

LAPORAN PENELITIAN HIBAH STRATEGIS NASIONAL



PERANCANGAN SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN METODA FILTRASI MENGGUNAKAN MEMBRAN KERAMIK BERBAHAN TANAH LIAT DAN ABU TERBANG BATU BARA

Oleh

Ir. Subriyer Nasir, MS, PhD
Dr.Ir. H. M.Hatta Dahlan, MEng
David Bahrin, ST, MT

Dibiayai dari DIPA Nomor: 0132/023-04.2/2010 tanggal 31 Desember 2009
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Kegiatan Pekerjaan
Penelitian Hibah Strategis Nasional Universitas Sriwijaya
Nomor ; 0460.a/H9/PL/2010 tanggal 14 Mei 2010

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2010

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Operasional suatu industri sangat terkait dengan masalah lingkungan. Salah satu dampak yang timbul akibat keberadaan industri adalah masalah pencemaran lingkungan yang indikator utamanya adalah turunnya kualitas air, tanah, dan udara. Hal ini jelas akan mengganggu keseimbangan ekosistem di suatu kawasan. Pencemaran lingkungan khususnya karena limbah industri merupakan hal yang tidak dapat dihindari namun dapat diminimalisir dengan metoda *recycle, reduce, dan reuse* (3R). Penanganan limbah cair, gas atau padat merupakan keharusan dalam operasi suatu pabrik karena erat kaitannya dengan pelestarian lingkungan.

Salah satu industri yang terdapat di Sumatera selatan adalah industri pupuk urea yang dikelola oleh PT.Pusri. Disatu pihak keberadaan PT. Pusri telah 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 problem lingkungan akibat limbah tersebut.

Limbah padat yang berasal dari pembakaran batubara juga merupakan problema bagi lingkungan. Proses pembakaran batu bara di PLTU Tanjung Enim menghasilkan abu batubara (fly-ash) yang saat ini pemanfaatannya masih terbatas sebagai bahan bangunan (material konstruksi).

Terkait dengan hal tersebut diatas maka dalam penelitian ini akan dicoba mendisain sistem pengolahan limbah cair yang berasal dari industri pupuk urea dengan metoda filtrasi. Filter yang akan dibuat berupa membran keramik yang berbasis tanah liat dan abu bara. 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*).

1.2. Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah merancang sistem pengolahan limbah cair dengan sistem filtrasi menggunakan filter keramik. Disain membran keramik yang akan digunakan merupakan proses rekayasa tersendiri yang diharapkan dapat menyempurnakan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Secara khusus hal-hal yang ingin dicapai adalah

- a) memanfaatkan abu batu bara yang merupakan limbah padat hasil proses pembakaran batu bara pada Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Enim Sumatera Selatan sebagai material filter keramik,
- b) menerapkan metoda recycle, reduce dan reuse (3R) untuk pengolahan limbah cair,
- c) meneliti karakteristik filter yang dirancang dalam operasi pengolahan limbah cair,
- d) meneliti kualitas air (permeat) yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah cair menggunakan sistem filtrasi membran,
- e) optimalisasi kondisi operasi seperti tekanan (pressure) dan laju alir (flowrate) dalam proses pengolahan limbah cair dengan sistem filtrasi menggunakan membran keramik.
- f) Memanfaatkan produk berupa permeat yang dapat digunakan sebagai air pendingin (cooling water) atau air umpan boiler (boiler feedwater).

1.3. Manfaat Penelitian

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 membran. Fly ash selama ini penggunaannya masih terbatas sebagai material untuk bahan bangunan (konstruksi). 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.

1.4. Perumusan Masalah

Permasalahan yang ada dalam pengolahan limbah cair industri secara biologis adalah terbatasnya lahan dan metode yang digunakan sekarang kebanyakan adalah konvensional seperti menggunakan kolam oksidasi (pond). Banyak hal yang muncul pada pengolahan limbah cair menggunakan metoda ini seperti sludge yang terbentuk, bau yang timbul,

waktu yang cukup lama untuk menurunkan COD atau BOD limbah. Pengolahan limbah secara konvensional ini pada prinsipnya adalah menurunkan kadar pencemar (polutan) serendah mungkin sesuai batas baku mutu lingkungan. 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 problem.

Kebanyakan membran terbuat dari polimer, polisulfonat atau campuran bahan padat seperti keramik. Material penyusun keramik dapat berupa senyawa campuran alumina, titania, zirconia atau silika. Pada sisi lain, abu sisa pembakaran batu bara di Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) belum dimanfaatkan secara maksimal. Untuk itu dalam penelitian ini akan dibuat membran keramik berbasis tanah liat dan abu batu bara (fly ash).

Masalah lain yang sering dijumpai dalam pemakaian membran keramik untuk pengolahan limbah cair adalah sifat mekanis filter yang dihasilkan cenderung menjadi mudah rapuh dan patah (*brittle*). Diperlukan zat-zat aditive lain seperti Fe_3O_4 yang dapat mengurangi sifat brittle, memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi, stabilitas kimia yang baik dan anti microbial.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Jenis Membran dan Karakterisasinya

Berbeda dengan distilasi, pemisahan dengan membran lebih didasarkan pada ukuran partikel dan berat molekul solut. Membran mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan proses distilasi diantaranya lebih hemat energi, proses pemisahan dapat secara kontinyu, serta tidak memerlukan lahan yang luas. Proses membran dapat digabungkan dengan proses lainnya (*hybrid process*). Berdasarkan jenis ukuran partikel yang dapat dipisahkannya maka membran dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- **Mikrofiltrasi (MF)**

Membran mikrofiltrasi berfungsi untuk menyaring makromolekuler lebih besar 500.000 g/mol atau partikel dengan ukuran 0,1 – 10 μm dengan kadar padatan terlarut tidak melebihi 100 ppm. Tekanan yang digunakan untuk memisahkan partikel adalah 0,5 – 2 atm pada industri sterilisasi air, yaitu memisahkan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur serta pemisahan emulsi minyak air.

- **Ultrafiltrasi**

Membran ultrafiltrasi berfungsi untuk menyaring makromolekul yang lebih besar 5.000 g/mol atau partikel dengan ukuran 0,001 – 0,1 μm . Tekanan yang digunakan adalah 1,0 – 3,0 atm. Ultrafiltrasi merupakan proses bertekanan untuk memisahkan atau memekatkan larutan yang melindungi koloid dan bahan berberat molekul besar, dimana larutan dengan molekul besar ditahan di permukaan membran dan zat terlarut dengan ukuran kecil melewati membran. Dengan ukuran pori membran yang dipakai lebih kecil dan rapat, proses ultrafiltrasi ini dapat diterapkan untuk pemekatan susu, pemekatan protein dan pengolahan limbah tekstil.

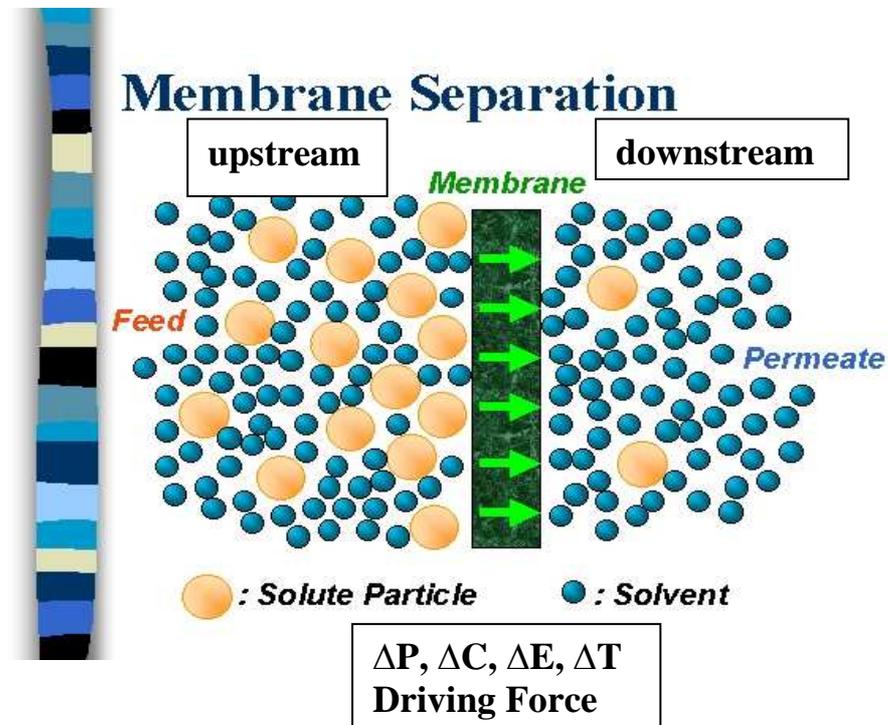
- **Reverse Osmosis**

Membran Reverse Osmosis berfungsi untuk menyaring partikel dengan ukuran 0,0001 – 0,001 μm . Tekanan yang digunakan 8,0 – 120 atm.

- **Nanofiltrasi**

Proses nanofiltrasi merejeksi kesadahan, menghilangkan bakteri dan virus, dan menghilangkan warna karena zat organik. Nanofiltrasi cocok untuk pengolahan air dengan padatan total terlarut yang rendah.

Proses pemisahan dengan membran terjadi akibat adanya gaya pendorong. Gaya-gaya pendorong tersebut dapat berupa gradien tekanan (ΔP), gradien konsentrasi (ΔC), gradien potensial (ΔE), atau gradien temperatur (ΔT) antara dua subsistem yang dipisahkan oleh membran.



Gambar 2.1. Prinsip proses pemisahan dengan membran

Pada dasarnya ada dua tipe proses pemisahan, 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 menurunnya fluks membran. Dalam filtrasi tangensial umpan mengalir sepanjang permukaan membran hingga sebagian saja yang terakumulasi.

Kinerja atau efisiensi perpindahan didalam 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 (J_v) dirumus sebagai berikut :

$$J_v = \frac{V}{A \times t}$$

Dengan : J_v = fluks ($\text{ml}/\text{cm}^2 \cdot \text{kgf}/\text{cm}^2 \cdot \text{det}$), V = volume permeat (ml), A = luas permukaan membran (cm^2), t = waktu (jam).

Selektifitas yang parameteranya 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 :

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

Dengan: R = koefisien rejeksi, C_p = konsentrasi permeat dan C_f = konsentrasi umpan

2.2. Membran Keramik

Membran keramik merupakan tipe membran yang relatif baru karena skala komersialnya baru diperkenalkan pada pertengahan tahun 1980 an oleh Membralox USA. Membran jenis ini digunakan pada crossflow filtration untuk larutan yang mengandung konsentrasi partikel yang tinggi. Membran keramik berpori adalah asimetrik dengan ketebalan support sekitar 1 – 3 mm. Lapisan mikrofiltrasi biasanya berukuran 10 – 30 μm dan oksida yang umum digunakan untuk membran adalah zirconia (ZrO_2) dan alumina (Al_2O_3). Membran ultrafiltrasi tebalnya hanya beberapa micrometer dan terbuat dari alumina, zirconia, titania (TiO_2) dan cerium (CeO_2). Membran nanofiltrasi ketebalannya kurang dari 1 μm , umumnya terbuat dari zirconia dan titania. Support dan lapisan mikrofiltrasi dihasilkan dari teknik keramik klasik, dimana proses sol-gel digunakan untuk lapisan ultra dan nanofiltrasi. Membran keramik kebanyakan dibuat dalam dua bentuk geometri utama : tubular dan flat. (Larbort, 1996, p.119; Bonekamp, 1996, p.145 ; Larbot et al., 1993 ; Guizard et al., 2001). 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, R.W. 2004)

Kelebihan membran keramik terletak pada stabilitas termalnya yang baik, tahan terhadap senyawa kimia, degradasi biologis ataupun mikroba. Sifat-sifat menunjukkan keunggulan bila dibandingkan dengan membran yang terbuat dari senyawa polimer, dan relatif mudah untuk dibersihkan dengan cleaning agent. Ketahanan terhadap zat kimia menyebabkan membran keramik banyak digunakan pada prosesing makanan, produk bioteknologi dan farmasi.

Kekurangan membran keramik terutama timbul dari proses preparasinya dimana sangat sulit mencapai kualitas produk akhir yang reproducible. Hal ini karena pada dasarnya sifat brittle dari membran keramik membuatnya lebih mahal daripada system membran polimer. Selain itu, harga system membran meningkat signifikan seiring dengan meningkatnya kebutuhan sifat-sifat produk, antara lain porositas, ukuran pori, reproducibility, dan reliability (Burggraaf and Cot, 1996, p. 5-9).

2.3. Pembuatan Membran Keramik

Umumnya, proses fabrikasi membran keramik berpori terdiri atas tahapan :

- Pembentukan powder suspensi
- Pengolahan suspensi tersebut menjadi bentuk tertentu
- Memperkuat dengan perlakuan panas pada suhu tinggi

Reproducibility dari produk akhir sulit dicapai sehubungan dengan polydispersity dari initial powder. Pembuatan membran keramik berpori makro (diameter di atas 0.1 μm) untuk mikrofiltrasi, pori-pori mikro (antara 0.1 μm sampai 2-3 nm) untuk ultrafiltrasi, dan pori-pori nano (kurang dari 3 nm) untuk nanofiltrasi (Larbot et al., 1993).

2.3.1. Persiapan Slurry

Komponen utama yang digunakan untuk membran keramik adalah inorganic powder, organic additives dan solvent. Faktor penting dalam pemilihan inorganic powder adalah ukuran partikel, distribusi, dan bentuk partikel. Faktor-faktor ini mempengaruhi porositas, ukuran pori dan distribusi ukuran pori pada produk akhir.

Organic additives, antara lain binders, plasticizers, lubricant, deflocculant, anti foaming agent, promoters of porosity, water retention agent, antistatic, chelating dan bactericide agent digunakan selama proses pembuatan, tujuannya untuk mendapatkan sifat-sifat membran keramik yang dibutuhkan. Syarat utama organic additives harus bisa terbakar

tanpa meninggalkan abu dan tar. Pemilihan dan kuantitas organic additives sangat penting karena berdampak pada sifat slurry, sehingga mempengaruhi pemilihan metode fabrikasi (apakah extrusion, tape casting, dip coating, dll) dan sifat produk akhir.

Solvent (misalnya air, pelarut organik, atau campurannya) harus mampu melarutkan senyawa organik yang digunakan dan harus menguap. Karakteristik penguapan solvent berdampak pada waktu pengeringan.

Proses persiapan slurry tergantung pada ketebalan yang diinginkan (pasta, slurry, suspensi), langkah-langkahnya terdiri dari :

- mixing, pugging, dan aging (untuk pasta)
- milling dan ultrasound treatment (untuk slurry)
- dispersing (untuk suspensi, contohnya alumina dan zirconia)

Agregasi partikel slurry memiliki efek pada ukuran pori dan permeabilitas air produk akhir.

2.3.2. Proses sol – gel

Proses ini pertamakali dikenalkan oleh Leennaars dalam pembuatan membran keramik jenis ultrafiltrasi. Proses ini mempunyai keuntungan diantaranya lebih mudah mengontrol ukuran pori membran yang dihasilkan. Sol-sol koloid merupakan larutan koloid dari zat-zat padat seperti Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , atau ZrO_2 . Proses ini digunakan pada persiapan oksida-oksida yang akan dipakai. Suspensi tercapai dengan sintesa partikel solid dalam liquid dari precursor organo metalik (contohnya sol titania dan boehmite). Dua rute utama dalam persiapan sol :

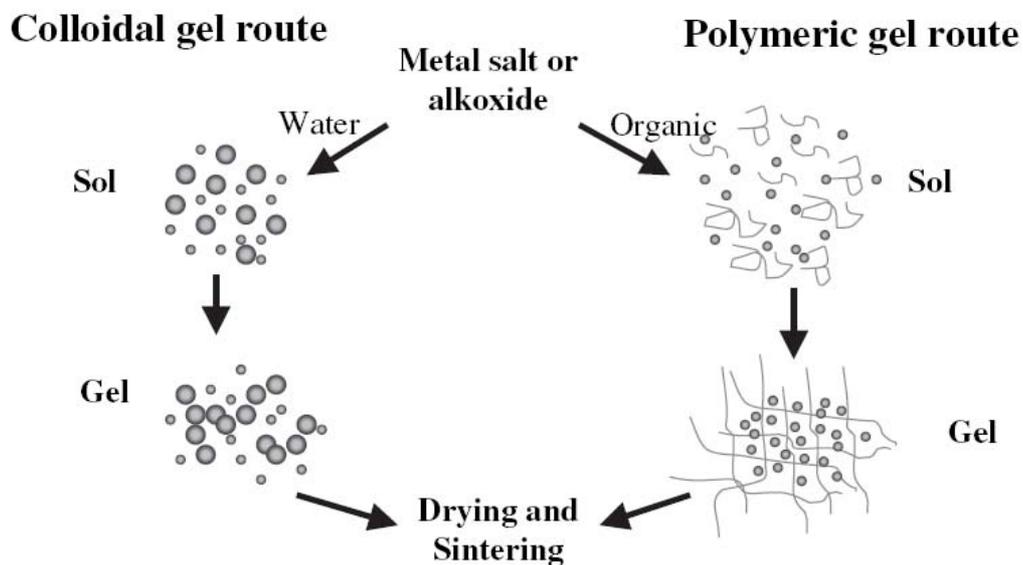
1. Rute koloidal, dimana garam logam dicampur dengan air membentuk sol. Sol dibungkus diatas membran support, berbentuk gel koloidal
2. Rute polimer, precursor organo metalik dicampur dengan solvent organik membentuk sol, lalu dibungkus di atas membran support, bentuknya gel polimer.

Organic additive hampir sama dengan persiapan slurry di atas. Coating biasanya dilakukan dengan dip atau spin coating dan harus berlangsung pada keadaan sol.

Proses sol – gel digunakan pada pembuatan membran alumina dengan diameter pori 4 – 10 nm dari sol boehmite. Dalam hal ini, polyvinyl alcohol dalam larutan dip boehmite meningkatkan reproducibility dan menurunkan tingkat defect produk akhir membran alumina.

Fabrikasi membran nanofiltrasi memiliki persyaratan ekstra dibandingkan pembuatan membran ultra dan mikrofiltrasi.

- Masing-masing butiran dalam sintered ceramic harus berukuran kurang dari 10 nm. Ini bisa ditingkatkan dengan penambahan ion logam, misalnya La^{3+} , untuk membatasi membesarnya pori dan menghambat transformasi fasa.
- Agregasi partikel saat keadaan sol harus dicegah, dengan penambahan peptizing agent.



Gambar 2.2. Metoda Sol-gel dalam Pembuatan Keramik Membran

2.3.3. Proses Fabrikasi

Proses fabrikasi yang paling umum pembuatan membran adalah extrusion, tape casting, dip dan spin coating. Extrusion dan tape casting digunakan untuk support system, tape casting and dip coating digunakan untuk membran mikrofiltrasi, dip dan spin coating dipakai pada membran ultra dan nano filtrasi.

Pada proses ekstrusi, pasta dipaksa melewati bukaan die sehingga terbentuk tubular atau multichannel support. Green compact yang terbentuk dikeringkan pada temperatur kurang dari 100°C untuk menghilangkan air. Tape casting digunakan untuk membuat keramik

yang tipis, datar dan rapat. Proses ini terbatas pada ketebalan film yang didapat. Green compact yang terbentuk dari slurry sebagai hasil relative movement antara 'doctor blade' dan support atau carrier. Umumnya, kecepatan casting bervariasi dari 0.1 sampai 1.5 m/min. Setelah proses casting, tape dikeringkan. Tape yang kering dipindahkan dari support dan sangat mudah di handle karena karakteristik plastiknya.

Dip coating digunakan untuk membran multilayer. Permeability support system yang digunakan harus lebih tinggi dari lapisan membran (sedikitnya dengan factor 10) sehingga ketebalan masing-masing lapisan harus setipis mungkin. Dua metode untuk formasi lapisan :

- Capillary colloidal filtration, disebut juga slip casting, dimana capillary suction dari substrate membawa partikel ke interface, substrate kering kontak dengan dispersi ini dan permukaan pori dibasahi oleh cairan dispersi.
- Film coating, dimana lapisan dispersi yang menempel terbentuk karena drag force yang diusahakan oleh substrate selama keluar dari dispersion.

Faktor kritis pada dip coating adalah viskositas slip dan kecepatan coating atau waktu. Proses pengeringan dimulai secara simultan dengan dip coating, saat substrate mulai kontak dengan atmosfer yang humiditas relatifnya dibawah 100%. Pada proses multistep, setelah kalsinasi lapisan pertama, pengulangan dipping secara komplet, diulangi lagi pengeringan dan kalsinasi. Contohnya alumina coating dengan ukuran pori rata-rata 100 nm dipersiapkan dari suspensi (dalam air) yang tersedia secara komersial yaitu sub micron alumina powder dengan diameter rata-rata basis massa 500 nm.

Aturannya, semakin tipis slip, makin kritis langkah pengeringan untuk pembentukan membran bebas defect. Pengeringan juga berefek pada formasi akhir mikrostruktur. Umumnya, pengeringan berlangsung pada temperatur rata-rata 80 – 350° C , dan akan menghasilkan membran hybrid organic – inorganik.

Perlakuan pengapian (kalsinasi dan sintering) akan memperkuat keramik dan membantu membran melekat kuat pada support pori Tujuannya adalah memperbaiki mikrostruktur dengan neck-formation, yang terdiri atas dua tahap :

- Pembakaran organik (kalsinasi), yang krusial dalam mencapai membran bebas crack
- Sintering keramik dengan densifikasi dan pertumbuhan butiran. Dalam sintering digunakan temperatur rendah tapi mencapai titik leleh keramik , 1100 – 1400° C untuk α alumina.

Kalsinasi dan sintering pada temperatur yang relative rendah (300 – 400°C) dan waktu singkat tidak akan menghasilkan membran yang stabil secara termal.

Profil temperatur yang dipakai untuk pengapian adalah kritis, terlebih jika support dan material support dan membran berbeda. Ini berdampak pada ukuran pori dan komposisi fase akhir. Sebagai contoh, transisi fasa dari alumina ke α alumina yang berlangsung pada temperatur di atas 1000° C. Penambahan zat lain misalnya lanthanum oxide atau titania dapat mengubah temperatur ini. Lanthanum oxide diamati dapat meningkatkan temperatur saat berlangsungnya transformasi fasa, sedangkan titania menurunkan temperatur transformasi fasa. Penurunan porositas dapat meningkatkan ukuran pori dengan pemanasan membran terkontrol pada temperatur 400 – 1000° C untuk material membran yang umum.

2.3.4. Kerusakan

Kerusakan dapat berupa crack atau micro-crack dalam lapisan substrat, ketidak teraturan dalam kekasaran permukaan, pinholes atau lapisan serapan yang kosong atau pori serapan besar. Yang terakhir ini sebetulnya tidak termasuk kerusakan karena merupakan hasil distribusi ukuran partikel dalam slip dan random packing yang tidak bisa dihindari. Ukuran kerusakan tergantung pada fungsi lapisan membran. Seharusnya kerusakan pada lapisan support akan berpindah bila ukuran atau ketebalan lapisan berikutnya sama.

Pemilihan bahan baku suspensi yang selektif, khususnya organic additive berdampak penting pada formasi kerusakan. Seleksi support yang sesuai dan berkualitas baik sangat penting. Karakteristik support yang signifikan berupa distribusi ukuran pori, kekasaran, homogenitas dan kebersihan permukaan. Persiapan slurry harus dilakukan hati-hati, misalnya deaerasi harus cukup. Kerusakan dapat dikontrol dengan optimasi proses coating (tebal lapisan terbentuk, tidak ada partial gelation dalam sol). Banyak kerusakan terbentuk selama proses pengeringan, kalsinasi dan sintering, dan saat terjadi pengerutan lapisan

membran. Karena itu langkah-langkah proses tersebut harus dikontrol dengan baik, terutama bila lapisan membran dan support beda material. Coating α alumina diatas substrate α alumina dengan temperatur sintering moderat tidak terjadi kerusakan karena sintering stress. Hal lainnya adalah kebersihan lingkungan kerja, tidak ada partikel debu atau kotoran yang dapat menimbulkan masalah. Seandainya terjadi kerusakan, dapat diatasi dengan melapisi kembali lapisan yang rusak tersebut. Teknik-teknik modifikasi yang bisa dipakai untuk memperbaiki kerusakan misalnya chemical vapor deposition (CVD).

2.4. Performansi Proses Filtrasi

Parameter yang mempengaruhi performan pada filtrasi adalah larutan umpan, membran dan kondisi filtrasi. Tiga fenomena utama sehubungan perpindahan solvent dan solut selama filtrasi membran adalah polarisasi, perpindahan massa internal dan fouling. Pengaruh tiga hal ini dengan mengubah parameter-parameter berikut : hidrodinamika, kinetika transfer massa dan kesetimbangan termodinamika. Perbedaan antara zat anorganik dan organik tradisional dihasilkan dari struktur dan sifat intristik material. Aliran dalam membran keramik terjadi melalui ruang intergranular pada lapisan atas, sublapisan pori dan support, sedangkan pada membran polimer terjadi melalui jaringan kontinyu pada bukaan. Adanya oksida logam menghasilkan muatan listrik sehingga performance permukaan material keramik lebih kuat, selain tergantung pada pH dan kekuatan ionic larutan dibandingkan material polimer.

2.4.1. Sifat-sifat Umpan

Sifat-sifat umpan yang penting diantaranya adalah konsentrasi, polydispersity, keadaan aglomerasi, viskositas, muatan, dan adanya gas-gas. Pada ultra dan mikrofiltrasi, ukuran partikel terkecil dalam umpan mempengaruhi pemilihan ukuran pori. Sifat-sifat umpan dapat diubah dengan pretreatment, misalnya pengaturan pH, termal treatment, penambahan bahan kimia, dan prefiltrasi. Pengaturan pH dan termal treatment dapat menurunkan pengendapan zat-zat tertentu yang mengakibatkan fouling pada membran. Bahan kimia ditambahkan pada umpan untuk meningkatkan ukuran partikel dengan agregasi, dan retensi zat-zat spesifik bertambah dengan micellation atau complexation. Konsentrasi dan valensi garam dalam umpan juga factor penting. Konsentrasi dan ukuran partikel umpan berpengaruh pada prefiltrasi. Secara umum, makin kompleks larutan umpan makin sulit mendapatkan faktor utama dan memungkinkan penyumbatan membran. Kenaikan

konsentrasi umpan biasanya menyebabkan flux filtrasi makin rendah terkait dengan polarisasi yang makin padat dan sumbatan lapisan.

2.4.2. Sifat-sifat Membran

Material dan struktur membran, terutama ukuran pori, karakteristik permukaan membran, dan struktur support (ketebalan, porositas, pembasahan, potensial zeta, permukaan dan sifat kimia) mempengaruhi permeate flux dan sifat retensi demikian juga dengan kecenderungan terjadinya fouling. Membran keramik menunjukkan perilaku amfoter air sehingga muatan permukaan tergantung pada pH. Terjadinya permukaan bermuatan dan yang netral disebabkan oleh formasi metal aquo complexes pada interface larutan oksida. Perilaku ini berdampak pada permeate flux, kecenderungan penyumbatan, dan retensi. Pada beberapa kasus, sifat amfoter membran keramik dapat mengakibatkan preferential adsorption pada komponen tertentu, hal ini akan meningkatkan retensi.

Umumnya membran keramik mempunyai struktur yang 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, dan penyumbatan, juga penurunan retensi. Ukuran pori optimal tergantung pada sifat umpan dan kondisi filtrasi.

2.4.3. Kondisi Filtrasi

Parameter penting bagi kondisi filtrasi berupa tekanan, cross flow velocity, temperatur dan persentase recovery. Permeate flux bertambah dengan pemakaian teknik-teknik backflow, feed pulsation, aliran dua fasa, rotasi filter element dll. Metode untuk mengurangi penyumbatan :

- Metode chemical cleaning
- Metode fisik, seperti backflushing dan pemakaian turbulence promoters
- Metode hydrodynamic sehubungan dengan module design

2.4.3.1. Tekanan, Kecepatan Aliran, Temperatur, pH

Kecepatan aliran permeate tergantung pada tekanan transmembran yang dilakukan pada luas permukaan dengan kondisi yang seragam. Gambar 2 menunjukkan perilaku umum flux filtrasi dengan tekanan. Flux air murni berbanding lurus dengan tekanan. Bila larutan

umpan lebih kompleks dan mengandung zat-zat lain maka perilaku flux juga akan lebih kompleks. Awalnya flux meningkat sampai critical flux tercapai, kemudian melambat hingga mencapai limiting flux. Selain limiting flux, kenaikan tekanan tidak berdampak positif bagi flux. Sebaliknya, kenaikan tekanan dapat menurunkan flux karena compactibility lapisan tersumbat. Bisa dikatakan kenaikan tekanan mengakibatkan kenaikan polarisasi dan penyumbatan, yang membatasi flux.

Pada mikro dan ultrafiltrasi umumnya disarankan cross flow velocity 2 – 8 m/s. Kenaikan velocity dapat mengakibatkan kenaikan flux dan critical flux.

Umumnya membran dapat dibuat dari bermacam-macam material seperti keramik, kaca, atau logam. Membran keramik umumnya 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*.

Tabel 1 menampilkan beberapa jenis, diameter pori serta bentuk membran yang telah komersial

Tabel 2.1. Membran Keramik komersial

Material Membran	Support	Diameter Pori (nm)	Geometri	Fabrikan
Ni, Au		>500	Tube	Mott, Pall
Ag,Pt				Osmonics
Ag/Pd		0	Tube	
ZrO ₂	C	4	Tube	SFEC
ZrO ₂	C	4-14	Tube	UC
ZrO ₂	metal	dynamic	Tube	Carre
ZrO ₂	Al ₂ O ₃	10	Tube	TDK
SiC	SiC	150-8000	Tube	Ceram Filter
SiO ₂ (glass)		4-120	tube kapiler	Asahi, Fuji, Schott
Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	4-5000	monolith/tube	Alcoa/SCT
Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	200-1000	Tube	Norton/Millipore
Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	200-5000	Tube	NGK
Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	200	Tube	Hoogovens
Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	25-200	Disk	Anotec/Alcan

Sumber : *Nobble and Stern (2003)*

2.5 Karakteristik Limbah Cair

Indikator untuk melihat tingkat pencemaran terhadap air diantaranya sifat fisis dan sifat kimia air seperti pH, turbiditas (kekeruhan), warna, bau, total padatan terlarut, suhu, daya hantar listrik. Pada umumnya kualitas limbah cair dapat diketahui dari beberapa parameter yaitu DO (Dissolved Oxygen), BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), material organik, lemak dan minyak, fenol, alkalinitas, fosfat, sulfur, logam berat dan beracun, gas metan (CH_4), nitrogen, keasaman Air, dan kesadahan.

Pemeriksaan biologis limbah cair dimaksudkan untuk mengetahui keberadaan bakteri patogen dan non-patogen, jamur, ganggang serta virus yang berada didalam air limbah.

2.6. Dampak Limbah cair Industri Pupuk Urea Terhadap Perairan

Senyawa nitrogen yang terdapat dalam effluent industri menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen di perairan. Nitrogen dalam bentuk NH_3 , NH_4 , NO_2 , dan NO_3 biasanya terdapat dalam limbah, baik dalam limbah domestik maupun limbah industri. NH_3 merupakan senyawa toksik bagi ikan bila melebihi ambang batas yang diizinkan. Kadar ammonia yang terlalu tinggi menyebabkan mortalitas bagi kehidupan di perairan tawar. Pada kenyataannya, walaupun terdapat sejumlah ammonia, terdapat indikasi terjadinya pengurangan dalam proses dekomposisi. Emisi dari N menyebabkan timbulnya permasalahan eutrofikasi. Nitrifikasi dari ammonia dan ammonifikasi dari urea yang diikuti oleh nitrifikasi menjadi penyebab besarnya konsentrasi nitrat yang melebihi standar air minum yang diperbolehkan. Ammonia sangat larut dalam air sehingga beberapa diantaranya dapat dengan mudah masuk ke air dari udara. Ammonia maupun urea akan menjadi nitrat melalui proses degradasi biologi. Nitrat ini dapat menjadi masalah kesehatan yang serius bagi manusia bila terakumulasi. Nitrat dalam air minum diketahui menjadi masalah apabila melebihi 10 ppm.

Suspended solid (senyawa padatan tersuspensi) dalam air dapat meningkatkan turbiditas dan mengurangi penetrasi cahaya sehingga mengganggu tanaman. Di dasar perairan, proses dekomposisi akan meningkat dan menekan organisme lain yang membutuhkan oksigen. Produk dekomposisi anaerobic dilepaskan ke permukaan air sehingga menambah BOD di air. Aktivitas anaerobik dapat memproduksi hidrogen sulfida dan membunuh ikan. Total Padatan Terlarut (TDS) berhubungan dengan korosi pada pipa, menekan hasil panen

apabila digunakan untuk irigasi, dan pada tingkat yang tinggi mempengaruhi ikan dan organisme akuatik lainnya, dan menyebabkan air tidak layak untuk diminum.

Limbah dari proses industri menyebabkan beberapa perubahan pada pH yang diterima oleh badan air. Hal ini dapat mengganggu keseimbangan ekologi air. pH perlu dipertimbangkan sebagai parameter limbah cair dari effluent karena kehadiran ammonia yang toksik sangat tergantung pada pH alami air.

Untuk mengatasi limbah cair PT Pusri saat ini mempunyai sistem pengolahan yang terdiri Hydrolizer – Stripper Unit dan Biological Treatment Unit. Hydrolizer-Stripper Unit (UHS) dimaksudkan untuk mengolah air limbah yang mengandung ammonia dan urea tetapi tidak mengandung suspended solid. Pada UHS, urea yang ada dalam air limbah akan dihidrolisis menjadi ammonia dan karbon dioksida. Kemudian ammonia dan limbah dilucuti dengan menggunakan steam sebagai stripping agent. Off gas dari stripper yang mengandung uap air, ammonia dan karbon dioksida dikirim ke unit produksi urea untuk didaur ulang. Biological Treatment Unit dibuat untuk mengolah air limbah yang mengandung ammonia dan urea dengan cara oksidasi biologis menggunakan mikroorganisme untuk menurunkan kadar BOD, COD, TSS, dan ammonia . Oksidasi biologis merupakan metode yang banyak digunakan dalam proses pengolahan ammonia dalam air limbah. Proses biologis ini terdiri atas beberapa langkah yang melibatkan konversi ammonia menjadi nitrit dan nitrat (nitrifikasi) dan konversi nitrat dan nitrit menjadi gas namun membutuhkan waktu yang cukup lama. Limbah yang diolah di unit ini, berasal dari cecceran lantai, bekas cucian dan lain sebagainya yang konsentrasi limbahnya rendah. Hasil olahan langsung dialirkan ke Sungai Musi.

2.7. Studi Terkait Mengenai Pengolahan Limbah Menggunakan Membran

Pengolahan limbah cair menggunakan membran merupakan suatu upaya yang banyak dilakukan akhir-akhir ini dan telah menjadi fokus perhatian para ahli dalam dekade terakhir. Kebanyakan penelitian yang ada menggunakan membran yang terbuat dari composit polimer yang harganya cukup mahal yaitu sekitar US \$500 per unit membran. Membran yang akan dirancang dalam penelitian ini adalah jenis Mikrofiltrasi/Ultrafiltrasi yang dibuat dari tanah liat dan abu batu bara (fly ash) dengan pertimbangan bahwa material ini banyak terdapat di Indonesia sehingga kemungkinan aplikasi komersialnya akan lebih luas. Sebagaimana diketahui membran keramik tidak saja dapat digunakan untuk pemisahan padat- cair, cair-cair namun dapat digunakan pada pervorasi gas-gas.

Berbagai studi yang dilakukan beberapa peneliti sebelumnya memperlihatkan bahwa limbah sekunder dari industri mempunyai prospek yang cukup baik sebagai sumber air di masa depan. Limbah sekunder sekunder yang telah diolah terbukti dapat digunakan sebagai *non-potable water* seperti untuk umpan sistem cooling tower. (Wijesinghe, et al. 1996). Kombinasi antara MF, UF dan RO juga dapat menghasilkan air dengan kualitas tinggi yang dapat digunakan pada industri elektronika (Qin, et al. 2005).

Eksperimen pengolahan limbah cair dari industri tekstil yang dilakukan oleh Sojka-Ledakowicz et al (Sojka-Ledakowicz, et al. 1998) menggunakan dua jenis membran (RO dan NF) menunjukkan bahwa RO mampu mereduksi chemical oxygen demand (COD) sampai 99.7%. Didapatkan juga persentase rejeksi dari zat warna hasil pengolahan dengan NF dan RO berturut-turut sebesar 99,4 dan 100%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja RO lebih baik dari NF. Namun demikian, NF lebih efektif dari RO dalam menurunkan intensitas warna dari limbah tekstil.

Pada studi yang lain, Jawad et al (Abdel-Jawad, et al. 2002) menunjukkan bahwa limbah cair dengan salinitas yang rendah merupakan sumber air dengan kualitas baik. Untuk sistem RO menggunakan membran jenis spiral wound dan dioperasikan pada tekanan 9 bar didapatkan bahwa persentase rejeksi garam antara 98.5-99% pada water recovery percentage 17-21% (untuk tiga modul membran jenis spiral wound dalam sebuah vessel). Permeat yang dihasilkan mempunyai kualitas yang sangat baik untuk non-potable water serta bebas virus dan bakteri. Hasil analisis ekonomi yang dilakukan oleh Rodriguez juga menyimpulkan bahwa limbah cair dapat dimanfaatkan sebagai sumber non-potable water dengan unit cost yang terjangkau (Rodriguez, et al. 2002)

Bodalo-Santoyo et al (Bodalo-Santoyo, et al. 2003) menunjukkan bahwa RO juga mempunyai kemampuan untuk menurunkan konsentrasi polutan dari limbah cair industri. Empat jenis membran (HR95PP, SEPA-MS05, DESAL-3B dan DESAL-3LP) digunakan dalam eksperimen mereka untuk pengolahan limbah cair sintetis yang mengandung ammonium sulfat, sianida dan acrylonitril. Semua membran menunjukkan kinerja yang sangat baik dengan kemampuan mereduksi ion ion sulfat besar dari 99%. Suatu hal yang cukup menarik untuk spesies non-ion seperti acrylnitril persentase rejeksi hanya antara 10.5 dan 28.8 %. Ini utamanya disebabkan oleh karakteristik RO yang tidak dapat menghilangkan zat organik dengan berat molekul rendah. Untuk itu disarankan untuk

mengoksidasi acrylnitrile menjadi ion lain terlebih dahulu. Selain itu, ammonium dan sianida tidak dapat dieliminasi pada single step operation dan persentase rejeksi ion tergantung pada pH umpan.

Pada eksperimen dengan limbah cair hasil penyamakan menggunakan system RO dengan kapasitas 20,000 L/hari, Suthanthararajan et al (Suthanthararajan, et al. 2004) menunjukkan bahwa rejeksi TDS lebih besar dari 98% dengan Persentase Pemulihan Air Maksimum (maximum water recovery percentage) sebesar 78% dapat dicapai pada studi mereka. Diduga bahwa rendahnya persentase pemulihan air ini lebih disebabkan oleh pori membran yang tersumbat oleh endapan kalsium dan magnesium, scales, senyawa kompleks anorganik, dan keberadaan zat warna dan tannin dalam contoh limbah cair yang digunakan.

Studi selanjutnya yang dilakukan oleh Lee et al (Lee, et al. 2006) terhadap limbah cair pada industri baja menggunakan membran RO dan NF menunjukkan bahwa pada tekanan 2000 kPa dan suhu 25 °C, persentase pemulihan air hampir mencapai 100% dan untuk NF hanya 40%. Didapatkan juga bahwa fluks permeat untuk membran NF adalah sekitar dua kali lebih besar dari RO.

Penelitian yang pernah dilakukan dengan menggunakan membran keramik (Nasir, S et-al 2010) memperlihatkan bahwa membran keramik yang dibuat dengan perbandingan tertentu dari tanah liat dan abu batu bara ternyata cukup efektif dalam menurunkan TDS, logam berat dan juga Amonia dari limbah cair industri pupuk urea. Salah satu kelemahan yang dijumpai adalah sifat membran yang rapuh dan mudah patah (brittle). Hal yang sama dengan membran keramik yang dibuat dari campuran tanah liat, zeolit, silika dan mangan dalam pengolahan air rawa sebagai sumber air bersih (Iqbal, M et-al 2010).



Gambar 2.3. Membran terbuat dari zeolit, pasir silika dan mangan

Sumber : Iqbal et-al, 2010



Gambar 2.4 Contoh Membran Keramik yang telah dibuat

Sumber : Nasir, S et-al, 2010

BAB 3

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian skala laboratorium yang akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pemisahan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Ada dua tahapan yang akan dilaksanakan yaitu :

1. Perancangan membran keramik (filter) meliputi: komposisi bahan campuran dan jumlah aditive dalam pembuatan (fabrikasi) membran
2. Ujicoba pemakaian membran keramik dalam pengolahan limbah cair meliputi analisa terhadap fluks permeat, koefisien rejeksi dan kemampuan reduksi membran terhadap TDS, kandungan logam berat dan amonia.

3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan adalah membran keramik, rumah membran, flowmeter, porosimeter, selang plastic, pressure gauge, pipa PVC dan Pompa, pHmeter, Gelas Ukur, Gelas Erlenmeyer, AAS, Tabung reaksi, Turbidimeter, Kertas saring, Oven, Timbangan elektrik. Limbah cair hasil pengolahan industri pupuk urea, larutan $H_2SO_4-AgSO_4$, $K_2Cr_2O_7-HgSO_4$ dan serbuk besi.

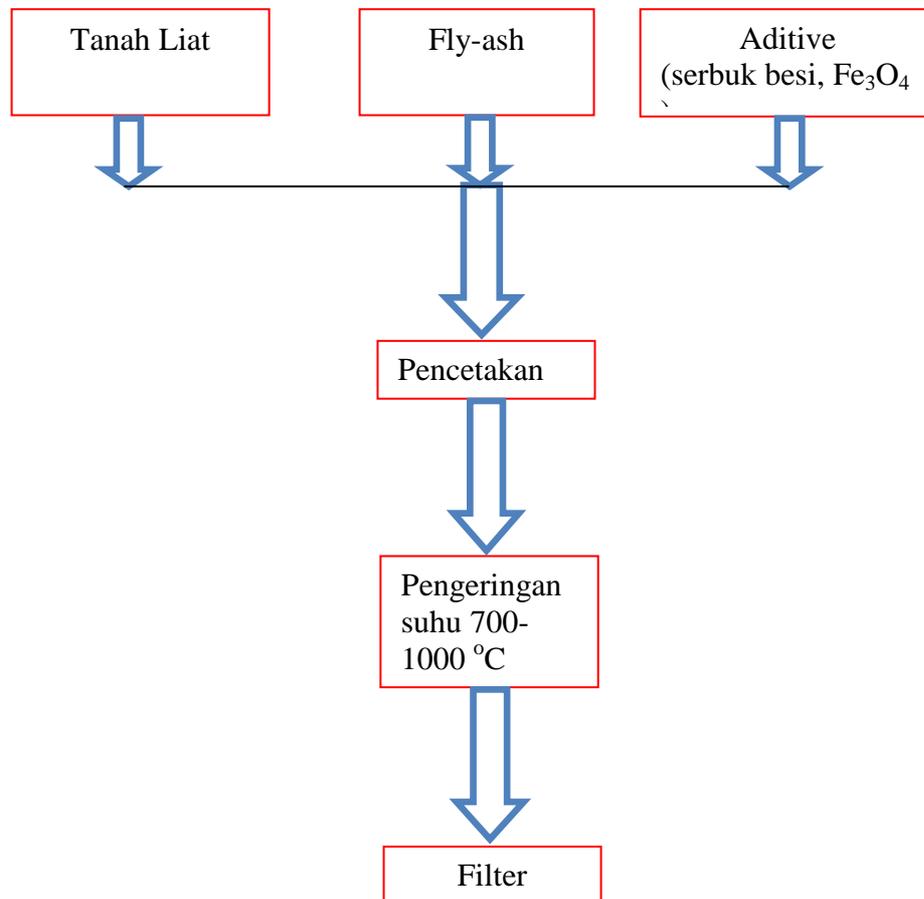
3.2. Variabel Proses

Limbah cair awal yang akan digunakan dalam eksperimen terlebih dahulu akan dianalisa sesuai dengan standard air buangan. Berbagai pemeriksaan yang akan dilakukan meliputi pH, TDS, kandungan logam berat dan amonia. Setelah proses fabrikasi membran selesai termasuk penentuan porositasnya dan siap diujicoba maka variabel proses yang akan diteliti adalah tekanan operasi pompa dan laju alir umpan. Sebagai tambahan, pada akhir eksperimen akan dilakukan uji Scanning Electron Microscope (SEM) terhadap struktur membran sebelum dan sesudah eksperimen.

3.3 Proses Pembuatan Membran Keramik

Proses pembuatan membran keramik dilakukan dengan memvariasikan bahan baku membran, seperti : Tanah liat dan abu batubara dengan perbandingan 80% : 20% , 70% :

30%, dan 80% : 20% dan serbuk besi 1 sampai 7,5%. Secara skematis dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. Tahapan pembuatan membran keramik

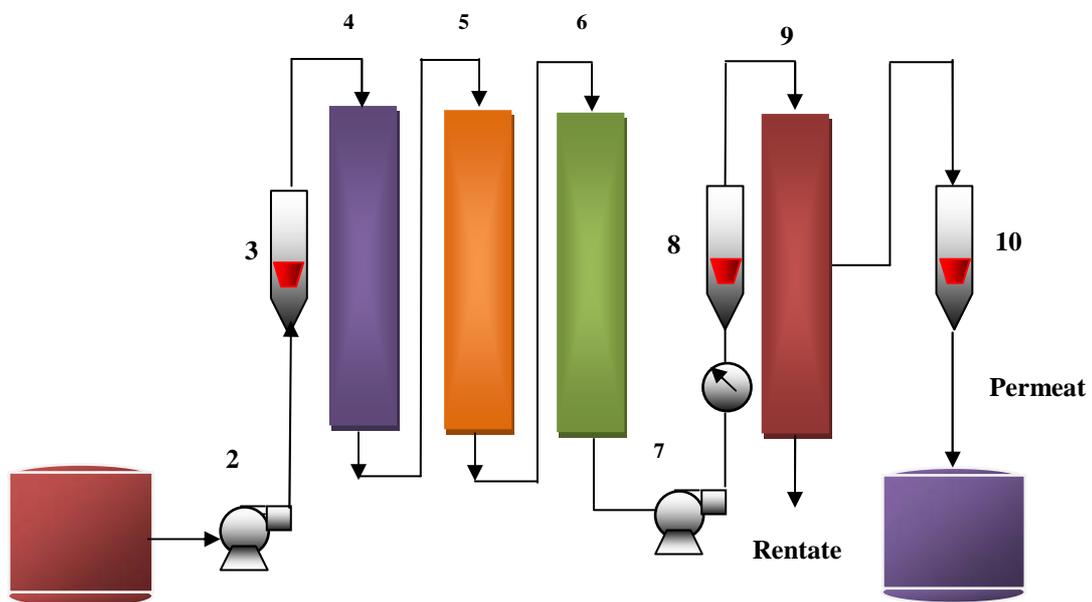
Berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan membran keramik :

- Pencampuran tanah liat dan abu batubara dengan perbandingan tanah liat dan abu batubara 60% : 40% ditambahkan air 30%, diaduk rata (begitu juga dengan membran yang 70% : 30% dan 80% : 20%). Untuk aditive ditambahkan serbuk besi sebanyak 2 ½ dan 5 %.
- Bahan dicetak dengan cetakan gips
- Dikeluarkan dari cetakan dan dikeringkan pada suhu kamar selama 7 hari
- Dipanaskan pada suhu 900 – 1000 °C selama 12 jam.

3.4. Skema rancangan Filter

Membran keramik dirancang berbentuk tube, dibuat dari campuran tanah liat dan abu terbangbatubara serta aditive serbuk besi dengan dimensi sebagai berikut: diameter dalam = 5 cm, diameter luar = 7 cm, ketebalan = 1 cm, panjang= 30 cm dan volume = 588,75 cm³. Housing membran terbuat dari fiber glass dengan dimensi sebagai berikut : diameter luar = 9 cm, diameter dalam = 8,5 cm, panjang = 31 cm dan volume = 1971,35 cm³

3.5. Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.2 Rangkaian Alat Penelitian

(Tangki limbah, 2. Pompa 3. Flowmeter Umpan 4. Filter 1 5. Filter 2, 6. Filter 3, 7 Pompa, 8 Flowmeter, 9. Modul Membran, 10 flowmeter permeat, dan 11 Tangki permeat)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi membran keramik dari tanah liat, fly ash dan serbuk besi

Membran yang telah selesai dipreparasi berwujud silinder berlubang (tubular) dan merupakan kombinasi dari tanah liat, abu terbang batu bara dan serbuk besi dengan perbandingan seperti tertera pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Komposisi Membran

No.	Tanah liat (% berat)	Abu terbang (%berat), Ø= 250 mm	Serbuk Besi (%berat), Ø= 250 mm
1	80	20	-
2	79	20	1
3	77,5	20	2,5
4	75	20	5
5	72,5	20	7,5
No.	Tanah liat (% berat)	Abu terbang (%berat), Ø= 500 mm	Serbuk Besi (%berat), Ø= 250 mm
6	80	20	-
7	79	20	1
8	77,5	20	2,5
9	75	25	0
10	72,5	20	7,5
No.	Tanah liat (% berat)	Abu terbang (%berat), Ø= 250 mm	Serbuk Besi (%berat), Ø= 500 mm
11	80	20	-
12	79	20	1
13	77,5	20	2,5
14	75	20	5
15	72,5	20	7,5
No.	Tanah liat (% berat)	Abu terbang (%berat), Ø= 500 mm	Serbuk Besi (%berat), Ø= 500 mm
16	80	20	-
17	79	20	1
18	77,5	20	2,5
19	75	25	-
20	72,5	20	7,5
21	67,5	25	7,5

4.2 Perancangan sistem pengolahan limbah

Gambar 4.1. berikut ini memperlihatkan instalasi pengolahan limbah cair yang telah dibuat. Ada empat buah cartridge yang berturut-turut berisi pasir silika, zeolit, karbon aktif dan filter keramik. Gambar 4.2. menampilkan tipikal membran keramik yang sudah selesai difabrikasi.



Gambar 4.1. Sistem Pengolahan Limbah Cair dengan menggunakan filtrasi membran keramik



Gambar 4. 2. Tipikal membran (filter) keramik

4.3. Analisis sampel awal limbah cair industri pupuk urea

Debit limbah cair PT. Pusri yang telah mengalami proses pengolahan dan dibuang ke outlet adalah antara 458-460 m³/jam. Ini berarti rasio (beban pencemaran) antara jumlah limbah cair yang dibuang dan jumlah produksi urea (ton) adalah antara 1,71 sampai 1,92. Gambar 4.3 dan 4.4 memperlihatkan limbah cair industri pupuk yang dijadikan sampel.



Gambar 4.3. Limbah cair industri pupuk urea



Gambar 4.4. Limbah cair industri pupuk urea setelah didiamkan selama 15 hari

Sampel limbah awal yang diteliti adalah limbah cair Industri pupuk yang diambil dari PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang pada bulan Mei 2010 dengan kandungan limbah awal seperti pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2. Hasil analisis sampel awal limbah cair PT. Pusri

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Suhu	oC	27
2	pH	-	9,0 – 9,2
3	TSS	mg/L	56-85
4	TDS	mg/L	1550
5	Electrical Conductivity	μ S/cm	508
4	COD	mg/L	80-100
5	BOD	mg/L	-
6	Besi	mg/L	n.a.
7	Tembaga	mg/L	n.a
8	Krom	mg/L	n.a
9	Seng	mg/L	n.a
10	NH ₃ -N	mg/L	407
11	Minyak-lemak	mg/L	6-7

Jika dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Sumsel No 18 tahun 2005 bahwa sampel masih memenuhi kriteria air buangan kecuali kadar NH₃-N yang jauh diatas ambang yang diizinkan. Peraturan Gubernur Sumsel No 18 tahun 2005 mensyaratkan bahwa kandungan amoniak bebas tidak melebihi 50 mg/L.



Gambar 4.5. Permeat hasil pengolahan limbah cair industri pupuk urea

4.4. Pengaruh komposisi membran terhadap kualitas permeat

Lampiran L1 sampai L10 menampilkan analisis produk (permeat) yang diperoleh setelah melalui empat tahapan pretreatment dan prosesing yaitu :

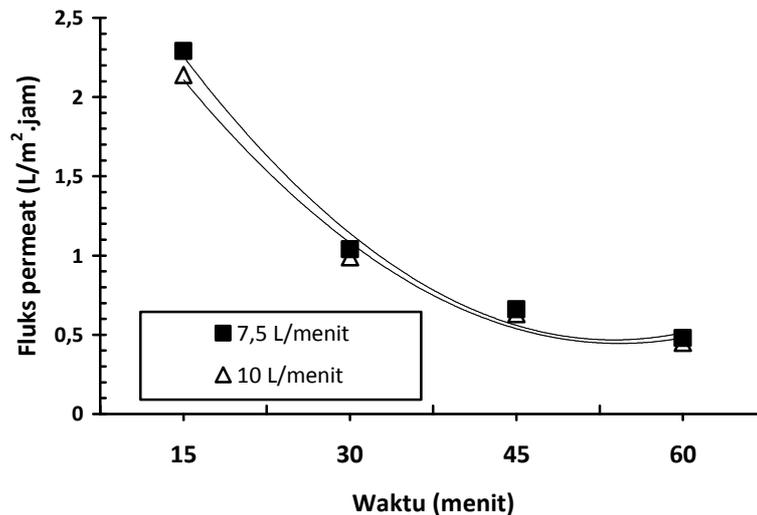
1. Filtrasi melalui filter silika
2. Filtrasi melalui filter zeolit
3. Filtrasi melalui filter carbon active
4. Filtrasi melalui filter (membran) keramik.

Hasil analisis terhadap parameter yang diteliti secara umum menunjukkan penurunan nilai yang signifikan untuk kadar amonia.

4.5. Hubungan Antara Fluks Terhadap Waktu Operasi

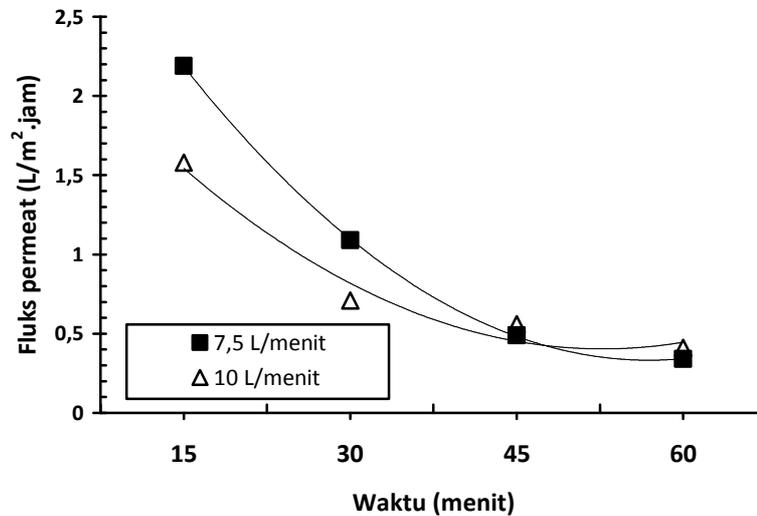
Gambar 4.6 sampai 4.21 menampilkan hubungan antara fluks (laju permeat) pada berbagai bagi komposisi membran dan laju alir.

- a. Membran dengan komposisi tanah liat dan abu terbang batubara = 80% : 20% (ukuran partikel abu terbang = 250 μm)



Gambar 4.6. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang = 80% : 20%, ukuran partikel abu terbang 250 μm

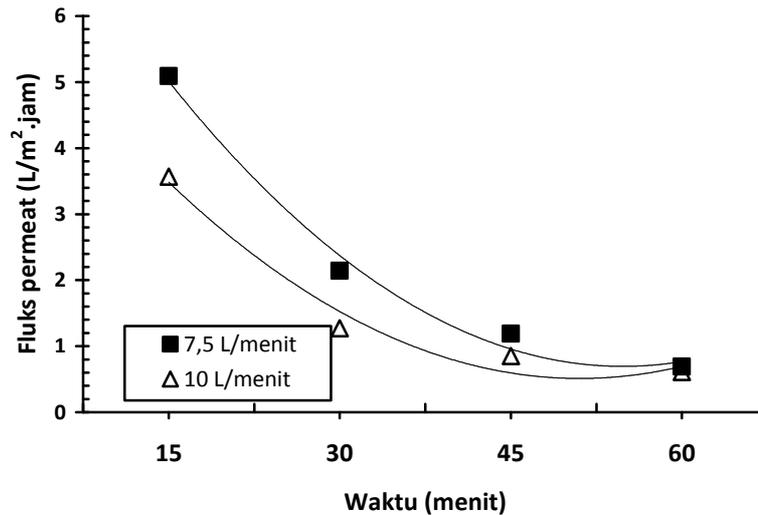
- b. Membran dengan komposisi tanah liat dan abu terbang batubara = 80% : 20% (ukuran partikel abu terbang = 500 μm)



Gambar 4.7. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat:abu terbang =80%:20% ukuran partikel abu terbang 500 μm

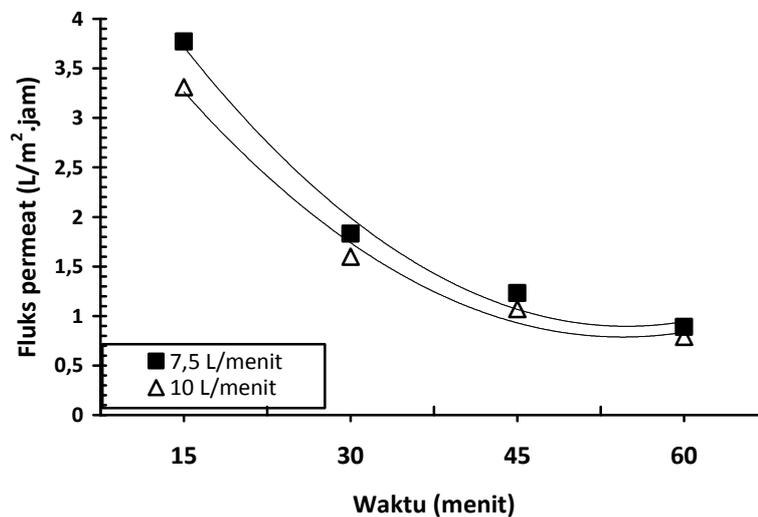
Gambar 4.6 dan 4.7 menunjukkan pengaruh waktu operasi terhadap fluks permeat. Terlihat bahwa komposisi membran yang terdiri dari tanah liat dan abu terbang akan menghasilkan fluks permeat maksimum sekitar 2,5 L/m².jam). Hal ini disebabkan karena membran yang dihasilkan cenderung akan menjadi kompak (dense) sehingga akan menghambat penetrasi umpan (feed) ke permukaan membran. Hal ini dapat diatasi dengan penambahan serbuk besi yang akan menyebabkan terbentuknya rongga (pori) yang akan mempermudah penetrasi cairan ke dinding membran. Penambahan 1% serbuk besi dalam komponen membran dapat meningkatkan laju permeat dari 2L/m².jam menjadi 5 L/m².jam) seperti terlihat pada Gambar 4.8 dan 4.9.

- c. Membran dengan komposisi tanah liat :abu terbang batubara : serbuk besi = 79% : 20% : 1% (ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi = 250 μm)



Gambar 4.8. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 79% : 20% : 1%, ukuran partikel abu terbang 250 μm dan serbuk besi = 250 μm

- d. Membran dengan komposisi tanah liat :abu terbang batubara : serbuk besi = 79% : 20% : 1% (ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi = 500 μm)

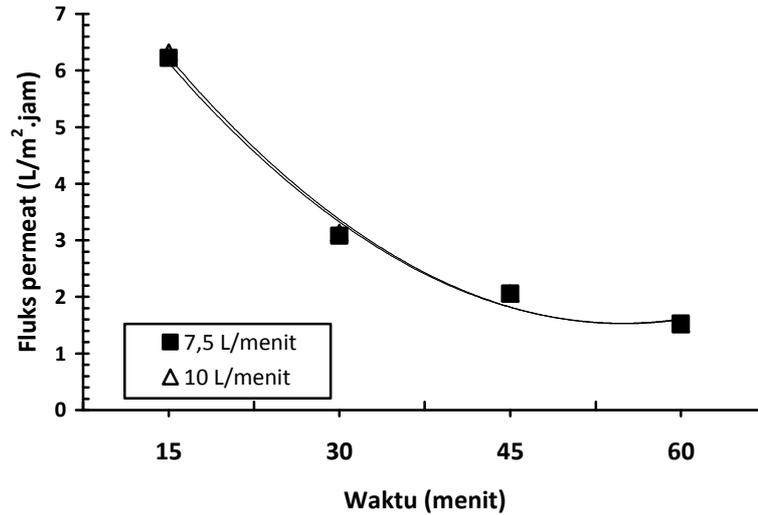


Gambar 4.9. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 79% : 20% : 1%, ukuran partikel abu terbang 500 μm dan serbuk besi = 500 μm

Peningkatan fluks permeal akan semakin intensif bila persentase tanah liat dalam membran diperkecil sampai 77,5%. Seperti terlihat pada Gambar 4.10 dan 4.11 tidak terdapat

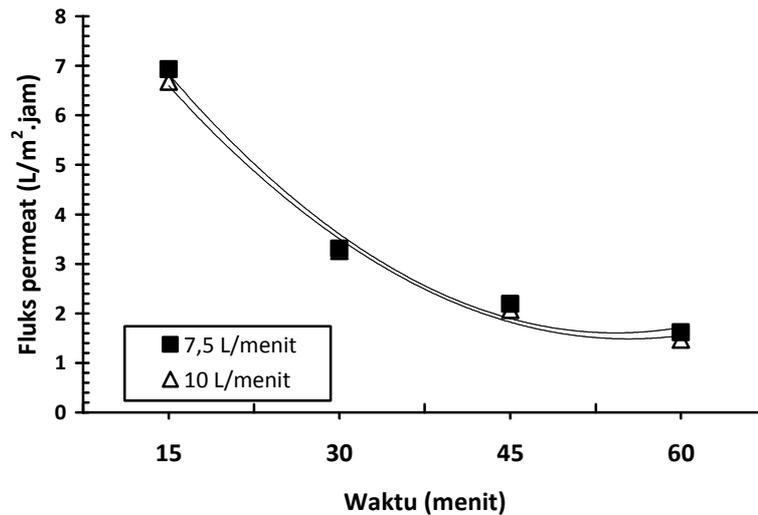
perbedaan yang signifikan terhadap fluks untuk laju alir limbah 7,5 L/menit dan 10 L/menit.

- e. Membran dengan komposisi tanah liat :abu terbang batubara : serbuk besi = 77,5%:20%:2,5% (ukuran partikel abu terbang=250 μm dan serbuk besi =250 μm)



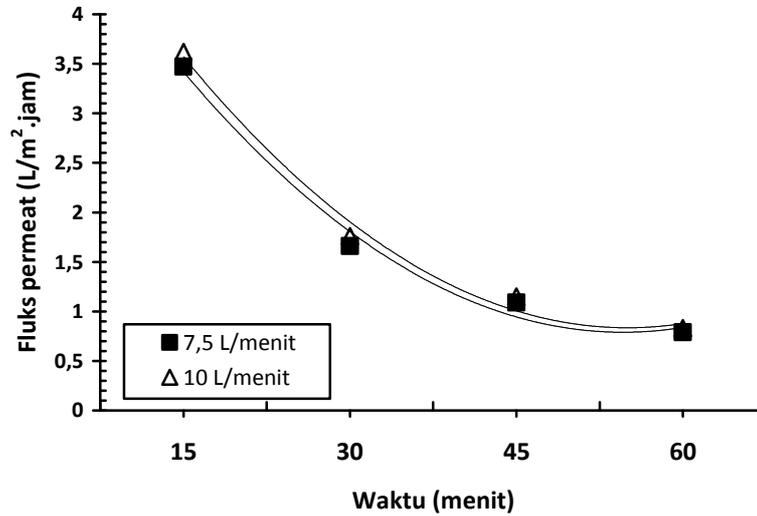
Gambar 4.10. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 77,5% : 20% : 2,5%, ukuran partikel abu terbang 250 μm dan serbuk besi = 250 μm

- f. Membran dengan komposisi tanah liat :abu terbang batubara : serbuk besi = 77,5% : 20% : 2,5% (ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi = 500 μm)



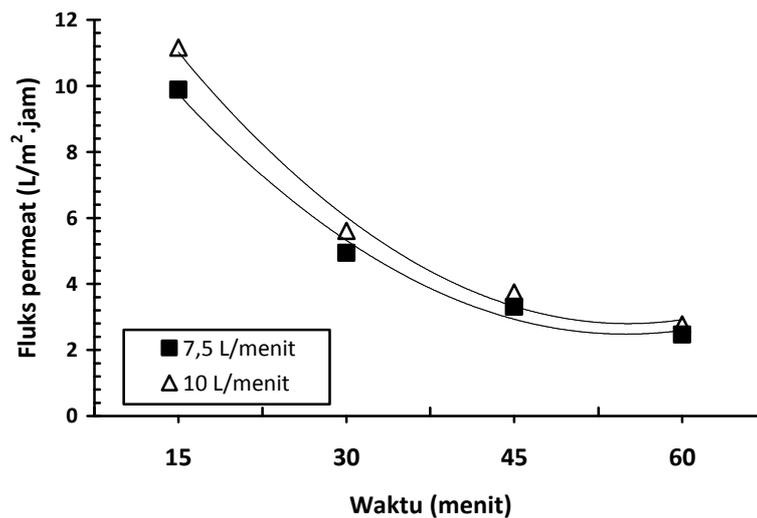
Gambar 4.11. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 77,5% : 20% : 2,5%, ukuran partikel abu terbang 500 μm dan serbuk besi = 500 μm

- g. Membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang batubara : serbuk besi = 72,5% : 20% : 7,5% (ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi = 250 μm)



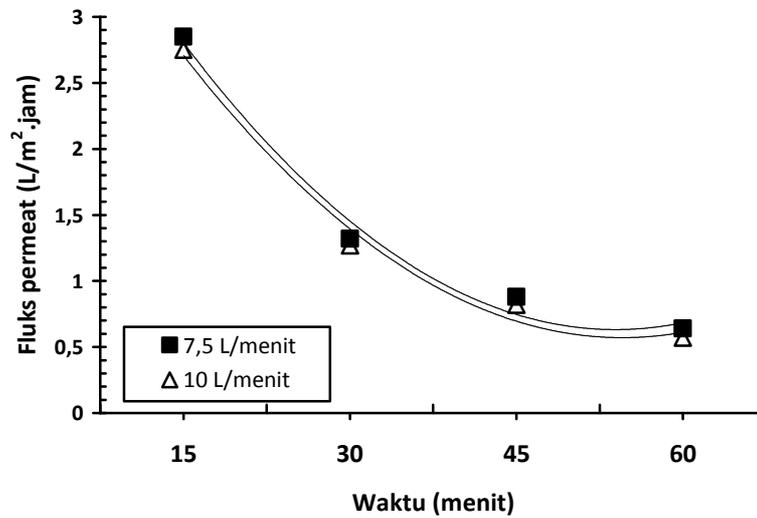
Gambar 4.12. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 72,5% : 20% : 7,5%, ukuran partikel abu terbang 250 μm dan serbuk besi = 250 μm

- h. Membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang batubara : serbuk besi = 72,5% : 20% : 7,5% (ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi = 500 μm)



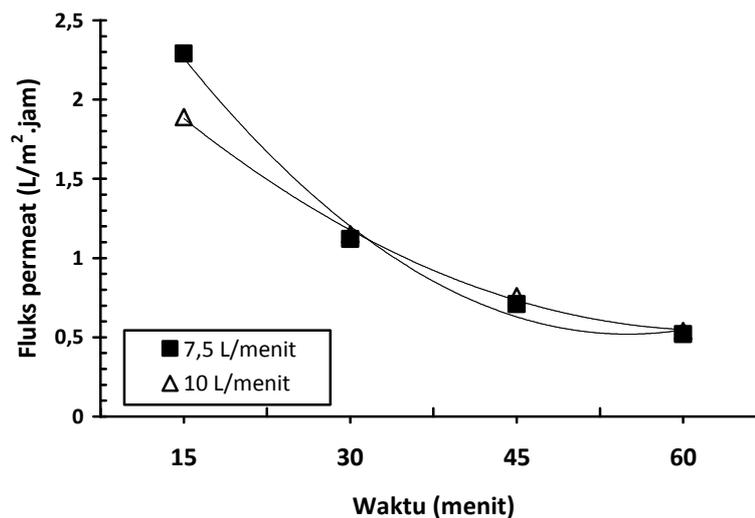
Gambar 4.13. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 72,5% : 20% : 7,5%, ukuran partikel abu terbang 500 μm dan serbuk besi = 500 μm

- i. Membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang batubara : serbuk besi = 75% : 20% : 5% (ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi = 250 μm)



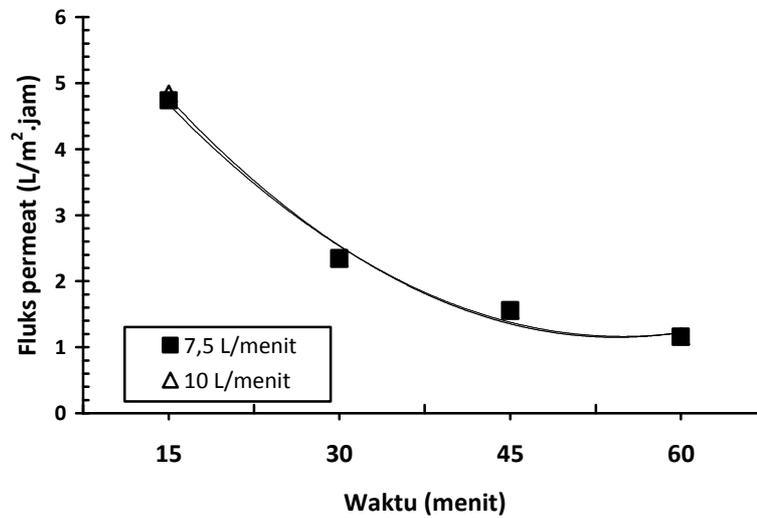
Gambar 4.14. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 75% : 20% : 5%, ukuran partikel abu terbang 250 μm dan serbuk besi = 250 μm

- j. Membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang batubara : serbuk besi = 75% : 20% : 5% (ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi = 500 μm)



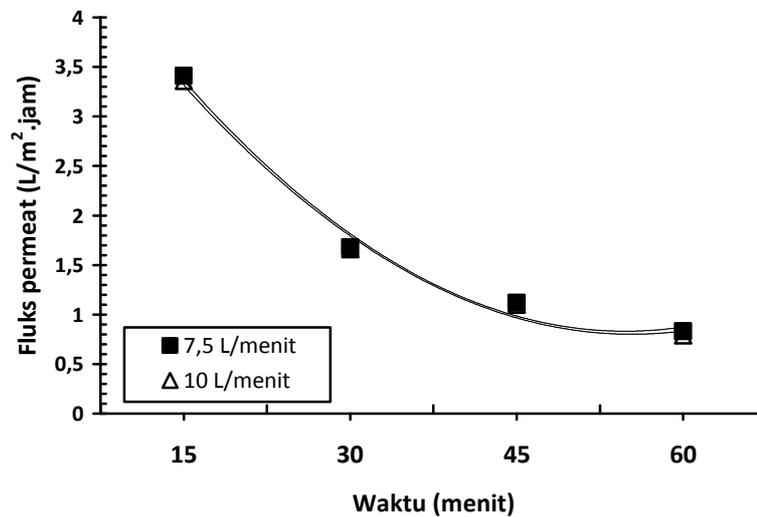
Gambar 4.15. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 75% : 20% : 5%, ukuran partikel abu terbang 500 μm dan serbuk besi = 500 μm

- k. Membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang batubara = 75% : 25% (ukuran partikel abu terbang = 250 μm)



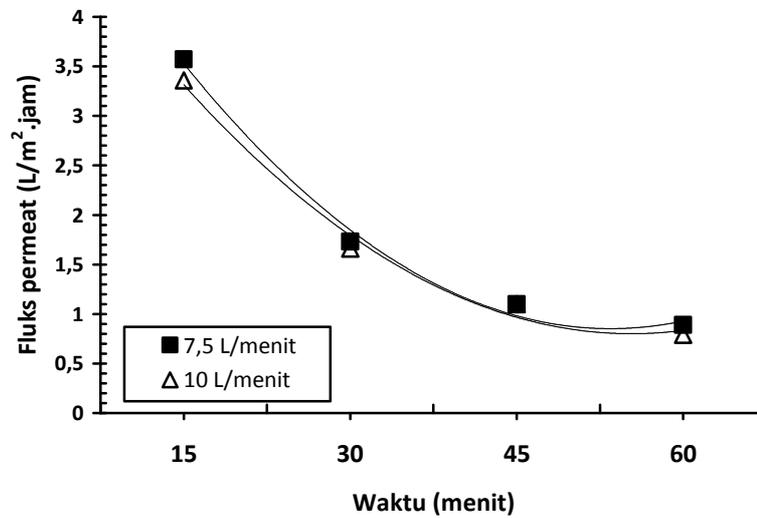
Gambar 4.16. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 75% : 25% ukuran partikel abu terbang 250 μm dan serbuk besi = 250 μm

- l. Membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang batubara = 75% : 25% (ukuran partikel abu terbang = 500 μm)



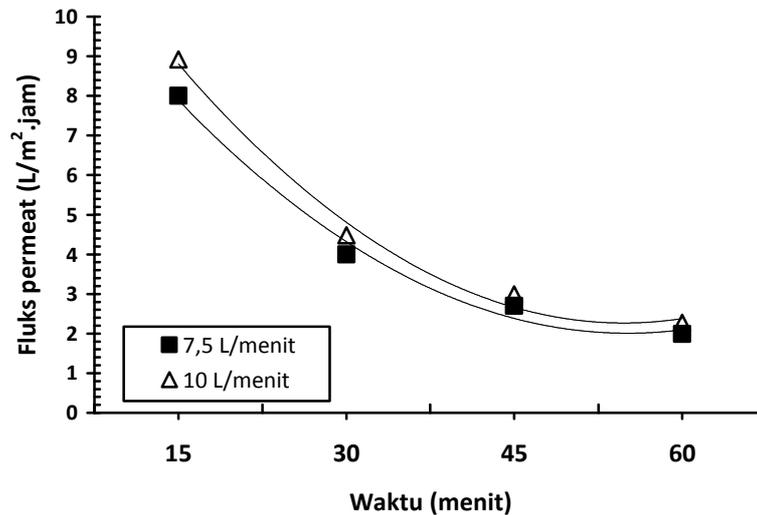
Gambar 4.17. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 75% : 25% ukuran partikel abu terbang 500 μm dan serbuk besi = 500 μm

- m. Membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang batubara: serbuk besi = 67,5% : 25: 7,5% (ukuran partikel abu terbang = 250 μm)



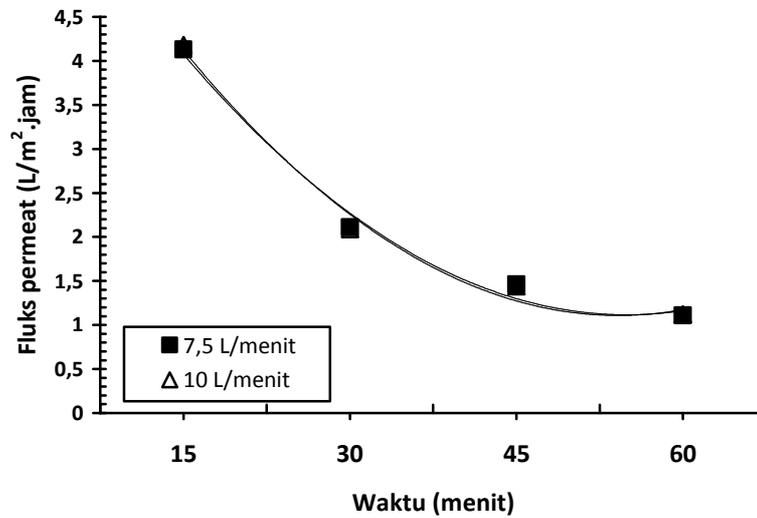
Gambar 4.18. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 67,5% : 25%:7,5% ukuran partikel abu terbang 250 μm dan serbuk besi = 250 μm

- n. Membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang batubara: serbuk besi = 67,5% : 25: 2,5% (ukuran partikel abu terbang = 500 μm)



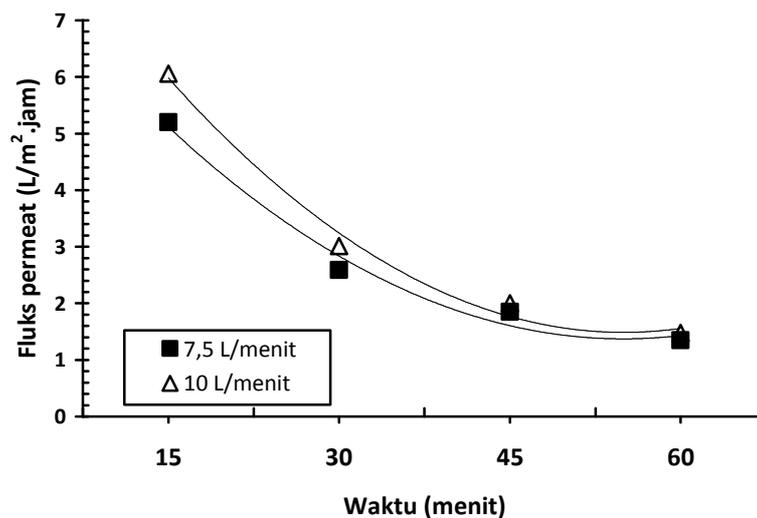
Gambar 4.19. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 67,5% : 25%:7,5% ukuran partikel abu terbang 500 μm dan serbuk besi = 500 μm

- o. Membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang batubara: serbuk besi = 80% : 10: 10% (ukuran partikel abu terbang = 250 μm)



Gambar 4.20. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 80% : 10%:10% ukuran partikel abu terbang 250 μm dan serbuk besi = 250 μm

- p. Membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang batubara: serbuk besi = 80% : 10: 10% (ukuran partikel abu terbang = 500 μm)



Gambar 4.21. Hubungan fluks terhadap waktu untuk membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi = 80% : 10%:10% ukuran partikel abu terbang 500 μm dan serbuk besi = 500 μm

Dapat dilihat bahwa fluks permeat terbesar didapat pada komposisi membran tanah liat : abu terbang dan serbuk besi yaitu 72,5% :20% :7,5% dengan ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 500 μm . Hal ini mengindikasikan bahwa ukuran partikel abu dan serbuk besi sangat berpengaruh terhadap struktur membran yang dihasilkan. Adanya serbuk besi dan abu terbang akan membuat membran menjadi porous sehingga luas permukaan membran akan meningkat. Sebagai akibatnya feed akan lebih mudah kontak dengan membran yang mempunyai luas permukaan yang lebih besar dan proses filtrasi akan berlangsung lebih cepat dan permeat yang dihasilkan akan meningkat. Ukuran partikel abu maupun serbuk besi juga sangat berperan dalam proses filtrasi karena jika ukuran partikel abu batubara 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 membran. Hal ini diduga karena proses clogging pada pori akan semakin intens terjadi dengan bertambahnya waktu operasi.

4.6. Persentase penurunan Amonia, 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, TSS dan Electrical conductivity. Hasil analisis juga memperlihatkan turunnya nilai pH walaupun tidak begitu signifikan sehingga permeat cenderung masih bersifat basa.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa pada laju alir 7.5 Liter/menit dan 10 Liter/menit penurunan konsentrasi ammonia berkisar antara 95 s.d 96% dan pH antara 1 s.d 5%. Hal ini memperlihatkan bahwa amonia yang dihasilkan oleh industri pupuk urea dapat diminimalisir sehingga apabila dibuang ke perairan akan relatif aman. Tabel 3 menampilkan persentase penurunan TSS dan EC pada berbagai komposisi filter. Rata-rata penurunan persentase TSS diperoleh sekitar 66 s.d 90% dan EC antara 13 s.d 56% setelah waktu operasi 1 jam.

Penurunan konsentrasi ammonia, TSS, pH dan EC dikarenakan adanya proses filtrasi yang terjadi pada treatment awal dan filter keramik. Proses filtrasi yang dimaksud adalah partikel partikel dengan diameter yang lebih besar dari ukuran pori embrane 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, karena adsorpsi merupakan fenomena fisik yang menyangkut permukaan suatu material maka adsorban yang baik harus berupa struktur berpori yang memiliki permukaan cukup luas.

Pengaruh laju alir umpan (feed) tidak begitu signifikan terhadap jumlah permeat yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena beda laju alir umpan yang tidak begitu besar (7,5 L/menit dan 10 L/menit).

Tabel 4.3. Persentase Rejeksi Ammonia dan pH

Komposisi Filter (tanah liat :abu terbang:serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	laju alir limbah cair 7.5 liter per menit				laju alir limbah cair 10 liter per menit			
		NH ₃ (mg/L)	% rejeksi	pH	% rejeksi	NH ₃ (mg/L)	% rejeksi	pH	% rejeksi
80/20/0	15	17.6	95.23	8.98	1.32	17.3	95.31	8.87	2.53
	30	15.8	95.72	8.93	1.87	15.3	95.85	8.79	3.41
	45	14.3	96.12	8.78	3.52	14.7	96.02	8.76	3.74
	60	13	96.48	8.75	3.85	14.1	96.18	8.7	4.40
79/20/1	15	17.6	95.23	8.92	1.98	16.9	95.42	8.89	2.31
	30	15.2	95.88	8.91	2.09	16.2	95.61	8.87	2.53
	45	14.2	96.15	8.87	2.53	15.6	95.77	8.8	3.30
	60	14.0	96.21	8.87	2.53	14.3	96.12	8.76	3.74
77.5/20 /2.5	15	17.1	95.37	8.94	1.76	16.8	95.45	8.85	2.75
	30	14.9	95.96	8.9	2.20	16	95.66	8.76	3.74
	45	13.9	96.23	8.78	3.52	15.4	95.83	8.75	3.85
	60	13.7	96.29	8.76	3.74	13.9	96.23	8.72	4.18
75/20/5	15	17.9	95.15	8.82	3.08	17.4	95.28	8.84	2.86
	30	17.3	95.31	8.88	2.42	16.3	95.58	8.74	3.96
	45	16.3	95.58	8.84	2.86	15.5	95.80	8.7	4.40
	60	15.2	95.88	8.78	3.52	13.8	96.26	8,46	5,49

Tabel 4.4. Persentase penurunan untuk TSS dan Electrical Conductivity

Komposisi Filter (tanah liat:abu terbang : serbuk besi)	Waktu operasi (menit)	laju alir limbah cair 7.5 liter per menit				laju alir limbah cair 10 liter per menit			
		TSS	% rejeksi	EC (µS/cm)	% rejeksi	TSS	% rejeksi	EC (µS/cm)	% rejeksi

80/20/00	15	27	50.00	468	7.87	24	55.56	459	9.65
	30	19	64.81	460	9.45	16	70.37	451	11.22
	45	17	68.52	452	11.02	18	66.67	446	12.20
	60	5	90.74	443	12.80	7	87.04	438	13.78
79/20/1	15	52	3.70	271	46.65	43	20.37	307	39.57
	30	42	22.22	259	49.02	32	40.74	291	42.72
	45	24	55.56	239	52.95	23	57.41	276	45.67
	60	15	72.22	223	56.10	11	79.63	256	49.61
77.5/20/ 2.5	15	45	16.67	345	32.09	46	14.81	294	42.13
	30	34	37.04	334	34.25	25	53.70	280	44.88
	45	22	59.26	329	35.24	13	75.93	273	46.26
	60	14	74.07	297	41.54	8	85.19	267	47.44
75/20/5	15	48	11.11	315	37.99	52	3.70	345	32.09
	30	39	27.78	302	40.55	43	20.37	329	35.24
	45	23	57.41	285	43.90	23	57.41	302	40.55
	60	12	77.78	263	48.23	18	66.67	289	43.11

4.7. Hasil analisis terhadap ion-ion logam berat dalam limbah cair dan permeat

Hasil analisis terhadap ion logam baik yang ada dalam limbah cair maupun terhadap permeat dapat dilihat apada Tabel 4.5 berikut:

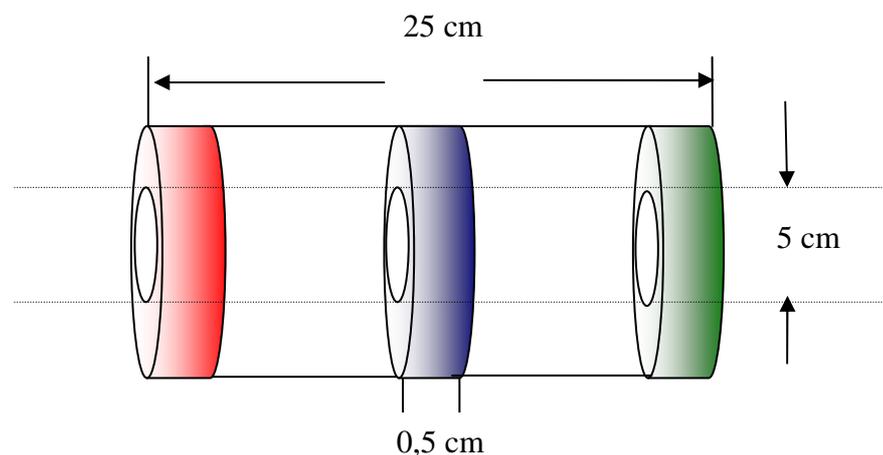
Tabel 4.5 Komposisi ion logam berat dalam sampel dan permeat

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	

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 60,99%, 39,44%, dan 38,89%. Masing masing ion logam berat diatas memiliki radius atom yang hampir sama yaitu atom :Cr = 128×10^{-12} m, Fe= 126×10^{-12} m, dan Mn= 127×10^{-12} m sehingga setiap ion mempunyai kesempatan yang sama untuk lolos dari pori filter. Ion besi lebih mudah direjeksi oleh permukaan membran/filter. Tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap persentase rejeksi logam berat pada masing-masing laju alir umpan.

4.8 Analisis Scanning Electron Microscope (SEM)

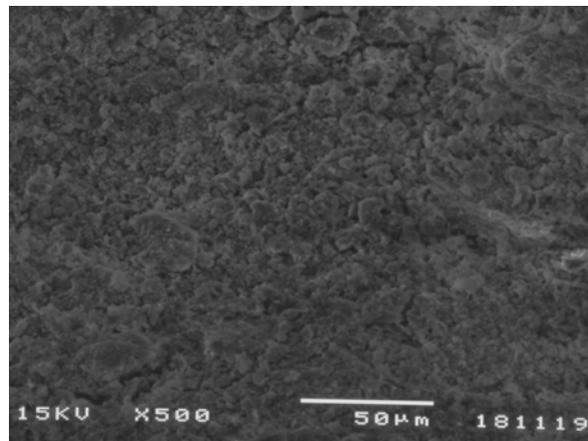
Dari beberapa filter membran yang telah dibuat dilakukan pemeriksaan SEM untuk melihat struktur dan komposisi zat yang ada dalam filter. Untuk keperluan ini dilakukan membrane autopsy yaitu dengan cara memotong membran pada tiga bagian yang disebut inlet, middle dan outlet setebal 0,5 cm dan dilakukan analisis terhadap struktur permukaannya menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) type JEOL-330. Sampel dicoating menggunakan Au (emas) dengan metoda secondary electron pada accelerating voltage 15.000 Volt. Perbesaran maksimal yang diambil tergantung pada masing-masing sampel.



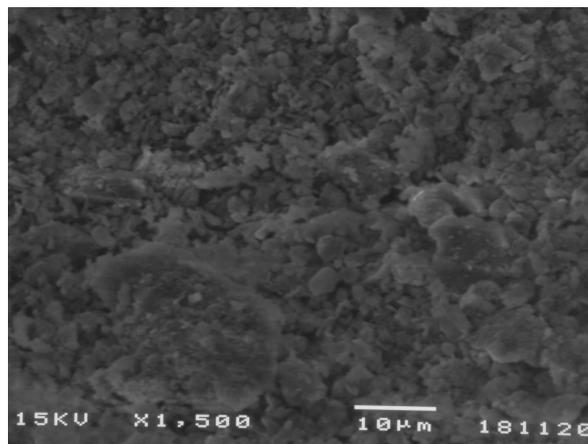
Gambar 4.22 Penampang potongan membran/filter untuk analisis SEM

Guna keperluan analisis SEM maka dipilih dua jenis membran dengan performans cukup baik yang dapat dilihat dari kemampuannya menghasilkan permeat dan penurunan kadar amonia yaitu membran dengan komposisi 67,5% : 25% : 2,5% dan 77,5% : 20% : 2,5%.

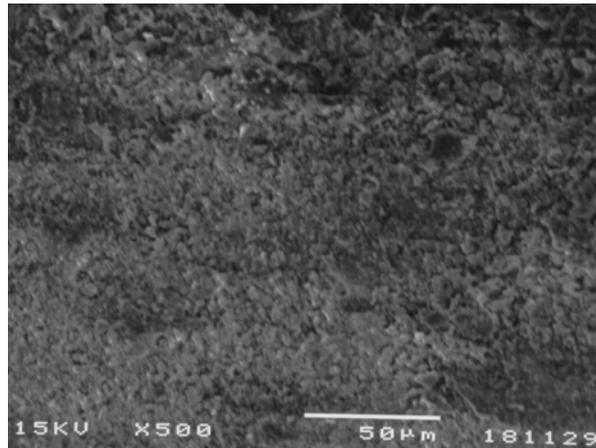
Gambar 4.23 s.d 4.38 memperlihatkan hasil image analisis dengan SEM untuk berbagai potongan membran pada berbagai perbesaran. Dari gambar-gambar tersebut dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan struktur pori pada berbagai perbesaran. Membran dengan komposisi tanah liat: abu terbang : serbuk besi = 77,5% : 20% : 2,5% dengan ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 500 μm menampilkan struktur pori yang relatif porous sehingga proses filtrasi akan lebih membran relatif mudah. Sebagai konsekwensinya maka permeat akan lebih banyak dihasilkan. Image juga memperlihatkan bahwa baik bagian inlet, tengah maupun outlet membran tidak memperlihatkan perbedaan signifikan terhadap struktur porinya. Namun demikian dapat dilihat bahwa keberadaan serbuk besi dan abu terbang akan memperbanyak jumlah pori yang ada pada membran.



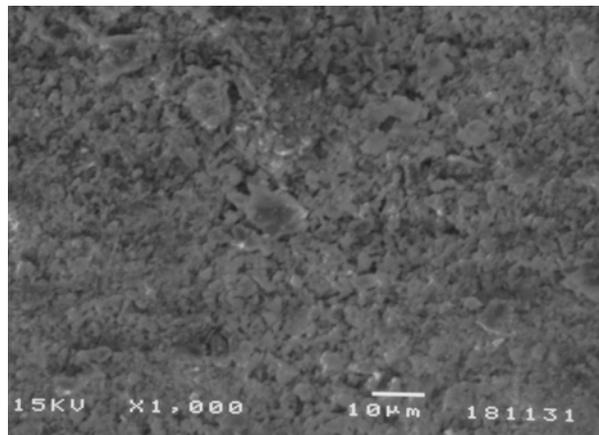
Gambar 4.23 Potongan inlet membran dengan komposisi 67,5%:25%:7,5% (perbesaran 500x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 250 μm



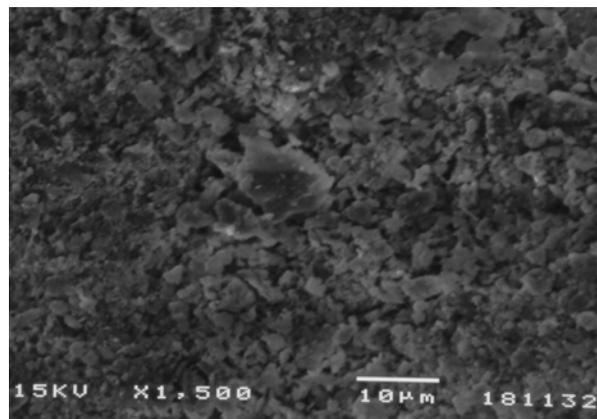
Gambar 4.24 Potongan inlet membran dengan komposisi 67,5%:25%:7,5% (perbesaran 1500x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 250 μm



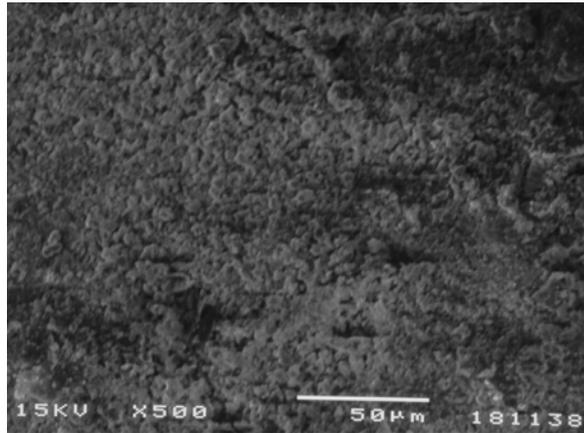
Gambar 4.25 Potongan tengah membran dengan komposisi 67,5%:25%:7,5% (perbesaran 500x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 250 µm



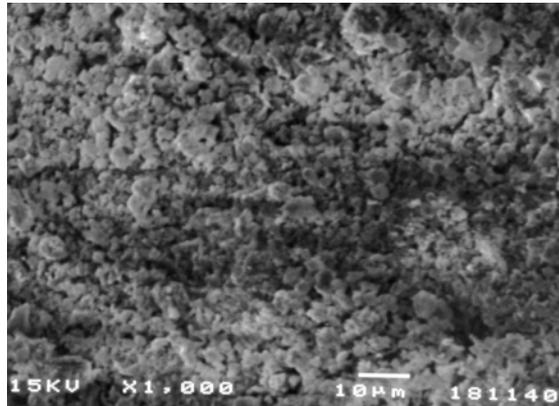
Gambar 4.26 Potongan tengah membran dengan komposisi 67,5%:25%:7,5% (perbesaran 1000x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 250 µm



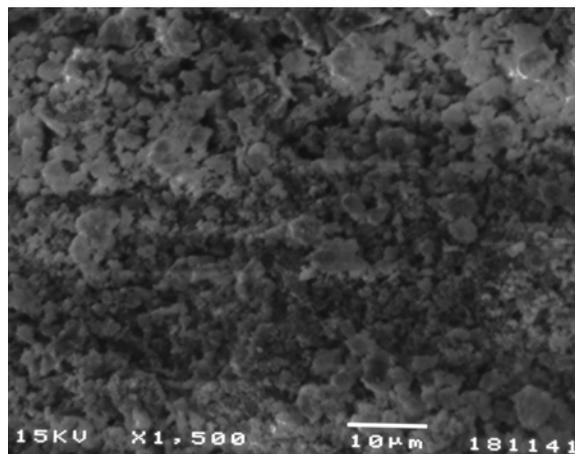
Gambar 4.27 Potongan tengah membran dengan komposisi 67,5%:25%:7,5% (perbesaran 1500x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 250 µm



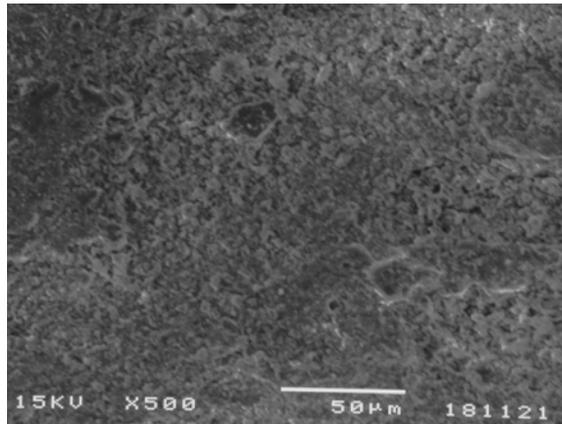
Gambar 4.28 Potongan outlet membran dengan komposisi 67,5%:25%:7,5% (perbesaran 500x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 250 µm



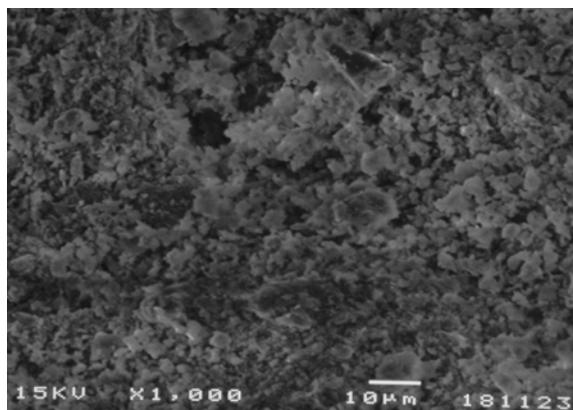
Gambar 4.29 Potongan outlet membran dengan komposisi 67,5%:25%:7,5% (perbesaran 1000x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 250 µm



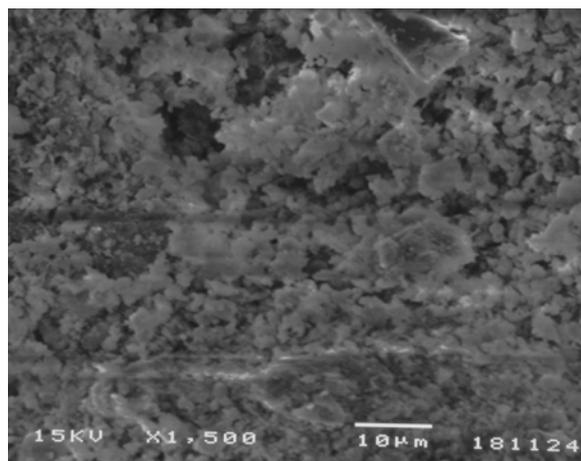
Gambar 4.30 Potongan outlet membran dengan komposisi 67,5%:25%:7,5% (perbesaran 1500x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 250 µm



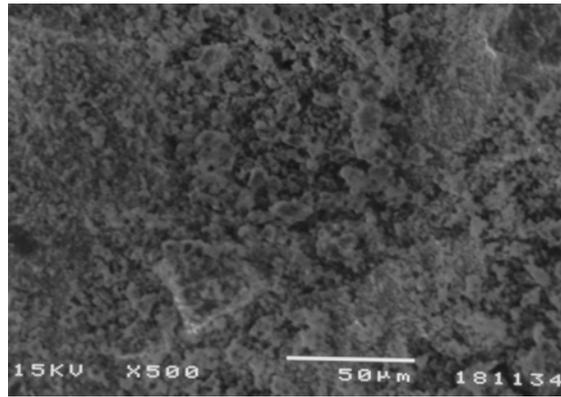
Gambar 4.31 Potongan inlet membran dengan komposisi 77,5%:20%:2,5% (perbesaran 500x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 500 μm



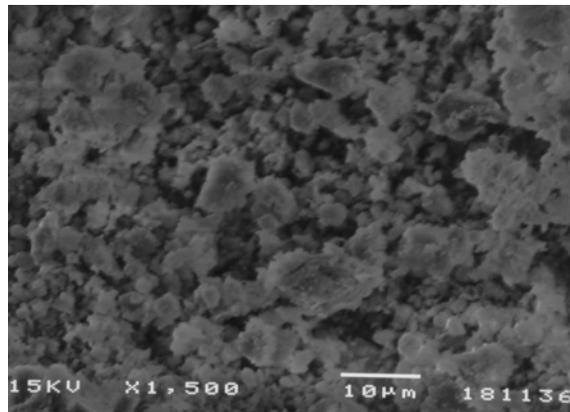
Gambar 4.32 Potongan inlet membran dengan komposisi 77,5%:20%:2,5% (perbesaran 1000x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 500 μm



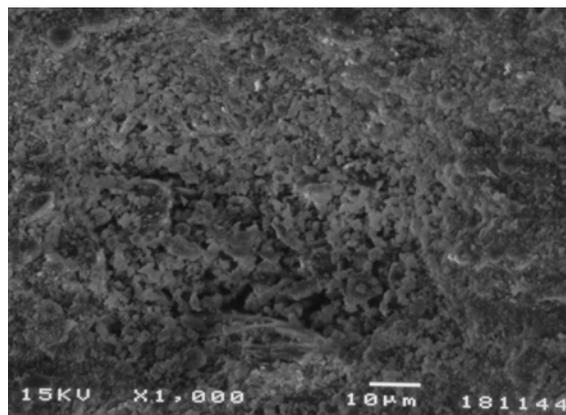
Gambar 4.33 Potongan inlet membran dengan komposisi 77,5%:20%:2,5% (perbesaran 1500x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 500 μm



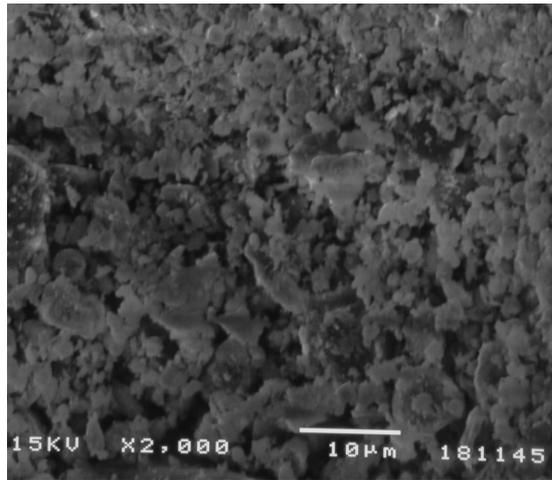
Gambar 4.34 Potongan tengah membran dengan komposisi 77,5%:20%:2,5% (perbesaran 500x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 500 μm



Gambar 4.35 Potongan tengah membran dengan komposisi 77,5%:20%:2,5% (perbesaran 1500x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 500 μm



Gambar 4.36 Potongan outlet membran dengan komposisi 77,5%:20%:2,5% (perbesaran 1000x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 500 μm



Gambar 4.37 Potongan outlet membran dengan komposisi 77,5%:20%:2,5% (perbesaran 2000x) untuk ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 500 µm

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Membran/filter keramik cukup efektif dalam menurunkan kadar amonia, TSS, dan EC, dan logam berat dalam limbah cair.
2. Membran terbaik didapat pada komposisi tanah liat:abu terbang batubara : serbuk besi 77,5% : 20% : 2,5%. dengan ukuran partikel abu terbang dan serbuk besi 500 μm .
3. Kadar amonia dalam limbah cair industri pupuk urea dapat direduksi sampai 96%, sehingga limbah cair cukup aman bila dibuang ke perairan.
4. Hasil analisis Scanning Electron Microscope (SEM) menunjukkan bahwa penambahan serbuk besi akan memperluas jumlah pori dan sekaligus memperkuat struktur membran.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disarankan beberapa hal berikut ini :

1. Melakukan uji kekerasan dan porositas terhadap membran dengan komposisi 77,5% : 20% : 2,5%.
2. Melakukan study terhadap kemampuan membran dalam mengolah jenis limbah cair lainnya misalnya olie bekas, limbah industri tahu, songket dan electroplating.
3. Merancang sistem pengolahan air permukaan seperti air rawa dengan metoda filtrasi membran keramik sehingga air yang dihasilkan siap dikonsumsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Jawad, M., S. Ebrahim, M. Al-Tabtabaei and S. Al-Shammari (1999). "Advanced technologies for municipal wastewater purification: technical and economic assessment." Desalination 124(1-3): 251-261.
- Anderson, J. M. (1996). "A possible regulatory framework for water recycling in Australia." Desalination 106(1-3): 331-333.
- APHA-AWWA-WEF (1992). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Washington DC, American Public Health Association.
- El-Dessouky, H. T. and H. M. Ettouney (2002). Fundamentals of Salt Water Desalination. Amsterdam, Elsevier Science B,V.
- Iqbal, M, Imanuel dan S.Nasir (2010), Pengolahan Air Rawa sebagai Sumber Air bersih Menggunakan Membran Keramik, Hasil penelitian Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya.
- Jacquemet, V., G. Gaval, E.C. Gherman, and J.C. Schrotter (2006). "Deeper understanding of membrane fouling issues on a full scale water plant." Desalination Euromembrane 2006 199(1-3): 78-80.
- Lee, Jae-Wok., Tae-Ouk, Kwon dan Il-Sik, Moon (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.
- Nasir, S (2010), Kinerja Membran Reverse Osmosis dalam Pengolahan Air Baku Mengandung Ion Natrium dan Kalsium, Prosiding Seminar BSS VII, Universitas Brawijaya, Malang
- Nasir, S, Anggraini, D dan Agustina, A (2010), Aplikasi Membran Keramik dalam Pengolahan Limbah Cair, Hasil penelitian Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya (tidak dipublikasikan), Palembang
- Nasir, S (2010), Aplikasi Membran Jenis Spiral Wound dalam Pengolahan Limbah Cair, Sekunder, Makalah diapproved untuk Jurnal Purifikasi, ITS Surabaya
- Nasir, S (2008), Energy Consumption and Economic Assesment of Water Production in Small-scale RO, Prosiding Seminar AVOER, Palembang
- Nasir,S (2010), Pembuatan Filter Mikrofiltrasi dari Clay dan Fly Ash dalam Pengolahan Limbah Cair, Makalah Seminar Nasional Teknik Kimia, Universitas Parahyangan, Bandung
- Noble, R.D dan S.A. Stern (2003), Membrane Separations Technology:Principles and Applications, Elseviere, Amsterdam
- Parekh, B. S. (1988). Reverse Osmosis Technology : Applications for High-Purity-Water Production. New York, Marcel Dekker, Inc.

- Petala, M., V. Tsiridis, P. Samaras, A. Zouboulis dan G. P. Sakellariopoulos (2006). "Wastewater reclamation by advanced treatment of secondary effluents." Desalination 195(1-3): 109-118.
- Sojka-Ledakowicz, J., T. Koprowski, W. Machnowski dan H. H. Knudsen (1998). "Membrane filtration of textile dyehouse wastewater for technological water reuse." Desalination 119(1-3): 1-9.
- Sridhar, S., A. Kale dan A. A. Khan (2002). "Reverse osmosis of edible vegetable oil industry effluent." Journal of Membrane Science 205(1-2): 83-90.
- Sudak, R. G. (1990). Reverse Osmosis. Handbook of Industrial Membrane Technology. M. C. Porter. New Jersey, Noyes Publication: 260-306.
- Suthanrarajan, R., E. Ravindranath, K. Chits, B. Umamaheswari, T. Ramesh and S. Rajamam (2004). "Membrane application for recovery and reuse of water from treated tannery wastewater." Desalination 164(2): 151-156.
- Thorsen, T. (2004). "Concentration polarisation by natural organic matter (NOM) in NF and UF." Journal of Membrane Science 233(1-2): 79-91.
- 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.
- Vuthaluru, H. and S. Nasir (2005). Feasibility Studies of Desalination Technologies and Possible options for Australia. International Desalination Association (IDA) Conference on Desalination and Water Reuse, September, 11-16, Singapore.
- Wijesinghe, B., R. B. Kaye and C. J. D. Fell (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.
- Jacquemet, V., G. Gaval, E.C. Gherman, and J.C. Schrotter (2006). "Deeper understanding of membrane fouling issues on a full scale water plant." Desalination Euromembrane 2006 199(1-3): 78-80.
- Lee, Jae-Wok., Tae-Ouk, Kwon dan Il-Sik, Moon (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.
- Lopez-Ramirez, J. A., S. Sahuquillo, D. Sales dan J. M. Quiroga (2003). "Pre-treatment
- Noble, R.D dan S.A. Stern (2003), Membrane Separations Technology: Principles and Applications, Elsevier, Amsterdam
- Parekh, B. S. (1988). Reverse Osmosis Technology : Applications for High-Purity-Water Production. New York, Marcel Dekker, Inc.
- Petala, M., V. Tsiridis, P. Samaras, A. Zouboulis dan G. P. Sakellariopoulos (2006). "Wastewater reclamation by advanced treatment of secondary effluents." Desalination 195(1-3): 109-118.

- Sojka-Ledakowicz, J., T. Koprowski, W. Machnowski dan H. H. Knudsen (1998). "Membrane filtration of textile dyehouse wastewater for technological water reuse." Desalination 119(1-3): 1-9.
- Sridhar, S., A. Kale dan A. A. Khan (2002). "Reverse osmosis of edible vegetable oil industry effluent." Journal of Membrane Science 205(1-2): 83-90.
- Sudak, R. G. (1990). Reverse Osmosis. Handbook of Industrial Membrane Technology. M. C. Porter. New Jersey, Noyes Publication: 260-306.
- Suthanthararajan, R., E. Ravindranath, K. Chits, B. Umamaheswari, T. Ramesh and S. Rajamam (2004). "Membrane application for recovery and reuse of water from treated tannery wastewater." Desalination 164(2): 151-156.
- Thorsen, T. (2004). "Concentration polarisation by natural organic matter (NOM) in NF and UF." Journal of Membrane Science 233(1-2): 79-91.
- 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.
- Vuthaluru, H. and S. Nasir (2005). Feasibility Studies of Desalination Technologies and Possible options for Australia. International Desalination Association (IDA) Conference on Desalination and Water Reuse, September, 11-16, Singapore.
- Wijesinghe, B., R. B. Kaye and C. J. D. Fell (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.

Lampiran L1 : Membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang 80/20 dengan ukuran abu terbang 250 µm dan 500 µm

Komposisi Tanah liat/Abu/Serbuk Besi dan ukuran partikel	Laju Alir (LPM)	Waktu (menit)	A		B		C		D				
			TDS (PPM)	pH	Conductivity(µS/cm)	TSS (mg/l)	NH3 -N						
80% : 20% 250 µm	7,5	15	1530	9,24	1460	9,19	1510	9,18	1330	8,98	468	27	17.3
		30	1550	9,17	1470	9,12	1520	9,09	1320	8,93	460	19	15.3
		45	1500	9,12	1490	9,11	1450	9,02	1300	8,78	452	17	14.7
		60	1550	9,09	1500	9,08	1430	9,00	1350	8,75	443	05	14.1
80% : 20% 500 µm	7,5	15	1480	9,27	1500	9,20	1530	9,15	1420	8,88	375	45	-
		30	1480	9,18	1490	9,08	1530	9,03	1420	8,77	342	41	-
		45	1470	9,11	1460	9,02	1530	8,91	1410	8,65	320	32	-
		60	1480	9,07	1490	8,93	1520	8,85	1400	8,50	309	12	-
80% : 20% 250 µm	10	15	1400	9,27	1300	9,21	1340	9,16	1230	8,87	459	24	-
		30	1450	9,26	1300	9,18	1370	9,15	1240	8,79	451	16	-
		45	1480	9,23	1350	9,13	1430	9,12	1270	8,76	446	18	-
		60	1470	9,13	1370	9,03	1430	9,04	1280	8,20	438	07	-
80% : 20% 500 µm	10	15	1460	9,23	1500	9,05	1540	8,92	1440	8,50	338	42	-
		30	1470	9,15	1490	9,01	1520	8,82	1430	8,40	323	38	-
		45	1460	9,03	1470	8,90	1510	8,89	1410	8,35	311	21	-
		60	1450	8,97	1470	8,89	1500	8,83	1410	8,29	305	14	-

Keterangan : A : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Silika
 B : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Zeolit
 C : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Carbon active
 D : Permeat yang telah melalui cartridge berisi membran keramik

Lampiran L2 : Membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/serbuk besi 79/20/1 dengan ukuran partikel 250 µm dan 500 µm

Komposisi Tanah liat/Abu/Serbuk Besi dan ukuran partikel	Laju Alir (LPM)	Waktu menit	A		B		C		D				
			TDS (PPM)	pH	Conductivity(µS/cm)	TSS (mg/l)	NH3 -N						
79 % : 20% : 1 %, 250	7,5	15	1520	9,23	1480	9,15	1490	9,06	1420	8,92	271	52	16.9
		30	1490	9,17	1490	9,12	1520	9,00	1410	8,91	259	42	16.2
		45	1490	9,13	1490	9,04	1500	9,00	1400	8,87	239	24	15.6
		60	1470	9,08	1480	9,00	1480	8,95	1400	8,84	223	15	14.3
79 % : 20% : 1 %, 500	7,5	15	1470	9,14	1480	9,10	1480	9,07	1360	8,98	284	41	-
		30	1470	9,12	1470	9,10	1480	9,06	1400	8,93	284	37	-
		45	1470	9,11	1480	9,08	1480	9,05	1430	8,90	273	23	-
		60	1460	9,08	1480	9,05	1470	9,02	1450	8,89	266	11	-
79 % : 20% : 1 %, 250	10	15	1490	9,14	1520	9,08	1530	9,02	1460	8,89	307	43	-
		30	1500	9,11	1500	9,05	1510	9,00	1500	8,87	291	32	-
		45	1500	9,03	1490	9,02	1490	8,89	1470	8,80	276	23	-
79 % : 20% : 1 %, 500	10	15	1480	9,15	1480	9,10	1470	9,01	1460	8,99	280	47	-
		30	1470	9,14	1480	9,08	1460	9,02	1450	8,96	270	32	-
		45	1470	9,14	1480	9,06	1470	9,00	1450	8,93	262	20	-
		60	1480	9,12	1490	9,05	1480	9,00	1460	8,92	252	05	-

Keterangan : A : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Silika
 B : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Zeolit
 C : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Carbon active
 D : Permeat yang telah melalui cartridge berisi membran keramik

Lampiran L3 : Membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/serbuk besi 77,5/20/2,5 dengan ukuran partikel 250 µm dan 500 µm

Komposisi Tanah liat/Abu/Serbuk Besi dan ukuran partikel	Laju Alir (LPM)	Waktu menit	A		B		C		D				
			TDS (PPM)	pH	Conductivity(µS/cm)	TSS (mg/l)	NH3 -N						
77,5% : 20% : 2,5%: 250	7,5	15	1530	9,24	1490	9,18	1480	9,17	1270	8,97	440	42	16.8
		30	1540	9,20	1500	9,15	1490	9,12	1290	8,97	439	36	16
		45	1560	9,17	1520	9,13	1480	9,10	1310	8,95	420	34	15.4
		60	1570	9,12	1530	9,08	1480	9,06	1370	8,93	360	13	13.9
77,5% : 20% : 2,5%:500	7,5	15	1500	9,16	1490	9,14	1500	9,00	1420	8,94	345	45	-
		30	1520	9,12	1490	9,09	1510	9,03	1450	8,90	334	34	-
		45	1490	9,10	1500	9,05	1500	8,98	1450	8,78	329	22	-
		60	1490	9,06	1530	9,03	1520	8,95	1500	8,76	297	14	-
77,5% : 20% : 2,5%: 250	10	15	1630	9,20	1620	9,19	1580	9,15	1400	9,05	506	48	-
		30	1670	9,14	1630	9,12	1580	9,08	1420	8,98	375	20	-
		45	1680	9,05	1650	9,04	1590	9,00	1420	8,89	365	28	-
		60	1690	9,02	1680	8,97	1600	8,91	1460	8,87	324	11	-
77,5% : 20% : 2,5%:500	10	15	1500	9,21	1450	9,18	1480	9,12	1420	8,85	294	46	-
		30	1480	9,17	1470	9,16	1480	9,09	1440	8,76	280	25	-
		45	1500	9,08	1460	9,02	1470	8,98	1460	8,75	273	13	-
		60	1490	9,02	1450	8,97	1470	8,97	1460	8,72	267	8	-

Keterangan : A : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Silika
 B : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Zeolit
 C : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Carbon active
 D : Permeat yang telah melalui cartridge berisi membran keramik

Lampiran L4 : Membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/serbuk besi 67,5/25/7,5 dengan ukuran partikel 250 µm dan 500 µm

Komposisi Tanah liat/Abu/Serbuk Besi dan ukuran partikel	Laju Alir (LPM)	Waktu (Menit)	A		B		C		D				
			TDS (PPM)	pH	Conductivity(µS/cm)	TSS (mg/l)	NH3 -N						
67,5% : 25% : 7,5%:250	7,5	15	1630	9,23	1540	9,17	1550	9,07	1400	8,99	503	66	-
		30	1630	9,13	1560	9,11	1590	9,07	1440	8,92	471	45	-
		45	1660	9,12	1550	9,08	1540	9,09	1430	8,91	447	34	-
		60	1650	9,06	1550	9,02	1580	8,99	1450	8,89	444	25	-
67,5% : 25% : 7,5%:500	7,5	15	1670	9,22	1660	9,18	1680	9,14	1590	8,95	465	65	-
		30	1680	9,20	1680	9,14	1680	9,09	1620	8,84	460	46	-
		45	1680	9,08	1680	9,06	1680	9,05	1630	8,80	447	37	-
		60	1690	9,07	1690	9,06	1690	9,04	1630	8,74	437	28	-
67,5% : 25% : 7,5%:250	10	15	1650	9,12	1580	9,07	1550	9,05	1430	8,95	450	60	-
		30	1590	9,10	1550	9,06	1560	9,04	1420	8,94	405	55	-
		45	1580	9,08	1540	9,06	1540	9,02	1450	8,91	405	43	-
		60	1590	9,03	1550	9,01	1540	8,97	1420	8,88	386	38	-
67,5% : 25% : 7,5%:500	10	15	1690	9,19	1680	9,18	1690	9,16	1650	8,94	459	51	-
		30	1690	9,15	1680	9,12	1690	9,11	1660	8,85	452	42	-
		45	1690	9,09	1690	9,05	1690	9,03	1660	8,79	446	21	-
		60	1690	9,04	1680	9,03	1680	9,00	1660	8,72	410	17	-

Keterangan : A : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Silika

B : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Zeolit

C : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Carbon active

D : Permeat yang telah melalui cartridge berisi membran keramik

Lampiran L5 : Membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/serbuk besi 75/20/5 dengan ukuran partikel 250 µm dan 500 µm

Komposisi Tanah liat/Abu/Serbuk Besi dan ukuran partikel	Laju Alir (LPM)	Waktu menit	A		B		C		D				
			TDS (PPM)	pH	Conductivity (µS)	TSS (mg/l)	NH3 -N						
75% : 20% : 5% : 250	7,5	15	1480	9,13	1510	9,10	1510	9,02	1500	8,82	315	48	17.4
		30	1470	9,09	1510	9,04	1520	9,00	1500	8,88	302	39	16.3
		45	1490	9,05	1510	9,02	1500	9,00	1510	8,84	285	23	15.5
		60	1480	9,00	1490	8,97	1500	8,96	1510	8,78	263	12	13.8
75% : 20% : 5% : 500	7,5	15	1490	9,23	1490	9,20	1480	9,18	1440	8,94	380	56	
		30	1480	9,18	1500	9,16	1500	9,04	1430	8,92	379	43	
		45	1480	9,10	1490	9,07	1490	8,98	1430	8,84	374	32	
		60	1470	9,03	1500	9,15	1500	8,96	1420	8,62	368	21	
75% : 20% : 5% : 250	10	15	1510	9,16	1480	9,15	1490	9,08	1500	8,84	345	52	
		30	1510	9,14	1500	9,10	1520	9,03	1520	8,74	329	43	
		45	1500	9,08	1500	9,05	1500	9,00	1510	8,70	302	23	
		60	1500	9,05	1490	9,02	1480	8,98	1520	8,60	289	18	
75% : 20% : 5% : 500	10	15	1490	9,20	1490	9,16	1510	9,15	1440	9,02	387	44	
		30	1490	9,18	1500	9,14	1500	9,09	1460	8,95	386	31	
		45	1480	9,17	1500	9,13	1490	9,05	1430	8,89	369	21	
		60	1480	9,16	1490	9,07	1490	8,90	1410	8,66	359	14	

Keterangan : A : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Silika
 B : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Zeolit
 C : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Carbon active
 D : Permeat yang telah melalui cartridge berisi membran keramik

Lampiran L6 : Membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/serbuk besi 72,5/20/7,5 dengan ukuran partikel 250 µm dan 500 µm

Komposisi Tanah liat/Abu/Serbuk Besi dan ukuran partikel	Laju Alir (LPM)	Waktu menit	A		B		C		D				
			TDS (PPM)	pH	TDS (PPM)	pH	TDS (PPM)	pH	TDS (PPM)	pH	Conducti vity(µS/cm)	TSS (mg/l)	NH3 -N
72,5% : 20% : 7,5%:250	7,5	15	1500	9,25	1500	9,15	1520	9,14	1480	8,97	421	-	-
		30	1500	9,13	1500	9,09	1530	9,08	1490	8,88	413	-	-
		45	1500	9,06	1490	9,05	1520	9,04	1490	8,86	394	-	-
		60	1490	9,05	1490	9,05	1510	9,04	1480	8,72	390	-	-
72,5% : 20% : 7,5%:500	7,5	15	1540	9,18	1550	9,17	1570	9,10	1450	9,00	358	-	-
		30	1530	9,15	1540	9,12	1560	9,08	1490	8,98	355	-	-
		45	1520	9,14	1540	9,09	1550	9,05	1420	8,90	347	-	-
		60	1510	9,07	1510	9,06	1550	9,03	1420	8,85	329	-	-
72,5% : 20% : 7,5%:250	10	15	1490	9,08	1490	9,07	1510	9,05	1500	8,75	427	-	-
		30	1490	9,06	1500	9,05	1520	9,02	1480	8,70	425	-	-
		45	1490	9,02	1500	9,01	1520	9,02	1490	8,63	414	-	-
		60	1480	9,01	1490	9,00	1500	8,98	1490	8,62	412	-	-
72,5% : 20% : 7,5%:500	10	15	1540	9,12	1550	9,11	1570	9,07	1450	8,97	333	-	-
		30	1530	9,10	1540	9,08	1560	9,05	1490	8,90	327	-	-
		45	1520	9,08	1540	9,05	1550	9,01	1420	8,88	321	-	-
		60	1510	9,02	1510	9,00	1550	8,98	1420	8,73	268	-	-

Keterangan : A : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Silika
 B : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Zeolit
 C : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Carbon active
 D : Permeat yang telah melalui cartridge berisi membran keramik

Lampiran L7 : Membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/serbuk besi 75/25/0 dengan ukuran partikel 250 µm dan 500 µm

Komposisi Tanah liat/Abu/Serbuk Besi dan ukuran partikel	Laju Alir (LPM)	Waktu menit	A		B		C		D				
			TDS (PPM)	pH	Conductivity(µS/cm)	TSS (mg/l)	NH3 -N						
75% : 25% ;250	7,5	15	1720	9,29	1610	9,26	1500	9,22	1400	9,10	417	-	-
		30	1760	9,27	1620	9,24	1550	9,18	1410	9,12	363	-	-
		45	1760	9,20	1640	9,19	1570	9,15	1420	9,09	360	-	-
		60	1750	9,16	1660	9,15	1580	9,13	1420	9,08	337	-	-
75% : 25%:500	7,5	15	1580	9,22	1560	9,18	1520	9,15	1480	9,03	417	-	-
		30	1580	9,15	1560	9,12	1520	9,10	1480	8,97	416	-	-
		45	1550	9,13	1550	9,08	1510	9,07	1470	8,86	411	-	-
		60	1550	9,06	1550	9,04	1500	9,01	1460	8,82	405	-	-
75% : 25%: 250	10	15	1730	9,25	1650	9,20	1510	9,17	1440	9,06	424	-	-
		30	1740	9,24	1610	9,18	1490	9,15	1430	9,05	366	-	-
		45	1760	9,18	1600	9,15	1520	9,10	1450	9,03	364	-	-
		60	1770	9,15	1600	9,10	1530	9,07	1420	9,02	319	-	-
75% : 25%: 500	10	15	1620	9,26	1580	9,23	1580	9,19	1480	9,06	460	-	-
		30	1620	9,22	1580	9,19	1570	9,18	1430	9,01	425	-	-
		45	1630	9,15	1580	9,10	1570	9,08	1420	8,89	424	-	-
		60	1630	9,07	1550	9,06	1560	9,02	1400	8,87	411	-	-

Keterangan : A : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Silika
 B : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Zeolit
 C : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Carbon active
 D : Permeat yang telah melalui cartridge berisi membran keramik

Lampiran L8 : Membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/serbuk besi 75/25/0 dengan ukuran partikel 250 µm dan 500 µm

Komposisi Tanah liat/Abu/Serbuk Besi dan ukuran partikel	Laju Alir (LPM)	Waktu (Menit)	A		B		C		D				
			TDS (PPM)	pH	TDS (PPM)	pH	TDS (PPM)	pH	TDS (PPM)	pH	Conducti vity(µS/cm)	TSS (mg/l)	NH3 -N
72,5%:25% : 2,5%;250	7,5	15	1640	9,14	1630	9,13	1600	9,09	1610	9,00	411	-	-
		30	1640	9,09	1630	9,08	1620	9,06	1610	8,96	369	-	-
		45	1650	9,06	1650	9,04	1640	9,02	1620	8,91	367	-	-
		60	1660	8,99	1650	8,95	1650	8,92	1630	8,86	349	-	-
72,5% : 25% : 2,5%:500	7,5	15	1690	9,19	1660	9,15	1660	9,10	1620	8,80	474	-	-
		30	1680	9,13	1660	9,12	1640	9,09	1630	8,76	458	-	-
		45	1690	9,11	1670	9,08	1670	9,03	1650	8,71	452	-	-
		60	1700	9,08	1690	9,06	1670	9,00	1650	8,66	440	-	-
72,5% : 25% : 2,5%:250	10	15	1680	9,13	1660	9,10	1650	9,08	1620	8,91	381	-	-
		30	1670	9,07	1660	9,06	1650	9,03	1630	8,88	376	-	-
		45	1670	9,03	1670	9,01	1660	8,98	1630	8,77	365	-	-
		60	1680	9,00	1670	8,97	1670	8,95	1650	8,74	320	-	-
72,5% :25: 2,5%:500	10	15	1690	9,14	1700	9,13	1670	9,09	1630	8,81	395	-	-
		30	1690	9,12	1700	9,08	1670	9,06	1630	8,78	386	-	-
		45	1700	9,09	1690	9,05	1680	9,02	1620	8,74	380	-	-
		60	1690	9,04	1700	9,03	1670	8,98	1630	8,70	376	-	-

Keterangan : A : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Silika
 B : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Zeolit
 C : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Carbon active
 D : Permeat yang telah melalui cartridge berisi membran keramik

Lampiran L9 : Membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/serbuk besi 80/10/10 dengan ukuran partikel 250 µm dan 500 µm

Komposisi Tanah liat/Abu/Serbuk Besi dan ukuran partikel	Laju Alir (LPM)	Waktu menit	A		B		C		D		Conducti vity(µS/cm)	TSS (mg/l)	NH3 -N
			TDS (PPM)	pH	TDS (PPM)	pH	TDS (PPM)	pH	TDS (PPM)	pH			
80% : 10% : 10%:250	7,5	15	1760	9,28	1700	9,27	1690	9,22	1490	9,12	428	-	-
		30	1760	9,25	1680	9,23	1680	9,19	1580	9,07	423	-	-
		45	1770	9,20	1700	9,19	1710	9,13	1600	9,00	397	-	-
		60	1770	9,18	1750	9,16	1710	9,08	1620	8,96	392	-	-
80% : 10% : 10%:500	7,5	15	1620	9,23	1580	9,14	1580	9,06	1510	8,89	431	-	-
		30	1600	9,21	1580	9,11	1560	9,04	1530	8,85	420	-	-
		45	1600	9,20	1590	9,11	1580	9,04	1520	8,82	415	-	-
		60	1610	9,14	1610	9,10	1580	8,94	1510	8,81	401	-	-
80% : 10% : 10%:250	10	15	1770	9,25	1750	9,22	1710	9,19	1620	9,10	433	-	-
		30	1750	9,24	1750	9,20	1710	9,15	1630	9,04	424	-	-
		45	1750	9,22	1760	9,18	1730	9,10	1640	8,98	423	-	-
		60	1750	9,20	1760	9,14	1740	9,04	1640	8,90	415	-	-
80% : 10% : 10%:500	10	15	1620	9,18	1610	9,10	1620	8,95	1500	8,90	429	-	-
		30	1600	9,17	1630	9,02	1640	8,93	1520	8,90	427	-	-
		45	1610	9,10	1630	9,01	1650	8,93	1520	8,89	426	-	-
		60	1600	9,05	1620	8,98	1640	8,92	1510	8,81	425	-	-

Keterangan : A : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Silika
 B : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Zeolit
 C : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Carbon active
 D : Permeat yang telah melalui cartridge berisi membran keramik

Lampiran L10 : Membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/serbuk besi 74/25/1 dengan ukuran partikel 250 µm dan 500 µm

	Laju Alir (LPM)	Waktu menit	A		B		C		D				
			TDS (PPM)	pH	Conductivity(µS/cm)	TSS (mg/l)	NH3 -N						
74% : 25% : 1%:250	7,5	15	1790	9,25	1770	9,24	1780	9,19	1610	9,10	448	-	-
		30	1710	9,18	1730	9,15	1710	9,08	1630	9,05	439	-	-
		45	1720	9,10	1790	9,07	1700	9,02	1620	8,95	436	-	-
		60	1720	9,06	1790	9,02	1760	9,00	1620	8,92	423	-	-
74% : 25% : 1%:500	7,5	15	1820	9,30	1780	9,21	1760	9,17	1730	9,01	436	-	-
		30	1820	9,22	1790	9,16	1750	9,12	1720	9,00	424	-	-
		45	1810	9,21	1780	9,14	1750	9,11	1720	8,98	423	-	-
		60	1820	9,18	1790	9,09	1760	8,97	1720	8,61	420	-	-
74% : 25% : 1%:250	10	15	1800	9,08	1790	9,06	1770	9,04	1640	8,90	448	-	-
		30	1790	9,07	1780	9,03	1770	9,02	1640	8,86	428	-	-
		45	1790	9,03	1760	9,01	1770	9,00	1650	8,83	420	-	-
		60	1780	9,03	1760	9,00	1770	8,98	1660	8,81	404	-	-
74% : 25% : 1%:500	10	15	1800	9,36	1740	9,32	1700	9,29	1660	9,24	437	-	-
		30	1820	9,27	1780	9,25	1710	9,23	1660	9,03	434	-	-
		45	1820	9,24	1750	9,12	1700	9,08	1650	8,96	431	-	-
		60	1810	9,14	1750	9,02	1700	9,01	1660	8,91	421	-	-

Keterangan : A : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Silika
 B : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Zeolit
 C : Permeat yang telah melalui cartridge berisi Carbon active
 D : Permeat yang telah melalui cartridge berisi membran keramik

Lampiran L 11. Fluks permeat untuk Membran dengan komposisi tanah liat : abu terbang: serbuk besi 80/20/0 dan ukuran partikel 250 μm

Komposisi Membran Keramik (Tanah liat/Abu terbang/Serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	Volume permeat pada Laju Alir 7,5 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$)	Volume permeat pada Laju Alir 10 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)
80% : 20% 250 μm	15	45	2,29	42	2,14
	30	41	1,04	39	0,99
	45	39	0,66	37	0,63
	60	38	0,48	35	0,45
80% : 20% 500 μm	15	43	2,19	31	1,58
	30	43	1,09	28	0,71
	45	29	0,49	33	0,56
	60	27	0,34	32	0,41

Lampiran L 12. Fluks permeat untuk membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/ serbuk besi 79/20/1 dan ukuran partikel 250 dan 500 μm

Komposisi Membran Keramik (Tanah liat/Abu terbang/Serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	Volume permeat pada Laju Alir 7,5 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)	Volume permeat pada Laju Alir 10 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)
79% : 20% : 1%, 250 μm	15	100	5,09	70	3,57
	30	88	2,24	50	1,27
	45	70	1,19	50	0,85
	60	54	0,69	48	0,61
79% : 20% : 1%, 500 μm	15	74	3,77	65	3,31
	30	72	1,83	63	1,60
	45	72	1,23	63	1,07
	60	70	0,89	62	0,79

Lampiran L 13. Fluks permeat untuk membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/ serbuk besi 77,5/20/2,5 dan ukuran partikel 250 dan 500 μm

Komposisi Membran Keramik (Tanah liat/Abu terbang/Serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	Volume permeat pada Laju Alir 7,5 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)	Volume permeat pada Laju Alir 10 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)
77,5% : 20% : 2,5%, 250 μm	15	122	6,22	124	6,32
	30	121	3,08	123	3,13
	45	121	2,06	121	2,06
	60	120	1,53	119	1,52
77,5% : 20% : 2,5%, 500 μm	15	136	6,93	131	6,68
	30	130	3,31	128	3,26
	45	129	2,19	122	2,07
	60	127	1,62	115	1,47

Lampiran L 14. Fluks permeat untuk membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/ serbuk besi 72,5/20/7,5 dan ukuran partikel 250 dan 500 μm

Komposisi Membran Keramik (Tanah liat/Abu terbang/Serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	Volume permeat pada Laju Alir 7,5 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)	Volume permeat pada Laju Alir 10 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)
72,5% : 20% : 7,5%, 250 μm	15	68	3,47	71	3,62
	30	65	1,66	69	1,76
	45	64	1,09	68	1,15
	60	62	0,79	65	0,83
72,5% : 20% : 7,5%, 500 μm	15	194	9,88	219	11,16
	30	194	4,94	220	5,61
	45	195	3,31	220	3,74
	60	194	2,47	218	2,78

Lampiran L 15. Fluks permeat untuk membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/ serbuk besi 75/20/5 dan ukuran partikel 250 dan 500 μm

Komposisi Membran Keramik (Tanah liat/Abu terbang/Serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	Volume permeat pada Laju Alir 7,5 L/menit	Fluks (L/m ² .det)	Volume permeat pada Laju Alir 10 L/menit	Fluks (L/m ² .det)
75% : 20% : 5%, 250 μm	15	56	2,85	54	2,75
	30	52	1,32	50	1,27
	45	52	0,88	48	0,82
	60	50	0,64	45	0,57
75% : 20% : 5%, 500 μm	15	45	2,29	47	0,59
	30	44	1,12	45	1,15
	45	42	0,71	45	0,76
	60	41	0,52	42	0,54

Lampiran L 16. Fluks permeat untuk membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/ serbuk besi 75/25/0 dan ukuran partikel 250 dan 500 μm

Komposisi Membran Keramik (Tanah liat/Abu terbang/Serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	Volume permeat pada Laju Alir 7,5 L/menit	Fluks (L/m ² .det)	Volume permeat pada Laju Alir 10 L/menit	Fluks (L/m ² .det)
75% : 25% : 0%, 250 μm	15	93	4,74	95	4,84
	30	92	2,35	92	2,34
	45	92	1,56	91	1,55
	60	91	1,16	91	1,16
75% : 25% : 0%, 500 μm	15	67	3,41	66	3,36
	30	66	1,68	65	1,66
	45	66	1,12	65	1,10
	60	65	0,83	62	0,79

Lampiran L 17. Fluks permeat untuk membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/ serbuk besi 67,5/25/7,5 dan ukuran partikel 250 dan 500 μm

Komposisi Membran Keramik (Tanah liat/Abu terbang/Serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	Volume permeat pada Laju Alir 7,5 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)	Volume permeat pada Laju Alir 10 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)
67,5% : 25% : 7,5%, 250 μm	15	70	3,57	68	3,46
	30	68	1,73	68	1,73
	45	65	1,10	66	1,12
	60	70	0,89	65	0,83
67,5% : 25% : 7,5%, 500 μm	15	157	8,00	175	8,92
	30	157	4,00	176	4,48
	45	159	2,70	176	2,99
	60	156	1,99	178	2,27

Lampiran L 18. Fluks permeat untuk membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/ serbuk besi 80/10/10 dan ukuran partikel 250 dan 500 μm

Komposisi Membran Keramik (Tanah liat/Abu terbang/Serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	Volume permeat pada Laju Alir 7,5 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)	Volume permeat pada Laju Alir 10 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)
80% : 10% : 10%, 250 μm	15	81	4,13	82	4,18
	30	83	2,11	82	2,09
	45	86	1,46	85	1,44
	60	87	1,11	88	1,12
80% : 10% : 10%, 500 μm	15	102	5,20	119	6,06
	30	102	2,59	118	3,01
	45	109	1,85	118	2,00
	60	106	1,35	116	1,48

Lampiran L 19. Fluks permeat untuk membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/ serbuk besi 74/25/1 dan ukuran partikel 250 dan 500 μm

Komposisi Membran Keramik (Tanah liat/Abu terbang/Serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	Volume permeat pada Laju Alir 7,5 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)	Volume permeat pada Laju Alir 10 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)
74% : 25% : 1%, 250 μm	15	98	4,99	104	5,30
	30	102	2,60	107	2,73
	45	103	1,75	107	1,82
	60	106	1,35	110	1,40
74% : 25% : 1%, 500 μm	15	176	8,97	174	8,87
	30	172	4,38	171	4,36
	45	175	2,97	170	2,89
	60	167	2,13	170	2,17

Lampiran L 20. Fluks permeat untuk membran dengan komposisi tanah liat/abu terbang/ serbuk besi 72,5/25/2,5 dan ukuran partikel 250 dan 500 μm

Komposisi Membran Keramik (Tanah liat/Abu terbang/Serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	Volume permeat pada Laju Alir 7,5 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)	Volume permeat pada Laju Alir 10 L/menit	Fluks ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{det}$)
72,5% : 25% : 2,5%, 250 μm	15	64	3,49	69	3,52
	30	64	1,63	70	1,78
	45	65	1,10	70	1,19
	60	64	0,81	71	0,90
72,5% : 25% : 2,5%, 500 μm	15	98	4,99	112	5,71
	30	101	2,57	115	2,93
	45	102	1,73	116	1,97
	60	103	1,31	120	1,53

LAMPIRAN :

Seminar/konferensi yang diikuti : Temu Ilmiah Nasional Dosen Teknik IX-Universitas Tarumanegara, Jakarta 16 Desember 2010.

KINERJA FILTER KERAMIK DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PUPUK UREA

Subriyer Nasir, M.Hatta Dahlan, David Bahrin, Atikah, Septha Ambarrini, Reni Aprillia

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Prabumulih Indralaya Ogan Ilir 30062 Sumatera Selatan
e-mail: subriyer@unsri.ac.id

Abstract

The purpose of this research is to design a system for liquid waste processing equipment using a ceramic membrane filtration method. The filter media made from a mixture of clay and fly ash in certain composition and placed within the fiberglass module (housing). The experimental rig is equipped with PVC piping system and a flowmeter, pressure gauge, and the circulation pump. The liquid waste will be tested are derived from secondary effluent of a fertilizer processing industry. Parameters to be analyzed is the feed flow rate, permeate flow rate, TSS, pH, and ammonia according to the Indonesian National Standard (SNI) of effluent water quality. Results shown that the filter can reduced the ammonia and Total Suspended Solid up to 96 and 90,7% respectively.

Keywords: Filtration, Membrane, Clay, Fly-ash

1. Pendahuluan

Pengolahan limbah oleh suatu industri merupakan upaya terakhir dalam sistem produksi setelah sebelumnya dilakukan optimasi dan pengendalian proses produksi. Pengolahan limbah dimaksudkan untuk menurunkan tingkat pencemaran terhadap lingkungan. Untuk itu diperlukan teknik pengolahan yang tepat agar limbah yang dihasilkan tidak menimbulkan masalah baru terhadap lingkungan.

Sistem filtrasi menggunakan membran telah lama dikenal dalam pengolahan air, baik untuk kebutuhan air minum atau air untuk keperluan industri. Kebanyakan membran terbuat dari polimer, polisulfonat atau campuran bahan padat seperti keramik. Membran keramik dapat digunakan untuk pemisahan cair-cair atau pervorasi gas. Masalah yang sering dijumpai dalam pemakaian membran keramik untuk pengolahan limbah cair adalah sifat mekanis filter yang dihasilkan cenderung menjadi mudah rapuh dan patah (*brittle*). Diperlukan zat-zat

aditive yang dapat mengurangi sifat brittle, memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi, stabilitas kimia yang baik, dan anti microbial.

Pada penelitian ini output dari pengolahan limbah industri pupuk urea berupa limbah cair yang telah diproses dan siap dibuang mengalami pengolahan lanjutan menggunakan sistem filtrasi dengan filter keramik yang terbuat dari tanah liat, serbuk besi dan fly-ash untuk menurunkan pencemaran air limbah ke tingkat yang relatif aman terhadap lingkungan. Selain itu produk akhir proses filtrasi (permeat) dapat dimanfaatkan kembali sebagai *cooling water* atau air umpan boiler (*Boiler Feed Water*) setelah dilakukan tahap pemurnian lanjutan.

2. Dasar Teori

2. 1. Jenis Membran dan Karakterisasinya

Berbeda dengan distilasi, pemisahan dengan membran lebih didasarkan pada ukuran partikel dan berat molekul solut. Membran mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan proses distilasi diantaranya lebih hemat energi, proses pemisahan dapat secara kontinu, serta tidak memerlukan lahan yang luas. Proses membran dapat digabungkan dengan proses lainnya (*hybrid process*). Berdasarkan jenis ukuran partikel yang dapat dipisahkannya maka membran dapat diklasifikasikan sebagai berikut a) Mikrofiltrasi (MF), b) Ultrafiltrasi dan d) Nanofiltrasi.

Pada dasarnya ada dua tipe proses pemisahan, 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 menurunnya fluks membran. Dalam filtrasi tangensial umpan mengalir sepanjang permukaan membran hingga sebagian saja yang terakumulasi.

Kinerja atau efisiensi perpindahan didalam 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.

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.

2.2. Membran Keramik

Membran keramik merupakan tipe membran yang relatif baru karena skala komersialnya baru diperkenalkan pada pertengahan tahun 1980an oleh Membralox USA. Membran jenis ini digunakan pada crossflow filtration untuk larutan yang mengandung konsentrasi partikel yang tinggi. Membran keramik berpori adalah asimetrik dengan ketebalan support sekitar 1–3 mm. Lapisan mikrofiltrasi biasanya berukuran 10–30 μm dan oksida yang umum digunakan untuk membran adalah zirconia (ZrO_2) dan alumina (Al_2O_3). Membran ultrafiltrasi tebalnya hanya beberapa micrometer dan terbuat dari alumina, zirconia, titania (TiO_2) dan cerium (CeO_2). Membran nanofiltrasi ketebalannya kurang dari 1 μm , umumnya terbuat dari zirconia dan titania. Support dan lapisan mikrofiltrasi dihasilkan dari teknik keramik klasik, dimana proses sol-gel digunakan untuk lapisan ultra dan nanofiltrasi. Membran keramik kebanyakan dibuat dalam dua bentuk geometri utama : 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

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. Kekurangan membran keramik terutama timbul dari proses preparasinya dimana sangat sulit mencapai kualitas produk akhir yang reproducible. Hal ini karena pada dasarnya sifat brittle dari membran keramik membuatnya lebih mahal daripada membran polimer.

Parameter yang mempengaruhi performansi pada filtrasi adalah larutan umpan, membran dan kondisi filtrasi. Tiga fenomena utama sehubungan perpindahan solvent dan solut selama filtrasi membran adalah polarisasi, perpindahan massa internal dan fouling. Aliran dalam membran keramik terjadi melalui ruang intergranular pada lapisan atas, sublapisan pori dan support, sedangkan pada membran polimer terjadi melalui jaringan kontinyu pada bukaan. Adanya oksida logam menghasilkan muatan listrik sehingga performance permukaan material keramik lebih kuat, selain tergantung pada pH dan kekuatan ionic larutan dibandingkan material polimer.

Umumnya membran dapat dibuat dari bermacam-macam material seperti keramik, kaca, atau logam. Membran keramik umumnya 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*.

2.3. Karakteristik Limbah Cair

Indikator untuk melihat tingkat pencemaran terhadap air diantaranya sifat fisis dan sifat kimia air seperti pH, turbiditas (kekeruhan), warna, bau, total padatan terlarut, suhu, daya hantar listrik. Pada umumnya kualitas limbah cair dapat diketahui dari beberapa parameter yaitu DO (Dissolved Oxygen), BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), material organik, lemak dan minyak, fenol, alkalinitas, fosfat, sulfur, logam berat dan beracun, gas metan (CH_4), nitrogen, keasaman air, dan kesadahan. Pemeriksaan biologis limbah cair dimaksudkan untuk mengetahui keberadaan bakteri patogen dan non-patogen, jamur, ganggang serta virus yang berada didalam air limbah.

2.4. Dampak Limbah cair Industri Pupuk Urea Terhadap Perairan

Senyawa nitrogen yang terdapat dalam effluent industri menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen di perairan. Nitrogen dalam bentuk NH_3 , NH_4 , NO_2 , dan NO_3 biasanya terdapat dalam limbah, baik dalam limbah domestik maupun limbah industri. NH_3 merupakan senyawa toksik bagi ikan bila melebihi ambang batas yang diizinkan. Kadar ammonia yang terlalu tinggi menyebabkan mortalitas bagi kehidupan di perairan tawar. Pada kenyataannya, walaupun terdapat sejumlah ammonia, terdapat indikasi terjadinya pengurangan dalam proses dekomposisi. Emisi dari N menyebabkan timbulnya permasalahan eutrofikasi. Nitrifikasi dari ammonia dan ammonifikasi dari urea yang diikuti oleh nitrifikasi menjadi penyebab besarnya konsentrasi nitrat yang melebihi standar air minum yang diperbolehkan. Ammonia sangat larut dalam air sehingga beberapa diantaranya dapat dengan mudah masuk ke air dari udara. Ammonia maupun urea akan menjadi nitrat melalui proses degradasi biologi. Nitrat ini dapat menjadi masalah kesehatan yang serius bagi manusia bila terakumulasi. Nitrat dalam air minum diketahui menjadi masalah apabila melebihi 10 ppm.

Suspended solid (senyawa padatan tersuspensi) dalam air dapat meningkatkan turbiditas dan mengurangi penetrasi cahaya sehingga mengganggu tanaman. Di dasar perairan, proses dekomposisi akan meningkat dan menekan organisme lain yang membutuhkan oksigen. Produk dekomposisi anaerobik dilepaskan ke permukaan air sehingga menambah BOD di air. Aktivitas anaerobik dapat memproduksi hidrogen sulfida dan membunuh ikan.

Total Padatan Terlarut (TDS) berhubungan dengan korosi pada pipa, menekan hasil panen apabila digunakan untuk irigasi, dan pada tingkat yang tinggi mempengaruhi ikan dan organisme akuatik lainnya, dan menyebabkan air tidak layak untuk diminum.

Limbah dari proses industri menyebabkan beberapa perubahan pada pH yang diterima oleh badan air. Hal ini dapat mengganggu keseimbangan ekologi air. pH perlu dipertimbangkan sebagai parameter limbah cair dari effluent karena kehadiran ammonia yang toksik sangat tergantung pada pH alami air.

Untuk mengatasi limbah cair PT Pusri saat ini mempunyai sistem pengolahan yang terdiri Hydrolizer – Stripper Unit dan Biological Treatment Unit. Hydrolizer-Stripper Unit (UHS) dimaksudkan untuk mengolah air limbah yang mengandung ammonia dan urea tetapi tidak mengandung suspended solid. Pada UHS, urea yang ada dalam air limbah akan dihidrolisis menjadi ammonia dan karbon dioksida. Kemudian ammonia dan limbah dilucuti dengan menggunakan steam sebagai stripping agent. Off gas dari stripper yang mengandung uap air, ammonia dan karbon dioksida dikirim ke unit produksi urea untuk didaur ulang.

Biological Treatment Unit dibuat untuk mengolah air limbah yang mengandung ammonia dan urea dengan cara oksidasi biologis menggunakan mikroorganisme untuk menurunkan kadar BOD, COD, TSS, dan ammonia . Oksidasi biologis merupakan metode yang banyak digunakan dalam proses pengolahan ammonia dalam air limbah. Proses biologis ini terdiri atas beberapa langkah yang melibatkan konversi ammonia menjadi nitrit dan nitrat (nitrifikasi) dan konversi nitrat dan nitrit menjadi gas namun membutuhkan waktu yang cukup lama. Limbah yang diolah di unit ini, berasal dari cecceran lantai, bekas cucian dan lain sebagainya yang konsentrasi limbahnya rendah. Hasil olahan langsung dialirkan ke Sungai Musi.

2.5. Studi Terkait Mengenai Pengolahan Limbah Menggunakan Membran

Pengolahan limbah cair menggunakan membran merupakan suatu upaya yang banyak dilakukan akhir-akhir ini dan telah menjadi fokus perhatian para ahli dalam dekade terakhir.. Membran yang dirancang dalam penelitian ini adalah jenis Mikrofiltrasi/Ultrafiltrasi yang dibuat dari tanah liat dan abu terbang batu bara (fly-ash) dengan pertimbangan bahwa material ini banyak terdapat di Indonesia sehingga kemungkinan aplikasi komersialnya akan lebih luas. Sebagaimana diketahui membran keramik tidak saja dapat digunakan untuk pemisahan padat- cair, cair-cair namun dapat digunakan pada pervorasi gas-gas.

Berbagai studi yang dilakukan beberapa peneliti sebelumnya memperlihatkan bahwa limbah sekunder dari industri mempunyai prospek yang cukup baik sebagai sumber air di

masa depan. Limbah sekunder sekunder yang telah diolah terbukti dapat digunakan sebagai *non-potable water* seperti untuk umpan sistem cooling tower. (Wijesinghe, et al. 1996). Kombinasi antara MF, UF dan RO juga dapat menghasilkan air dengan kualitas tinggi yang dapat digunakan pada industri elektronika (Qin, et al. 2005).

Eksperimen pengolahan limbah cair dari industri tekstil yang dilakukan oleh Sojka-Ledakowicz et al (Sojka-Ledakowicz, et al. 1998) menggunakan dua jenis membran (RO dan NF) menunjukkan bahwa RO mampu mereduksi chemical oxygen demand (COD) sampai 99.7%. Didapatkan juga persentase rejeksi dari zat warna hasil pengolahan dengan NF dan RO berturut-turut sebesar 99,4 dan 100%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja RO lebih baik dari NF. Namun demikian, NF lebih efektif dari RO dalam menurunkan intensitas warna dari limbah tekstil. Hasil analisis ekonomi yang dilakukan oleh Rodriguez juga menyimpulkan bahwa limbah cair dapat dimanfaatkan sebagai sumber non-potable water dengan unit cost yang terjangkau (Rodriguez, et al. 2002)

Pada eksperimen dengan limbah cair hasil penyamakan menggunakan system RO dengan kapasitas 20,000 L/hari, Suthanthararajan et al (Suthanthararajan, et al. 2004) menunjukkan bahwa rejeksi TDS lebih besar dari 98% dengan Persentase Pemulihan Air Maksimum (maximum water recovery percentage) sebesar 78% dapat dicapai pada studi mereka. Diduga bahwa rendahnya persentase pemulihan air ini lebih disebabkan oleh pori membran yang tersumbat oleh endapan kalsium dan magnesium, scales, senyawa kompleks anorganik, dan keberadaan zat warna dan tannin dalam contoh limbah cair yang digunakan. Studi selanjutnya yang dilakukan oleh Lee et al (Lee, et al. 2006) terhadap limbah cair pada industri baja menggunakan membran RO dan NF menunjukkan bahwa pada tekanan 2000 kPa dan suhu 25 °C, persentase pemulihan air hampir mencapai 100% dan untuk NF hanya 40%. Didapatkan juga bahwa fluks permeat untuk membran NF adalah sekitar dua kali lebih besar dari RO.

Penelitian yang pernah dilakukan dengan menggunakan membran keramik (Nasir, S et-al 2010) memperlihatkan bahwa membran keramik yang dibuat dengan perbandingan tertentu dari tanah liat dan abu batu bara ternyata cukup efektif dalam menurunkan TDS, logam berat dan juga amonia dari limbah cair industri pupuk urea. Salah satu kelemahan yang dijumpai adalah sifat membran yang rapuh dan mudah patah (brittle). Hal yang sama dengan membran keramik yang dibuat dari campuran tanah liat, zeolit, silika, dan mangan dalam pengolahan air rawa sebagai sumber air bersih (Iqbal, M et-al 2010).

3. Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian skala laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pemisahan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Alat dan bahan utama yang digunakan adalah filter keramik, flowmeter, selang plastik, pressure gauge, pipa PVC dan Pompa, pHmeter, TDS meter, gelas ukur, gelas erlenmeyer, AAS, tabung reaksi, kertas saring, oven, timbangan elektrik, limbah cair hasil pengolahan industri pupuk urea, larutan H_2SO_4 - $AgSO_4$, $K_2Cr_2O_7$ - $HgSO_4$ dan serbuk besi.

Limbah cair awal yang akan digunakan dalam eksperimen terlebih dahulu akan dianalisa sesuai dengan standard air buangan. Berbagai pemeriksaan yang dilakukan meliputi pH, TDS, dan amonia. Setelah proses fabrikasi membran selesai dan siap diujicoba maka variabel proses yang akan diteliti adalah waktu operasi, laju alir umpan dan jenis/komposisi filter keramik.

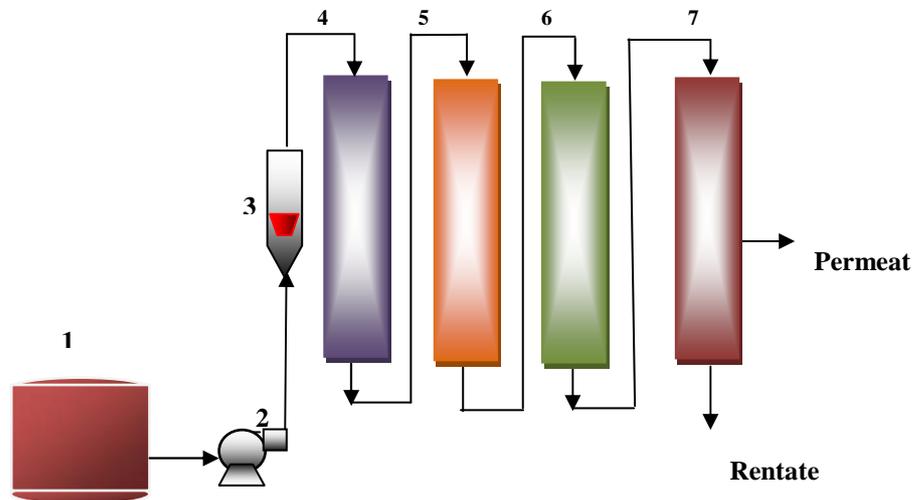
1.1. Proses Pembuatan Filter Keramik

Filter keramik yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari campuran tanah liat, fly-ash dan serbuk besi dengan komposisi berturut-turut : 80% : 20% : 0% , 79% : 20% : 1% , 77,5% : 20% : 2,5%, dan 75% : 20% : 5%. Ukuran partikel serbuk besi dan fly ash ditetapkan seragam yaitu 250 μm . Tanah liat, fly-ash dan serbuk besi dicampur dengan perbandingan komposisi di atas, ditambahkan air dan diaduk rata. Campuran dicetak dengan cetakan gips kemudian dikeluarkan dari cetakan, dikeringkan pada suhu kamar selama 7 hari dan dibakar pada suhu 900 – 1000 °C selama 12 jam. Dimensi filter yaitu diameter dalam = 4 cm, diameter luar = 5 cm, ketebalan = 1 cm, dan tinggi = 25 cm.

3.2. Skema peralatan dan sistem proses

Limbah cair industri pupuk urea ditampung pada tangki berkapasitas 250 Liter, untuk proses pengaliran digunakan pompa sentrifugal. Instalasi ini terdiri atas empat housing, berturut berisikan pasir silika, zeolit, karbon aktif, dan yang terakhir filter keramik. Limbah cair dari outlet kolam limbah PT. Pusri dialirkan dari tangki penampungan melalui pipa PVC dengan bantuan pompa berturut-turut melewati housing yang berisikan pasir silika, zeolit, dan karbon aktif sebelum menuju filter keramik. Limbah cair yang mengalir ke dalam filter keramik tersebut akan merembes melewati pori-pori dinding. Kondisi operasi untuk masing-

masing filter divariasikan antara laju alir inlet 7.5 liter/menit dan 10 liter/menit dengan waktu operasi selama 15, 30, 45 dan 60 menit.



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

(1. Tangki limbah, 2. Pompa 3. Flowmeter Umpan 4. Filter silika 5. Filter Zeolit, 6. Filter Karbon aktif, 7. Filter Keramik)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis sampel awal limbah cair industri pupuk urea

Debit limbah cair PT.Pusri yang telah mengalami proses pengolahan dan dibuang ke outlet adalah antara 458-460 m³/jam. Ini berarti rasio (beban pencemaran) antara jumlah limbah cair yang dibuang dan jumlah produksi urea (ton) adalah antara 1,71 sampai 1,92. Hasil analisis awal terhadap limbah cair ditampilkan pada Tabel 1. berikut:

Tabel 1. Hasil analisis sampel awal limbah cair PT. Pusri

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Suhu	oC	27
2	pH	-	9,0 – 9,2
3	Electrical Conductivity	µS/cm	508
3	TSS	mg/L	56-85
4	COD	mg/L	92-100
10	NH ₃ -N	mg/L	369
11	Minyak-lemak	mg/L	6-7

4.2. Persentase Rejeksi Amonia, pH, TSS dan EC

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, TSS dan Electrical conductivity. Hasil analisis juga memperlihatkan turunnya nilai pH walaupun tidak begitu signifikan sehingga permeat cenderung masih bersifat basa.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa pada laju alir 7.5 Liter/menit dan 10 Liter/menit penurunan konsentrasi ammonia berkisar antara 95 s.d 96% dan pH antara 1 s.d 5%. Hal ini memperlihatkan bahwa amonia yang dihasilkan oleh industri pupuk urea dapat diminimalisir sehingga apabila dibuang ke perairan akan relatif aman. Tabel 3 menampilkan persentase penurunan TSS dan EC pada berbagai komposisi filter. Rata-rata penurunan persentase TSS diperoleh sekitar 66 s.d 90% dan EC antara 13 s.d 56% setelah waktu operasi 1 jam.

Penurunan konsentrasi ammonia, TSS, pH dan EC dikarenakan adanya proses filtrasi yang terjadi pada treatment awal dan filter keramik. Proses filtrasi yang dimaksud adalah 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, karena adsorpsi merupakan fenomena fisik yang menyangkut permukaan suatu material maka adsorban yang baik harus berupa struktur berpori yang memiliki permukaan cukup luas.

Tabel 2. Persentase Rejeksi Ammonia dan pH

Komposisi Filter (tanah liat :abu terbang:serbuk besi)	Waktu Operasi (menit)	laju laju alir limbah cair 7.5 liter per menit				laju alir limbah cair 10 liter per menit			
		NH ₃	%	pH	%	NH ₃	%	pH	%
		(mg/L)	rejeksi		rejeksi	(mg/L)	rejeksi		rejeksi
80/20/0	15	17.6	95.23	8.98	1.32	17.3	95.31	8.87	2.53
	30	15.8	95.72	8.93	1.87	15.3	95.85	8.79	3.41
	45	14.3	96.12	8.78	3.52	14.7	96.02	8.76	3.74
	60	13	96.48	8.75	3.85	14.1	96.18	8.7	4.40

79/20/1	15	17.6	95.23	8.92	1.98	16.9	95.42	8.89	2.31
	30	15.2	95.88	8.91	2.09	16.2	95.61	8.87	2.53
	45	14.2	96.15	8.87	2.53	15.6	95.77	8.8	3.30
	60	14.0	96.21	8.87	2.53	14.3	96.12	8.76	3.74
77.5/20 /2.5	15	17.1	95.37	8.94	1.76	16.8	95.45	8.85	2.75
	30	14.9	95.96	8.9	2.20	16	95.66	8.76	3.74
	45	13.9	96.23	8.78	3.52	15.4	95.83	8.75	3.85
	60	13.7	96.29	8.76	3.74	13.9	96.23	8.72	4.18
75/20/5	15	17.9	95.15	8.82	3.08	17.4	95.28	8.84	2.86
	30	17.3	95.31	8.88	2.42	16.3	95.58	8.74	3.96
	45	16.3	95.58	8.84	2.86	15.5	95.80	8.7	4.40
	60	15.2	95.88	8.78	3.52	13.8	96.26	8,46	5,49

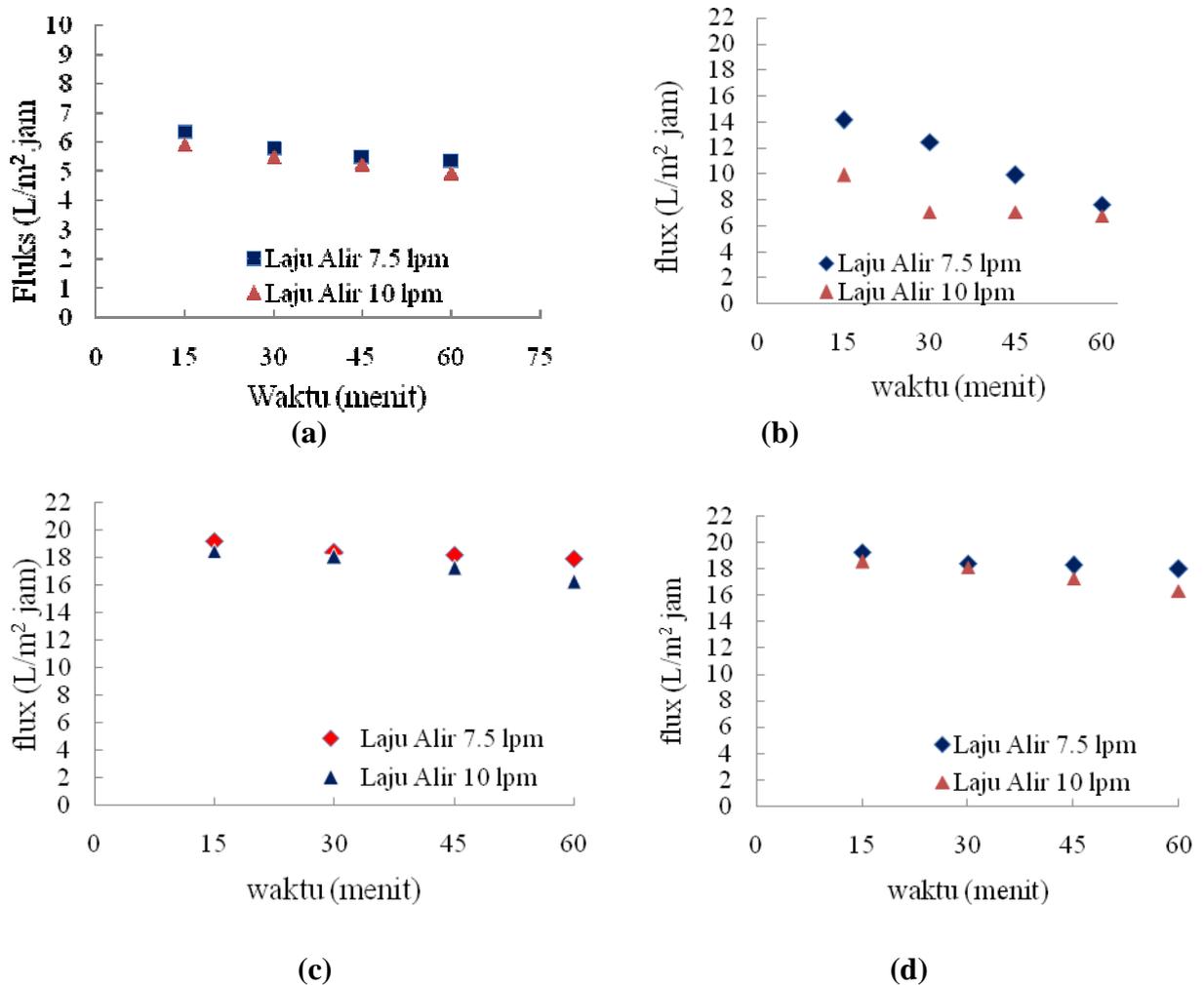
Tabel 3. Persentase penurunan untuk TSS dan Electrical Conductivity

Komposisi Filter (tanah liat:abu terbang : serbuk besi)	Waktu operasi (menit)	laju alir limbah cair 7.5 liter per menit				laju alir limbah cair 10 liter per menit			
		TSS	% rejeksi	EC (μ S/cm)	% rejeksi	TSS	% rejeksi	EC (μ S/cm)	% rejeksi
80/20/00	15	27	50.00	468	7.87	24	55.56	459	9.65
	30	19	64.81	460	9.45	16	70.37	451	11.22
	45	17	68.52	452	11.02	18	66.67	446	12.20
	60	5	90.74	443	12.80	7	87.04	438	13.78
79/20/1	15	52	3.70	271	46.65	43	20.37	307	39.57
	30	42	22.22	259	49.02	32	40.74	291	42.72
	45	24	55.56	239	52.95	23	57.41	276	45.67
	60	15	72.22	223	56.10	11	79.63	256	49.61
77.5/20/ 2.5	15	45	16.67	345	32.09	46	14.81	294	42.13
	30	34	37.04	334	34.25	25	53.70	280	44.88
	45	22	59.26	329	35.24	13	75.93	273	46.26
	60	14	74.07	297	41.54	8	85.19	267	47.44
75/20/5	15	48	11.11	315	37.99	52	3.70	345	32.09
	30	39	27.78	302	40.55	43	20.37	329	35.24
	45	23	57.41	285	43.90	23	57.41	302	40.55
	60	12	77.78	263	48.23	18	66.67	289	43.11

4.3. Pengaruh waktu terhadap fluks permeat

Fluks permeat untuk semua filter dengan berbagai rasio komposisi cenderung menurun dengan meningkatnya waktu operasi. Gambar 2 menampilkan pengaruh waktu terhadap fluks permeat yang dihasilkan pada berbagai komposisi filter dan laju alir umpan. 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 konsekwensinya maka laju alir permeat semakin menurun dengan waktu operasi dan konsentrasi serbuk besi yang digunakan. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada laju alir feed sebesar 7,5 Liter/menit dan 10 Liter/menit.



Gambar 1. Fluks permeat pada berbagai waktu operasi

((a) rasio tanah liat :abu terbang : serbuk besi = 80%:20%:0% (b) (rasio tanah liat : abu terbang : serbuk besi = 79% : 20% : 1%) (c) tanah liat : abu terbang : serbuk besi = 77,5% : 20% : 2,5%) (d) (rasio tanah liat : abu terbang : serbuk besi = 75% : 20% : 5%)

5. Kesimpulan

Kinerja membran keramik yang dibuat dari campuran tanah liat, abu terbang batu bara dan serbuk besi cukup efektif dalam menghasilkan permeat dengan kualitas yang baik. Hal ini tercermin dalam penurunan konsentrasi amonia dalam limbah mencapai 96% diikuti penurunan pH sekitar 5% dari pH limbah cair. Komposisi campuran yang optimal diperoleh pada rasio tanah liat, abu terbang dan serbuk besi adalah 77,5% : 20% : 2,5%.

Diperlukan analisis Scanning Electron Microscopy (SEM) dan uji porositas untuk melihat struktur filter keramik baik sesudah maupun sebelum digunakan. Selain itu perlu juga diteliti pengaruh proses filtrasi terhadap penurunan kadar ion-ion logam berat yang ada dalam limbah cair

Daftar Pustaka

- AAPHA-AWWA-WEF (1992). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Washington DC, American Public Health Association.
- Iqbal, M, Imanuel dan S.Nasir (2010), *Pengolahan Air Rawa sebagai Sumber Air bersih Menggunakan Membran Keramik*, Hasil penelitian Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya.
- Herlizah, E dan S.Nasir (2010), *Pengolahan limbah cair industri kain songket Palembang dengan membran keramik*, Hasil penelitian mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya
- Lee, Jae-Wok., Tae-Ouk, Kwon dan Il-Sik, Moon (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.
- Nasir, S (2010), *Kinerja Membran Reverse Osmosis dalam Pengolahan Air Baku Mengandung Ion Natrium dan Kalsium*, Prosiding Seminar BSS VII, Universitas Brawijaya
- Nasir, S, Anggraini, D dan Agustina, A (2010), *Aplikasi Membran Keramik dalam Pengolahan Limbah Cair*, Hasil penelitian Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya (tidak dipublikasikan)
- Nasir, S (2010), *Aplikasi Membran Jenis Spiral Wound dalam Pengolahan Limbah Cair Sekunder*, Makalah disubmit ke Jurnal Purifikasi, ITS.
- Nasir,S, Anggraini,D dan Agustina, A (2010), *Pembuatan Filter Mikrofiltrasi dari Clay dan Fly Ash dan Aplikasinya dalam Pengolahan Limbah Cair*, Seminar Nasional Teknik Kimia, Universitas Parahyangan.
- Noble, R.D dan S.A. Stern (2003), *Membrane Separations Technology:Principles and Applications*, Elseviere, Amsterdam
- Sojka-Ledakowicz, J., T. Koprowski, W. Machnowski dan H. H. Knudsen (1998). "Membrane filtration of textile dyehouse wastewater for technological water reuse." *Desalination* **119**(1-3): 1-9.
- Sridhar, S., A. Kale dan A. A. Khan (2002). "Reverse osmosis of edible vegetable oil industry effluent." *Journal of Membrane Science* **205**(1-2): 83-90.
- Sudak, R. G. (1990). Reverse Osmosis. *Handbook of Industrial Membrane Technology*. M. C. Porter. New Jersey, Noyes Publication: 260-306.

- Suthanthararajan, R., E. Ravindranath, K. Chits, B. Umamaheswari, T. Ramesh and S. Rajamam (2004). "Membrane application for recovery and reuse of water from treated tannery wastewater." *Desalination* **164**(2): 151-156.
- Wijesinghe, B., R. B. Kaye and C. J. D. Fell (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.

LAMPIRAN:

Kegiatan lain yang diikuti sehubungan dengan penelitian ini :

- 1. Launching Hasil-hasil Penelitian Dosen Unsri oleh Lembaga Penelitian Universitas Sriwijaya tanggal 26 Oktober 2010**
- 2. Kegiatan Pameran dalam Rangka Ulang Tahun Emas (50 tahun) Universitas Sriwijaya, 2-4 Nopember 2010.**

3. Kegiatan Pengabdian Masyarakat di Kabupaten Ogan Ilir

Judul : Percontohan Pengolahan Air Rawa Menjadi Air Bersih Menggunakan Filter Keramik berbahan Tanah Liat dan Abu Batu bara.

Kegiatan ini dilaksanakan di SMA PGRI Indralaya pada tanggal 21 Desember 2010.

