

TEKNOLOGI MEMBRAN DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI

Siti Agustina *

Abstrak

Industri mempunyai dampak negatif yang besar pada lingkungan. Limbah cair industri merupakan cairan buangan yang terdiri dari zat-zat organik dan polutan yang berbahaya bagi manusia. Teknologi pengolahan limbah industri sekarang ini banyak menggunakan proses kimia dan proses biologi. Proses-proses tersebut memerlukan biaya operasional yang besar dan lahan yang luas. Teknologi membran mempunyai potensi untuk pengolahan limbah cair industri, karena teknologi ini memiliki keunggulan seperti : prosesnya sederhana, hemat energi, tidak perlu bahan kimia dan mutu hasil olahan baik.

Abstract

Industry has significant negative impact on the environment. Industrial waste water is mainly comprises of organic compound and hazardous substances which is dangerous to human being. Nowadays, waste water treatment technology used mostly chemical and biological process. These process need high operational cost and large acreage of land. Membrane technology is potential to be used to treat industrial waste water, because this technology has several advantages such as: simple process, energy saving, no chemicals needed, and the effluent is met the standard requirement.

Key word : membrane technology, treatment, waste water

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini industri umumnya melakukan pengolahan limbah cair secara kimia yaitu proses koagulasi-flokulasi, sedimentasi dan flotasi. serta pengolahan limbah cair secara biologi yaitu proses *aerob* dan proses *anaerob*. Pada proses kimia mempunyai kendala yaitu biaya untuk pembelian bahan kimia cukup tinggi dan pada menghasilkan sludge yang cukup banyak, sehingga industri harus menyediakan prasarana dan biaya untuk penanganan *sludge*. Sedangkan pada proses pengolahan limbah secara biologi, kendalanya adalah memerlukan lahan yang cukup luas dan energi yang besar. Berdasarkan data diatas, maka untuk meminimisasi masalah tersebut salah satu teknologi yang dapat digunakan pada pengolahan limbah cair adalah teknologi membran.

Pada saat ini teknologi membran telah berkembang pesat baik untuk skala laboratorium maupun untuk skala komersial. Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen

dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewati komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Larutan yang mengandung komponen yang tertahan disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut permeat. Filtrasi menggunakan membran selain berfungsi sebagai sarana pemisahan juga berfungsi sebagai sarana pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membran tersebut. Kelebihannya adalah membran tidak mengubah struktur molekul zat yang dipisahkan, sehingga prosesnya lebih sederhana.

Menurut Nik Meriam(2004) bahwa pada pengolahan limbah cair industri kelapa sawit dengan menggunakan membran *ultrafiltrasi* dapat menurunkan kadar COD sebesar 97,66% dan kadar SS sebesar 98%, tetapi tidak dapat untuk menghilangkan warna sehingga memerlukan treatment lagi. Jenis membran osmosa balik dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair industri pelapisan logam. Modul membran berfungsi sebagai penyaring, logam tertentu dalam limbah industri dapat tertahan

pada membran. Berdasarkan penelitian Cynthia L Radiman menunjukkan bahwa ion Aluminium Peroksida atau $Al(OH)_4$ dapat terjaring sebanyak 98,1 % dari limbah industri tersebut, sehingga ion Aluminium Peroksida dapat dimanfaatkan lagi untuk proses. Pada industri tekstil juga dapat menggunakan membran untuk pengolahan limbah, yang bertujuan untuk menghilangkan warna dan surfaktan yang terdapat dalam limbah cair.

Teknologi membran dapat dikombinasikan dengan metode pengolahan limbah yang lain. Pada penelitian Budiono,dkk (2003) kombinasi antara proses lumpur aktif dan membran menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi konsentrasi lumpur aktif maka aktifitas mikroba akan semakin kecil. Bila ditinjau dari segi operasionalisasi unit pengolahan limbah, maka proses kombinasi pengolahan lumpur aktif dan membran jauh lebih menghemat kebutuhan nitrogen dan fosfor untuk nutrisi.

2. JENIS-JENIS MEMBRAN

Pemisahan dengan membran umumnya berdasarkan ukuran partikel dan berat molekul dengan gaya dorong berupa beda tekanan, medan listrik dan beda konsentrasi. Proses pemisahan dengan membran yang memakai gaya dorong berupa beda tekanan umumnya dikelompokkan menjadi empat jenis diantaranya mikromembran, osmosis balik (RO), ultramembran, dan nanomembran.

A. Mikromembran

Mikromembran merupakan pemisahan partikel berukuran mikron atau submikron. Bentuknya lazim berupa *cartridge*, gunanya untuk menghilangkan partikel dari air yang berukuran 0,04 sampai 100 mikron. Tetapi kandungan padatan total terlarut tidak melebihi 100 ppm. *Filtrasi cartridge* merupakan filtrasi mutlak. Partikel padat akan tertahan, terkadang *cartridge* yang berbentuk silinder dapat dibersihkan. *Cartridge* tersebut diletakkan di dalam wadah tertentu (disebut rumah/housing). Bahan *cartridge* beraneka: katun, wool, rayon, selulosa, fiberglass, poly propilen, akrilik, nilon, asbes, ester-ester selulosa, polimer hidrokarbon terfluorinasi.

Jenis-jenis *cartridge* dikelompokkan: (1) *Cartridge* lilitan, (2) *Cartridge* rajut-lekatan-terjurai, (3) *Cartridge* lembar – berpori (kertas saring khusus, media nirpintal, membran, berkarbon).

Cartridge lilitan memakai benang yang disikat sehingga serat-seratnya berjurai, lalu dililitkan pada inti logam berlubang-lubang. Pola pelilitan, tegangan, panjang serat, ciri serat dan jumlahnya menentukan kemampuan penghilangan kotoran. Tipe lilitan dapat memfilter sampai 10 mikron, tetapi seratnya sendiri terkadang lepas (migrasi media).

Cartridge rajut-lekat-jurai, berbentuk matriks kontinyu sekitar inti, terkadang rapat seratnya berjenjang dari bagian luar (pinggir) ke dalam (tengah). Ini memperpanjang umur filter dan partikel terjebak sesuai ukurannya ditempatkan tertentu. Jenis *cartridge* demikian ada yang absolute, yakni *filterprofil*. *Filter profil* dapat mengubah diameter serat dan ukuran porinya. Pori tetap yang di bagian dalam membuat filtrasi sempurna, sampai 0,5 – 90 mikron.

Cartridge berlembaran berpori ada beberapa tipe. Pertama, kertas saring berlipat, sampai 5-30 mikron. Jenis *cartridge* biasa untuk filtrasi minuman, air pendingin industri dan kolam renang. Kedua, media tak dipintal (polyester, polipropilen, dsb) dengan daya saring 1 – 40 mikron, dipakai untuk kolam renang modern.

Selain itu ada *cartridge* membran, biasanya digunakan untuk ukuran 0,02 - 2 mikron. Bahannya ester selulosa, nilon, polisulfon, akrilik, polivinilden fluoride. Digunakan pada industri farmasi.

B. Osmosis Balik (RO)

Membran RO dibuat dari berbagai bahan seperti selulosa asetat (CA), poliamida (PA), poliamida aromatis, polieteramida, polieteramina, polieterurea, polifililene oksida, polifenilen bibenzimidazol, dsb. Membran komposit film tipis terbuat dari berbagai bahan polimer untuk substratnya ditambah polimer lapisan fungsional di atasnya.

Ada empat konfigurasi membran RO, yaitu lilit spiral (SW), serat berlekuk (HFF), tabung/pipa serta plat-kerangka. Membran lilit spiral (SW) terdiri atas dua lembaran membran yang terpisah oleh penyangga berpori yang direkatkan pada ketiga sisinya (membentuk sampul), sedangkan sisi keempat ditautkan dengan perekat ke pipa plastik berlekuk yang mengumpulkan air produknya. Beberapa direkatkan, dikumparkan/lilitkan pada pipa, membentuk spiral. Banyak modul spiral dihubungkan secara seri dalam tabung dari fiberglass.

Modul serat berlekuk (HFF) merupakan bundel mempunyai ribuan serat tipis sejajar mengitari inti distribusi air umpan. Tiap serabut diletakkan dalam bentuk U dan ujung-ujungnya dibungkus wadah pipa resin epoksi. Lalu bundel dibungkus kain dan kasa, diletakkan dalam bejana tahan tekanan tinggi terbuat dari baja stainless terlapis epoksi. Serat berlekuk tersebut setipis rambut, dapat dibuat dari poliamida aromatik, selulosa asetat dan sebagainya.

Membran bentuk pipa (tubular) ialah membran yang dipasang di bagian dalam pipa. Air umpan masuk di bagian dalam. Membran ini banyak digunakan untuk pengolahan air limbah dan pengambilan bahan kimia yang berharga didalam aliran proses. Membran plat berkerangka berstruktur sandwich antar plat bentuk persegi atau bulat. Modulnya serupa filter press, mudah pengoperasiannya.

Berdasarkan kajian ekonomi menunjukkan osmosis balik mempunyai keuntungan sebagai berikut : (1) Untuk umpan padatan total terlarut di bawah 400 ppm, osmosis balik merupakan perlakuan yang murah, (2) Untuk umpan padatan total terlarut di atas 400 ppm, dengan penurunan padatan total terlarut 10% semula, osmosis balik sangat menguntungkan dibanding dengan deionisasi, (3) Untuk umpan berapapun konsentrasi padatan total terlarut, disertai kandungan organik lebih daripada 15 g/liter, osmosis balik sangat baik untuk praperlakuan deionisasi, (4) osmosis balik sedikit berhubungan dengan bahan kimia, sehingga lebih praktis.

C. Ultramembran

Ultramembran adalah teknik proses pemisahan (menggunakan) membran untuk menghilangkan berbagai zat terlarut BM (berat molekul) tinggi, aneka koloid, mikroba sampai padatan tersuspensi dari air larutan. Membran semipermeabel dipakai untuk memisahkan makromolekul dari larutan. Ukuran dan bentuk molekul terlarut merupakan faktor penting.

Dalam teknologi pemurnian air, membran *ultrafiltrasi* dengan berat molekul membran (MWC) 1000 – 20000 lazim untuk penghilangan *pirogen*, sedangkan berat molekul membran (MWC) 80.000- 100.000 untuk pemakaian penghilangan koloid. Terkadang *pirogen* (BM 10.000- 20.0000) dapat dihilangkan oleh membran 80.000 karena adanya membran dinamis.

Tekanan sistem *ultramembran* biasanya rendah, 10-100 psi (70-700 kPa), maka dapat menggunakan pompa *sentrifugal* biasa. *Ultramembran* sehubungan dengan pemurnian air dipergunakan untuk menghilangkan koloid (penyebab *fouling*) dan penghilangan mikroba, pirogen dan partikel dengan modul higienis.

Ultramembran dibuat dengan mencetak polimer selulosa acetate (CA) sebagai lembaran tipis. *Fluks* maksimum bila membrannya anisotropik, ada kulit tipis rapat dan pengembangan berpori. Membran selulosa acetate (CA) mempunyai sifat pemisahan yang bagus namun sayangnya dapat dirusak oleh bakteri dan zat kimia, rentan pH. Adapula membran dari polimer polisulfon, akrilik, juga polikarbonat, PVC, poliamida, poliviniliden fluoride, kopolimer AN-VC, poliasetal, poliakrilat, kompleks polielektrolit dan PVA ikat silang. Membran juga dapat dibuat dari keramik, aluminium oksida, zirconium oksida, dsb.

Konfigurasi membran *ultrafiltrasi* terdiri dari tabulator, plat & frame, lilit spiral serta HFF (serat halus meleleku). Membran pipa (tubular) lazim untuk pengolahan air dengan *fouling* berat di industri, tidak untuk air minum skala besar karena biaya kapitalnya besar dan keperluan energinya tinggi. Membran tersebut dicetak ke tempat berpori seperti kain tanpa rajutan atau plastik yang diperkuat gelas. Membran datar (*plate & frame*) diaplikasikan untuk aliran lambat di industri, mahal, sehingga tidak cocok untuk penyediaan air bersih biasa. Sedangkan membran lilit *spiral* (SW) cocok untuk pemurnian air karena *fluks* besar dan tekanan rendah, energi kecil dan tidak menggunakan tempat yang luas, ukuran standar 15 cm dan 20 cm diameter bejana. *Cartridgenya* dapat disucihamakan dengan khlor, hydrogen peroksida. Kelebihan lain untuk membran SW adalah laju *fluks* baik, pH stabil, mudah dicuci dan awet. Bahan yang biasa digunakan adalah polisulfon. Membran HFF (serat berlekuk) untuk *ultrafiltrasi* berbeda daripada yang osmosis balik. Pada *ultrafiltrasi*, aliran umpan masuk lewat inti rata-rata berukuran kecil, tidak seperti osmosis balik yang sampai besar-besar.

D. Nanomembran

Proses nanomembran digunakan untuk menghilangkan kesadahan, menghilangkan bakteri dan virus, menghilangkan warna karena zat organik tanpa menghasilkan zat kimia berbahaya seperti hidrokarbon terklorinasi. Nanomembran cocok bagi air dengan padatan total terlarut rendah, dilunakkan dan dihilangkan organiknya.

Sifat rejeksi khas terhadap tipe ion : ion dwivalen lebih cepat dihilangkan daripada yang monovalen, sesuai saat membran itu diproses, suhu, waktu *annealing*, dan lain-lain. Formulasi dasarnya mirip osmosis balik tetapi mekanisme operasionalnya mirip *ultrafiltrasi*. Jadi *nanofiltrasi* itu gabungan antara osmosis balik dan *ultrafiltrasi*.

3. METODA PEMBUATAN MEMBRAN

Pembuatan membran terdiri dari beberapa metode seperti terlihat pada tabel 1 dibawah ini. Membran dengan menggunakan bahan sintesis dapat dibuat dari berbagai jenis polimer dan bahan khusus lainnya. Metoda *heating stretching* digunakan untuk membuat pori dalam *microporous* pada membran *polytetrafluoroethylene* (PTEE). Masing-masing metode menghasilkan perbedaan *ultrastructure*, *porosity* dan distribusi ukuran pori. Sebagai contoh pada metoda pembuatan membran melebarkan lembaran mempunyai distribusi ukuran pori kecil, tapi *porosity*nya (banyak pori/ luas permukaan) kecil. Sedangkan pada metoda *inverse* akan menghasilkan struktur lapisan yang baik dan *porosity* tinggi.

Proses pembuatan membran dari bahan sintetik seperti jenis polimer dapat dilakukan sebagai berikut : (1) Proses pencampuran antara bahan polimer, bahan pelarut dan bahan tambahan yang diaduk sampai homogen. (2) Proses pencetakan (*casting*) cetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan dan metode yang digunakan. (3) Proses penguapan hasil cetakan . (4) Proses *ekstraksi* sesuai dengan *spesifikasi* membran yang diharapkan. (5) Proses perpindahan panas sesuai dengan *spesifikasi* membran yang diharapkan. (6) Proses penyimpanan membran.

Proses pembuatan membran dapat menggunakan bahan organik dan anorganik. Bahan organik biasanya dapat menggunakan berbagai jenis polimer, sedangkan bahan anorganik dapat menggunakan keramik, stainless steel, zirconia, dll, seperti terlihat pada Tabel 1. Metode Pembuatan Membran Sintetis

Proses pembuatan	Bahan
Phase inversion	Polymer
Penguapan pelarut	Cellulose acetate, polyamide
Perubahan Temperatur	Polypropylene, polyamide
Pengendapan	Polysulfone, nitrocellulose
Melebarkan lembaran	Polymers. PTEE
Pemancaran sinar	Polymer, polycarbonate, polyester
Pencetakan	Ceramic, metaloxides, PTEE, polyethylene

Tabel 2. Sebagai contoh proses pembuatan membran dari bahan baku selulosa asetat adalah sebagai berikut: (1) selulosa asetat sebagai bahan baku, formaldehide sebagai *annealing agent* dan asetone sebagai pelarut. Ketiganya dicampur sampai homogen pada suhu 35-40 derajat celcius. (2) Kemudian dilakukan pencetakan sesuai yang diinginkan. (3) Penguapan bahan pelarut. (4) Proses ekstraksi sesuai spesifikasi yang diinginkan. (4) Proses perpindahan panas. (5) membran selulosa acetate siap digunakan. Kelebihan penggunaan membran selulosa asetat adalah sebagai berikut: Temperatur rendah 35 derajat celcius, mudah dihidrolisa, pH penggunaan adalah pH 5 s.d pH 7, bersifat *biodegradable*, mudah dilarutkan dengan pelarut organik lainnya, bebas chlorine, pembuatannya murah dan mudah.

Salah satu bahan anorganik yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan membran, adalah keramik . Membran keramik dapat dibuat dengan cara pengendapan, *track-etch* dan teknik *sol-gel*. Pada teknik *sol-gel*, Alumina merupakan bahan pendukung membran keramik. Berdasarkan penelitian Nurul Widiastuti (2003) menunjukkan bahwa Alumina tanpa penambahan Polivinil Alkohol hanya terbentuk fasa α - Alumina, sedangkan penambahan Polivinil Alkohol terbentuk fasa α - Alumina dan β - Alumina. Diameter pori rata-rata dan volume total pori yang terbentuk lebih kecil apabila menggunakan Polivinil Alkohol. Adapun keuntungan menggunakan keramik sebagai membran adalah : Tahan terhadap bahan kimia dan pelarut organik, batasan temperatur yang digunakan cukup besar sampai dengan 120oC, batasan pH yang digunakan cukup besar, yaitu pH 5 s/d pH 13, batasan tekanan yang digunakan cukup besar sampai dengan 150 psi, umur alat cukup lama berkisar 10-14 tahun setelah pemasangan. Selain keuntungan penggunaan membran keramik, terdapat juga kekurangannya yaitu : penggunaan pompa cukup besar, harganya mahal dan ukuran porinya dapat berubah karena penggunaan yang lama dan terus menerus.

Tabel 2. Bahan- Bahan Yang Digunakan Untuk Pembuatan Membran

Bahan	Mikro membran	Ultra membran	Reverse osmosis
Alumina	X		
Carbon-carbon composites	X		
Cellulose esters (mixed)	X		
Cellulose nitrate	X		
Polyamide, aliphatic (e.g nylon)	X		
Polycarbonate	X		
Polyester	X		
Polypropylene	X		
Polytetrafluoroethylene (PTEE)	X		
Polyvinyl chloride PVC	X		
Polyvinylidene fluoride (PVDF)	X		
Sintered stainless steel	X		
Cellulose (regenerated)	X	X	
Ceramic composites (zirconia on alumina)	X	X	
Polyacrylonitrile (PAN)	X	X	
Polyvinyl alcohol (PVA)	X	X	
Polysulfone (PS)	X	X	
Polyethersulfone (PES)	X	X	
Cellulose acetate (CA)	X	X	X
Cellulose triacetate (CTA)	X	X	X
Polyamide, aromatic (PA)	X	X	X
Polyimide (PI)			X
CA/CTA blends			X
Composites (polyacrylic acid on zirconia or stainless steel)			X
Composites, polymeric thin film			X
Polybenzimidazole (PBI)			X
Polyetherimide (PEI)			

4. FAKTOR- FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KINERJA MEMBRAN

Pembuatan membran mempunyai spesifikasi khusus tergantung untuk apa membran tersebut digunakan dan spesifikasi produk yang diharapkan. Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam penggunaan membran diantaranya adalah :

1. Ukuran Molekul

Ukuran molekul membran sangat mempengaruhi kinerja membran. Pada pembuatan mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi mempunyai spesifikasi khusus. Sebagai contoh untuk membrane protein kedele yang dihidrolisis menggunakan ukuran membrane 5000 MWCO, 10.000 MWCO dan 50.000 MWCO.

2. Bentuk Molekul

Bentuk dan konfigurasi makromolekul mempunyai efek dan kekuatan ion, temperatur dan interaksi antar komponen. Perbedaan bentuk ini khusus pada kondisi

dibawah permukaan membran. Hal ini dapat terlihat dalam penggunaan membran pada protein dan dextrin.

3. Bahan Membran

Perbedaan bahan membran akan berpengaruh pada hasil rejection dan distribusi ukuran pori. Sebagai contoh membrane dari polysulfone dan membran dari selulosa asetat, kedua membrane ini menunjukkan rendahnya deviasi antara kedua membran dan ini mempunyai efek pada tekanan membran. Selain itu mempunyai efek pada tingkat penyumbatan (fouling) pada membran.

4. Karakteristik Larutan

Pada umumnya berat molekul larutan garam dan gula mempunyai berat molekul yang lebih kecil dari ukuran pori membran. Karakteristik larutan ini mempunyai efek pada permeability membran.

5. Parameter Operasional

Jenis parameter yang digunakan pada operasional umumnya terdiri dari tekanan membran, permukaan membran, temperatur,

dan konsentrasi. Parameter tambahan adalah : pH, ion strength dan polarisasi

5. PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MENGGUNAKAN MEMBRAN

A. Pengolahan Limbah Cair Dari Industri Pencucian Kain (laundry)

Air limbah dari industri pencucian kain (laundry) mengandung *suspended solid* 1000 ppm, *chemical oxygen demand* (COD) 5000 ppm, dan *biological oxygen demand* (BOD) 1300 ppm, mengandung logam dan mengandung zat organik pelarut diantaranya : toluene, benzene dan perchlorethylene. Pada pengolahan secara konvensional menggunakan metoda koagulasi, flokulasi menggunakan polimer, flotasi dengan udara terlarut (DAF) dan terakhir dengan penyaringan menggunakan media pasir. Dengan teknologi membran pengolahan air limbah dilakukan hanya metoda terakhir saja, dimana air limbah dialirkan langsung melalui membran, tanpa melalui tahapan sebelumnya. Dari hasil survey menurut Munir Cheryan dari University of Illinois menunjukkan bahwa industri laundry yang menggunakan teknologi membran dengan jenis A 50-gpm (11,3 m³/jam) dengan menggunakan *system Memtex*, dapat menurunkan kadar BOD lebih kecil dari 30 ppm, COD lebih kecil dari 100 ppm, dan *suspended solid* = 0 di dalam effluent dan 30 % dari volume effluent di gunakan kembali untuk proses produksi. Di Perancis pada industri laundry yang menghasilkan air limbah suhu tinggi (70°C) dapat menggunakan membran keramik dengan luas 45 m² dapat menghasilkan 6,8 m³/jam air olahan, semua air dapat gunakan kembali untuk proses dan COD dapat dikurangi sebanyak 90%. Pada sistem ini menunjukkan *payback periode* adalah 1 tahun.

B. Industri Percetakan

Tinta *flexographic* adalah jenis tinta yang banyak digunakan pada industri percetakan. Setelah dilakukan proses pencetakan, maka menghasilkan air limbah yang pada dasarnya mengandung tinta tersebut. Untuk pemisahan tinta dan air, maka dapat menggunakan membran *ultrafiltrasi*. *Flow rate* yang digunakan umumnya 5000- 10.000 liter/hari . Volume air limbah yang dapat dikurangi sebesar 40- 60%.

C. Recovery Asam dan Basa

Industri banyak menggunakan basa seperti NaOH dan asam seperti asam nitrat dan asam fosfat sebagai bahan pembersih. Bahan pembersih tersebut akan bercampur dengan kotoran (endapan) hasil dari proses pembersihan selanjutnya dibuang sebagai limbah cair industri.

Dengan menggunakan mikromembran, maka basa dan asam yang bercampur dengan kotoran dapat dipisahkan, sehingga akan didapat asam dan basa yang dapat digunakan kembali, ini berarti terjadi penurunan kebutuhan penggunaan dari asam dan basa. Berdasarkan data menunjukkan bahwa industri yang telah menggunakan teknologi membran dalam pemisahan asam-basa dengan kotoran dapat mencapai penurunan kebutuhan basa sebesar 50% sehingga industri dapat menghemat biaya pembelian bahan pembersih mencapai 50%.

6. KEUNGGULAN DAN KEKURANGAN TEKNOLOGI MEMBRAN

A. KEUNGGULAN

Teknologi membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses lain, antara lain : Pemisahan dapat dilakukan secara kontinu, konsumsi energi umumnya relatif lebih rendah, proses membran dapat mudah digabungkan dengan proses pemisahan lainnya (*hybrid processing*), pemisahan dapat dilakukan dalam kondisi yang mudah diciptakan, mudah dalam meningkatkan ukuran skala, tidak perlu adanya bahan tambahan, material membran bervariasi sehingga mudah diadaptasikan pemakaiannya.

B. KEKURANGAN

Kekurangan teknologi membran antara lain : *fluks* dan *selektifitas* karena pada proses membran umumnya terjadi fenomena *fluks* berbanding terbalik dengan *selektifitas*. Semakin tinggi *fluks* seringkali berakibat menurunnya *selektifitas* dan sebaliknya. Sedangkan hal yang diinginkan dalam proses berbasis membran adalah mempertinggi *fluks* dan *selektifitas*.

7. KESIMPULAN

Teknologi membran selama ini hanya digunakan untuk pemurnian air minum. Tetapi sekarang ini dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa membran efektif untuk pengolahan limbah cair, dimana air hasil olahannya dapat digunakan kembali untuk proses (recycle) dan untuk air minum.

Penggunaan membran pada pengolahan limbah cair industri dapat berdasarkan jenis polutan yang terdapat di dalam limbah cair tersebut dan tujuan menggunakan membran tersebut, sehingga penggunaannya lebih efektif. Jenis membran terdiri dari mikromembran, osmosis

balik, ultramembran dan nanomembran. Pada industri pelapisan logam membran digunakan untuk menjaring logam, sehingga pada setiap jenis logam membutuhkan membran yang berbeda.

Keuntungan pengolahan limbah cair dengan menggunakan membran dapat mengurangi biaya operasional pengolahan limbah cair, meningkatkan kesehatan operator, mengurangi penggunaan lahan untuk pengolahan limbah, hemat energi, mudah perawatan dan mutu air hasil olahan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. A.J. Hartomo, M.C Widiatmo, Teknologi Membran Pemurnian Air. Andi Offset, Yogyakarta, 1994
2. Ani Idris, Faridah Kormin dan Mohamad Zakiaman Mohd Suput, The Effect of Curing Temperature on The Performance of Thin Film Composite Membrane, Jurnal Teknologi, 43 (F) Dis, 2005: 51-64, Universiti Teknologi Malaysia.
3. Ari Firmansyah, Adi Saputra, Tjandra Setiadi, Evaluasi Kinerja Bioreaktor Membran Anaerob Dalam Pengolahan limbah Industri Minyak Kelapa sawit. Laporan Penelitian, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, ITB, 2003.
4. Budiyono, Tjandra Setiadi dan I Gede Wenten, Aktifitas Mikroba Lumpur Aktif Konsentrasi Tinggi pada Sistem Lumpur Aktif, Jurnal Reaktor, Vol 7, No 1, Juni 2003, hal 27-32.
5. Cynthia L Radiman, Atasi Limbah dengan Membran, file ;//E:/jurnal membra 9 htm
6. George Tchnobanoglass, Metclaf & Eddy, Wastewater Engineering, treatment , disposal, reuse, third edition, Mc Grawhill, 1991.
7. Handoko Darmo, Upaya Penanganan Membran Fouling Yang Terjadi Pada Proses Membran Selulosa (CA) Pada Pengolahan Limbah Textil, Jurnal Membran, Fakultas MIPA, Universitas Airlangga
8. JapieJ. Schoeman, Andre Steyn and Peter J. Scurr, Treatment Using Reverse Osmosis Of An Effluent From Stainless Steel Manufacture, Water Research, The Journal of the International Association on Water Quality, Volume 30 Number 9 September 1996, ISSN 0043-1354, Pergamon
9. Jean Louis Brault, Water Treatment Handbook vol 2, sixth edition, Degremont, 1991
10. Munir Cheryan, Ph.D, Ultrafiltration and Microfiltration Handbook, niversity of Illinois, Urbana, Illinois, USA. Technomic Publishing Co, Inc, 1998.
11. Nik Meriam Nik Sulaiman dan Chea Kin Ling, Membrane Ultrafiltration Of Treated Palm Oil Mill Effluent (POME), Jurnal Teknologi, 41 (F) Keluaran Khas, Dis, 2004: 113-120, Universiti Teknologi Malaysia
12. Nurul Widiastuti, Pengaruh Penambahan Polivinil Alkohol (PVA) Terhadap Pembentukan α -Alumina Yang Dibuat Dengan Teknik Sol-Gel, Jurnal KAPPA (2003) Vol. 4, No. 1, 18-25, ISSN 1411-4046
13. Suprihanto Notodarmodjo & Anne Deniva, Penurunan Zat Organik dan Kekeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End, Proceedings Institut Teknologi Bandung, Jurnal Ilmiah ITB, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITB, 2004.
14. Taniguchi Yoshio dan Abdulrahman Abanmy, Selection Of Membranes, Japan International Cooperation Agency & Saline Water Conversion Corporation.