proses pembakaran batu bara di PLTU Tanjung Enim menghasilkan abu terbang batu bara (*fly ash*) yang saat ini pemanfaatannya masih terbatas sebagai bahan bangunan (material konstruksi). Terkait dengan hal tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah mendesain sistem pengolahan limbah cair khususnya *secondary effluent* yang berasal dari industri pupuk urea dengan metode filtrasi. Filter yang dibuat berupa filter keramik yang berbasis tanah liat dan abu terbang batu bara. Menurut Wijesinghe (1996), hasil proses ini diharapkan berupa permeat yang dapat dijadikan sebagai air umpan proses seperti untuk air pendingin (*cooling water*) atau air umpan boiler (*boiler feed water*).

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah mencari inovasi baru dalam sistem proses pengolahan limbah cair dengan memanfaatkan limbah padat hasil proses pembakaran batu bara (*fly ash*) sebagai bahan baku pembuatan filter. Selain itu dari penelitian ini juga akan diperoleh permeat (air bersih) yang dapat digunakan sebagai air proses atau air pendingin (*cooling water*) dan umpan boiler (*boiler feed water*) dalam pabrik. Pemanfaatan kembali air bekas proses dan limbah cair (*water and wastewater recycling*) menjadi populer akhir-akhir ini terutama untuk memenuhi kebutuhan air pertanian dan keperluan industri atau untuk pengayaan air tanah (Petala, 2006) yang sekaligus mempunyai beberapa keuntungan seperti dapat mereduksi jumlah air yang diekstrak dari lingkungan dan menghindarkan dampak pembangunan dan pengembangan unit penyuplai air yang baru (Toze, 2006).

Permasalahan yang ada dalam pengolahan limbah cair industri secara biologis

diantaranya adalah terbatasnya lahan. Metode yang umum diterapkan saat ini adalah metode konvensional seperti menggunakan kolam oksidasi (*pond*). Banyak hal yang muncul pada pengolahan limbah cair menggunakan metoda ini seperti *sludge* yang terbentuk, bau yang timbul, dan waktu yang cukup lama untuk menurunkan COD atau BOD limbah. Berbeda dengan sistem filtrasi menggunakan membran yang telah dikenal dalam pengolahan air, baik untuk kebutuhan air minum atau air untuk keperluan industri yang selain dapat menurunkan kadar polutan juga menghasilkan permeat yang langsung dapat dimanfaatkan sebagai air proses seperti *cooling water*. Untuk digunakan sebagai *boiler feed water* diperlukan tahap pengolahan lanjutan seperti penghilangan kadar silika terlarut yang saat ini masih menjadi masalah.

Pada sisi lain, abu sisa pembakaran batu bara di PLTU belum dimanfaatkan secara maksimal. Untuk itu dalam penelitian ini telah dilakukan preparasi filter keramik berbasis tanah liat dan abu batu bara (*fly ash*) yang diuji coba untuk mengurangi kadar polutan dalam *secondary effluent* yang berasal dari industri pupuk urea. Sebagaimana diketahui, *secondary effluent* yang dihasilkan dan dibuang ke perairan sudah memenuhi ambang batas kecuali untuk kadar amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) yang masih terlalu tinggi.

Berdasarkan jenis ukuran partikel yang dapat dipisahkannya, membran dapat diklasifikasikan antara lain sebagai berikut: mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, reverse osmosis dan nanofiltrasi. Menurut Li (2007), pada dasarnya ada dua tipe proses pemisahan dalam mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi yaitu filtrasi laminar (*dead-end*) dan filtrasi tangensial (*cross flow*). Dalam filtrasi laminar, aliran umpan tegak lurus ke permukaan membran sehingga partikel-partikel terakumulasi dan membentuk suatu lapisan pada permukaan membran yang akan menyebabkan penurunan fluks membran. Dalam filtrasi tangensial umpan mengalir

sepanjang permukaan membran hingga sebagian saja yang terakumulasi. Membran keramik merupakan tipe membran yang relatif baru karena skala komersialnya baru diperkenalkan pada pertengahan tahun 1980-an oleh Membralox USA (Baker, 2004). Membran jenis ini digunakan pada *crossflow filtration* untuk larutan yang mengandung konsentrasi partikel yang tinggi. Membran keramik berpori merupakan membran asimetrik dengan ketebalan *support* sekitar 1–3 mm. Membran keramik kebanyakan dibuat dalam dua bentuk geometri utama yaitu tubular dan flat. Membran keramik terutama yang berbasis palladium telah lama digunakan pada mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi karena sifatnya yang stabil terhadap pengaruh panas, bahan kimia, dan solvent (Baker, 2004)

Kelebihan membran keramik terletak pada stabilitas termalnya yang baik, tahan terhadap senyawa kimia, degradasi biologis ataupun mikroba, dan relatif mudah untuk dibersihkan dengan *cleaning agent*. Ketahanan terhadap zat kimia menyebabkan membran keramik banyak digunakan pada *processing* makanan, produk bioteknologi, dan farmasi. Kekurangan membran keramik terutama pada proses preparasinya yang sangat sulit untuk memperoleh produk akhir yang *reproducible*. Parameter yang mempengaruhi performansi proses filtrasi adalah larutan umpan, membran, dan kondisi filtrasi. Tiga fenomena utama sehubungan perpindahan *solvent* dan *solute* selama filtrasi membran adalah polarisasi, perpindahan massa internal, dan *fouling*. Membran keramik menunjukkan perilaku amfoter air sehingga muatan permukaan tergantung pada pH. Terjadinya permukaan bermuatan dan netral disebabkan oleh formasi *metal aquo complexes* pada *interface* larutan oksida. Perilaku ini berdampak pada fluks permeat, kecenderungan *fouling*, dan retensi. Pada beberapa kasus, sifat amfoter membran keramik dapat mengakibatkan *pre-ferential adsorption* pada komponen tertentu yang dapat meningkatkan retensi. Umumnya membran keramik mempunyai struktur

komposit yang dapat meningkatkan permeabilitas membran dengan ukuran pori kecil dengan menurunkan *overall hydraulic resistance*. Sifat membran lainnya yang cukup penting adalah geometri pori (*tortuosity*), ukuran pori, distribusi ukuran pori, dan porositas. Peningkatan ukuran pori mengakibatkan kenaikan permeabilitas, polarisasi, penyumbatan, dan penurunan retensi. Ukuran pori optimal tergantung pada sifat umpan dan kondisi filtrasi.

Membran keramik biasanya terbuat dari campuran senyawa-senyawa metal (logam) seperti silika, alumina, dan zirkonia. Secara fisik, membran keramik dapat berbentuk *tube* atau *disk*, bersifat porous sehingga operasi membran jenis ini kebanyakan adalah *dead-end* (Noble, 2003).

Studi mengenai kemampuan membran dalam menurunkan kandungan berbagai polutan dalam *secondary effluent* banyak dijumpai di literatur (Sridhar *et al.*, 2002, Lee, 2006, Jedidi, 2009, Nasir, S., 2010, Weiyang, 2010). Suatu studi yang dilakukan oleh Jedidi, (2009) memperlihatkan bahwa mineral dari abu terbang batu bara dapat dijadikan material untuk pembuatan membran keramik yang cukup efektif untuk mereduksi kadar COD sampai 75% dan menurunkan kadar polutan yang terkandung dalam air limbah tekstil.

Menurut Nasir (2010), pemakaian membran/filter keramik yang terbuat dari campuran tanah liat dan abu terbang batu bara untuk pengolahan limbah cair adalah sifat mekanis filter yang dihasilkan cenderung kurang baik karena mudah rapuh dan patah (*brittle*). Diperlukan zat-zat aditif lain seperti Fe_3O_4 yang dapat mengurangi sifat rapuh, memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi, mempunyai stabilitas kimia yang baik dan anti microbial. Studi yang dilakukan oleh Weiyang (2010) memperlihatkan bahwa membran keramik dapat digunakan untuk mengolah limbah pencucian balik (*backwash*) unit *sand filter* dan *sludge* sedimen hasil

proses koagulasi dan flokulasi pada sebuah *settling tank*. Membran keramik beroperasi sangat stabil pada fluks 4m/hari jika digunakan air limbah hasil *backwash* dari unit *sand filter* sebagai larutan umpan (*feed*). Jika digunakan campuran air limbah hasil *backwash* dari unit *sand filter* dan *sludge* sedimen sebagai umpan maka fluks akan stabil pada 2m/hari. Permeat yang dihasilkan dari filtrasi menggunakan membran keramik memenuhi standar untuk air minum.

2. METODA

Alat dan Bahan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pemisahan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Alat dan bahan yang digunakan adalah filter keramik, rumah membran, *flowmeter*, *pressure gauge*, pipa PVC, pompa, tanki plastik dengan kapasitas 250 L. Untuk analisis sampel dan produk digunakan pH meter, *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS), turbidimeter, dan neraca elektrik. Sampel yang diteliti merupakan *secondary effluent* dari *biological pond* PT Pusri.

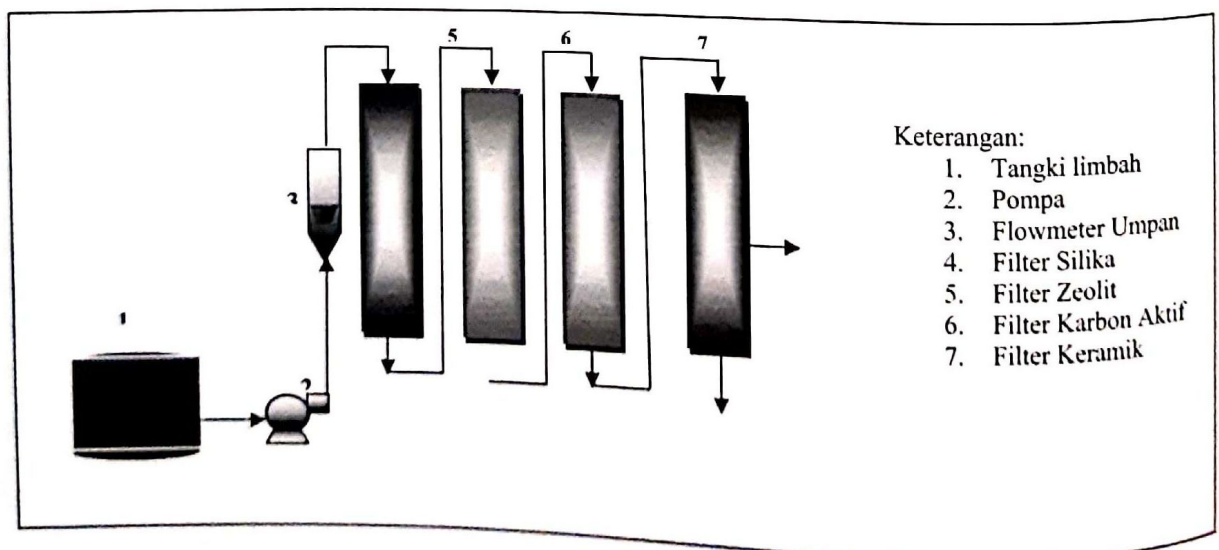
Berbagai pemeriksaan yang dilakukan baik terhadap sampel maupun permeat meliputi pH, TDS, kandungan logam berat,

dan amonia. Variabel proses yang akan diteliti adalah tekanan operasi pompa, laju alir umpan, dan komposisi filter. Operasi filter dilakukan pada *transmembrane pressure* (ΔP) sebesar 0,5 atm. Pada akhir eksperimen dilakukan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) terhadap struktur filter yang dihasilkan.

Proses Pembuatan Filter Keramik

Proses pembuatan filter keramik dilakukan dengan memvariasikan bahan baku tanah liat dan abu terbang batu bara (*fly ash*) dengan perbandingan tertentu yang ditambahkan serbuk besi (ukuran partikel 250 dan 500 μm) sebanyak 1 sampai 7,5%. Campuran ini ditambah air sebanyak 30%, diaduk, dan setelah homogen dicetak dengan cetakan terbuat dari gipsum berbentuk tubular. Filter dikeringkan pada suhu kamar selama 7 hari dan disusun pada tungku pembakaran keramik dan disintering pada suhu 900 °C.

Filter yang dirancang dalam penelitian ini mempunyai diameter dalam 5 cm, diameter luar 7 cm, ketebalan 1 cm, dan panjang 30 cm. Luas area filter adalah 0,0942 m². Rumah filter terbuat dari plastik dengan diameter luar 9 cm, diameter dalam 8,5 cm, dan tinggi 31 cm.



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Sistem pengolahan yang dirancang dalam penelitian ini merupakan kombinasi antara proses *pretreatment* dan filtrasi dengan menggunakan filter keramik. Sistem *pretreatment* terdiri dari filter berisi silika, zeolit, dan karbon aktif yang dimaksudkan untuk mempersiapkan kondisi *feed* yang akan memasuki filter keramik dan mengurangi kemungkinan terjadinya *fouling* pada filter keramik. Secara skematis rangkaian peralatan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sampel awal

Hasil analisis terhadap sampel limbah awal PT Pusri memperlihatkan pH limbah cair antara 9,0-9,2; TSS antara 56-85 mg/L; TDS 1550 mg/L; EC 508 μ S/cm; COD antara 80-100 mg/L; $\text{NH}_3\text{-N}$ 407 mg/L; dan kandungan minyak-lemak antara 6-7 mg/L. Menurut Peraturan Gubernur Sumatra Selatan No. 18 tahun 2005, sampel masih memenuhi kriteria air buangan kecuali kadar $\text{NH}_3\text{-N}$ yang jauh di atas ambang yang diizinkan yaitu 50 mg/L.

Hubungan Antara Fluks Terhadap Waktu Operasi

Gambar 2 dan Gambar 3 menampilkan pengaruh waktu operasi terhadap fluks permeat. Fluks permeat untuk semua filter dengan berbagai rasio komposisi cenderung menurun dengan meningkatnya waktu operasi. Adanya serbuk besi di dalam komposisi filter mengakibatkan meningkatnya kekuatan mekanis filter namun hal ini juga dapat mengakibatkan kekompakan filter yang berakibat pada makin sukarnya cairan melakukan difusi pada pori-pori filter (*solution-diffusion theory*).

Sebagai konsekuensinya, maka laju alir permeat semakin menurun dengan waktu digunakan. Tidak terdapat perbedaan fluks yang signifikan pada laju alir *feed* sebesar 7,5 L/menit dan 10 L/menit. Peningkatan fluks permeat akan semakin intensif bila persentase tanah liat dalam filter

diperkecil sampai 77,5%. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa fluks permeat terbesar didapat pada komposisi membran tanah liat : abu terbang : serbuk besi yaitu 77,5%:20%:2,5% dengan ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi masing masing 500 μ m.

Hal ini mengindikasikan bahwa ukuran partikel abu dan serbuk besi sangat berpengaruh terhadap struktur filter yang dihasilkan. Adanya serbuk besi dan abu terbang akan membuat filter menjadi porous sehingga luas permukaan filter akan meningkat. Sebagai akibatnya *feed* akan lebih mudah kontak dengan filter yang mempunyai luas permukaan yang lebih besar dan proses filtrasi akan berlangsung lebih cepat dan permeat yang dihasilkan akan meningkat. Namun demikian untuk waktu operasi melebihi 60 menit fluks akan terus menurun karena fenomena *fouling* di permukaan filter. Hal ini terjadi karena partikel tersuspensi yang terdapat dalam *feed* dapat menyumbat pori filter.

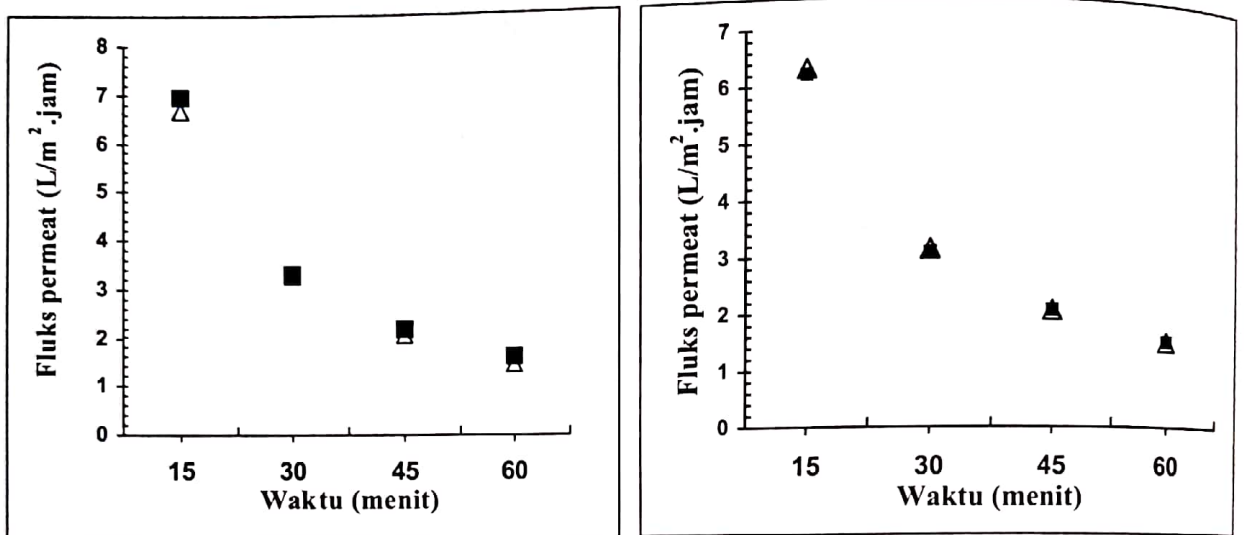
Ukuran partikel abu terbang batu bara maupun serbuk besi juga sangat berperan dalam proses filtrasi karena jika ukuran partikel abu terbang batu bara atau serbuk besi terlalu halus akan mengakibatkan membran menjadi *dense* (kompak) dengan *mechanical strength* yang baik. Hal ini akan mengakibatkan *feed* sulit memasuki pori dan kuantitas permeat yang dihasilkan juga tidak maksimal dan dibutuhkan waktu operasi yang lebih lama untuk menghasilkan permeat. Dari hasil penelitian juga terlihat terjadinya penurunan fluks untuk semua filter. Hal ini diduga karena proses *clogging* pada pori akan semakin intens terjadi dengan bertambahnya waktu operasi.

Persentase Penurunan Amonia Total, TSS, pH, dan Electrical Conductivity

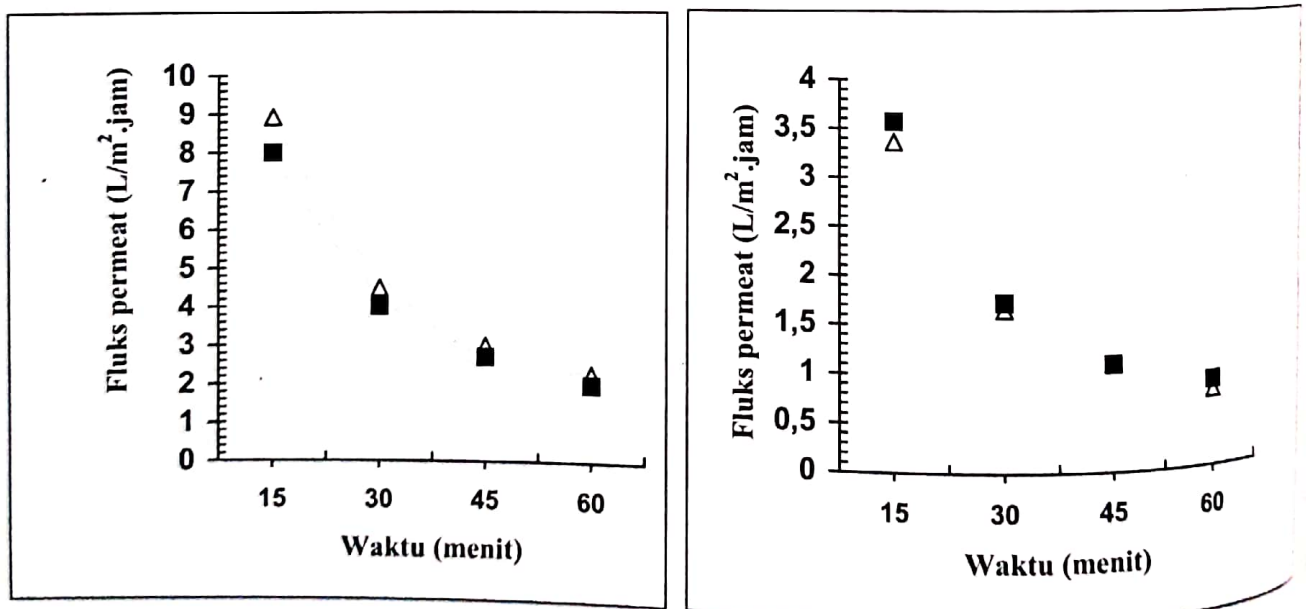
Filter keramik dengan komposisi tanah liat, *fly ash*, dan serbuk besi dengan berbagai variasi mampu menurunkan konsentrasi parameter pencemar dari limbah awal. Hal ini terlihat dari turunnya konsentrasi amonia

total, TSS, dan *Electrical Conductivity* (EC). Hasil analisis juga memperlihatkan turunnya nilai pH walaupun tidak begitu signifikan sehingga permeat cenderung masih bersifat basa. Dari Tabel 1 terlihat bahwa pada laju alir 7,5 L/menit dan 10 L/menit penurunan

konsentrasi amonia total berkisar antara 95-96% dan pH antara 1-5%. Rendahnya penurunan pH dapat disebabkan karena *secondary effluent* diduga masih mengandung sisa urea dan amonium karbamat yang terlarut dalam sampel.



Gambar 2. Grafik hubungan fluks terhadap waktu untuk filter dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 80% : 20% : 0%, ukuran partikel abu terbang 250 μ m dan serbuk besi a) 250 μ m dan b) 500 μ m (■ Laju alir umpan 7,5 L/menit, Δ Laju alir umpan 10 L/menit)



Gambar 3. Grafik hubungan fluks terhadap waktu untuk filter dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 77,5% : 20% : 2,5%, ukuran partikel abu terbang 250 μ m dan serbuk besi a) 250 μ m dan b) 500 μ m (■ Laju alir umpan 7,5 L/menit, Δ Laju alir umpan 10 L/menit).

Hal ini memperlihatkan bahwa amonia total yang dihasilkan oleh industri pupuk urea dapat diminimalisir sehingga apabila dibuang ke perairan akan relatif aman. Tabel 2 menampilkan persentase penurunan TSS dan EC pada berbagai komposisi filter. Rata-rata penurunan persentase TSS diperoleh sekitar 66-90% dan EC antara 13-56% setelah waktu operasi 1 jam. Penurunan konsentrasi amonia, TSS, pH, dan EC disebabkan karena adanya proses filtrasi yang terjadi pada *treatment* awal dan filter keramik.

Proses filtrasi yang dimaksud adalah proses dimana partikel-partikel dengan diameter yang lebih besar dari ukuran pori membran akan tertahan. Selain proses filtrasi terjadi juga proses adsorpsi yang terjadi karena adanya tumbukan partikel-partikel dengan *fly ash*. Semakin banyak pori-pori yang ada pada filter keramik maka semakin luas permukaan, sehingga semakin efektif untuk digunakan menyerap zat pencemar. Hal ini dikarenakan adsorpsi merupakan fenomena fisik yang menyangkut permukaan suatu material maka adsorban yang baik harus memiliki permukaan luas dan porous. Pengaruh perbedaan laju alir umpan tidak begitu signifikan terhadap jumlah permeat yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena beda laju alir umpan yang tidak begitu besar, yaitu 7,5 L/menit dan 10 L/menit.

Hasil Analisis Terhadap Ion-Ion Logam Berat Dalam Limbah Cair dan Permeat

Pada Tabel 3, hasil analisis terhadap sampel awal memperlihatkan bahwa ion-ion logam berat terbanyak adalah krom, besi, dan mangan. Permeat hasil filtrasi menunjukkan persentase penurunan ion logam berat yang cukup baik. Terlihat bahwa terjadi penurunan terhadap kadar ion besi, krom, dan mangan rata-rata berturut turut 60,9%; 39,4%; dan 38,9%. Tetapi, tidak ada perbedaan yang

signifikan terhadap persentase rejeksi logam berat untuk masing-masing laju alir umpan.

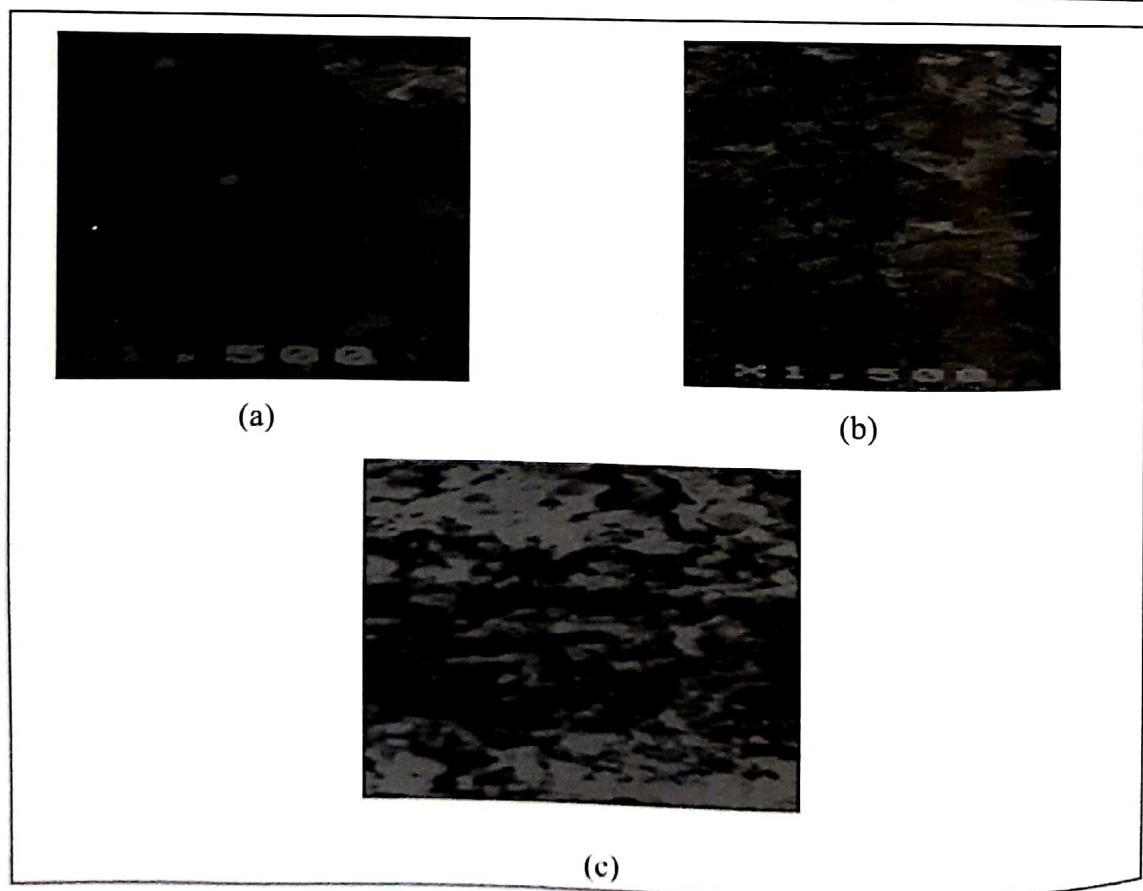
Analisis Scanning Electron Microscope (SEM)

Dari beberapa filter membran yang telah dibuat dilakukan pemeriksaan SEM untuk melihat struktur filter. Untuk keperluan ini dilakukan *membrane autopsy* yaitu dengan cara memotong membran pada tiga bagian yang disebut *inlet*, *middle*, dan *outlet* setebal 0,5 cm dan dilakukan analisis terhadap struktur permukaannya menggunakan SEM tipe JEOL-330. Sampel diselubungi menggunakan Aurum (emas) dengan metoda *secondary electron* pada *accelerating voltage* sebesar 15.000 Volt.

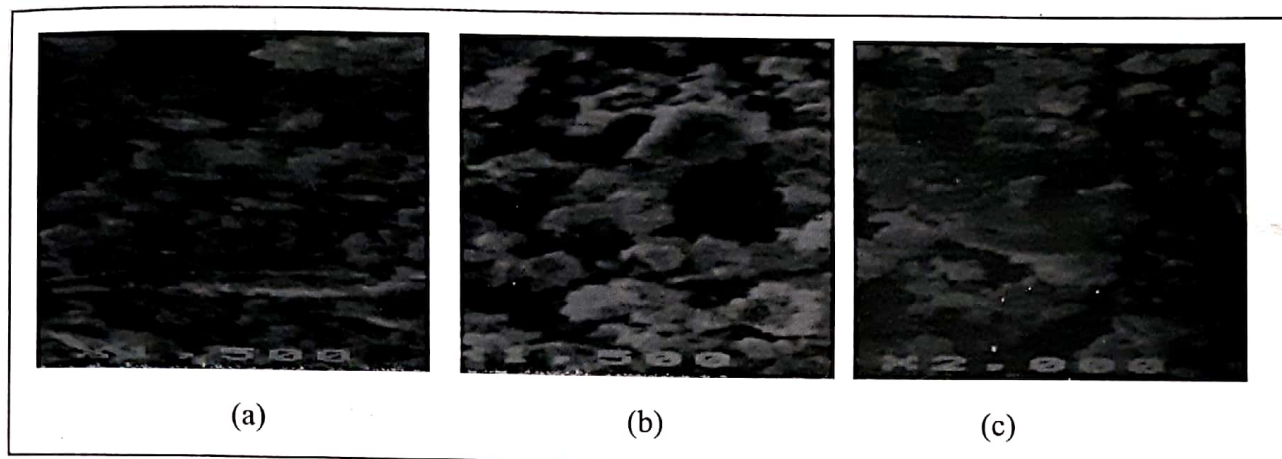
Perbesaran maksimal yang diambil tergantung pada masing-masing sampel. Guna keperluan analisis SEM maka dipilih dua jenis filter dengan tampilan cukup baik yang dapat dilihat dari kemampuannya menghasilkan permeat dan menurunkan kadar amonia yaitu filter dengan komposisi 67,5% tanah liat : 25% abu terbang: 2,5% serbuk besi dan 77,5% tanah liat: 20% abu terbang : 2,5% serbuk besi. Gambar 4 dan Gambar 5 memperlihatkan hasil analisis citra dengan SEM untuk berbagai potongan filter pada berbagai perbesaran. Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan struktur pori yang random pada berbagai perbesaran. Filter dengan komposisi tanah liat : abu terbang : serbuk besi = 77,5%:20%:2,5% dengan ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi masing masing 500 μm menampilkan struktur pori yang relatif *porous* sehingga proses filtrasi akan relatif mudah. Sebagai konsekuensinya maka permeat akan lebih banyak dihasilkan. Gambar 4 dan Gambar 5 juga memperlihatkan bahwa baik bagian *inlet*, tengah maupun *outlet* membran tidak memperlihatkan perbedaan signifikan terhadap struktur porinya.

Tabel 3. Komposisi Ion Logam Berat Dalam Sampel dan Permeat

No	Komposisi Membran (tanah liat:abu terbang:serbuk besi)	Ion logam Berat	Satuan	Nilai	Persentase Rejeksi (%)
1	67,5% : 25% : 2,5% , 500 μ M (pada Laju Alir 7,5 L/menit)	Besi (Fe)	mg/L	0,030	67,39
		Krom (Cr)	mg/L	0,079	31,89
		Mangan (Mn)	mg/L	0,005	44,44
2	67,5% : 25% : 2,5% , 500 μ M (pada Laju Alir 10 L/menit)	Besi (Fe)	mg/L	0,033	64,13
		Krom (Cr)	mg/L	0,083	28,45
		Mangan (Mn)	mg/L	0,006	33,33
3	77,5% : 20% :2,5%, 500 μ M(pada Laju Alir 7,5 L/menit)	Besi (Fe)	mg/L	0,021	71,17
		Krom (Cr)	mg/L	0,071	38,79
		Mangan (Mn)	mg/L	0,008	11,11
4	77,5% : 20% :2,5%, 500 μ M (pada Laju Alir 10 L/menit)	Besi (Fe)	mg/L	0,054	41,30
		Krom (Cr)	mg/L	0,048	58,62
		Mangan (Mn)	mg/L	0,008	11,11
5	Sampel awal	Besi (Fe)	mg/L	0,092	
		Krom (Cr)	mg/L	0,116	
		Mangan (Mn)	mg/L	0,009	



Gambar 4. Citra SEM untuk filter dengan komposisi tanah liat : abu terbang : serbuk besi 67,5%:2,5%:7,5% dengan ukuran partikel abu terbang serta serbuk besi 250 μ m yang diperbesar 1500 kali (a) bagian inlet filter, (b) bagian tengah filter, dan (c) bagian outlet filter.



Gambar 5. Citra SEM untuk filter dengan komposisi tanah liat : abu terbang : serbuk besi 77,5%:20%:2,5% dengan ukuran partikel abu terbang serta serbuk besi 250 μm yang di perbesar 1500 kali (a) bagian inlet filter, (b) bagian tengah filter, dan (c) bagian outlet filter.

4. KESIMPULAN

Sistem pengolahan limbah cair dengan kombinasi *pretreatment* menggunakan silika, zeolit, karbon aktif, dan filter keramik cukup efektif dalam menurunkan kadar amonia total, TSS, EC, dan logam berat dalam limbah cair industri pupuk urea. Komposisi filter terbaik didapat pada komposisi tanah liat : abu terbang batu bara : serbuk besi 77,5% : 20% : 2,5% dengan ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi masing-masing 500 μm . Kadar amonia dalam limbah cair industri pupuk urea dapat direduksi sampai 96%, sehingga limbah cair cukup aman bila dibuang ke perairan. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa pori terbentuk secara random. Penambahan serbuk besi berperan dalam membentuk pori dan sekaligus memperkuat struktur filter keramik. Namun demikian masih diperlukan uji porositas terhadap filter yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, R. B. (2004). *Membrane Technology and Applications*. John Wiley & Sons. Ltd, West Sussex, England.
- Jedidi, I. (2009). New Ceramic Microfiltration Membranes From Mineral Coal Fly Ash. *Arabian J. Chem.* 2(1). 49–62.
- Lee, J. W. (2006). Performance of Polyamide Reverse Osmosis Membranes for Steel Wastewater Reuse. *Desalination Selected paper from the 10th Aachen Membrane Colloquium*. 189(1-3). 309-322.
- Li, K. (2007). *Ceramic Membranes for Separation and Reaction*. John Wiley & Sons, West Sussex, England.
- Nasir, S. (2010). Aplikasi Membran Jenis Spiral-Wound Dalam Pengolahan Limbah Cair Sekunder. *Jurnal Purifikasi*. 11(1). 53-60.
- Nasir, S. (2010). Pembuatan Filter Mikrofiltrasi Dari Clay dan Fly Ash dan Aplikasinya Dalam Pengolahan Limbah Cair. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, Universitas Parahyangan, Bandung*.
- Noble, R.D. (2003). *Membrane Separations Technology: Principles and Applications*, Elsevier, Amsterdam.

- Petala, M. (2006). Wastewater Reclamation by Advanced Treatment of Secondary Effluents. *Desalination*. 195(1-3). 109-118.
- Sridhar, S., Kale, A., Khan, A. (2002). Reverse Osmosis of Edible Vegetable Oil Industry Effluent. *Journal of Membrane Science*. 205(1-2). 83-90.
- Toze, S. (2006). Reuse of Effluent Water Benefits and Risks. *Agricultural Water Management Special Issue on Water Scarcity: Challenges and Opportunities for Crop Science*. 80(1-3). 147-159.
- Weiyang, L. (2010). Study on Backwash Wastewater From Rapid Sand-Filter by Monolith Ceramic Membrane. *Desalination*. 250(2). 712-715.
- Wijesinghe, B. (1996). Reuse of Treated Sewage Effluent for Cooling Water Make up: a Feasibility Study and a Pilot Plant Study." *Water Science and Technology*. 33(10-11): 363-369.