

PENURUNAN CADMIUM DARI LIMBAH CAIR INDUSTRI PULP MENGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK BERBAHAN ADDITIVE DEDAK PADI

REMOVAL OF CADMIUM FROM PULP MILL EFFLUENT USING CERAMIC FILTERS BASED ADDITIVE RICE BRAN

Sisnayati

Jurusan Teknik Kimia, Universitas Tamansiswa Palembang
Jl. Tamansiswa No. 261, Palembang 30125, Indonesia
E-mail: sisnayati75@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this research is to find an alternative pulp industrial wastewater treatment system with filtration using ceramic membrane made from a mixture of natural clay, iron powder and rice bran as additive material in various composition. The experimental rig is equipped with silica and carbon active filter, ceramic membranes module, flowmeter, pressure gauge, and the circulation pump. The tested liquid waste is derived from one of the pulp industry in Sumatera Selatan. Process variables studied were operating time, filter composition and rice bran particle size. Parameters analyzed were TDS (Total Dissolved Solid), TSS (Total Suspensi Solid), pH, EC (Electrical Conductivity) and the concentration of Cadmium. Scanning Electron Microscope (SEM) analysis of filter surface and Brunnauer-Emmet Teller (BET) analysis for pores size determination were also performed. The results obtained showed that the application of ceramic membrane in composition of 87,5% of natural clay, 10% of material additive rice bran and 2,5% of iron powder can decrease cadmium concentration in pulp mill effluent up to 99,9%. Permeate flux was significantly decrease after 30 minutes. The SEM images and BET analysis of pore distribution showed that ceramic membrane has a random pore structure and can be classified as the microfiltration membrane.

Keywords: Ceramic membrane, rice bran, permeate flux, pulp industry.

PENDAHULUAN

Industri kertas merupakan salah satu industri yang terbesar di dunia dengan menghabiskan 670 juta ton kayu (Durbak, 1993). Kebutuhan kertas dunia terus meningkat, yang pada beberapa tahun kedepan diperkirakan pertumbuhannya mencapai 2% sampai 3% pertahun akibatnya kebutuhan kayu gelondongan setiap tahunnya akan meningkat (Durbak, 1993).

Limbah cair industri pulp mungkin mengandung kontaminan logam berat seperti cadmium yang berasal dari proses pembuatan pulp sehingga perlu ditreatment terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan. Saat ini, pengolahan limbah cair industri pulp menggunakan proses oksidasi kimia, adsorpsi, sedimentasi dan filtrasi membran (Pokhrel et al, 2004). Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 03 Tahun 2010 tentang baku mutu air limbah kawasan industri yang menyatakan bahwa air limbah yang mengandung cadmium lebih dari 0,1 mg / L tidak boleh dibuang ke perairan. Selain itu, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) membatasi konsentrasi maksimum cadmium 0,003 mg / L.

Keracunan kronis yang disebabkan oleh Cd adalah kerusakan sistem fisiologis tubuh seperti pada pernapasan, sirkulasi darah, penciuman serta merusak kelenjar reproduksi, ginjal, jantung dan kerapuhan tulang (Mueller, 1979). Jika terakumulasi dalam

jangka panjang, kadmium dapat merusak paru-paru bahkan mengakibatkan kanker paru, mual, muntah, diare, kram, anemia dan dermatitis. Cadmium dapat pula merusak tulang dan dapat meningkatkan tekanan darah. Gejala umum apabila keracunan cadmium yaitu sakit pada dada dan nafas terasa sesak serta batuk-batuk. Keracunan kronis dapat terjadi apabila mengkonsumsi cadmium (Cd) dalam jangka panjang (Mueller, 1979).

Membran keramik banyak digunakan untuk mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi karena memiliki beberapa keunggulan seperti kekuatan mekanik dan kestabilan termal yang baik serta tahan terhadap senyawa kimia (Yang and Tsai, 2008), yang konsisten dalam aplikasi tekanan tinggi, dan memiliki umur panjang (Jana et al, 2010). Oleh karena itu, membran keramik biasanya digunakan dalam industri pengolahan makanan, bioteknologi, dan produk farmasi (Yang and Tsai, 2008 dan Baker, 2004). Namun, ada beberapa kelemahan dari membran keramik yaitu biaya produksi yang tinggi, berat membran besar dan tidak mudah dibersihkan karena adanya fenomena fouling. Penelitian ini bertujuan untuk mencari treatment alternatif pada pengolahan limbah cair industri pulp menggunakan membran keramik. Penelitian ini fokus kepada pengembangan membran keramik, porositas dan morfologi permukaan membran, serta mengevaluasi

kinerja membran keramik untuk mengurangi konsentrasi cadmium pada limbah cair industri pulp.

Beberapa metode yang dilakukan untuk menghilangkan cadmium dari air limbah seperti pertukaran ion, adsorpsi dan ultrafiltrasi (Pagana et al, 2008), elektrodialisis, dan reverse osmosis. Namun, metode tersebut relatif mahal karena konsumsi energi yang cukup tinggi. Pengurangan logam berat dapat juga dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme yang dikenal dengan metode bioremediasi (Bai et al, 2008), atau tanaman yang lebih dikenal dengan metode fitoremediasi (Ali, 2013) untuk mengurangi dampak dari ion logam berat di lingkungan. Namun demikian, bioremediasi memiliki beberapa keterbatasan seperti tergantung pada jenis mikroba dan beberapa faktor lingkungan. Ada beberapa senyawa kimia sangat sulit untuk dibiogradasi, misalnya, logam berat, radionuklida, dan beberapa senyawa klorin. Kadang-kadang, metabolisme mikroba kontaminan dapat menghasilkan metabolit beracun (Boopathy, 2000).

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri pulp harus di bawah baku mutu yang merujuk pada Peraturan Gubernur Sumsel No. 08 Tahun 2012 tentang baku mutu limbah cair bagi industri pulp dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Baku mutu limbah cair untuk industri pulp

Parameter	Kadar maksimum (mg/L)	Beban pencemaran maksimum (kg/ton)
BOD ₅	150	15
COD	350	35
TSS	200	80
pH	6-9	
Debit Limbah Maksimum	100 m ³ per ton pulp kering	

Sumber: Peraturan Gubernur Sumsel No. 08 Tahun 2012

Kinerja atau efisiensi perpindahan di dalam membran ditentukan oleh dua parameter yaitu fluks dan rejeksi. Permeabilitas sering disebut juga sebagai kecepatan permeat atau fluks adalah ukuran kecepatan suatu spesi melewati membran persatuan luas dan waktu dengan gradien tekanan sebagai gaya pendorong. Faktor yang mempengaruhi permeabilitas adalah jumlah dan ukuran pori, interaksi antara membran dan larutan umpan, viskositas larutan serta tekanan dari luar. Fluks (Jv) dirumus sebagai berikut (Richardson et al, 2002):

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

dengan: Jv = fluks(ml/cm².kgf/cm².det),
 V = volume permeat (ml),
 A = luas permukaan membran (cm²),
 t = waktu (jam).

Selektifitas yang parameternya dinyatakan sebagai koefisien penolakan atau koefisien rejeksi adalah ukuran kemampuan membran menahan suatu spesi. Faktor yang mempengaruhi selektifitas adalah besarnya ukuran partikel yang akan melewatinya, interaksi antara membran dan larutan umpan dan ukuran pori. Koefisien rejeksi (R) dirumuskan sebagai berikut (Richardson et al, 2002):

$$R = (1 - C_p/C_f) \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

dengan: R = koefisien rejeksi,
 C_p = konsentrasi permeat
 C_f = konsentrasi umpan

Membran keramik yang terbuat dari tanah liat dan dedak padi dapat menurunkan konsentrasi ion besi yang terkandung dalam air permukaan hingga 95% sedangkan untuk penurunan konsentrasi ion arsen tergantung pada perbandingan Fe/As yang terkandung dalam air permukaan (Shafiquzzaman et al, 2011).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa membran keramik yang dibuat dari tanah liat dan fly ash dengan rasio komposisi berat tertentu serta dilakukan pretreatment awal dengan menggunakan silika, zeolit dan karbon aktif ternyata dapat menurunkan nilai TDS, konsentrasi logam berat dan konsentrasi ammonia dari air limbah industri pupuk urea (Nasir et al, 2010). Namun membran keramik ini mempunyai kelemahan yaitu rapuh dan mudah patah (brittle). Sehingga untuk lebih memperkuat struktur membran keramik tersebut maka ditambahkan serbuk besi bahan pembentuk membran (Nasir et al, 2011).

Adsorpsi cadmium menggunakan biosorben kitosan, karbon aktif dan komposit sebagai adsorben. Penelitian ini menggunakan sistem adsorpsi batch dengan variabel proses meliputi pH, ukuran partikel, dan jumlah adsorbennya. Dari penelitian ini diperoleh pengurangan cadmium hingga 100% dengan penggunaan karbon aktif, kitosan, dan komposit dari keduanya (kitosan dan karbon aktif) dengan pH 6, adsorben dengan ukuran partikel 0,425 mm, dan jumlah adsorben yang digunakan 6 g/L (Hydari et al, 2012). Model adsorpsi Freundlich untuk karbon aktif dan model Langmuir untuk kitosan dan komposit keduanya.

Penghilangan cadmium dalam air limbah dapat dilakukan dengan metode elektrolisis (Vasudevan & Lakshmi, 2011). Penurunan konsentrasi cadmium menggunakan metode ini adalah sekitar 97,8% dan 96,9%. Mereka juga menyatakan bahwa adsorpsi cadmium mengikuti metode adsorpsi isotherm Langmuir.

Pada studi lain, untuk menghilangkan cadmium digunakan metode besi (nZVI) nano nol valent (Boparai et al, 2011). Disimpulkan bahwa nZVI dapat digunakan sebagai adsorben yang cukup efisien untuk menghilangkan cadmium dari sumber air yang terkontaminasi.

Metode lain yang digunakan untuk menghilangkan cadmium dalam limbah cair adalah metode nanofiltrasi dengan membran berbahan polisulfon (Saljoughi, and Mousavi, 2012). Penurunan konsentrasi cadmium dalam limbah cair dengan metode ini sebesar 98%.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Pemisahan, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya. Peralatan yang digunakan dalam percobaan adalah tangki polyethylene dengan kapasitas 250L, pengaduk, pompa sentrifugal, pengukur tekanan, dan flowmeter. Sistem ini juga dilengkapi dengan sand-filter, filter pengendap (ukuran pori 5 μm), filter karbon aktif dan membran keramik.

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua kategori, yaitu jenis bahan yang digunakan untuk pembuatan membran keramik serta untuk proses utama penelitian. Bahan yang digunakan untuk pembuatan keramik adalah tanah liat, dedak padi, dan serbuk besi. Sedangkan bahan yang digunakan untuk proses utama adalah limbah cair PT. Tanjung Enim Lestari dan koagulan PAC (*Poly Aluminium Chlorida*).

Membran Keramik

Membran keramik didesain berbentuk tabung berpori yang terbuat dari campuran tanah liat alami, serbuk besi dan dedak padi sebagai bahan additivenya dengan variasi komposisi tanah liat alami 77,5%: 20% dedak padi: 2,5% serbuk besi (Membran A) dan 87,5%: 10 %: 2,5% (Membran B) berdasarkan berat masing-masing (Nasir et al, 2013). Pemilihan komposisi kedua membran tersebut berdasarkan kekuatan mekaniknya yang lebih baik (Richardson et al, 2002). Ukuran partikel dedak padi dan serbuk besi 500 μm . Membran keramik yang akan dibuat memiliki diameter dalam 5 cm, diameter luar 7 cm dan panjang 25 cm. Cartridge Housing Membrane terbuat dari polyethylene dengan diameter dalam 8,5 cm, diameter luar 9 cm dan panjang 25 cm.

Prosedur Penelitian

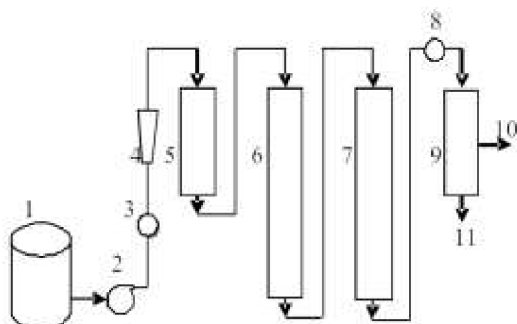
Limbah cair awal yang akan digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu dianalisa sesuai dengan standard air buangan. Berbagai pemeriksaan yang akan dilakukan meliputi pH, TDS, EC dan kandungan logam berat Cd.

Tahap persiapan pada penelitian ini terdiri dari persiapan alat dan persiapan bahan baku sebelum proses utama dilakukan. Adapun persiapan alat pembuatan membran yang digunakan untuk proses utama adalah diawali dengan menjemur tanah liat yang sudah diiris tipis-tipis selama 2 hari lalu dihaluskan dan diayak. Kemudian campurkan dengan

dedak padi dan serbuk besi dengan ukuran pori 500 μm dengan perbandingan komposisi berdasarkan berat 77,5% : 20% : 2,5% dan 87,5% : 10% : 2,5%. Setelah itu tambahkan air ke dalam adonan membran dan sambil diaduk rata sampai bisa dicetak. Kemudian membran dikeringkan pada temperatur kamar selama 7 hari untuk menghilangkan kadar airnya. Setelah itu membran dibakar pada suhu 900^oC selama 9 jam. Untuk mengetahui spesifikasi membran keramik yang sudah dibuat, maka dilakukan analisa Scanning Electron Microscope (SEM) untuk mengetahui struktur morfologi permukaan membran and analisa Brunnauer-Emmet Teller (BET) untuk mengetahui ukuran pori membran.

Sedangkan pada persiapan bahan baku sebelum proses utama dilakukan, limbah PT. TEL harus terlebih dahulu dikoagulasi menggunakan koagulan PAC (*Poly Aluminium Chlorida*) dengan alat koagulator yang dilengkapi dengan pengaduk. Dosis PAC yang akan digunakan ditentukan dengan jar test. Pada tahap jar test, penambahan PAC divariasikan sebesar 70 mg/L sampai dengan 500 mg/L. Hal ini bertujuan agar partikel-partikel tersuspensi akan cepat mengendap sehingga mendapatkan limbah cair yang lebih jernih dan mempercepat proses pemisahan Cd dengan menggunakan membran keramik.

Pada proses utama, setelah proses pengendapan, limbah yang sudah dikoagulasi dimasukkan ke dalam tangki penyimpan limbah berkapasitas 500 L. Kemudian dengan bantuan pompa bertekanan, air limbah PT. TEL dari tangki penyimpan dialirkan ke housing-1 yang di dalamnya berisi sand filter. Tekanan pompa diatur 17,3 psi; 20,3 psi; 23,3 psi. Kemudian air limbah yang sudah tersaring dengan sand filter dialirkan ke housing-2 yang didalamnya berisi filter yang dengan diameter pori 5 μm . Lalu air limbah yang sudah melewati filter, dialirkan lagi ke housing-3 yang didalamnya berisi karbon aktif sebagai adsorben. Kemudian air limbah yang sudah melewati karbon aktif dialirkan lagi ke housing-4 yang didalamnya berisi membran. Membran yang digunakan divariasikan diameter pori dan komposisinya. Air limbah yang sudah melewati membran ditampung dalam sebuah wadah. Pengambilan sampel air limbah yang sudah melewati proses pemisahan lengkap yaitu diambil setiap 15 menit ; 30 menit; 45 menit ; 60 menit. Setiap pengambilan sampel, dihitung volume permeat yang dihasilkan. Kemudian permeat dianalisa TDS, EC dan pH serta kandungan cadmiumnya. Prosedur penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Rangkaian alat penelitian

(Keterangan: (1) Tangki air limbah, (2) Pompa, (3) Pressure Gauge, (4) Flowmeter Umpan, (5) Sand Filter, (6) Filter uk. 5 µm, (7) Karbon Aktif, (8) Pressure Gauge, (9) Membran Keramik, (10) Permeat, dan (11) Konsentrat.)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa sampel awal pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2 di bawah ini. Dari data hasil analisa yang dihasilkan tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi cadmium dan ph pada sampel melebihi ambang batas yang ditentukan untuk standard limbah cair industri pulp di Indonesia.

Tabel 2. Hasil analisa sampel awal

Parameters	Initial sample	Standard
Cd (mg/L)	0.65	0.1
TDS (mg/L)	567	-
EC (µS/cm)	1107	-
TSS (mg/L)	162	150
pH (-)	9.84	6-9
Turbidity (NTU)	133	-

Karakteristik Membran

Karakteristik membran ditunjukkan pada tabel 3. Jumlah komposisi dedak padi sebagai bahan additive yang ditambahkan mempengaruhi porositas membran. Semakin banyak dedak padi yang ditambahkan pada adonan membran maka akan meningkatkan porositas membran tersebut. Hal ini disebabkan oleh dedak padi yang berubah menjadi abu ketika dioksidasi pada temperatur tinggi dan membuat pori membran keramik menjadi acak (random) dan meningkatkan pembentukan pori.

Analisa Brunauer–Emmett–Teller (BET)

Analisa Brunauer–Emmett–Teller (BET) bertujuan untuk melihat porositas membran keramik yang akan dipakai pada penelitian ini. Alat yang digunakan untuk analisa BET ini adalah Quantachrom Nova A-600. Karakteristik membran berdasarkan analisa BET dapat dilihat pada tabel 3.

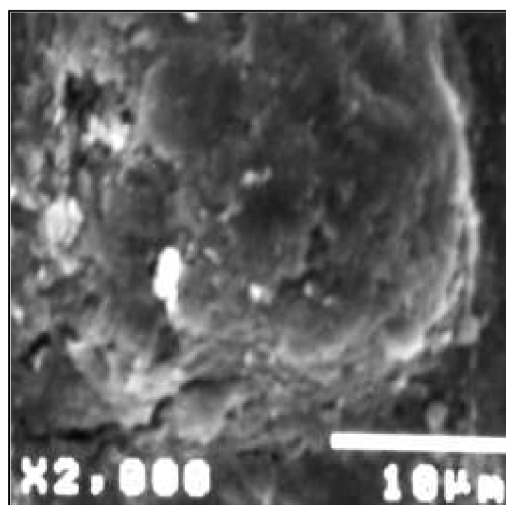
Tabel 3. Karakteristik membran keramik

	Average Pore Diameter (µm)	Surface area (m ² /g)	Porosity (%)
Filter A	7,84	12,01	41,96
Filter B	1,09	14,63	43,95

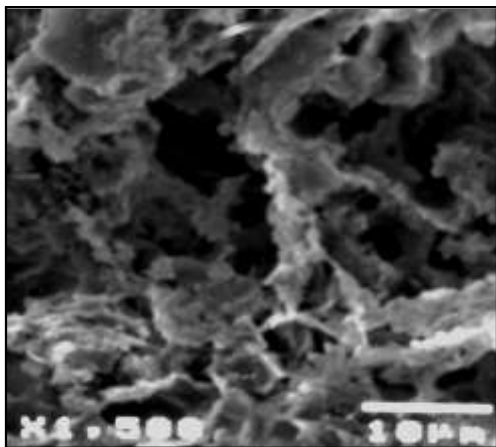
Dari tabel di atas, ukuran pori membran A adalah 7,84 µm sedangkan ukuran pori membran B adalah 1,09 µm, maka karakteristik membran keramik yang dipakai untuk penelitian ini adalah jenis membran mikrofiltrasi. Luas permukaan membran A lebih kecil daripada luas permukaan membran B. Begitu juga dengan persentase porositas membran A lebih kecil daripada porositas membran B atau dengan kata lain terlihat bahwa terjadi kenaikan luas permukaan membran dengan penurunan komposisi dedak padi. Hal ini mungkin disebabkan karena pada saat sintering dengan temperatur tinggi mengakibatkan hilangnya struktur dedak padi, dengan hilangnya dedak padi yang terlalu banyak sehingga mengakibatkan terbentuknya lobang pori yang terlalu bebas yang mengakibatkan luas permukaan yang lebih rendah.

Analisa Scanning Electron Microscope (SEM)

Penentuan morfologi merupakan karakteristik yang penting bagi membran untuk mengetahui struktur pori. Suatu metode sederhana dan cepat untuk menentukan morfologi membrane adalah dengan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM). Struktur permukaan dan penampang lintang membran dapat dilihat secara mikroskopik pada foto yang dihasilkan oleh SEM. Dari teknik analisis SEM dapat diperkirakan ukuran pori dan distribusi membran keramik yang telah disintesis.



Gambar 2. Citra SEM pada membran A



Gambar 3. Citra SEM pada membran B

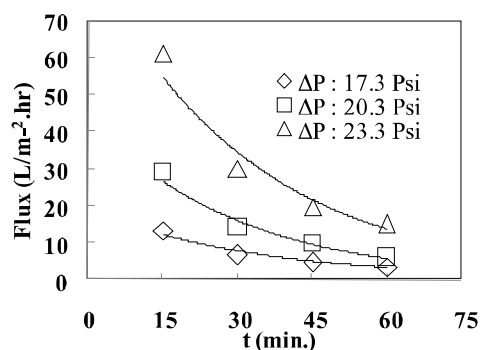
Pada penelitian ini dilaporkan bahwa ukuran butir dedak padi memiliki pengaruh terhadap permeabilitas membran. Ukuran butir dan rasio batas butir berperan penting dalam proses difusi. Butiran yang kecil menyebabkan area permukaan semakin luas. Luas permukaan memegang peranan penting dalam meningkatkan permeasi membran, yaitu dengan mengurangi ukuran butir maka permeabilitasnya akan meningkat. Berkurangnya ukuran butiran akan memperluas permukaan membran sehingga permeasi membran semakin besar.

Citra SEM dari masing masing membran pada berbagai variasi perbesaran memperlihatkan bahwa struktur pori membran adalah bersifat random dengan ukuran berkisar 1 s.d 10 μm . Membran yang dihasilkan dapat digolongkan pada jenis membran mikrofiltrasi.

Analisis permukaan membran dapat dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Dari pengamatan SEM tersebut terlihat pori-pori dan tekstur permukaan membran yang tidak rata akibat pengaruh suhu. Gambar 2 dan 3 memperlihatkan pori-pori pada membran dengan adanya penambahan dedak padi. Semakin banyak penambahan dedak padi, pori yang terbentukpun semakin banyak dan terlihat masih kurang seragam (asimetrik).

Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Flux Permeat pada Membran A

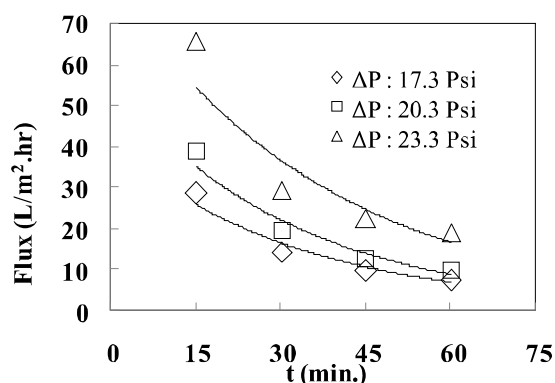
Pengaruh waktu operasi filtrasi terhadap flux dapat dilihat pada gambar 4 dan 5. Kedua jenis membran menunjukkan penurunan flux setelah 30 menit waktu operasi. Pada membran A, penurunan flux membran dapat terjadi karena terbentuknya lapisan gel dan adanya penyumbatan pori. Penurunan flux dapat meningkat karena perbedaan tekanan dan waktu operasi yang digunakan. Dalam penelitian ini terlihat bahwa beda tekanan sebesar 20,3 psi memberikan laju penurunan flux yang relative baik untuk membran A.



Gambar 4. Flux permeat pada membran A

Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Flux Permeat pada Membran B

Dari gambar 5 juga memperlihatkan pengaruh waktu terhadap flux permeat pada berbagai-bagai komposisi membran B. Terlihat bahwa semua flux permeat akan menurun dengan meningkatnya waktu operasi untuk semua komposisi filter. Penurunan flux terjadi bila beda tekanan (ΔP) ditingkatkan. Pada sistem filtrasi yang dirancang terlihat bahwa ΔP sebesar 20,3 psi memperlihatkan kestabilan flux untuk masing-masing filter. Secara teoritis peningkatan tekanan operasi akan meningkatkan laju permeat. Namun kenaikan tekanan juga memperbesar kemungkinan terjadinya fouling pada permukaan filter. Fouling dapat disebabkan karena adanya partikel solut yang terkandung dalam air limbah industri pulp.

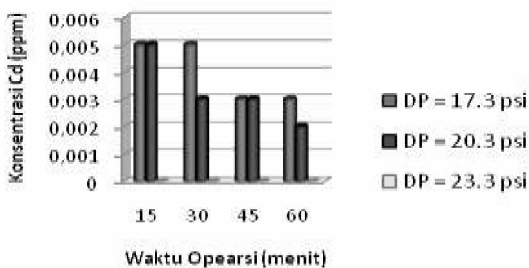


Gambar 5. Flux permeat pada membran B

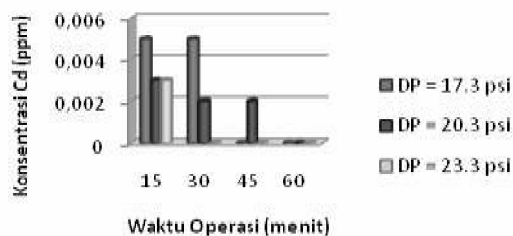
Analisis konsentrasi Cd

Dari gambar 6 dan 7 terlihat bahwa penurunan konsentrasi Cd pada permeat dapat terjadi karena terhambatnya ion logam Cd yang membentuk lapisan gel dan adanya penyumbatan pori pada permukaan membran. Penurunan konsentrasi Cd dapat meningkat karena perbedaan tekanan dan waktu operasi yang digunakan. Dalam penelitian ini terlihat

bahwa beda tekanan sebesar 20,3 psi memberikan penurunan konsentrasi Cd yang relative baik untuk membran A dan membran B. Namun pada membran B penurunan konsentrasi cadmium sangat cepat dikarenakan ukuran pori dari membran B yang lebih kecil sehingga ion logam cadmium lebih banyak terhambat pada membran B tersebut.



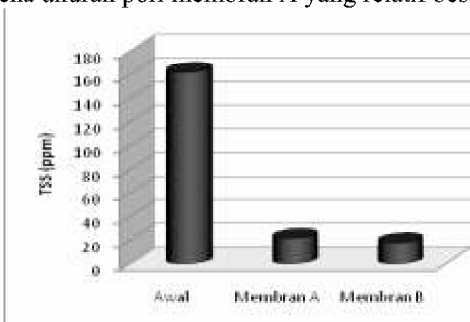
Gambar 6. Penurunan konsentrasi Cd pada membran A



Gambar 7. Penurunan konsentrasi Cd membran B

Analisis TSS

Dari gambar 8 terlihat bahwa nilai TSS akan menurun terhadap komposisi membran. Hal ini dapat dijelaskan karena bahan-bahan yang menyebabkan yang padatan tersuspensi dalam air limbah mengisi rongga-rongga pori membran yang mempunyai pori lebih kecil yaitu membran B dengan nilai TSS rata-rata sebesar 21,4 ppm. Sedangkan pada membran A partikel-partikel padatan tersuspensi akan lolos karena ukuran pori membran A yang relatif besar.

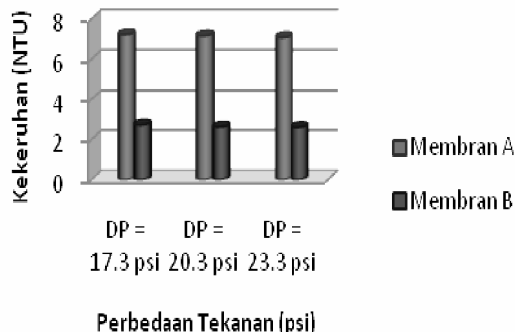


Gambar 8. Pengaruh komposisi membran terhadap nilai TSS

Analisis kekeruhan

Dari gambar 9 terlihat bahwa tingkat kekeruhan akan menurun terhadap komposisi membran. Hal ini dapat dijelaskan karena bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan air seperti partikel-partikel

padatan tersuspensi penyebab warna akan mengisi rongga-rongga pori membran yang mempunyai pori lebih kecil yaitu membran B dengan nilai kekeruhan rata-rata 2.56 NTU. Sedangkan pada membran A partikel-partikel padatan tersuspensi akan lolos karena ukuran pori membran A yang relatif besar.



Gambar 9. Pengaruh perbedaan tekanan terhadap tingkat kekeruhan dan komposisi membran

Analisis TDS, EC, dan pH permeat

Hasil analisa TDS, EC dan pH permeat dari membran A dan membran B dapat dilihat pada tabel 4. Hal ini menunjukkan bahwa TDS, EC, dan pH permeat memenuhi standar Indonesia untuk limbah industri. Membran A dan membran B masing-masing mampu menurunkan konsentrasi kadmium hingga 99,53 dan 99,9%. Semua meresapi juga menunjukkan kekeruhan baik.

Tabel 4. Hasil analisa TDS, EC dan pH pada permeat

ΔP (psi)	T (min.)	Membran A			Membran B		
		TDS (mg/l)	EC (µS/cm)	pH	TDS (mg/l)	EC (µS/cm)	pH
17.3	15	490	982	6,72	472	945	7,46
	30	494	988	6,84	469	943	6,62
	45	494	989	6,83	468	943	6,62
	60	492	986	7,46	469	949	6,62
20.3	15	490	980	7,32	477	954	6,60
	30	490	981	7,42	478	958	6,59
	45	490	981	7,20	477	949	7,32
	60	491	982	6,60	477	955	7,20
23.3	15	488	970	6,59	462	925	6,93
	30	489	977	7,32	475	950	6,74
	45	489	979	7,20	479	959	6,74
	60	488	977	6,93	478	957	6,95

Efisiensi penurunan konsentrasi senyawa cadmium dalam limbah cair industri pulp menggunakan membran A dan membran B dapat dilihat pada tabel 5 dimana dapat dilihat bahwa membran B lebih efektif untuk menurunkan konsentrasi pada perbedaan tekanan 20,3 psi dan satu jam dari waktu operasi. Hal ini terlihat dari kemampuan membran B dalam menghasilkan laju permeat, dan kemampuan penurunan TDS, EC, kekeruhan dan kandungan logam terutama cadmium

yang cukup tinggi. Terlihat bahwa kombinasi proses pengolahan air limbah pulp dengan menggunakan pasir silika, karbon aktif, dan membran keramik pada berbagai komposisi ternyata cukup efektif untuk menurunkan TDS, EC dan pH.

Tabel 5. Hasil Analisa Pengolahan Limbah Cair Industri Pulp Menggunakan Membran Keramik

Parameter	Membran A	Efisiensi (%)	Membran B	Efisiensi (%)
Cd (mg/L)	0.003	99.53	0.0015	99.90
TDS (mg/L)	498	12.17	472	16.75
EC (μ S/cm)	986	10.93	970	12.38
TSS (mg/L)	21.4	86.79	17.8	89.01
pH (-)	7.14	27.44	6.98	29.07
Turbidity (NTU)	7.12	94.65	2.56	98.08

KESIMPULAN

Membran keramik yang terbuat dari campuran tanah liat alami, serbuk besi dan dedak padi sebagai bahan additive dengan komposisi 87,5% tanah liat alami, 10% dedak padi sebagai bahan additive dan 2,5% serbuk besi dapat mengurangi TDS, TSS, pH, EC dan turbidity serta konsentrasi cadmium dari limbah cair industri pulp hingga 99,9%. Fluks permeat menurun secara signifikan setelah 30 menit waktu filtrasi dan tetap konstan pada satu jam. Dari analisa BET dan analisa SEM menunjukkan bahwa membran keramik dapat diklasifikasikan sebagai membran mikrofiltrasi dengan struktur pori yang random.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H., Khan., E, & Sajad, M.A., (2013): *Phytoremediation of heavy metals—Concepts and applications*, Chemosphere, 91: 869-881.
- Ashraf, M., W., Iqbal, M., A., (2012): *Removal of Cadmium (II) from Aqueous by Using Supported Liquid Membrane Technology*, Scientific Journal of Environ. Sci., 1(3): 30-39.
- Bai, H.J., Zhang, Z.M., Yang, G.E. & Li, B.Z., (2008): *Bioremediation of cadmium by growing Rhodospirillum rubrum: Kinetic characteristic and mechanism studies*, Bioresource Technology, 99: 7716-7722.
- Baker. R.W., (2004): *Membrane Technology and Applications*, 2 nd ed., John Wiley and Sons, 66-68.
- Boopathy, R., (2000): *Review paper: Factors limiting bioremediation technologies*, Bioresource Technology, 74: 63-67.
- Boparai, H.K., Joseph, M., & O'Carroll, D.M., (2011): *Kinetics and thermodynamics of cadmium ion removal by adsorption onto nano zerovalent iron particles*, Journal of Hazardous Materials, 186: 458-465. 2011.
- Durbak, I., (1993): *Dissolving Pulp Industry : Market Trends*, Gen.Tech.Rep. FPL-GTR-77. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory pp. 20
- Elizabeth D., Camarinha, Patrícia F. Lito, Bruno M. Antunes, Marta Otero, Zhi Lin, João Rocha, Eduarda Pereira, Armando C. Duarte, Carlos M. Silva, (2009): *Cadmium(II) removal from aqueous solution using microporous titanasilicate ETS-10*, Chemical Engineering Journal, 155: 108–114.
- Hydari, S., Shariffard, H., Nabavinia, M., & Parvizi, M.R., (2012): *A comparative investigation on removal performances of commercial activated carbon, chitosan biosorbent and chitosan/activated carbon composite for cadmium*, Chemical Engineering Journal, 193: 276-282.
- Jana, S., Purkait, M. K., & Kaustubha, M., (2010): *Preparation and Characterization of Low-cost Ceramic Microfiltration Membranes for the Removal of Chromate from Aqueous Solutions*, Applied Clay Science, 47: 317–324.
- Lestari S., Santoso S., dan Anggorowati S., (2009): *Efektifitas Eceng Gondok (Echhornia crassipes) Dalam Penyerapan Cadmium (Cd) Pada Leachate TPA Gunung Tugel*, Jurnal Teknik Lingkungan, 1 : 291-300.
- Mueller, (1979): *Contaminants Entering the New York Bight: Source, Mass Load, Significance*, Am. Soc. Limnol. Oceanogr. Spec. Symp. 2: 162.
- Nasir, S., Anggraeni, D., dan Agustina, R., (2010): *Pembuatan Filter Mikrofiltrasi dari Clay dan Fly Ash dalam Pengolahan Limbah Cair*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, Unpar, Bandung.
- Nasir, S., Budi T., dan Silvatiy I., (2013): *Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat Alam dan Zeolit Pada Pengolahan Air Limbah Hasil Proses Laundry*, Jurnal Bumi Lestari, 13: 45-51.
- Nasir, S., dan Budi, T., (2011): *Pengolahan Air Limbah Hasil Proses Laundry Menggunakan Filter Keramik Berbahan Tanah Liat Alam dan Zeolit*, Laporan Hibah Kompetitif 2011, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Pagana, A.E., Sklari S.,D, Kikkinides E.S., Zaspalis, V.T., (2008): *Microporous Ceramic Membrane Technology for The Removal Arsenic and Chromium Ions from Contaminated Water*, Journal Microporous and Mesoporous Material, 110: 150-156.
- Pokhrel, D., and Viraraghavan, T., (2004): *Treatment of Pulp and Paper Mill Wastewater – A Review*, Science of The Total Environment, 333: 37-58.
- Richardson J.F., Coulson J.M., Harker J.H., Backhurst J.R., (2002): *Coulson and Richardson's chemical engineering*, Butterworth-Heinemann, Vol. 2, Eds. 5.
- Saljoughi, E., & Mousavi, S.M., (2012): *Preparation and characterization of novel polysulfone nanofiltration membranes for removal of cadmium from contaminated water*, Separation and Purification Technology, 90: 22-30.
- Shafiquzzaman, Md., Azam, M.S., Nakajima, J., Bari. Q.H., (2011): *Investigation of arsenic removal performance by a simple iron removal ceramic filter in rural households of Bangladesh*, Desalination, 265: 60–66.
- Vasudevan, S., & Lakshmi, J., (2011): *Effects of alternating and direct current in electrocoagulation process on the removal of cadmium from water – A novel approach*, Separation and Purification Technology, 80: 643-651.
- Yang, G.C.C., & Tsai, C.M., (2008): *Effects of starch addition on characteristics of tubular porous ceramic membrane substrates*, Desalination, 233: 129-136.