

PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT KERAMIK DARI ABU TERBANG BATUBARA DAN KAOLIN CLAY APLIKASI UNTUK PENGOLAHAN AIR BERSIH

Eny Apriyanti¹, Sri Subekti¹, Shintawati Dyah P¹

¹ Eny Apriyanti Fakultas Teknik Universitas Pandanaran Semarang, Indonesia
E-mail : enyapriyanti@unpand.ac.id

¹ Sri Subekti Fakultas Teknik Universitas Pandanaran Semarang, Indonesia
¹ Shintawati Dyah Purwaningrum Fakultas Teknik Universitas Pandanaran Semarang, Indonesia

Abstract

River water is the raw water for clean water right now, the condition is very worrying because it has been polluted by many dangerous chemicals, including heavy metals, harmful microorganism that can interfere with health. The problem of clean water is a problem that must be resolved, so to solve the problem a good water treatment technology is needed. This study aims to design a water treatment system using a ceramic membrane filter composite of coal ash, kaolin clay and chitosan with an experimental variable material composition 57% : 41% : 2% ; 47% : 51% : 3% ; 37% : 61% : 2% for the Gambir river water purification. Ceramic composite membranes are made by extrude or membrane printing methods and calcined at 1100°C and holding time for 6 hours. Filtration testing is carried out with the operating conditions of 1 bar pressure, the experimental variables in this study are the operating pressure and composition of the ceramic membrane material. The parameter for membrane characterization are the analysis test which includes permeability, membrane compressive test and SEM. The result obtained in this study indicate that the ceramic membrane with the composition of Coal Ash : Kaolin Clay : Chitosan (57% : 41% : 2%) which is the most optimum for river water purification is 496,721/m².hours at pressure of 1 bar MB³ ceramic membrane. The SEM analysis result show that the MB³ ceramic membrane has smooth pores so that it has the potential to be applied in river water treatment into clean water.

Keywords : Coal ash, ceramic membrane, clean water, filtration, kaolin clay

1. PENDAHULUAN

Perkembangan material komposit keramik mengalami kemajuan yang semakin meningkat karena aplikasinya bisa mencakup di segala bidang dan material keramik mempunyai sifat yang baik terhadap suhu tinggi dan ketahanan terhadap bahan kimia, mempunyai kekuatan mekanik yang baik dan mempunyai efek polutan yang rendah. Kemajuan teknologi yang semakin maju menimbulkan pembuatan material keramik berpori semakin meningkat. Salah satu material berpori adalah membran keramik, bahan baku yang digunakan untuk pembuatan membran keramik adalah abu batubara, kaolin clay dan alumina, abu batubara merupakan limbah padat hasil samping dari industri PLTU termasuk dalam golongan limbah berbahaya dan beracun. Abu batubara terbentuk dari hasil samping dari pembakaran batubara pada suhu 1200 – 1700°C, komponen utama dari abu batubara adalah silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), iron oxides (Fe₂O₃) dan karbon dengan jumlah bervariasi (Blissett dan Rowson, 2012). Abu batubara dikenal sebagai senyawa *pozzolan*, senyawa *pozzolan* adalah senyawa yang mengandung silika dan alumina aktif, abu batubara memiliki permukaan yang hidrofilik dan sangat porous. Ukuran dari suatu

partikel abu batubara sangat menentukan kereaktifan dari abu batubara tersebut semakin kecil ukurannya menjadi semakin reaktif, maka luas permukaannya akan semakin besar sehingga akan semakin banyak partikel yang akan bereaksi dengan molekul hidroksida. Kinerja membran keramik untuk proses pemisahan biasanya dinyatakan dengan fluks permeat (permeabilitas) dan faktor pemisahan (selektifitas). Kualitas pemisahan akan semakin meningkat dengan meningkatnya selektifitas. Di sisi lain peningkatan selektifitas umumnya berbanding terbalik dengan fluks, sehingga diperlukan suatu optimasi (Keane dkk., 2007). Untuk mencapai selektifitas yang tinggi, polimer membran harus mempunyai interaksi yang lebih dengan salah satu komponen pada umpan. Secara umum pembuatan membran komposit meliputi : (i) pembuatan membran berpori untuk lapisan penyokong yang biasanya dibuat dengan teknik inversi fasa dan (ii) deposisi lapisan selektif di atas permukaan lapisan penyokong (Mulder, 1996). Diharapkan dengan adanya pengembangan material komposit menjadi membran keramik ini bisa dimanfaatkan untuk pengolahan air bersih yang hasilnya bisa memenuhi standart kualitas air bersih yang ditetapkan di Indonesia sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan No. 907/MENKES/SK/VII/2002.

2. KAJIAN LITERATUR DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

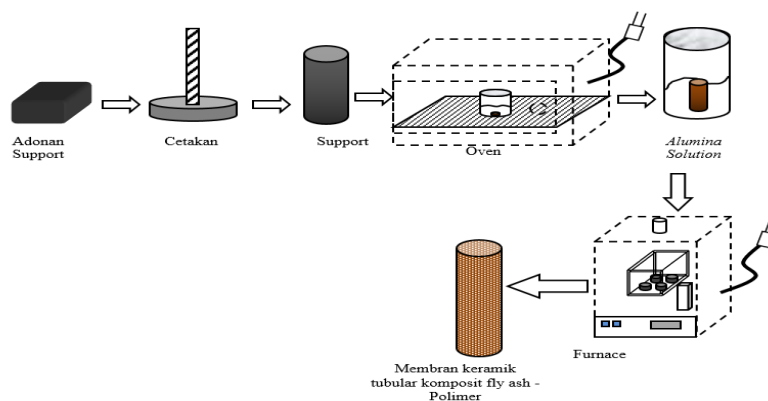
Penelitian menggunakan bahan abu batubara komposit kaolin clay material berpori telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu diantaranya melalui metode dry pressing yang dilakukan menggunakan dengan penekanan pada tekanan tertentu. Setelah itu campuran bahan komposit dimasukkan dalam cetakan dan dilakukan penekanan setelah itu hasil cetakan dimasukkan dalam furnace untuk dilakukan proses sintering (Amin. M, 2017). Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan bahan yang berbasis tanah liat bisa dimanfaatkan untuk pembuatan membran keramik dengan kandungan Alumina kemurnian 70,6% SiO_2 memiliki luas area spesifik $98\text{m}^2/\text{g}$ dan ukuran partikel $0,3 - 1 \mu\text{m}$ atau $300 - 1000 \text{ nm}$). Penelitian tentang substitusi abu batubara pada montmorilonit beserta optimasi komposisi bahan dan suhu pembakaran untuk membran keramik (Zaharah, 2015), pemanfaatan abu batubara sebagai bahan membran keramik sebagai pengolahan air gambut dengan pengaruh komposisi berat abu batubara dan clay mampu mengolah air gambut secara optimal pada suhu pembakaran 900°C (Chasri N, 2015). Selain itu abu batubara juga mengandung mineral minor yang lain seperti magnesium, sulfur, sodium, potasium dan karbon (santoso, 2013). Perkembangan material keramik berpori semakin meningkat karena aplikasinya yang mencakup di segala bidang terutama yang mengutamakan suhu tinggi, salah satu material keramik yang di kembangkan saat ini adalah fly ash batubara sebagai bahan baku dalam pembuatan membran keramik dengan alasan ketersediaan bahan yang melimpah agar menghasilkan membran keramik dengan harga yang lebih murah, membran keramik memberikan banyak keuntungan dibandingkan membran polimer karena membran keramik stabil pada suhu tinggi dan mempunyai kekuatan mekanis yang baik dan mempunyai sifat yang tidak mudah mengembang dalam air, mudah membentuk suspensi untuk melapisi membran sebagai supportnya (Dong et. Al, 2013). Peran membran keramik dengan menggunakan metode mikrofiltrasi ini perlu dikaji lebih lanjut, berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di latar belakang maka perlu dikaji kemampuan membran keramik menggunakan metode mikrofiltrasi untuk proses pemurnian air bersih. Teknologi membran dengan menggunakan metode mikrofiltrasi memiliki prospek yang baik. Metode mikrofiltrasi memiliki kinerja yang baik, biasanya digunakan untuk memisahkan koloid, mengurangi konsentrasi, pemurnian dan fraksionasi makromolekul seperti protein, zat warna serta bahan-bahan polimerik lainnya. Sistem mikrofiltrasi beroperasi pada tekanan rendah dengan tekanan umumnya 1-5 bar, membran mikrofiltrasi dapat disintesis dari polimer organik atau inorganik (keramik). Sebagai usaha pengembangan proses pengolahan air bersih maka dilakukan proses preparasi untuk

mengetahui komposisi bahan dan teknik pembuatan membran keramik tubular berbasis abu batubara sehingga dapat digunakan pada unit pemurnian air bersih. Pemurnian dengan teknologi membran adalah proses pemisahan dengan menggunakan membran dimana umpan yang akan dipisahkan dikontakkan dengan permukaan membran, sementara permeat dengan tekanan yang lebih rendah dipisahkan/diambil. Uji karakterisasi membran meliputi X-ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), Fourier Transform Infra Red (FTIR) , analisa permeabilitas. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan membran keramik atau material berpori berbasis mineral abu batubara , kaolin clay dan alumina untuk pengolahan air, tujuan spesifik dari penelitian ini adalah mengkaji komposisi optimal alumina dan kaolin yang berpengaruh pada preparasi membran keramik tubular berbasis abu batubara.

3. METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang dipergunakan dalam pembuatan membran keramik berpori ini adalah Abu batubara, kaolin clay, alumina, carboxil methyl cellulose, Magnesium sulfat, N-methyl pyrrolidone, Sodium Citrate, poly ethylen glycol, aquadest, Chitosan. Pembuatan membran keramik berpori dilakukan dengan metode *dip-coating*, permukaan aktif membran penyokong PES *dicoating* menggunakan larutan campuran kitosan dan alginate dengan perbandingan berat kitosan tertentu (0,33; 0,5; 1; 2; 3) dan konsentrasi larutan tertentu (1%; 2%; 3%; 4%; 5%). Sejumlah PES dilarutkan dalam larutan 1% asam asetat dalam air dan diaduk hingga diperoleh larutan homogen . Larutan kemudian dicoatingkan pada permukaan aktif membran penyokong. Setelah itu membran dikeringkan pada suhu kamar selama 2 jam dan dilanjutkan dengan pengeringan dalam oven pada temperature 40°C selama 24 jam setelah dilakukan pengeringan dilakukan pembakaran membran keramik menggunakan tungku/ burner atau kalsinasi dengan suhu tinggi pada 1100°C selama 6 jam dengan tujuan untuk membuka pori membran. Setelah dilakukan kalsinasi maka membran keramik yang dihasilkan dilakukan uji karakterisasi untuk mengetahui kekuatan membran dan selektifitas membran dengan uji tekan membran, uji permeabilitas dalam air, uji swelling dalam air, uji swelling dalam alcohol, analisis SEM; analisis FTIR dan uji aplikasi pengolahan air bersih.

Metode pembuatan membran keramik berpori berbasis abu batubara, gambaran proses penelitian ini menggunakan dip coating dan dry pressing dengan cara semua bahan dicampur dan dimixing agar diperoleh campuran yang homogen, setelah campuran dimasukkan dalam cetakan dan dilakukan dengan penekanan pada tekanan tertentu, proses pembuatan membran keramik komposit abu batubara dan kaolin clay, alumina bisa dilihat pada gambar :

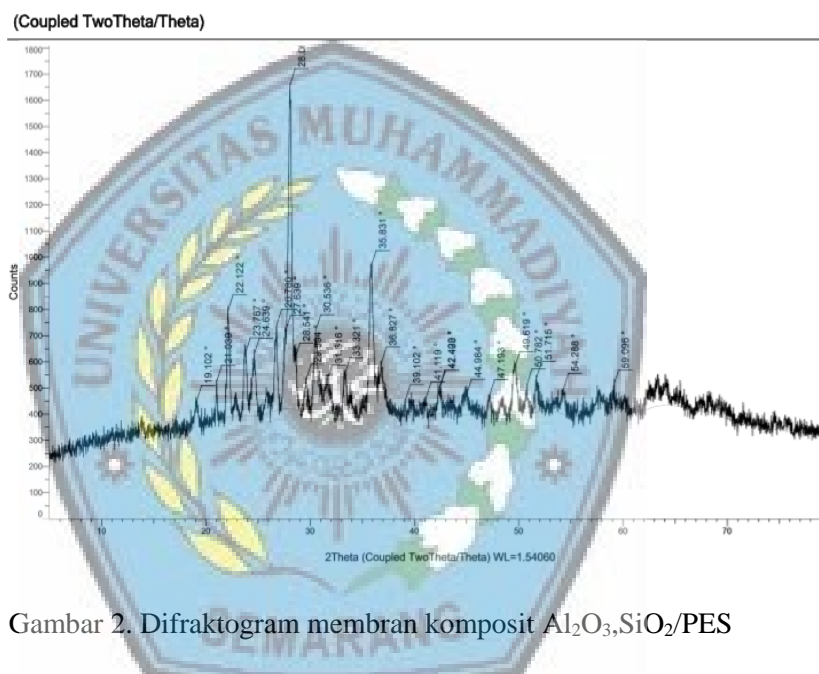


Gambar 1. Skema Pembuatan membran keramik metode dip coating

Aplikasi membran keramik komposit abu batubara dan kaolin clay pada pengolahan air bersih dalam penelitian ini yang dilakukan yaitu air baku yang digunakan diambil dari PDAM Tirta Mudal Semarang. Air baku tersebut dianalisa dilaboratorium untuk mengetahui kualitasnya, parameter yang dianalisa adalah PH, warna, kekeruhan, TSS, TDS dan E coli, kemudian dilakukan proses filtrasi dengan teknologi membran menggunakan membran keramik komposit abu batubara, alumina dan kaolin clay.

4. HASIL PENELITIAN

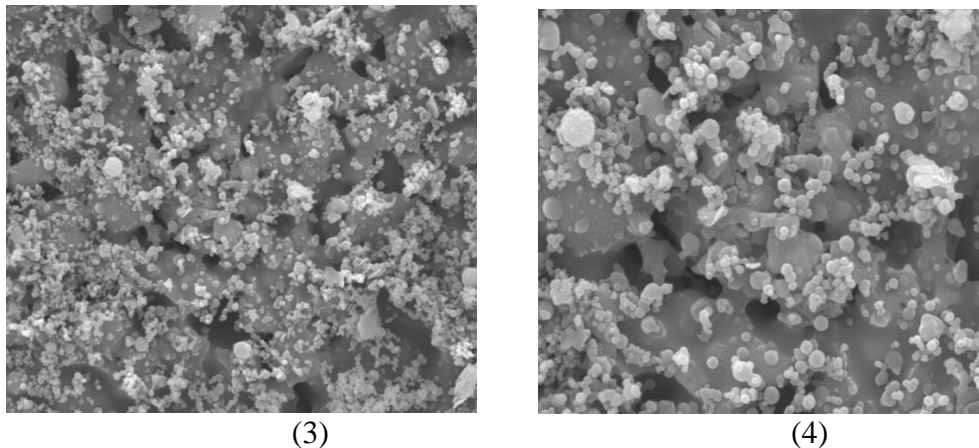
Hasil karakterisasi membran dengan cara Uji XRD menghasilkan struktur membran yang terbentuk, prinsip dari *X-ray diffractometer* (XRD) adalah difraksi gelombang sinar x yang mengalami *scattering* setelah bertumbukan dengan atom cristal Al_2O_3 dan pola difraksi yang dihasilkan merepresentasikan struktur cristal SiO_2 .



Gambar 2. Difraktogram membran komposit $Al_2O_3/SiO_2/PES$

Pada gambar menunjukkan bahwa pola difraktogram Al_2SiO_3 pada posisi $2\theta = 17, 3408^\circ$ (086) yang mengkonfirmasi adanya iron oxide dan Fe_3O_4 selanjutnya difraktogram membran terlihat tiga puncak pada $2\theta = 14,2511^\circ$ dan menunjukkan bahwa penambahan aditif PEG pada membran tidak akan tinggal pada matriks membran, melainkan berdifusi ketika berinteraksi dengan non pelarut yang berdampak pada lebih besarnya ukuran pori.

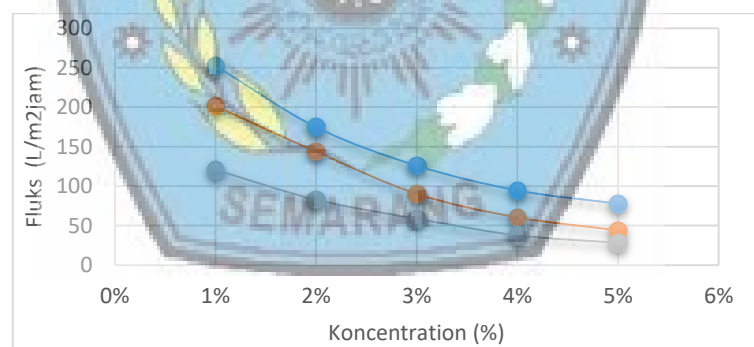
Untuk hasil pengamatan material dengan menggunakan uji SEM pada gambar 3 dan 4 dapat disimpulkan bahwa adanya udara yang terjebak di dalam material berpori saat sintering berlangsung Al_2O_3 akan mengalami pemuaiian lebih banyak dibanding SiO_2 dalam hal ini dipengaruhi oleh tekanan kasting membran maka semakin besar pula ukuran pori membran yang terbentuk, hal ini dipengaruhi oleh suhu pembakaran atau proses kalsinasi yang dilakukan pada suhu $1100^\circ C$.



Gbr 3.4 Hasil uji SEM Membran Komposit Keramik

Dari hasil uji SEM terlihat adanya bercak putih pada permukaan morfologi membran yang menunjukkan adanya faktor dispersi antara partikel aditif dan partikel polimer. Pada penelitian ini hasil SEM yang diperoleh menunjukkan bahwa adanya penambahan zat aditif PEG (Poly Ethylen Glicol) mampu meningkatkan ukuran pori hingga maksimal pada konsentrasi 2% dan penambahan berikutnya untuk menurunkan ukuran pori hal ini disebabkan adanya aglomerasi aditif sehingga bisa mengisi pori membran maka pada penambahan 10% berat Al_2O_3 menunjukkan jumlah pori membran yang maksimal.

Hasil uji permeabilitas atau hasil dari uji fluks dan rejeksi pada gambar 5 menunjukkan hubungan konsentrasi rejeksi dan fluks menghasilkan kerja yang optimum pada posisi konsentrasi 2%



Gambar 5. Hasil uji permeabilitas membran

Dari grafik menunjukkan besarnya permeabilitas terhadap air dari film yang dibuat dari berbagai macam konsentrasi larutan kitosan dalam asam asetat yang sangat mempengaruhi. Semakin tinggi konsentrasi kitosan, semakin rendah permeabilitas film. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi kitosan maka viskositas larutan semakin tinggi sehingga tahanan yang ditimbulkan film juga semakin tinggi dan laju volumetrik air menjadi semakin kecil. Pada konsentrasi kitosan diatas 3%, kitosan tidak bisa larut sempurna sehingga film yang dihasilkan tidak homogen dan berpori. Hal ini akan berakibat pada peningkatan laju alir, pengaruh nilai permeabilitas terdapat pada kenaikan konsentrasi larutan dan karakteristik kitosan berdasarkan berat molekul rejeksi.

5. SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

- Berbasis pada konsentrasi abu batubara dan kaolin clay sebagai bahan baku dengan menggunakan metode dip coating dengan kitosan diperoleh hasil struktur membran yang lebih kuat dan tidak mudah retak pada kondisi operasi $P = 1$ bar dan T kalsinasi = 1100°C , serta pada proses pelarutan menghasilkan permeat dengan kualitas yang baik, hal ini ditunjukkan kerja yang optimum pada posisi konsentrasi kitosan 2% , volume permeat, laju alir dan waktu operasi akan berpengaruh pada penentuan nilai PH air.
- Untuk hasil uji SEM diperoleh bahwa morfologi struktur Kristal penyusun membran abu batubara yang lebih dominan adalah gugus Al_2O_3 . Maka gugus atom AL memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan Si, sehingga semakin besar ratio AL/Si pada bahan baku sehingga dihasilkan membran dengan ukuran pori yang lebih besardalam hal ini sebagai support pada pembentukan pembuatan membran keramik.
- Secara keseluruhan dari beberapa hasil uji analisa membran komposit keramik ini menunjukkan bahwa abu batubara bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan membran keramik yang menghasilkan membran yang kuat dan mempunyai porositas yang baik sehingga bisa diaplikasikan untuk pengolahan air bersih.

6. REFERENSI

- Auerkari, P. 2016. *Mechanical and Physical Properties of Engineering Alumina Ceramics*. Finland: Technical Research Centre
- Alaerts G, 2014. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 20th edition. USA
- Arfiantinosa N. 2009. Aplikasi Membran Ultrafiltrasi Untuk Pemurnian Air. Tugas Akhir : Teknik Lingkungan ITS
- Agmalini, 2017 *Recycling of Fly Ash for Preparing Porous Mullite Membrane Supports with Titania Addition*. *Journal of Hazardous Material*. 180: 173-180
- Dong il. and Huang, R.Y.M. (2006). "Liquid Separation by Membrane Pervaporation : A Review". *Industrial Engineering Chemical Resources*.36 : 1048-1066.
- Fang, J., G.Qin, W.Weii, dan X.Zhao. 2011. *Preparation and Characterization of Tubular Supported Ceramic Microfiltration Membranes from Fly Ash* *Journal of Separation and Purification Technology*. 80: 585-591
- Fernandez, C.M., M.J.Ramos, A.Perez, dan J.F.Rodriguez. 2010. *Production of Biodiesel from Winery Waste: Extraction, Refining, and Transesterification of Grape Seed Oil*. *Journal of Bioresource Technology*. 101: 7019-7024
- Kaban, J. (2009). *Modifikasi Kimia dari Kitosan dan Aplikasi Produk yang Dhasilkan*. Universitas Sumatera Utara : Pidato Pengukuhan Guru Besar.
- Kaban, J., Bangun, H., Dawolo, A.K., Daniel. (2006). "Pembuatan Membran Kompleks Polielektrolit Alginat Kotosan". *Jurnal Sains Kimia*. 10(1) : 10-16.
- Mahardani, Nila S., Kusuma, Ferdyan H., (2010). "Pengolahan Air Baku Menjadi air Minum Dengan Teknologi Membran Mikrofiltrasi dan Ultrafiltrasi ", PKMP-10-1

- Moller, H., Grelier, S., Pardon, P., and Coma, V. (2004). "*Antimicrobial and Physicochemical Properties of Chitosan-HPMC-Based Films*". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52 : 6585-6591.
- Mulder, M. (1996). "*Basic Principles of Membrane Technology*. 2nd ed". Kluwer Academic Publisher, London.
- Mahsunah,. (2011) , " Sistem Mikrofiltrasi Pada Pemurnian Air" *Jurnal Kimia Universitas Negeri Yogyakarta*
- Ong, C; Lau, W.J ; Goh, P (2014) , " Investigation of submerged membrane photocatalytic reactor (sMPR) operating parameters during oily wastewater treatment process", *Journal Desalination*, Vol. 353, : 48 – 56.
- Reynold, Richards. (1996) . " *Unit Operations and Process in Environmental Engineering* ". 2nd editon. PWS Publishing Company.
- Shao, P. and Huang, R.Y.M. (2007). "Review Polymeric Membrane Pervaporation". *Journal of Membrane Science*. 287 : 162-179.
- Susanto, H. and Ulbricht, M. (2009a). "Characteristic, Performance and Stability of Polyethersulfone Ultrafiltration Membranes Prepared by Phase Separation Method Using Different Macromolecular Additives". *Journal of Membrane Science*. 327 : 124-135.
- Susanto, H. and Ulbricht, M. (2009). "Polymeric Membranes for Molecular Separation", Weinheim : Wiley-VCH.
- Shafiquzzaman and A. Zaid (2011). "Pervaporation with Chitosan Membranes I. Separation of Water from Ethylene Glycol by A Chitosan/Polysulfone Composite Membrane". *Journal of Membrane Science*. 116 : 67-76.
- Wenten, IG. 1999. "Teknologi Membran Industri". Bandung.
- Zhang, Qingle ; Lu, Xiaolong ; Zhao, Lihua. (2014) "Preparation of Polyvinilydene Flouride (PVDF) Hollow Fiber Hemodialysis Membranes", *Journal Membranes*, Vol. 4 : 81 - 95