

PEMBUATAN SEL *CAPACITIVE DEIONIZATION* BERBASIS KARBON AKTIF DAN MEMBRANUNTUK DESALINASI AIR GARAM

FABRICATION CAPACITIVE DEIONIZATION CELL BASED ON ACTIVATED CARBON ANDMEMBRANE FOR SALT WATER DESALINATION

Leah Mina Permatasari¹, Memoria Rosi², Linahtadiya Andiani³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

leahpermatasari@student.telkomuniversity.ac.id¹, memoriarosi@telkomuniversity.ac.id²,

linahtadiyaa@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Capacitive Deionisation (CDI) merupakan salah satu metode desalinasi dengan cara mengikat ion-ion garam air laut dengan memberikan tegangan di antara dua elektroda karbon berpori. Metode ini banyak dikembangkan karena biaya yang murah dan hemat energi karena dioperasikan pada tegangan DC yang rendah (1, V). Bahan elektroda yang sering digunakan adalah karbon aktif. Karena memiliki luas permukaan spesifik yang besar (lebih dari 1000 m²/g) yang berfungsi untuk menyimpan ion-ion garam. Pada beberapa aplikasi desalinasi dilaporkan penambahan membran penukar ion dapat menahan ion-ion garam untuk terlepas dari pori-pori karbon aktif.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran menggunakan sel CDI yang terbuat dari material karbon aktif, CMC, dan membran penukar ion (SSA) dengan debit rendah, yaitu 10 ml/menit. Serta dilakukan perbandingan pengukuran antara sel CDI dengan variasi membrane dan sel CDI tanpa membrane pada debit yang sama. Diperoleh hasil pengukuran pada sel CDI variasi membrane dengan pengurangan konduktivitas sebesar 59,30% dalam 55 siklus, sedangkan sel CDI tanpa membran memiliki tingkat pengurangan kadar garam pada debit 10 ml/menit sebesar 26,58% dalam 23 siklus.

Kata Kunci: *Capacitive Deionisation (CDI)*, Karbon Aktif, Membran SSA, Desalinasi.

Abstract

Capacitive Deionisation (CDI) merupakan salah satu metode desalinasi dengan cara mengikat ion-ion garam air laut dengan memberikan tegangan di antara dua elektroda karbon berpori. Metode ini banyak dikembangkan karena biaya yang murah dan hemat energi karena dioperasikan pada tegangan DC yang rendah (1, V). Bahan elektroda yang sering digunakan adalah karbon aktif. Karena memiliki luas permukaan spesifik yang besar (lebih dari 1000 m²/g) yang berfungsi untuk menyimpan ion-ion garam. Pada beberapa aplikasi desalinasi dilaporkan penambahan membran penukar ion dapat menahan ion-ion garam untuk terlepas dari pori-pori karbon aktif.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran menggunakan sel CDI yang terbuat dari material karbon aktif, CMC, dan membran penukar ion (SSA) dengan debit rendah, yaitu 10 ml/menit. Serta dilakukan perbandingan pengukuran antara sel CDI dengan variasi membrane dan sel CDI tanpa membrane pada debit yang sama. Diperoleh hasil pengukuran pada sel CDI variasi membrane dengan pengurangan konduktivitas sebesar 59,30% dalam 55 siklus, sedangkan sel CDI tanpa membran memiliki tingkat pengurangan kadar garam pada debit 10 ml/menit sebesar 26,58% dalam 23 siklus.

Keywords: *Capacitive Deionisation (CDI), Activated Carbon, Membrane SSA, Desalination.*



1. Pendahuluan

Air merupakan sumber kehidupan yang sangat penting bagi makhluk hidup. Ketersediaan air dalam kehidupan manusia tentunya sangat mempengaruhi kelangsungan hidup manusia. Secara keseluruhan air meliputi 70% bagian dari permukaan bumi dimana komposisinya adalah 94% merupakan air laut dan 6% adalah air tawar. Jumlah penduduk yang terus bertambah membutuhkan ketersediaan air tawar yang meningkat[1]. Permasalahan yang kita hadapi sekarang bahkan puluhan tahun ke depan adalah kelangkaan air bersih (Nienhuis, 2006). Salah satu solusi dari masalah kelangkaan air bersih tersebut ialah dengan memanfaatkan air laut karena jumlahnya yang melimpah di muka bumi. [2]. Oleh karena itu, perlu dilakukan perubahan dari air laut menjadi air tawar melalui proses desalinasi. Desalinasi air laut dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode yaitu *Reverse Osmosis* (RO), Elektrodialisis, *Multi-Effect Distillation* (MED), *Multi-Stage Flash* (MSF), *Capacitive Deionization* (CDI).

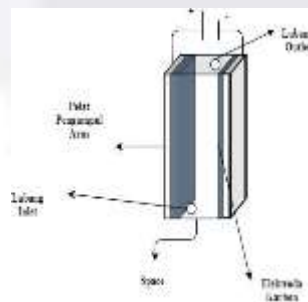
CDI dapat menjadi metode yang dipilih dalam proses desalinasi karena metode ini lebih hemat energi, biaya perawatan murah, dan ramah lingkungan. Prinsip kerja dari CDI adalah pengurangan kadar garam dengan memberikan beda potensial pada dua elektroda sejajar dengan jarak tertentu. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan oleh Hany, Melinda dan Canro. Penelitian sebelumnya menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa dan membrane penukar ion (SSA) yang menghasilkan efisiensi pengurangan kadar garam maksimal sebesar 22% dengan debit rendah sebesar 10ml/menit[3]. Penelitian lainnya menggunakan karbon aktif dari norit dengan posisi inlet sejajar dengan outlet dapat menghasilkan pengurangan kadar garam yang lebih baik mencapai 80%[4]. Pada penelitian ini akan dipelajari lebih jauh tentang penambahan membran pada karbon aktif dengan melakukan perbandingan hasil pengukuran terhadap kemampuan pengurangan kadar garam sel CDI menggunakan membrane dan sel CDI tanpa menggunakan membrane pada debit rendah, yaitu 10 ml/menit.

2. Dasar Teori

Prinsip *Capacitive Deionization* (CDI)

Capacitive Deionization merupakan salah satu teknologi alternatif proses desalinasi yang saat ini banyak dikembangkan. Studi awal teknologi ini bermula dari Caudle et.al yang menggunakan elektroda karbon berpori (serbuk karbon aktif) yang dialiri arus untuk desalinasi air (Oren, 2008)[2]. Metode ini memanfaatkan prinsip dasar kapasitor untuk menghilangkan ion terlarut. Semakin besar kapasitansi maka semakin besar kemampuan CDI untuk menyimpan muatan (ion-ion) sehingga kadar garam air laut dapat berkurang.

Material Penyusun Sel CDI



Gambar 1 Penyusun Sel CDI.

1. Elektroda merupakan elemen terpenting dalam proses pembuatan sel CDI. Maka dari itu material elektroda harus bersifat konduktif, mempunyai sifat penyerapan yang baik, harga terjangkau, dan porositasnya tinggi. Luas permukannya pun harus besar karena mempengaruhi tingkat daya serap terhadap ion. Salah satu jenis bahan elektroda yang secara luas telah digunakan adalah karbon aktif, karena memiliki luas permukaan spesifik yang besar, ketahanan kimia, dan mudah dibuat. Karbon aktif adalah karbon padat yang memiliki luas permukaan sangat besar karena hanya dengan satu gram karbon aktif, akan didapatkan suatu material dengan luas permukaan lebih dari $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ [1]. Kemampuan penyerapan ion-ion garam berasal dari pori-pori yang terbentuk akibat proses karbonisasi dan aktivasi. Karbon aktif memiliki beberapa fungsi seperti menjernihkan air, industri minuman, dan katalisator. Contoh bahan karbon aktif seperti tempurung kelapa, kayu, tempurung kemiri, dan lain-lain.
2. Pelat Pengumpul Arus
Pelat pengumpul arus berfungsi sebagai substrat yang menerima arus dari elektroda karbon. Pelat pengumpul arus dapat berupa aluminium, tembaga, nikel, dan stainless steel. Pelat aluminium merupakan salah satu material logam ringan dan kuat yang mudah dalam pengerjaan dan perawatannya yang berbentuk lembaran. Memiliki daya tahan karat yang baik, mudah mengikat karbon, tahan terhadap perubahan temperatur, dan memiliki konduktivitas yang tinggi. Karena karakteristik tersebut maka aluminium dipilih sebagai pelat pengumpul arus.
3. Material konduktif
Material konduktif yang digunakan adalah lem karbon. Karena lem karbon mengandung nanopartikel perak maupun tembaga yang dapat menghantarkan listrik.

2.2 Membran Penukar Ion



Gambar 2 Prinsip Kerja Membran Sel CDI

Membran Penukar Ion adalah membran semipermeable yang mengangkut ion terlarut tertentu dengan mencegah ion lain atau molekul netral. Membrane penukar ion adalah salah satu jenis membrane yang termasuk dalam golongan yang driving forcenya adalah beda potensial listrik, dan kerap digunakan dalam aplikasi desalinasi. Proses pemindahan ion pada membrane penukar ion terjadi karena permselektivitas dari membrane penukar ion, kimia, dan beda potensial listrik. Membran penukar ion terbuat dari material polimer yang tergabung dengan ion-ion bermuatan. Banyak cara untuk memproduksi material membran yang cocok dan banyak tipe yang berbeda di pasaran, range ketebalan sekitar (0,15 - 0,56) mm. Membrane ini diharapkan memiliki resistansi elektrik yang rendah, berstruktur mekanis yang kuat, stabil secara kimia dan bentuk, memiliki permselektivitas yang tinggi. Membrane penukar ion memiliki sifat-sifat yang ditentukan berdasarkan material pembentuk ,

konsentrasi dan tipe dari fixed ion. Ion-ion yang sering digunakan sebagai muatan tetap di dalam membrane penukar ion adalah $-\text{SO}_3^-$ dan $-\text{COO}^-$ untuk membran penukar kation. Untuk membran penukar anion, digunakan $-\text{NR}_3^+$ dan $-\text{NR}_3^+$ [5].

Membran penukar anion mampu meloloskan anion dan menahan kation. Sedangkan membran penukar kation bersifat selektif permeable terhadap kation sehingga dapat menangkap ion positif. Membran penukar ion biasanya terbuat dari hasil polimerisasi styrene dan divinil benzene, membran ini dapat melepaskan gugus kation/anion pada larutan garam dan kemudian mengikat ion Na/Cl pada larutan garam. Ion-ion yang tersimpan pada elektroda diharapkan tidak akan terlepas lagi menuju larutan garam, sehingga efisiensi pengurangan kadar garam dapat ditingkatkan. Ion-ion negatif akan diikat oleh membran kation secara bersamaan dan melepas ion OH menuju aliran air yang disebabkan oleh adanya penambahan membran kation.

Pada penelitian ini, membran SSA berfungsi sebagai material tambahan pada elektroda karbon aktif untuk menghasilkan ion negatif. Membran SSA termasuk dalam kelompok pertukaran yang dapat meningkatkan kinerja pada sistem CDI. Hal ini terbukti dari penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penambahan membran penukar ion dapat menghasilkan 75-85% pengurangan garam.

3. Metodologi

1. Pembuatan Membran Anion/Kation

Pembuatan membran penukar ion dapat dilakukan dengan menambah SSA pada permukaan elektroda karbon aktif. Pembuatan membran SSA dilakukan dengan mengoleskannya diatas salah satu permukaan karbon aktif dan dipanaskan diatas tempat panas dengan temperatur 110°C selama 1 jam[5].

2. Pembuatan Sel CDI



Gambar 3 Pembuatan Sel CDI

Proses pembuatan sel CDI ini dilakukan dengan mencampurkan karbon aktif dengan membrane SSA dan CMC yang sebelumnya telah dilarutkan dalam aquades dengan variasi perbandingan ketiganya sama besar lalu dicetak di atas pelat aluminium. Membran SSA dan CMC diaduk dalam larutan aquades bersamaan menggunakan stirrer dengan kecepatan rendah agar material tercampur sama besar secara homogeny. Variasi binder yang terdapat dalam penelitian ini yaitu lem karbon dan CMC. Kedua sisi sel memiliki variasi yang berbeda, karbon aktif dengan campuran membran SSA dan CMC hanya digunakan di salah satu sel sedangkan sel lainnya hanya variasi karbon aktif dan lem karbon. Setelah adonan dengan konsentrasi dan perbandingan karbon aktif, membrane SSA dan CMC yang merupakan hasil dari tahap sebelumnya akandicetak pada kolektor arus atau pelat aluminium. Adapun elektroda yang dibuat

berdasarkan variasi ketebalan 3 mm dengan ukuran (5x5) cm dan ukuran plat 7x7 cm

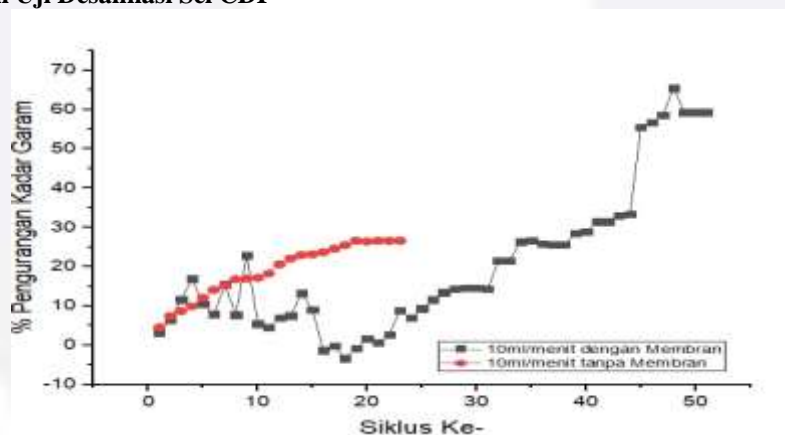
Struktur sel CDI terdiri dari dua elektroda yang dilapisi oleh pelat aluminium yang jarak diantara keduanya berfungsi sebagai ruang proses desalinasi. Lalu elektroda tersebut dicetak pada pelat aluminium yang disusun secara berhadapan dengan jarak 3mm diantara keduanya. Lalu bagian bawah sel CDI diberi lubang inlet untuk tempat masuknya air laut dan bagian atas sel CDI diberi lubang outlet untuk tempat keluar air hasil desalinasi. Ukuran inlet dan outlet disesuaikan dengan diameter selang yang terhubung dengan wadah penampung larutan NaCl. Lalu sel CDI dihubungkan dengan tegangan DC 1,2V, selang dan wadah yang terhubung ke lubang inlet berfungsi sebagai penampung air laut dan ada gelas ukur untuk menampung air hasil desalinasi dan pengukuran TDS Meter

3. Pembuatan Elektroda

Pembuatan elektroda dimulai dengan pencampuran material elektroda, yaitu karbon aktif, 0,01 gram membrane SSA, 0,01 gram CMC, dan 5 ml akuades. Membrane SSA, CMC, dan akudes dilarutkan terlebih dahulu. Setelah campuran larut, dilanjutkan dengan mengoleskan campuran tersebut ke atas plat aluminium yang telah dilapisi dengan lem karbon dan karbon aktif. Lalu dipanaskan pada suhu 110°C selama 1 jam. Setelah itu diatur ketebalan elektroda yang telah terbentuk agar sesuai dengan ketentuan awal, yaitu 3 mm. Jika ketebalan elektroda telah sesuai maka dua elektroda mulai dirakit dengan jarak 3 mm sebagai space untuk tempat mengalirnya air. Pengukuran menggunakan sel CDI siap dilakukan.

4. Pembahasan

4.1 Hasil Uji Desalinasi Sel CDI



Gambar 4 Grafik % Besar Pengurangan Kadar Garam

Pada **gambar 4** terlihat perbandingan besar pengurangan kadar garam antara sel CDI menggunakan membrane dan sel CDI tanpa menggunakan membrane pada debit 10 ml/menit. Berdasarkan grafik terlihat bahwa sel CDI dengan variasi membrane memiliki daya penyerapan kadar garam yang lebih tinggi dibandingkan dengan sel CDI tanpa variasi membrane.

Variasi	Pengurangan kadar garam pada debit 10 ml/menit	
	Menggunakan Membran SSA	Tanpa Menggunakan Membran SSA
Jumlah Pengurangan (%)	59,30%	26,58%
Jumlah Siklus	55	23

Gambar 5 Hasil pengurangan kadar garam pada larutan NaCl dengan Membran SSA

Berdasarkan **gambar 5** diperoleh hasil pengurangan larutan kadar garam NaCl paling tinggi terjadi pada variasi sel CDI membrane dengan debit 10 ml/menit yaitu sebesar 59,30% dalam 55 siklus. Sedangkan sel CDI tanpa variasi membrane tingkat pengurangan kadar garamnya lebih rendah, yaitu sebesar 26,58% dalam 23 siklus. Maka dari itu sel CDI dengan membrane SSA memiliki kemampuan penyerapan kadar garam lebih baik dibandingkan yang hanya menggunakan karbon aktif. Penggunaan membrane SSA ini juga dapat meningkatkan kemampuan sel CDI untuk mencapai desalinasi maksimum.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan dari hasil pengujian, yaitu variasi membrane SSA pada sel CDI dapat mempengaruhi jumlah pengurangan kadar garam pada laruta NaCl. Hal ini terbukti dari data hasil pengujian yang diperoleh, yaitu pengurangan kadar garam pada sel CDI menggunakan membrane dengan debit 10 ml/menit sebesar 59,30% dalam 55 siklus, sedangkan sel CDI tanpa membran memiliki tingkat pengurangan kadar garam pada debit 10 ml/menit sebesar 26,58% dalam 23 siklus.

Saran

1. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem desalinasi yang lebih berfokus pada debit rendah dengan menggunakan karbon aktif yang luas permukaan spesifik yang lebih besar dengan penambahan membrane SSA.
2. Menjaga laju aliran air agar siklus yang dihasilkan tetap stabil, sehingga tidak mempengaruhi konsistensi siklus yang dihasilkan.
3. Meningkatkan standarisasi pembuatan sel CDI agar karbon tidak mudah lepas ketika terkena air pada awal desalinasi dan tidak mudah bocor.

Referensi

- [1] B. Fisika, "Pembuatan Elektroda Dan Perancangan Sistem Capacitive Deionization Untuk Mengurangi Kadar Garam Pada Larutan Sodium Clorida (NaCl)," *Berk. Fis.*, vol. 16, no. 3, pp. 67-74-74, 2013.
- [2] I. Fatimah, "Fabrikasi dan Karakterisasi Elektroda untuk Sistem Capacitive Deionization (CDI) pada Proses Desalinasi Larutan NaCl dengan Metode Freezing-Thawing," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 01, no. 02, pp. 137-144, 2013.
- [3] "TA Hani."
- [4] U. Telkom, "Desalination of Sea Water Into Fresh Water Using," 2020.
- [5] S. Redjeki, "Proses Desalinasi Dengan Membran," *Proses Desalinasi Dengan Membr.*, vol. Direktorat, p. 215, 2011.
- [6] M. F. Dewi, "Variasi Komposisi Elektroda Karbon Nanopori Untuk Aplikasi CDI," *מים והשקיה*, vol. 549, pp. 40-42, 2017.

