

Fabrikasi Elektroda Karbon Dengan Prinsip Kapasitif Untuk Menurunkan Kadar Garam Dalam Air Yang Ditandai Dengan Penurunan Nilai TDS (*Total Dissolved Solid*)

(Fabrication of a Carbon Electrode Using Capacitive Deionization Principle to Salt Removal Which is Characterized by The Reduction of TDS Value)

Triswantoro Putro

Jurusan Teknika, Program Diploma Pelayaran, Universitas Hang Tuah

Abstrak: Desalinasi merupakan metode untuk mengubah air laut menjadi air tawar. Salah satu metode yang ramah lingkungan dan hemat energi adalah menggunakan elektroda karbon dengan prinsip kapasitif. Elektroda karbon yang telah difabrikasi menggunakan bahan campuran antara karbon aktif dan PVA dengan komposisi perbandingan 20:1. Hasil campuran bahan – bahan dicetak diatas *graphite sheet* dengan ukuran 80 x 60 x 0,5 mm³. Proses desalinasi berlangsung sebanyak 2 siklus adsorpsi dan desorpsi. Siklus adsorpsi adalah siklus saat elektroda dialiri tegangan listrik sehingga ion – ion akan tertarik ke elektroda dan air menjadi berkurang kadar garamnya. Sedangkan siklus desorpsi adalah siklus ketika tegangan elektroda dilepas dan ion – ion yang menempel saat siklus adsorpsi akan lepas kembali. Hasil pengukuran TDS yang digunakan untuk mewakili pengukuran kadar garam air sampel menunjukkan penurunan nilai TDS sebesar 32,5% dari kondisi awal. Pengukuran temperatur air sampel selama proses desalinasi menunjukkan tidak terjadi perubahan.

Kata kunci: Desalinasi, Elektroda karbon, TDS, Adsorpsi, Desorpsi

Abstract: Desalination is a method for converting sea air into fresh air. One of the eco-friendly and energy saving method is to use carbon electrodes with capacitive principles. A fabricated carbon electrode using a mixture of activated carbon and PVA uses ratio composition 20:1. The mixture of the material is printed on a graphite sheet 80 x 60 x 0.5 mm³. The desalination process takes 2 cycles of adsorption and desorption. The adsorption cycle is a cycle when electrode is fed. The ions will be attracted to the electrode and the salt in the air will be reduced. While desorption cycle is the cycle when the electrode voltage is detached and the ions adhered on adsorption cycle will be detached. The result of TDS which is used as the sample water salt measurement shows that the reduction of TDS value is 32,5% from the formerly condition. The temperature measurement of water sample during desalination process shows that the temperature does not have any changing.

Keyword: Desalination, Carbon electrode, TDS, Adsorb, Desorb

Alamat korespondensi:

Triswantoro Putro, Program Diploma Pelayaran, Universitas Hang Tuah, Jalan A. R. Hakim 150, Surabaya. e-mail: triswantoro.putro@hangtuah.ac.id

PENDAHULUAN

Salah satu kebutuhan utama hidup manusia adalah air bersih. *Fresh water* atau air tawar semakin lama semakin berkurang karena berkurangnya penyerapan air hujan. Sehingga air hujan langsung menuju ke laut yang berakibat cadangan air tawar berkurang. Jumlah air tawar di bumi hanya sekitar 3% dari total air sisanya 97% berupa air bergaram di laut.

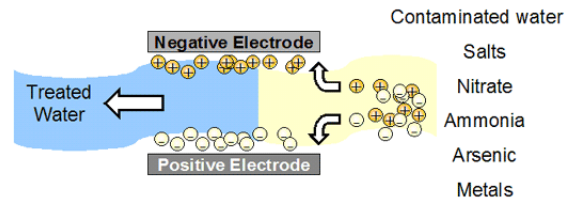
Pemanfaatan air laut sebagai air minum sangat minim. Teknologi yang biasa dilakukan untuk mengubah air laut menjadi air tawar adalah dengan desalinasi, reverse osmosis (RO), *electrodialysis* (ED) dan *Capasitive deionization* (CDI) (R. Broseus, dkk., 2009). Pemanfaatan teknologi ramah lingkungan dan hemat energilah yang menjadi fokus utama dari penelitian yang dilakukan.

Teknologi elektroda karbon yang dimanfaatkan sebagai pengolah air garam menjadi air tawar memiliki beberapa kelebihan, diantaranya, air hasil pengolahan tidak terkontaminasi dengan material pembentuknya. Selain itu, kelebihan yang lain adalah hemat energi karena menggunakan daya listrik masukan yang kecil. Tegangan yang digunakan antara 1 volt sampai 2 volt.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Newman dan Johnson mengenai daya serap ion sebuah elektroda berpori menyatakan bahwa semakin besar luas permukaan elektroda maka daya serap (absorpsi) elektroda tersebut semakin besar. Artinya luas pori – pori elektroda harus semakin besar (Johnson, A.M. dan J. Newman, 1971). Material yang memiliki porositas besar salah satunya adalah karbon aktif. Selain berporositas besar, karbon aktif juga bersifat konduktif, sifat penyerapan yang baik dan harga terjangkau. Sifat – sifat tersebut yang membuat karbon aktif dapat digunakan menjadi elektroda.

Metode pengolahan air dengan teknologi elektroda karbon dilakukan dengan melewati air garam diantara elektroda positif dan negatif. Elektroda Karbon yang dialiri listrik akan berfungsi sama dengan kapasitor. Permukaan elektroda yang bermuatan akibat dialiri arus listrik menyerap ion akibat gaya elektrostatis seperti prinsip kerja kapasitor di rangkaian arus searah. Ion – ion yang terkandung dalam air akan terserap menuju elektroda dengan muatan yang berlawanan. Ion positif seperti Na^+ , K^+ , Mg^+ akan tertarik ke elektroda negatif begitu sebaliknya ion negatif seperti

Cl^- akan ditarik menuju elektroda positif. Karena ion pembentuk garam sudah diikat di permukaan elektroda, maka air yang keluar dari sistem akan berkurang kadar garamnya (Dietz, 2004).



Gambar 1. Sistem kerja CDI (ENPAR technology)

Kadar garam dalam suatu larutan (air) biasa dideteksi dengan mengukur konduktivitas sebuah larutan. Konduktivitas atau daya hantar listrik (DHL) merupakan ukuran dari kemampuan larutan untuk menghantarkan listrik. Semakin besar konduktivitas larutan, maka larutan tersebut akan semakin mudah menghantarkan arus listrik. Besarnya konduktivitas larutan diakibatkan oleh banyaknya ion terlarut. Selain konduktivitas larutan, kadar garam juga bisa dideteksi dengan menggunakan besaran berupa TDS (Total Dissolved Solid). TDS adalah terlarutnya zat padat baik berupa ion, senyawa atau koloid dalam cairan. Konduktivitas dan TDS memiliki hubungan seperti persamaan 1 sehingga pengukuran kadar garam dapat dilakukan dengan mengukur konduktivitas larutan atau TDS larutan.

$$K = \frac{\text{Konduktivitas}}{\text{TDS}} \dots \dots 1$$

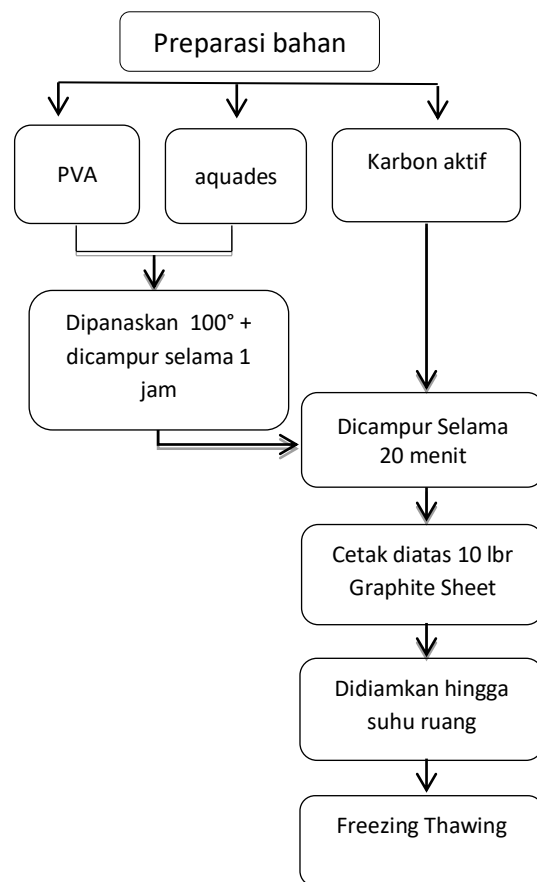
Dengan K adalah konstanta larutan.

Penelitian yang telah dilakukan adalah membuat sebuah sistem desalinasi berbasis elektroda karbon

dengan bahan dasar karbon aktif yang dicampur dengan perekat dari bahan PVA yang diujikan untuk menyaring air garam. Besarnya kadar garam dideteksi dengan mengukur besarnya TDS larutan (Nicola, 2015).

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ditunjukkan dalam diagram blok berikut ini.



Gambar 2. Blog Diagram

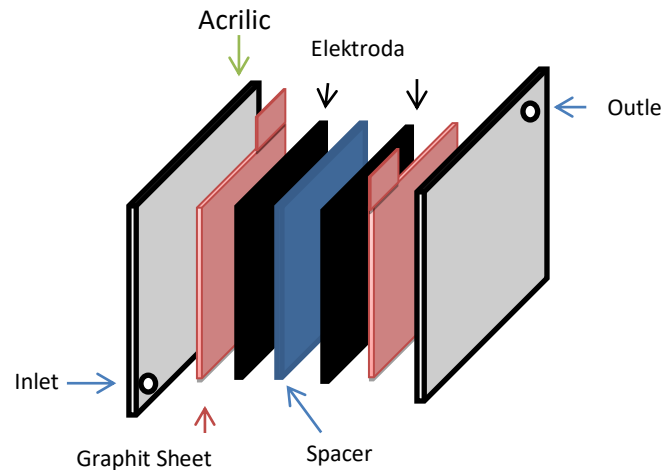
Membuat elektroda merupakan Tahap awal dalam membuat sistem desalinasi dengan elektroda karbon. Tahapan – tahapan pembuatannya seperti yang tersaji pada Gambar 2. Aquades dipanaskan hingga suhu

maksimal 100 °C, kemudian dicampur dengan PVA dan diaduk selama 1 jam dengan kecepatan konstan. Komposisi campuran antara karbon aktif dan PVA adalah 20 : 1.

Setelah tercampur rata, bahan utama yang berupa karbon aktif dicampurkan dalam larutan hingga tercampur rata menjadi bahan elektroda homogen selama 20 menit. Bahan – bahan hasil pencampuran diratakan dalam lembaran yang berbahan grafit (*graphite sheet*) dengan ukuran 80 x 60 x 0,5mm³. *Graphite sheet* dan bahan yang ada diatasnya dibiarkan hingga suhu kamar dan merekat sempurna.

Proses selanjutnya adalah proses pengeringan elektroda hingga elektroda kering sempurna dan tetap memiliki porositas besar yaitu dengan cara mendinginkan dalam suhu -14 °C selama 12 jam dan proses pencairan pada suhu 30 °C selama 12 jam juga. Proses tersebut disebut juga dengan *freezing thawing*.

Elektroda yang sudah jadi dibentuk menjadi sebuah *cell* elektroda karbon. 1 buah *cell* elektroda karbon terdiri dari 2 elektroda (positif dan negatif), 2 akrilik sebagai pembatas antara cell 1 dengan cell yang lain dan 1 spacer yang berfungsi sebagai penyekat elektroda positif dan elektroda negatif. Proses desalinasi menggunakan 5 cell elektroda karbon. Bentuk cell elektroda karbon bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Susunan Setiap Pasang Cell CDI

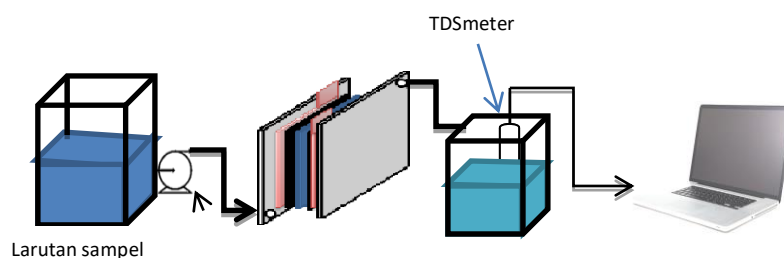
Desalinasi berlangsung dengan 2 proses, yaitu adsorpsi selama 60 menit dan desorpsi selama 60 menit. Prosed adsorpsi adalah proses penyerapan ion oleh elektroda dengan cara elektroda karbon diberi tegangan listrik sebesar 2 volt. Sedangkan proses desorpsi adalah proses pelepasan ion yang telah menempel selama proses adsorpsi. Hal ini dilakukan ketika ion yang menempel di elektroda sudah mencapai titik jenuh atau ion – ion sudah tidak bisa menempel lagi lebih banyak sehingga harus dilepaskan dari elektroda.

Larutan garam ditampung pada sebuah bejana dan diukur nilai TDS-nya dengan alat TDS meter sebagai nilai awal. Air bergaram dialirkan dengan kecepatan 5 ml/menit menggunakan pompa air mini menuju cell elektroda karbon yang telah diberi tegangan listrik 2 volt selama 1 jam

(proses adsorpsi). Air hasil pengolahan kemudian ditampung dalam bejana untuk diukur kembali nilai TDS-nya secara *realtime* dengan TDS meter yang telah di-*interface*-kan dengan komputer. Komputer berfungsi untuk merekam hasil pengukuran TDS air sampel. Setelah 1 jam berlangsung (proses adsorpsi) tegangan listrik dimatikan, maka berlangsung proses desorpsi dengan aliran air tetap. Begitu berulang seterusnya. Hasil pengukuran TDS digunakan sebagai acuan pengukuran nilai kadar garam dalam sistem desalinasi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \Delta \text{Garam} = \frac{\text{TDS awal} - \text{TDS akhir}}{\text{TDS awal}} \times 100\% \dots\dots 2$$

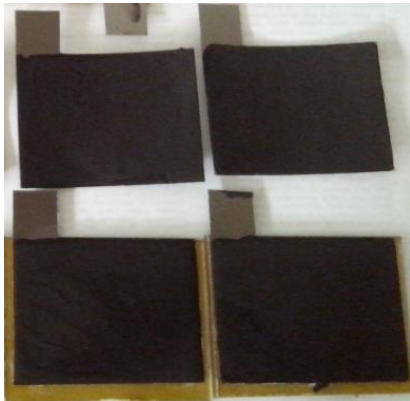
Sistem desalinasi menggunakan elektroda karbon keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sistem CDI

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi perbandingan antara karbon aktif dan PVA pada pembuatan elektroda karbon dengan metode freezing thawing adalah 20 : 1. Ukuran dimensi elektroda yang telah dibuat adalah 60 x 80 x 0.5 mm³. Elektroda karbon yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 5.

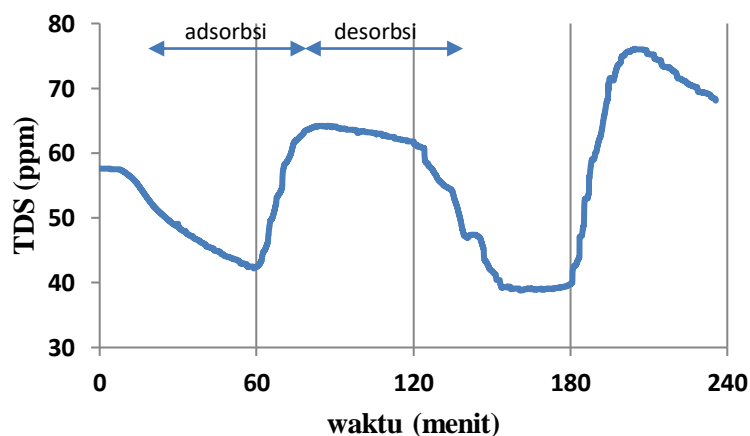


Gambar 5. Elektroda Karbon

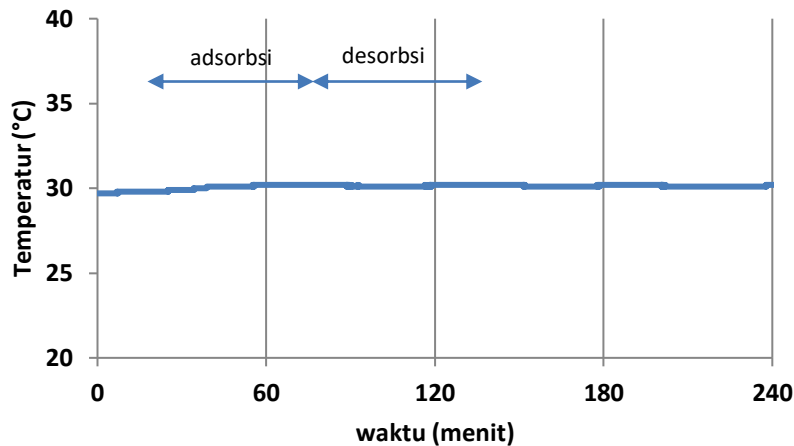
Pengujian desalinasi hasil penelitian dilakukan sesuai dengan skema Gambar 4. Air sampel yang berada pada bejana memiliki TDS awal 57,6 ppm dialirkan dengan kecepatan aliran 5 ml/menit melalui cell elektroda karbon yang diberi tegangan 2 volt. Pemilihan tegangan sebesar 2 volt mengacu pada penelitian sebelumnya

pada tahun 2013 yang dilakukan oleh Wei Huang. Proses desalinasi pada penelitian yang dilakukan adalah menggunakan 2 siklus desalinasi. Satu siklus desalinasi terdiri atas 60 menit adsorbs dan 60 menit desorbsi. Semakin tinggi tegangan yang diberikan maka efisiensi sistem desalinasi semakin baik. Tetapi Wei Huang memberi batasan tegangan yaitu 0,5 – 2 volt. Jika tegangan yang diberikan melebihi 2 volt, maka sistem desalinasi secara kapasitif tidak berlangsung karena akan berubah menjadi sistem elektrolisis (W. Huang, dkk., 2014). Hasil desalinasi yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 6. Pengurangan kadar garam air sampel dapat dihitung dengan persamaan 1.

Hasil desalinasi air garam menunjukkan pengurangan kadar garam maksimum sebesar 32,5%. Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran yang berbeda pada siklus pertama dan kedua. Pada siklus pertama dihasilkan pengurangan kadar garam sebesar 25,5% dan pada siklus kedua didapatkan hasil pengurangan sebesar 32,5%.



Gambar 6. Hasil pengukuran TDS air garam 2 siklus desalinasi



Gambar 7. Hasil pengukuran temperatur pada proses desalinasi

Hal ini dikarenakan pada awal proses desalinasi masih terdapat pengotor yang menempel pada elektroda, sehingga pengukuran TDS belum presisi seperti yang diharapkan. Banyaknya pengotor menambah nilai TDS larutan. Pada siklus kedua, sistem sudah stabil dan pengotor sudah terlarut dalam siklus yang pertama, sehingga menghasilkan pengurangan kadar garam yang lebih tinggi.

Proses desalinasi menggunakan metode elektroda karbon diharuskan tidak mempengaruhi temperatur air sampel. Hal ini dikarenakan metode ini hanya mengandalkan gaya elektrostatis dari 2 elektroda yang dialiri arus berlawanan. Hasil pengukuran temperatur selama proses desalinasi 2 siklus terlihat seperti Gambar 7. Gambar 7 menunjukkan tidak terjadi perubahan suhu yang signifikan dari air sampel hasil pengolahan yaitu dari 29,7⁰ menjadi 30,2⁰ C. Kenaikan temperatur ini kemungkinan diakibatkan oleh sirkulasi air yang menggunakan pompa bukan berasal dari sistem desalinasi menggunakan elektroda karbon.

KESIMPULAN

Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa elektroda karbon yang berbahan dasar karbon aktif dan PVA dengan komposisi 20 : 1 telah mampu mengurangi kadar garam dalam air. Proses desalinasi dilakukan dengan 2 siklus adsorbsi dan desorbsi. Hasil pengukuran TDS yang mewakili nilai kadar garam menunjukkan penurunan maksimal sebesar 32,5%. Temperatur air sampel juga diukur selama proses desalinasi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan signifikan pada kenaikan temperatur yaitu dari 29,7⁰ menjadi 30,2⁰ C.

DAFTAR PUSTAKA

- R. Broséus, J. Cigana, B. Barbeau, C. Daines-Martinez, and H. Suty, "Removal of total dissolved solids, nitrates and ammonium ions from drinking water using charge-barrier capacitive deionisation," *Desalination*, vol. 249, no. 1, pp. 217–223, Nov. 2009.
- Johnson, A.M. dan J. Newman, (1971), "Desalting by Means of Porous Carbon Electrodes", J.

Electrochem. Soc.,118(3) 510–517.

Dietz, Steven, (2004), “Improved Electrodes for Capacitive Deionization”, *Proceedings of the 2004 NSF Design, Service and Manufacturing Grantees and Research Conference, Birmingham, AL, January*.

Nicola, F., (2015). “ Hubungan antara Konduktivitas, TDS (Total Dissolved Solid) dan TSS (Total Suspended Solid dengan kadar Fe^{2+} dan Fe total pada air sumur gali)” Universitas Jember

W. Huang, Y. Zhang, S. Bao, R. Cruz, and S. Song, “Desalination by capacitive deionization process using nitric acid-modified activated carbon as the electrodes,” *Desalination*, vol. 340, pp. 67–72, May 2014