

**PEMBUATAN KOMPOSIT *CARBON NANOTUBES* (CNT) DIKOMBINASI DENGAN  
KARBON AKTIF SEBAGAI ELEKTRODA  
*FLOW-THROUGH CAPASITOR (FTC)* UNTUK  
APLIKASI DESALINASI AIR PAYAU**

**Skripsi**

Untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1



**Disusun oleh :**

**Sulistiya**

**J2D005197**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2009**

## **ABSTRACT**

*The research about optimization of composite manufacture activated carbon electrodes combined with carbon nanotubes (CNT) has been done with application in desalination for brackish water by flow-through capacitor (FTC) method.*

*FTC is one of desalination method which performed by flowing saline solution through the gap between the electrodes based on the principle of chip (flat) parallel capacitor. Electrodes made with at least 20% binder addition and obtained by hot-pressing under pressure 20 Mpa, temperature 180 °C for 30 minutes.*

*The results showed that the most effective combination of electrodes in separate salt is electroda with 10% CNT addition. The test of desalination prototype with 7 pairs of activated carbon electrodes with 10% CNT addition for 60 minutes can separate salt compound from salt solution 0.03 M (1785 mg /L) for 52%.*

*Keywords: carbon nanotubes, activated carbon, electrode, desalination*

## **INTISARI**

Telah dilakukan penelitian tentang optimasi pembuatan komposit elektroda karbon aktif yang dikombinasi dengan *carbon nanotube* (CNT) untuk aplikasi desalinasi air payau pada metode *flow-through capacitor* (FTC).

FTC merupakan salah satu metode desalinasi yang dilakukan dengan mengalirkan larutan garam melewati celah di antara elektroda berdasarkan prinsip kapasitor keping sejajar. Elektroda dibuat dengan penambahan paling sedikit 20% pengikat dan dicetak menggunakan alat *hot-pressing* pada tekanan 20 Mpa, temperatur 180 °C selama 30 menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi elektroda paling efektif dalam memisahkan garam adalah pada elektroda dengan penambahan 10% CNT. Pengujian prototipe desalinasi dengan 7 pasang elektroda karbon aktif dengan penambahan 10% CNT selama 60 menit dapat memisahkan senyawa garam dari larutan garam 0,03 M (1785 mg/L) sebesar 52 %.

Kata kunci : *carbon nanotubes*, karbon aktif, elektroda, desalinasi

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu komponen penting kebutuhan hidup bagi manusia di dunia ini. Hampir semua aspek kehidupan di dunia baik untuk kebutuhan air minum, memasak, mandi maupun mencuci membutuhkan air bersih. Namun demikian pemenuhan kebutuhan air bersih pada saat ini sudah mulai berkurang oleh menurunnya kualitas maupun kuantitas air di lingkungan kita. Perkembangan jumlah penduduk yang pesat saat ini cenderung mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan khususnya kualitas air. Perubahan iklim dunia akibat pemanasan global pun turut memberikan andil terhadap perubahan iklim yang cukup drastis dimana kemarau yang terjadi berlangsung cukup lama sehingga areal penampungan air semakin berkurang.

Sebagian besar kebutuhan air tercukupi oleh sumber air tanah, baik pengambilan air tanah dangkal dengan digali maupun pengambilan air tanah dalam dengan sumur pompa. Seiring dengan bertambahnya kegiatan manusia maka penggunaan air baik untuk air konsumsi, industri maupun komersial juga akan meningkat. Sebagai akibatnya terjadi pengambilan air tanah yang berlebihan tanpa memperhitungkan keseimbangan terhadap kelangsungan keberadaannya. Dampak langsung yang ditimbulkan adalah terjadinya penurunan muka air tanah. Penurunan muka air tanah ini akan menyebabkan masuknya air laut ke daratan yang disebut dengan *intrusi*. Fenomena alam ini menyebabkan air tanah di pesisir menjadi payau dan tidak dapat digunakan sebagai sumber air tawar/bersih (terutama untuk air minum) sebagaimana mestinya.

Air sebagai komponen sumber daya alam yang sangat penting maka harus dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat. Agar air dapat bermanfaat secara lestari dan dapat menunjang pembangunan yang berkelanjutan maka dalam pelaksanaan pembangunan perlu dilakukan pengelolaan kualitas air.

Penurunan kualitas air tanah karena meningkatnya kandungan garam telah menunjukkan gejala meluas dan meningkat, terutama di kota-kota besar dekat pantai seperti Jakarta, Semarang dan Surabaya. Khususnya di kawasan Semarang dan sekitarnya yang mencolok terjadi di sekitar Tambak Lorok, Genuksari dan Wonosari. Dari data-data yang ada, pada daerah-daerah tersebut kualitas air tanah dari *akuifer* sampai kedalaman 40 meter sudah payau. Tingkat salinitas tertinggi terletak di Tambak Lorok dengan nilai daya hantar listrik (DHL) mendekati 1000

$\mu\Omega/\text{cm}$ . Sebagai ukuran baku, air tawar memiliki nilai DHL kurang dari  $400 \mu\Omega/\text{cm}$ , air payau  $400 - 2500 \mu\Omega/\text{cm}$  dan air asin  $>2500 \mu\Omega/\text{cm}$ . Kondisi air tanah dangkal lebih memprihatinkan terutama pada sumur gali dengan kedalaman sekitar 5 meter memiliki salinitas sangat tinggi. Sebaran air payau ke selatan sudah mencapai Semarang Selatan sekitar 10 km dari garis pantai. Kondisi inilah yang menyebabkan masyarakat yang hidup di daerah tersebut kesulitan mendapatkan air tawar (Paripurno, 2000).

Kajian-kajian penelitian berkaitan dengan krisis air ini telah banyak dilakukan. Perbaikan lingkungan terus digalakkan berkaitan dengan pengaktifan lahan-lahan untuk rembesan air tanah, penanaman pohon bakau di daerah pantai maupun upaya pengaturan di dalam eksploitasi air tanah. Namun demikian masih banyak kendala yang dihadapi terkait dengan kegiatan manusia itu sendiri, sehingga upaya perbaikan lingkungan belum bisa dirasakan secara optimal. Pada akhirnya pemenuhan kebutuhan air masih belum terpenuhi secara maksimal.

Di sisi lain perkembangan sains dan teknologi saat ini berkembang pesat. Salah satu teknologi pemenuhan kebutuhan air adalah dengan teknologi desalinasi. Proses penyulingan air laut menjadi air tawar ini telah menjadi salah satu alternatif untuk penyediaan air tawar dikarenakan kelimpahan air laut di muka bumi. Teknologi desalinasi yang sudah digunakan diantaranya *multi-stage flash* (yaitu pemisahan senyawa garam dengan penyinaran), *multiple effect desalination* (yaitu penguapan air laut yang dilanjutkan dengan kondensasi), *vapor compression distillation* (yaitu penguapan air laut dengan melakukan penekanan), dan *reverse osmosis* (yaitu senyawa garam ditahan pada lapisan membran). Namun hanya satu persen penduduk di dunia ini yang menggunakan teknologi desalinasi tersebut. Hal ini dikarenakan adanya masalah pada perawatan yang sulit, pengoperasian yang rumit, dan energi yang digunakan untuk pengoperasian tinggi, serta biaya yang relatif mahal berkaitan dengan penyediaan membran (Demircioglu *et al*, 2003).

Sebagai alternatif teknologi desalinasi tersebut maka pada penelitian ini akan dibuat prototipe sistem desalinasi dengan memanfaatkan bahan karbon aktif dikombinasi dengan *carbon nanotubes* (CNT) sebagai elektroda paralel. Elektroda paralel ini akan memisahkan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  sebagai pembentuk senyawa garam ( $\text{NaCl}$ ) apabila diberi tegangan searah (DC).

Pada prinsipnya karbon aktif merupakan salah satu material penyerap gas maupun cairan yang telah banyak digunakan karena mempunyai kemampuan serapan yang kuat oleh adanya karakteristik struktur porinya (*porous*). Hampir sebagian besar struktur pori karbon aktif disusun dari lapisan grafit yang digambarkan seperti struktur pohon dimana terdiri dari batang, cabang

dan ranting yang menggambarkan tingkatan ukuran diameter porinya dari makropori, mesopori dan mikropori (Mendez and Gasco, 2005).

Di sisi lain studi mengenai *carbon nanotubes* (CNT) sedang berkembang dengan cepat sebagai bagian dari riset nanoteknologi dewasa ini. Hal ini karena material ini tersusun atas karbon yang keberadaannya di alam diketahui sangat melimpah. Sebagaimana diramalkan oleh sejumlah peneliti bahwa salah satu potensi aplikasi material CNT dalam bidang elektronik adalah sebagai kawat transmisi dengan resistansi yang sangat kecil, disamping kegunaannya sebagai material dasar dalam pembuatan divais nanoelektronik mengingat bahwa material CNT ini mempunyai sifat superior dengan struktur pori yang teratur berukuran nanometer. Alasan itulah yang menjadi pemicu pentingnya studi tentang karakteristik dan gejala transport elektronik pada material CNT .

Dengan rekayasa teknologi material maka pada penelitian kali ini karbon aktif akan dikombinasi dengan *carbon nanotubes* (CNT) untuk digunakan sebagai elektroda yang dapat memisahkan senyawa garam dari air laut. Kombinasi kedua material ini diharapkan dapat meningkatkan unjuk kerjanya di dalam proses serapan ion-ion. Hal ini dikarenakan oleh karakteristik pori yang berukuran sangat kecil memungkinkan akan memperluas area permukaan serapan terhadap ion-ion  $\text{Na}^+$  maupun  $\text{Cl}^-$ . Secara ekonomis maka sistem desalinasi dengan metode kapasitor ini lebih murah dibandingkan metode termal maupun osmosis balik. Sedangkan secara teknologi merupakan teknologi baru hasil rekayasa material karbon untuk aplikasi elektroda (Zhang *et al*, 2006).

## **1.2 Perumusan Masalah**

*Flow through capacitor* (FTC) merupakan salah satu metode desalinasi yang dilakukan dengan mengalirkan air garam melewati celah diantara elektroda berdasarkan prinsip kapasitor. FTC bekerja dengan penyerapan ion secara elektrostatis pada sebuah permukaan elektroda bermuatan. Salah satu material yang baik untuk digunakan sebagai elektroda FTC adalah karbon aktif. Karbon aktif bersifat konduktif, porositasnya tinggi, dan memiliki sifat penyerapan yang baik serta harganya terjangkau. Akan tetapi karbon aktif sebagai elektroda juga memiliki banyak kelemahan, diantaranya resistivitasnya tinggi, energi yang dikonsumsi tinggi, dan stabilitasnya rendah.

*Carbon nanotubes* (CNT) merupakan material baru memiliki kelebihan untuk dibuat elektroda, di antaranya resistivitas rendah, konduktivitasnya tinggi, dan kestabilan yang tinggi. CNT juga memiliki kekurangan yaitu biaya produksi yang tinggi dan luas permukaan serapnya

lebih rendah bila dibandingkan dengan karbon aktif (Zhang *et al*, 2006). Penggunaan CNT 100% untuk dibuat elektroda juga kurang efektif karena butuh biaya yang mahal untuk memproduksinya. Elektroda yang baik memiliki sifat konduktif, resistivitas rendah, porositasnya tinggi, daya serap tinggi, kestabilan yang tinggi, serta biaya produksinya rendah. Dari kelebihan sifat CNT diharapkan dapat meningkatkan unjuk kerja karbon aktif jika dibuat elektroda, maka perlu dilakukan penggabungan karbon aktif dan CNT untuk mendapatkan elektroda yang baik.

### **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi pada pembuatan elektroda kombinasi *carbon nanotubes* (CNT) dan karbon aktif dan karakterisasinya, pembuatan prototipe sistem desalinasi, serta membahas kandungan garam dalam air yang dihasilkan dan tidak membahas kandungan mineral lain yang terkandung dalam air tersebut. Pengujian dilakukan pada elektroda dengan variasi waktu dan tegangan. Sampel uji yang digunakan adalah air garam, dan parameter yang akan diteliti meliputi pengaruh waktu dan tegangan yang diberikan pada elektroda terhadap pengurangan kadar garam dalam air sebelum dan sesudah melewati elektroda.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Membuat komposit elektroda dari karbon aktif dan *carbon nanotubes* (CNT), mengoptimasi parameter-parameter prosesnya dan mengkarakterisasi hasilnya.
2. Membuat prototipe sistem desalinasi dengan elektroda dari karbon aktif dan *carbon nanotubes* (CNT) serta menguji penurunan kadar garamnya.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dari penelitian yang dilakukan, dapat diperoleh manfaat sebagai berikut :

1. Dapat mengembangkan teknologi nanomaterial untuk proses desalinasi.
2. Dapat menghasilkan sistem desalinasi baru yang lebih murah dan dapat direalisasikan untuk masyarakat di sekitar pesisir.
3. Dapat menyediakan air bersih yang layak dikonsumsi masyarakat pesisir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, K, 2006, "Perangkat Memori Berbasis *Carbon Nanotube*"
- 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.
- Cheremisinoff, P. N., 1978, *Adsorption Hand Book*, Ann Arbor Science Publ Inc, Michigan.
- Christian P. Deck, Kenneth Vecchio, 2005 "*Prediction Of Carbon Nanotube Growth Success By The Analysis of Carbon-Catalyst Binary Phase Diagrams*", Materials Science and Engineering Program, University of California, San Diego, La Jolla, CA 92093-0411, USA. Carbon 44 267-275.
- Dai K., Shi L., Zhang D., Fang J., 2006, "*NaCl Adsorption in Multi-walled Carbon Nanotube/active Carbon Combination Electrode*", Chemical Engineering Science 61, 428-433.
- Daenen, M, R.D. de Fouw, Hamers B, Janssen P.G.A, Schouteden K, Veld M.A.J, 2003 "*The Wondrous World Of Carbon Nanotubes 'A Review Of Current Carbon Nanotube Technologies'*", Eindhoven University of Technology
- Deck C.P., and Vecchio K., 2006, "*Prediction of Carbon Nanotube Growth Success by the Analysis of Carbon-catalyst Binary Phase Diagrams*", Carbon 44, 267-275.
- Dermentzis, K, D. Papadopoulou, A. Christoforidis, and A. Dermantzis., 2009, "*A New Process Desalination and Electrodeionization of Water by Means of Electrostatic Shielding Zones-Ionic Current sinks*", Journal of Engineering Science and Technology Review 2(1) (2009) 33-34.
- Egerton, R. F., 2008, "*Physical Principles of Electron Microscopy An Introduction to TEM, SEM, and AEM. 2nd Edition*" University of Alberta, Edmonton, AB, Canada.
- Hendra, D. J. dan Pari, G., 1999, "Pembuatan Arang aktif dari Tandang Kosong Kelapa Sawit", Buletin Penelitian Hasil Hutan, Jakarta.
- Mc. Euen P.L., Fuhrer M., Park H., 2002. "*Single-walled Carbon Nanotube Electronics*", published in the inaugural issue of IEEE Trans, Nanotechnology.
- Meyyappan, M., 2005, "*Carbon Nanotubes Science and Applications*", NASA Ames Research Center Moffett Field, CA CRC PRESS, Boca Raton London New York Washington, D.C.
- Mendez A., Gasco G., 2005, "*Optimization of Water Desalination Using Carbon-Based Absorbents*", Desalination 183, 249-255.
- Mu'ller, A., C. N. R. Rao, A. K. Cheetham, 2004 "*The Chemistry of Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications*" edition 1, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- Pari-purno, E. T., 2000, "Berbagai Potensi Bencana Alam Indonesia; Modul Manajemen Bencana Seputar Beberapa Bencana di Indonesia".
- Rowi, K., 2008, "Pengaruh Temperatur dan Pencucian HNO<sub>3</sub> terhadap Sintesis *Carbon Nanotubes* dengan Metode *Spray-Pyrolysis* dan Aplikasinya Untuk Adsorpsi Benzene", Skripsi S-1 Program Studi Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Schaffer S, Arruda A., Bielicki J. And Bugli N., 2007, "*Design Considerations and Characterization Test Method for Activated Carbon Foam Hydrocarbon Traps in Automotive Air Induction Systems*", Paper presented at the 2007 SAE Conference and Expo, Detroit, MI.
- Subagio, A., 2006, "Rancang Bangun Sistem Desalinasi Metode Elektroda Paralel Bahan Karbon Aktif Tempurung Kelapa", Universitas Diponegoro, Semarang.
- Tapaszto L., Kertesz K., Vertesy Z., Horvath Z.E., Koos A.A., Osvath Z., Sarkozi Zs., Darabont Al., Biro L.P., 2005, "*Diameter and Morphology Dependence on Experimental Condition Nanotube Arrays Grown by Spray Pyrolysis*", Carbon 43, 970-977.
- Terrones, M., 2003, "*Science And Technology Of The Twenty-First Century: Synthesis, Properties, and Applications of Carbon Nanotubes*", Advanced Materials Department, IPICYT, Av. Venustiano Carranza 2425-A, Colonia Bellas Lomas, 78210 San Luis Potosí, SLP, Mexico; Anu, 419-501.
- Wei Su, Li Zhou, Yaping Zhou, 2003, "*Preparation of Microporous Activated Carbon from Coconut Shells without Activating Agents*", Carbon 41, CO1-863.
- Wigmans, T., 1989, *Carbon* 27, 13.
- Xin Xu, Wei-Qiao Deng, Jianwei Che, Tahir Cagin, William A, 2003, "*Mechanism of Transition Metal Catalyzed Growth of Single-Wall Carbon Nanotubes*", Department of Chemistry, Materials and Process Simulation Center, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125.
- 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.
- 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.
- Zhonghua Hu, M.P., Srinivasan, Yaming, N., 2001, "*Novel Activation Process for Preparing Highly Microporous and Mesoporous Activated Carbons*", Carbon 39, 877-886.