

STUDI PENGARUH LAJU ALIR LARUTAN PADA SISTEM DESALINASI METODE FLOW-THROUGH CAPACITOR (FTC) DENGAN ELEKTRODA DARI KARBON AKTIF DAN CARBON NANOTUBES (CNT)

Romi Buana Puja Pangestu dan Agus Subagio

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

ABSTRACT

The electrodes are made of a combination between the CNT and the activated carbon had been created as a method of desalination systems the flow-through capacitor (FTC). The FTC is one method desalination done by flowing salt water passed the between electrodes based on the principle capacitor. The addition of the CNT on activated carbon as electrode will hopefully increase the conductivity and resistivity on activated carbon reduces that provides increased absorption. System optimization testing FTC desalination is carried out by the time of voltage and variation flow rate solution.

Fabrication of electrodes are made of mixed a primary ingredient CNT to the activated carbon with a comparison of 10:90 (% wt) and urotropin to the phenolic resin Binder ratio 10:90 (% wt). Comparison of carbon : fastener end of 80:20. The electrodes are formed with method of hot-pressing and heated for 30 minutes at a temperature of 180°C . The electrodes are resistance tested and characterized using SEM to saw the shape of the morphology of the electrodes.

Prototype tested results with 7 pairs of electrodes 10% CNT could separated a compound salt of solution 1785 mg/L during 120 minutes with a flow rate 5 mL/min of 57%. Tested by konduktivimeter at flow rate variation 5, 15, 25, and 35 mL/min had the lowest concentration of the solution on the reduction in flow rate 5 mL/min. But the solution that had passed through the electrodes on the low flow are much less than with a high flow rate.

Keywords : *Electrodes, desalination, FTC, CNT, activated carbon.*

ABSTRAK

Elektroda berbahan kombinasi antara carbon nanotubes (CNT) dan karbon aktif telah dibuat sebagai sistem desalinasi metode flow-through capacitor (FTC). FTC merupakan salah satu metode desalinasi yang dilakukan dengan mengalirkan air garam melewati celah diantara elektroda berdasarkan prinsip kapasitor. Penambahan CNT pada karbon aktif sebagai elektroda diharapkan akan meningkatkan konduktivitas dan mengurangi resistivitas pada karbon aktif sehingga memberikan peningkatan penyerapan. Optimasi sistem desalinasi FTC dilakukan dengan pengujian waktu pemberian tegangan dan memvariasi laju aliran larutan.

Pembuatan elektroda dilakukan dengan mencampurkan bahan utama CNT ke karbon aktif dengan perbandingan 10:90 (% berat) dan pengikat urotropin ke phenolic resin perbandingan massa 10:90 (% berat). Perbandingan akhir karbon : pengikat yaitu 80:20. Elektroda dibentuk dengan metode hot-pressing dan dipanaskan selama 30 menit pada temperatur 180°C. Elektroda diuji dengan mengukur besar hambatan dan dikarakterisasi menggunakan SEM untuk melihat bentuk morfologi elektroda.

Hasil pengujian prototip dengan 7 pasang elektroda 10% CNT dapat memisahkan senyawa garam dari larutan 1785 mg/L selama 120 menit dengan laju alir 5 mL/menit sebesar 57%. Pengujian oleh konduktivimeter pada variasi aliran dengan laju 5, 15, 25, dan 35 mL/menit didapatkan penurunan konsentrasi larutan terendah pada laju alir 5 mL/menit. Namun hasil larutan yang telah melewati elektroda pada aliran yang rendah lebih sedikit dibandingkan dengan laju aliran yang tinggi.

Kata kunci : *elektroda, desalinasi, FTC, CNT, karbon aktif.*

PENDAHULUAN

Flow-through capacitor (FTC) merupakan salah satu metode desalinasi yang dilakukan dengan mengalirkan air garam melewati celah diantara elektroda berdasarkan prinsip kapasitor. Salah satu material yang baik untuk digunakan sebagai elektroda FTC adalah karbon aktif (CA). Dengan menambahkan CNT pada karbon aktif sebagai elektroda mampu meningkatkan konduktivitas dan mengurangi resistivitas pada karbon aktif sehingga memberikan peningkatan penyerapan yang lebih optimal pada komposit elektroda [1].

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai pembuatan elektroda komposit CA dikombinasi dengan CNT dan pembuatan prototip sistem desalinasi serta karakterisasinya. Pengujian dilakukan pada prototip dengan memvariasi laju alir larutan garam terhadap pengurangan kadar garam dalam larutan sebelum dan sesudah melewati elektroda.

DASAR TEORI

Nanoteknologi

Nanoteknologi adalah desain, karakterisasi, produksi, dan penerapan struktur, perangkat, dan sistem dengan manipulasi terkendali terhadap ukuran dan bentuk pada skala nanometer (atom, molekul, dan skala makromolekul) yang menghasilkan struktur, perangkat, dan sistem (setidaknya satu sifat atau karakteristik yang baru). Dengan nanoteknologi, material dapat didesain sedemikian rupa dalam orde nano, sehingga dapat memperoleh sifat dan material yang kita inginkan tanpa melakukan pemborosan atom-atom yang tidak diperlukan.

Nanomaterial merupakan sebuah bidang dalam nanoteknologi, nanomaterial berarti material yang berukuran pada range nanometer (10^{-9} meter). Nanomaterial bisa berupa logam, polimer, keramik, dan komposit dengan ukuran dalam skala nano [3]. Sedangkan komposit sendiri berarti struktur material yang

terdiri dari 2 kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala makroskopik dan menyatu secara fisika. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Komposit digunakan untuk mendapatkan kombinasi sifat kekuatan serta kekakuan tinggi dan berat jenis yang ringan pada material yang dihasilkan [2].

Karbon Aktif

Karbon aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu antara 300-2000 m²/gram. Luas permukaan yang luas disebabkan karbon mempunyai permukaan dalam (*internal surface*) yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas dan uap atau zat yang berada di dalam suatu larutan. Sifat dari karbon aktif yang dihasilkan tergantung dari bahan yang digunakan, misalnya, tempurung kelapa menghasilkan arang yang lunak dan cocok untuk menjernihkan air [3].

Sifat Adsorpsi Karbon Aktif

Struktur pori adalah faktor utama dalam proses *adsorpsi*. Distribusi ukuran pori menentukan distribusi molekul yang masuk dalam partikel karbon untuk diadsorpsi. Molekul yang berukuran besar dapat menutup jalan masuk ke dalam *micropore* sehingga membuat area permukaan yang tersedia untuk mengadsorpsi berkurang. Akibatnya kemampuan penyerapannya juga semakin berkurang. Pada umumnya semakin kecil ukuran pori karbon aktif, maka proses penyerapannya akan semakin cepat [3].

Sintesis Carbon Nanotubes dengan Metode Spray-Pyrolysis

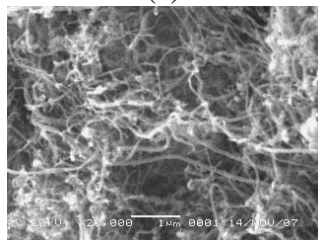
Metode *spray pyrolysis* merupakan salah satu metode sederhana untuk fabrikasi CNT. Sistem pemanas untuk sintesis CNT dirancang

dengan memanfaatkan tabung quartz yang digunakan sebagai tempat sintesis berdiameter 3,5 cm dan panjang 1 meter. Tabung quartz tidak dipasang secara permanen di dalam pemanas (*furnace*) dengan tujuan untuk mempermudah di dalam pengambilan hasil material CNT yang terdapat di dalamnya [4].

Sintesis dilakukan dengan mencampurkan 3 gram *ferrocene* ke dalam 50 ml *benzene* [5]. Sebelum sintesis, terlebih dahulu dilakukan *termal cleaning* dengan mengalirkan gas argon ke dalam tabung quartz sambil menaikkan temperatur pemanas dari temperatur kamar ke temperatur sintesis yang diharapkan. Setelah temperatur sintesis yang diharapkan tercapai, selanjutnya campuran *ferrocene* dan *benzene* disemprotkan ke dalam tabung. Proses sintesis dilakukan selama 30 menit. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 2 material CNT berbentuk serbuk berwarna hitam (gambar 2.a). Sedangkan pada gambar 2.b memperlihatkan citra SEM material *carbon nanotubes* (CNT) yang disintesis pada temperatur 900 °C dengan perbesaran 20.000 kali. Ukuran tabung CNT 20-50 nm, sehingga pada proses *spray-pyrolysis* ini termasuk jenis MWCNT [6].



(a)



(b)

Gambar 1 (a) Material CNT yang dihasilkan dari Metode *Spray-Pyrolysis* (b) Citra SEM material *carbon nanotubes* (CNT) yang disintesis pada temperatur 900 °C [5].

METODE PENELITIAN

Elektroda dibuat dengan metode *hot-press* dengan menambahkan 20% pengikat (*phenolic resin* dan *urotropin*) ke dalam 80% karbon (CNT dan CA) dengan perbandingan 9:1 (% berat) antara karbon aktif dan CNT, serta 9:1 (% berat) antara *phenolic resin* dan *urotropin* [7]. Perbandingan tersebut merupakan komposisi terbaik yang telah dilakukan peneliti sebelumnya. Campuran semua bahan tersebut diberi aseton sebagai pelarut pengikat kemudian dimasukkan ke dalam cetakan yang di tengah-tengahnya diberi grafit foil sebagai penghubung dengan sumber tegangan.

Cetakan dibentuk elektroda dengan meletakkan di antara heater pada alat *pressing* dan dipanaskan selama 30 menit pada suhu 180°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

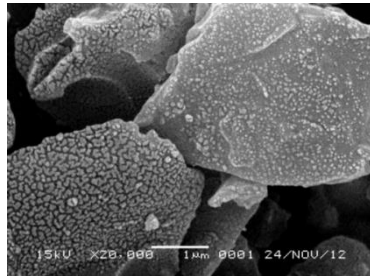
Elektroda dibuat dengan penambahan 10% CNT terhadap CA. Penambahan CNT akan mengurangi resistansi pada elektroda, sebab karbon aktif memiliki sifat konduktif tapi resistivitasnya relatif masih besar, hal ini dikarenakan banyaknya makroporos dan mesoporos pada pori-pori karbon.

Penambahan CNT bertujuan untuk meningkatkan konduktivitas dan mengurangi resistivitas pada karbon aktif. Tabung-tabung CNT yang kecil dan memanjang akan menyusup dan menjadi jembatan pada makroporos dan mesoporos karbon aktif, sehingga akan meningkatkan konduktivitas dan mengurangi resistivitas komposit elektroda [8].

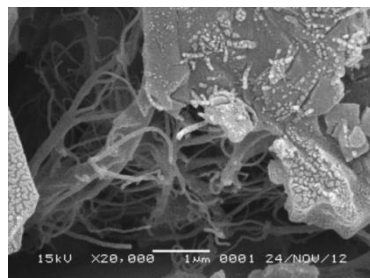
Morfologi Permukaan Elektroda

Pada pengujian morfologi permukaan elektroda menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) terlihat tabung-tabung CNT menyusup ke dalam pori-pori karbon aktif dan menjadi jembatan penghubung mesoporos maupun makroporos karbon aktif

yang berukuran lebih besar, sehingga pori-pori yang berukuran besar akan berkurang yang mengakibatkan luas permukaan serap meningkat.



(a)

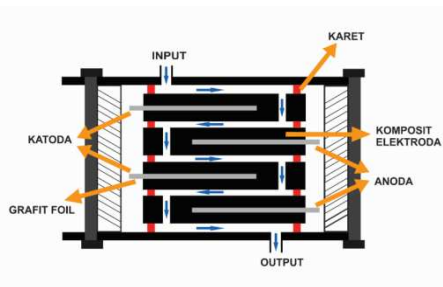


(b)

Gambar 2 Citra SEM (a) komposit elektroda tanpa penambahan CNT (b) komposit elektroda dengan penambahan CNT 10 %

Pengujian Prototip Desalinasi

Pengujian prototip desalinasi dilakukan dengan melewati larutan garam melewati elektroda yang telah disusun bertingkat yang diberi beda potensial yang sama, kemudian mencatat hasil penurunan konsentrasi larutan garam sebelum dan sesudah melewati elektroda.

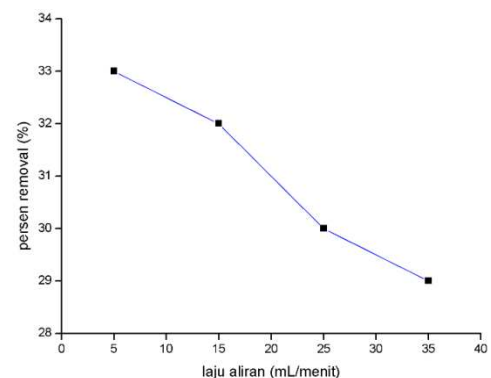


Gambar 3 Prototip desalinasi FTC

Pengaruh variasi aliran larutan

a) Removal variasi aliran

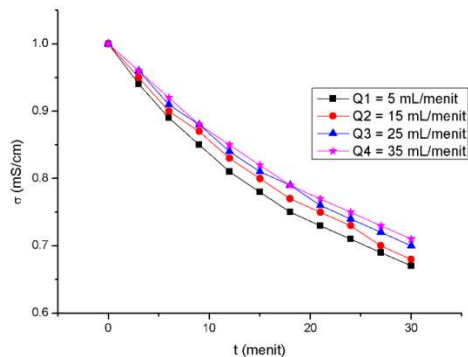
Pengujian dilakukan dengan melewati larutan garam 1785 mg/L selama 30 menit di antara elektroda dengan laju aliran 5, 15, 25, dan 35 mL/menit dan diberi tegangan yang sama sebesar 1,5 volt. Grafik penurunan kadar garam dengan variasi aliran oleh prototip ditunjukkan pada gambar 4. Meningkatkan laju alir pada saat proses pemisahan berarti mengurangi waktu menguraikan senyawa garam oleh elektroda menjadi ion-ion garam saat diberi medan listrik, akibatnya nilai konsentrasi larutan yang lebih tinggi terjadi di laju alir yang tercepat. Penyerapan senyawa garam paling besar terjadi pada laju alir yang terendah 5 mL/menit, sedangkan penyerapan yang sedikit terjadi pada laju alir yang tercepat 35 mL/menit. Hasilnya proses pemisahan ion-ion garam di elektroda didapatkan penurunan yang besar pada laju aliran yang rendah.



Gambar 4 Grafik variasi aliran penurunan kadar garam terhadap waktu

Besarnya penurunan kadar garam dalam persen ditampilkan dalam gambar 5. Hasil proses pemisahan dengan masing-masing aliran terlihat penurunan yang tidak terlalu signifikan, pada laju aliran rendah 5 mL/menit penurunannya sebesar 33% sedangkan pada aliran tinggi sebesar 29%. Pada proses pemisahan penurunan kadar garam memang lebih besar di aliran rendah, namun menjadi kurang efektif sebab hasil larutan aliran rendah yang telah melewati elektroda menjadi lebih

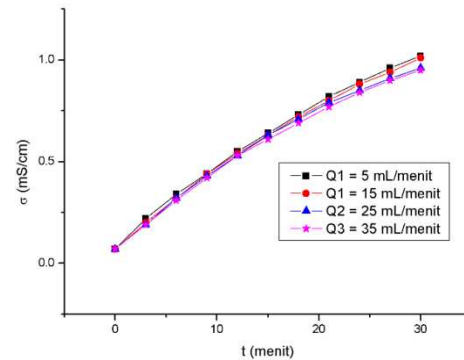
sedikit dibandingkan dengan laju aliran yang tinggi.



Gambar 5 Grafik penurunan kadar garam dalam persen terhadap variasi aliran selama 30 menit

b) Regenerasi variasi aliran

Kenaikan konduktivitas larutan selama proses regenerasi variasi aliran ditunjukkan pada gambar 6. Konduktivitas larutan naik seiring bertambahnya waktu, semakin jenuh larutan garam maka konduktivitasnya akan semakin meningkat. Ion-ion garam yang terlepas dari elektroda akan meningkatkan daya hantar listrik larutan. Akibatnya larutan menjadi semakin besar nilai konduktivitasnya. Adanya aliran yang berbeda membuat nilai konduktivitas berbeda di setiap regenerasi ion-ion garam di elektroda. Pelepasan senyawa garam di elektroda paling tinggi terjadi pada laju alir yang terendah 5 mL/menit, sedangkan pelepasan paling rendah terjadi pada laju alir yang tercepat 35 mL/menit. Hasilnya proses pelepasan ion-ion garam di elektroda paling besar terjadi di laju aliran yang rendah.



Gambar 6 Grafik konduktivitas variasi laju aliran larutan selama proses regenerasi

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Hasil pengujian prototip desalinasi metode FTC dengan 7 pasang elektroda selama 120 menit dapat memisahkan senyawa garam dari larutan garam 1785 mg/L dengan laju alir larutan 5 mL/menit didapatkan sebesar 57 %.
2. Berdasarkan eksperimen terhadap variasi laju aliran larutan yaitu 5, 15, 25, dan 35 mL/menit selama 30 menit didapatkan penurunan konsentrasi larutan terendah pada laju alir 5 mL/menit berdasarkan pengukuran nilai konduktivitasnya. Namun hasil larutan yang telah melewati elektroda pada aliran yang rendah lebih sedikit dibandingkan dengan laju aliran yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mendez A., Gasco G., 2005, *Optimization of Water Desalination Using Carbon-Based Absorbents*, Desalination 183, 249-255.
- [2] Abdullah, Mikrajudin, 2008, *Sintesis Nanomaterial, Laboratorium Sintesis dan Fungsionalisasi Nanomaterial*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [3] Arif, P. M., 2008, *Penurunan Kadar Deterjen pada Limbah Cair Laundry*

- dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter yang Diikuti Reaktor Activated Carbon, Skripsi S-1 Program Studi Teknik Lingkungan, UII Yogyakarta.
- [4] Subagio, Agus, Pardoyo, Ngurah Ayu K., V. Gunawan, Sony, dan Rowi, 2009, *Studi Temperatur Penumbuhan Carbon Nanotubes (CNT) yang ditumbuhkan dengan Metode Spray Pyrolysis*. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi Vol. 2 No. 1, Februari 2009.
- [5] Rowi, K. 2008, *Pengaruh Temperatur dan Pencucian HNO₃ terhadap Sintesis Carbon Nanotubes dengan Metode Spray-Pyrolysis dan Aplikasinya Untuk Adsorpsi Benzena*. Skripsi S-1 Program Studi Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [6] Zhang, D., Shi L., Fang J., Dai K., 2006, *Removal of NaCl from Saltwater Solution using Carbon Nanotubes/Activated Carbon Composite Electrode*, Materials Letters 60, 360-363.
- [7] Sulistya, 2009, *Pembuatan Komposit Carbon Nanotubes (CNT) dikombinasi dengan Karbon Aktif Sebagai Elektroda Flow-Through Capacitor (FTC) untuk Aplikasi Desalinasi Air Payau*. Skripsi S-1 Program Studi Fisika, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [8] Zhang, D., Shi L., Fang J., Dai K. Liu J., 2006, *Influence of Carbonization of Hot-Pressed Carbon Nanotubes Electrodes on Removal of NaCl from Saltwater Solution*, Materials Chemistry and Physics 96, 140-144.