

APLIKASI MEMBRAN KERAMIK BERBASIS ABU BATUBARA UNTUK PENGOLAHAN AIR BERSIH

Eny Apriyanti¹, Wishnu Wijayanto²

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

² Wishnu Wijayanto Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia
E-mail: wishnuwijaya@che.undip.ac.id

Abstract

Water is one of the natural resources that is very important for human life, therefore the presence of water in the community needs to be maintained and preserved for survival. Water needs are increasing along with the increase in population and development in all sectors. The above problems are all of our problems, so to overcome these problems we need good clean water treatment technology. Clean water treatment generally still uses the conventional process, that is by filtration using a sedimentation bath until the results are still less than optimal, it is necessary to develop clean water treatment technology. This clean water treatment can be developed using ceramic membrane technology to improve the quality of clean water that is environmentally friendly and efficient, so that the clean water obtained can meet the standard quality of clean water quality that has been set in Indonesia. Ceramic membrane is one type of membrane that can be used for the processing or purification of clean water, for the quality of the membrane is determined by the coal ash support layer and chitosan deposition layer, both aspects of which are of concern in this study.

Keywords : *clean water, coal ash, ceramic membrane, chitosan, processing*

1. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan sumberdaya yang sangat diperlukan oleh manusia baik untuk memenuhi kebutuhannya maupun menopang hidupnya secara alami. Kegunaan air bersih yang bersifat universal atau menyeluruh dari setiap aspek kehidupan menjadi semakin berharga, seiring dengan bertambahnya penduduk maka persaingan untuk mendapatkan air bersih untuk berbagai macam kepentingan pun terus meningkat. Pemanfaatan air bersih tentu sangat berkaitan dengan ketersediaan dan jenis pemanfaatan seperti pemanfaatan air untuk irigasi, perikanan, peternakan, industri dan lainnya. Dalam proses pengolahan air bersih, diperlukan pengolahan yang memenuhi standar kualitas yang ada, agar produk yang dihasilkan berkualitas tinggi dan tidak membahayakan kesehatan manusia. Sebagai upaya untuk memperoleh air bersih maka dalam penelitian ini dikembangkan teknologi baru pengolahan air bersih yaitu dengan teknologi membran, teknologi ini merupakan teknologi bersih yang ramah lingkungan karena tidak menimbulkan dampak yang buruk bagi lingkungan. Teknologi membran ini dapat mengurangi senyawa organik dan anorganik yang berada dalam air tanpa adanya penggunaan bahan kimia dalam pengoperasiannya, (Wenten 1999). Diharapkan dengan pemanfaatan teknologi membran untuk pengolahan air bersih ini hasil yang diperoleh bisa memenuhi standart

kualitas air bersih yang ditetapkan di Indonesia sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan No. 907/MENKES/SK/VII/2002. Pengolahan air bersih dengan teknologi membran ini menggunakan membran keramik yang dibuat dari abu batubara, abu batubara ini layak digunakan sebagai bahan baku pembuatan membran keramik karena banyak mengandung senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 sebagai senyawa aluminosilicate yang mempunyai kekuatan mekanis yang baik untuk pembuatan membran keramik. Kandungan abu batubara secara total mengandung senyawa SiO_2 (48,23%), Al_2O_3 (18,40%), Ca^{2+} (4,51%) dan Fe_2O_3 (18,45%) berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan membran keramik, pemanfaatan membran keramik akan memberikan beberapa manfaat diantaranya untuk mengatasi pencemaran lingkungan yang dapat mengganggu kesehatan manusia, meningkatkan nilai ekonomis abu batubara dan menggalakkan pemanfaatan sumber daya alam (SDA) di Indonesia. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi larutan kitosan untuk menghasilkan membran keramik komposit yang baik di tinjau dari derajat swelling, analisis SEM dan analisis XRD sehingga hasil dari penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan untuk pengolahan air bersih dengan metode mikrofiltrasi.

2. KAJIAN LITERATUR DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

Dari penelitian sebelumnya (Shafiquzzaman dkk., 2011) penggunaan bahan berbasis tanah liat sebagai membran keramik untuk pengolahan air dapat menurunkan kadar ion besi dalam air sampai 95% dan kadar ion arsen tergantung pada ratio Fe/As. Pada umumnya abu batubara selama ini hanya ditimbun dan merupakan limbah dari sisa pembakaran tungku yang hanya di pandang sebelah mata dan bisa mengakibatkan pencemaran lingkungan bagi kesehatan manusia. Keberadaan abu batubara ini memerlukan perhatian dan penanganan secara khusus agar dapat dimanfaatkan sebagai produk yang mempunyai nilai tambah dan tidak mencemari lingkungan, maka untuk mengurangi limbah abu batubara tersebut yaitu dengan memanfaatkan sebagai bahan baku atau material penyusun *support layer* dalam pembuatan membran keramik untuk pengolahan air bersih. Membran keramik merupakan membran yang mempunyai sifat yang tidak mudah mengembang dalam air dan mudah membentuk suspensi untuk melapisi membran sebagai support (Dong dkk., 2006). Keunggulan utama teknologi membran menggunakan membran keramik yaitu bekerja dengan prinsip *sieving mechanism* (mekanisme pengayaan) atau *solution diffusion* (melarut-mendifusi). Artinya pemisahan dengan membran tidak membutuhkan bahan kimia aditif, dapat beroperasi secara isothermal pada suhu kamar. Hasil penelitian ini di harapkan dapat memberikan solusi permasalahan adanya krisis air bersih yang di hadapi masyarakat dan menghasilkan air bersih. Hal lain yang di harapkan dari penelitian ini menghasilkan teknologi tepat guna bagi masyarakat berupa alat pengolah air bersih dengan teknologi membran dengan tujuan untuk meningkatkan pola hidup sehat masyarakat melalui pengolahan air bersih.

3. METODE PENELITIAN

Secara umum penelitian yang diusulkan ini mencakup 4 bagian yaitu (1) Pembuatan *support layer*, (2) *Coating* larutan kitosan sebagai *active layer* ke *support layer*, (3) Karakterisasi *support layer* dan *active layer* dan (4) Aplikasi mikrofiltrasi.

- Pembuatan *support layer* terdiri dari (1) karakterisasi abu batubara , (2) pencampuran bahan penyusun *support layer* dan zat aditif, (3) *pugging*, (4) *ageing* (5) pencetakan, dan (6) kalsinasi.
- *Coating* larutan kitosan ke *support layer* terdiri dari (1) pembuatan larutan *coating*, (2) *coating* larutan kitosan ke *support layer*, pengeringan membran komposit kitosan.
- Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan tiga kali ulangan dan data yang diperoleh dilakukan analisis secara diskriptif.

pada pembuatan membran keramik komposit dan aplikasinya untuk pengolahan air bersih dengan metode mikrofiltrasi. Untuk membuat membran keramik komposit dengan teknik *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 *dicoating* pada permukaan aktif membran penyokong, setelah itu membran dikeringkan pada suhu kamar selama 2 jam dan dilanjutkan dengan pengeringan dalam oven pada temperatur 40°C selama 24 jam setelah itu dilakukan kalsinasi dengan suhu pembakaran 1100°C. Membran yang dihasilkan dilakukan uji swelling dalam air, uji swelling dalam alcohol, analisis SEM; analisis XRD dan uji aplikasi pengolahan air bersih.

Bahan kimia yang dipakai dalam penelitian Daftar bahan penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar bahan yang digunakan

| Bahan/Chemical | Kemurnian | Supplier | Fungsi |
|---------------------------|-----------|----------|---------------|
| Abu batubara | | | Bahan kerja |
| PES | 99,5 % | Merck | Bahan kerja |
| N-Methyl Pyrrolidone | 99,5 % | Merck | Bahan kerja |
| Alumina | | | Bahan kerja |
| Kaolin Clay | | | Bahan kerja |
| Carboximethyl Cellulose I | 97% | Merck | Bahan kerja |
| Aquadest | | | Bahan kerja |
| Sodium Citrate | | | Bahan analisa |
| Magnesium sulfat | ± 95 % | | Bahan analisa |
| PEG | 99 % | Merck | Bahan analisa |

4. HASIL PENELITIAN

- Hasil Uji AAN bahan baku (Hasil Uji Al_2O_3 dan SiO_2)

Table 2. Hasil Analisa Bahan Baku

| No | Kode Sample | Al_2O_3 (%) | SiO_2 (%) |
|----|------------------------|---------------|-------------|
| 1 | Slurry | 3.25 | 39.12 |
| 2 | 3 : T kamar | 5.93 | 38.40 |
| 3 | 3 : 80° C | 4.87 | 40.25 |
| 4 | 6 : T kamar | 5.10 | 41.30 |
| 5 | 6 : 80°C | 4.70 | 40.36 |
| 6 | 40 kh2 3 jam+ alumina | 9.89 | 43.09 |
| 7 | Gel heating + 3 jam | 8.43 | 37.15 |
| 8 | Abu batubara | 8.13 | 47.26 |
| 9 | 40 kh2 6 jam + alumina | 9.34 | 42.88 |
| 10 | Larutan AAS | 1.09 | 2.30 |

Dari hasil analisa bahan baku abu batubara layak digunakan sebagai bahan pembuatan membran keramik karena kandungan Al_2O_3 dan SiO_2 cukup tinggi.

- Hasil Kalsinasi

Proses kalsinasi ini dilakukan pada suhu 1100°C dengan tujuan untuk membuka pori membran maka diperlukan suhu tinggi. Sebelum dilakukan proses kalsinasi, dilakukan proses pengeringan pada suhu 250°C selama satu jam dengan tujuan menghilangkan kandungan organiknya. Untuk hasil proses kalsinasi bisa dilihat pada tabel 3.

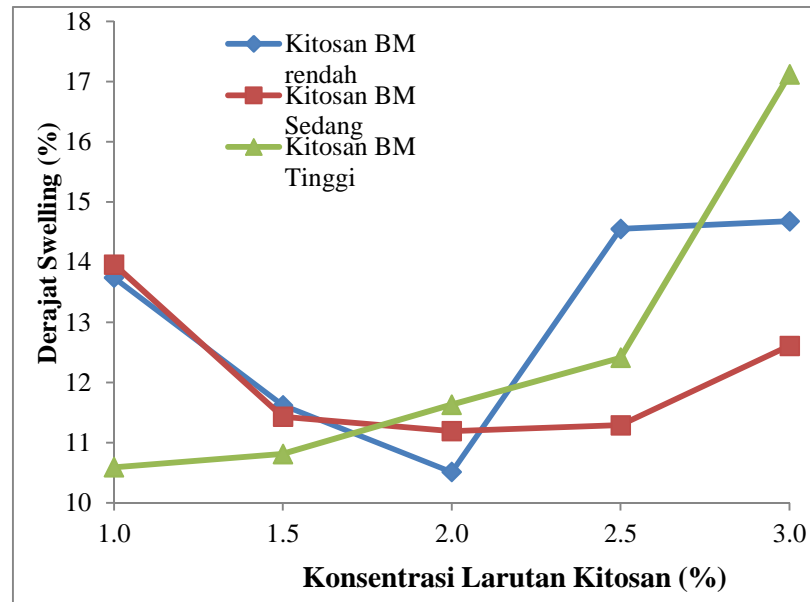
Tabel 3. Hasil Pembakaran dengan suhu kalsinasi 1100°C

| Run | Variabel | | | Hasil Analisa | |
|-----|------------------|------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | Tekanan (Kg/cm2) | Komposisi (gram) | Konversi | % $P_1 C_{123}$ | % $C_1 P_{123}$ |
| 1 | 30 | 140 | 60% : 40% | 0,52850 | 0,54321 |
| 2 | 30 | 140 | | 0,53624 | 0,55842 |
| 3 | 30 | 140 | | 0,54629 | 0,56431 |
| 4 | 30 | 140 | | 0,54832 | 0,57436 |
| 5 | 30 | 140 | 50% : 50% | 0,66547 | 0,66247 |
| 6 | 30 | 140 | | 0,66245 | 0,66343 |
| 7 | 30 | 140 | | 0,66247 | 0,67862 |
| 8 | 30 | 140 | | 0,67752 | 0,67864 |
| 9 | 30 | 140 | 40% : 60% | 0,69653 | 0,69676 |
| 10 | 30 | 140 | | 0,69437 | 0,69631 |

- Hasil Uji swelling

Uji swelling dilakukan untuk mengetahui morfologi membran dengan adanya pengaruh konsentrasi larutan. Pada penelitian ini diperoleh hasil swelling berdasarkan variabel bebas

yaitu larutan kitosan 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3 % dengan waktu perendaman 1 jam menggunakan 25 aquades.

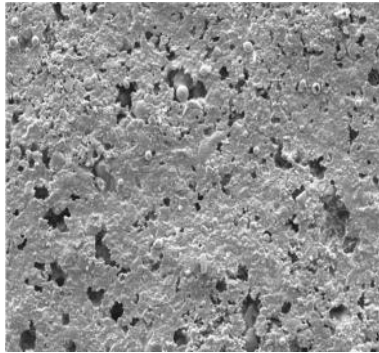


Gambar 1. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap derajat Swelling

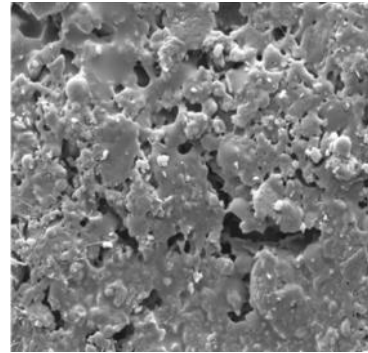
Pada Gambar 1. menunjukkan adanya kenaikan konsentrasi larutan kitosan berdampak pada kenaikan derajat swelling. Hal ini disebabkan sifat hidrofilik dari kitosan. Adanya kenaikan konsentrasi larutan kitosan menyebabkan jumlah air yang dapat terserap oleh lapisan kitosan semakin tinggi, sehingga berdampak pada kenaikan derajat swelling. Fenomena tersebut sedikit berbeda dengan penggunaan kitosan BM sedan dan BM rendah. Pada penggunaan konsentrasi kitosan antara 1 - 2 %, kenaikan konsentrasi justru akan menurunkan derajat swelling. Pada penggunaan konsentrasi kitosan antara 2 – 3 %, kenaikan konsentrasi larutan kitosan akan meningkatkan derajat swelling sama seperti pada penggunaan kitosan BM tinggi.

- Hasil Uji SEM (Scanning Electron Microscopy)

Analisa atau uji SEM (Scanning Electron Microscopy) ini dilakukan pada penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui struktur mikro abu batubara sebagai penyusun material utama pada pembuatan membran komposit dan untuk mengetahui morfologi lapisan membran keramik berbasis abu batubara, hasil SEM seperti pada gambar 2.



2 A (Surfaca Membran)



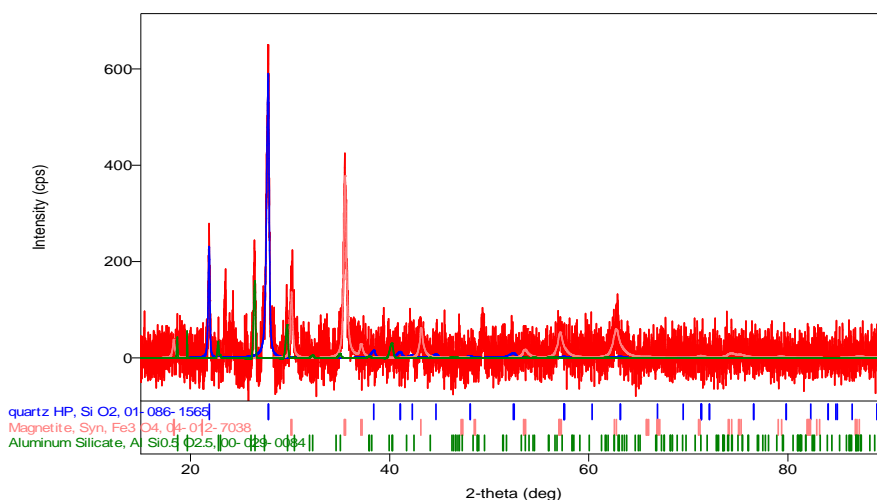
2 B (Cross Section Membran)

Gambar 2. Hasil SEM dengan perbesaran 5000X

Dari hasil uji SEM yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2 A dan 2 B menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan kasting maka semakin besar ukuran pori yang terbentuk pada membran. Hal ini disebabkan saat proses pembakaran pada suhu 1100°C terjadi pelepasan beberapa komponen dan dipengaruhi juga adanya tekanan kasting yang tinggi sehingga struktur membran sebelum kalsinasi lebih rapat dibanding membran yang dikasting pada tekanan rendah, sehingga pada saat kalsinasi pelepasan lebih sulit sehingga akan menekan membran untuk mengembang yang mengakibatkan struktur membran yang dihasilkan menjadi lebih berongga. Maka hasil membran

- Hasil Uji XRD (X-Ray Diffraction)

Uji XRD ini dilakukan untuk menganalisis struktur membran yang terbentuk, prinsip dari *X-ray diffractometer* (XRD) adalah difraksi gelombang sinar -x yang mengalami *scattering* setelah bertumbukan dengan atom Kristal dan pola difraksi yang dihasilkan merepresentasikan struktur kristal. Untuk hasil uji XRD dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil Uji XRD Difraktogram membran keramik berbasis abu batubara

Pada gambar 3. menunjukkan perbedaan mineral utama yaitu pada 40% abu batubara adalah andalusite orthrombic $Al_2(SiO_4)O$ pada intensitas 0,79 sedangkan pada 60% abu batubara adalah kyanite orthrombic Al_2SiO_5 pada intensitas 0,36. Pada suhu pembakaran $1100^\circ C$ terjadi penyusutan clay montmorilonit, hal ini ditunjukkan dengan kontribusi quart heksagonal yang muncul dan beberapa peak mineral lain yang muncul. Pada saat proses pengempaan terjadi proses kompaksi antarmuka partikel, senyawa kaolinite dari clay meningkatkan daya lekat antar partikel senyawa lainnya sehingga dapat mempermudah proses sintering. Dari hasil XRD puncak kaolinite tidak muncul dengan jelas hal ini disebabkan oleh senyawa kaolinite terdekomposisi menjadi senyawa metakaoline yang bersifat amorf atau non kristal hal ini berpengaruh pada selektifitas dan permeabilitas membran yang dihasilkan.

5. SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil proses kalsinasi dapat diperoleh bahwa pada tekan $P= 30$ Bar dan $T= 1100^\circ C$ dapat diperoleh hasil struktur membran lebih kuat tidak mudah pecah.
2. Untuk hasil uji SEM diperoleh bahwa morfologi struktur Kristal penyusun membrane 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.
3. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa Atom Al memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan Si, sehingga semakin besar ratio AL/Si pada bahan baku sehingga dihasilkan membrandengan ukuran pori yang lebih besar.
4. Bahwa secara keseluruhan dari beberapa hasil analisa yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa abu batubara bisa digunakan sebagai bahan pembuatan membran keramik dengan menghasilkan membran yang kuat dan mempunyai porositas membran yang baik sehingga bisa di aplikasikan pada pengolahan air bersih pada penelitian lanjutan.

6. REFERENSI

- Alaerts G, Santika SS. (1987) . “*Metoda Penelitian Air Surabaya: Usaha Nasional*”.
- AWWA. (2012) . “ *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 20th “
edition. USA
- Budiyanto, G., (2014). “*Pemanfaatan Abu Vulkanik*”, Pengukuhan Guru Besar UMY
- Dong il. and Huang, R.Y.M. (2006). “*Liquid Separation by Membrane Pervaporation : A Review*”. *Industrial Engineering Chemical Resources*.36 : 1048-1066.
- Kaban, J. (2009). *Modifikasi Kimia dari Kitosan dan Aplikasi Produk yang Dihasilkan*. 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* “, PKM-10

- 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*
- 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