

**STUDI PENDAHULUAN PENGOLAHAN AIR PAYAU MENJADI AIR BERSIH
DENGAN METODE KOMBINASI ELEKTROKOAGULASI DAN ADSORPSI
MENGUNAKAN KARBOSIL**

**(PRELIMINARY STUDY OF BRACKISH WATER TREATMENT WITH A
COMBINATION OF ELECTROCOAGULATION AND ADSORPTION USING
CARBOSIL)**

Eny Heriani R.N.¹⁾, Wasinton Simanjuntak²⁾, dan Ilim²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung

²⁾Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung

Jl. Pof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

E-mail : rena_bpe@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji pengolahan air payau menjadi air bersih dengan kombinasi metode elektrokoagulasi dan adsorpsi menggunakan karbosil dari sekam padi dengan metode pirolisis. Proses elektrokoagulasi bertujuan untuk menghilangkan bahan-bahan organik terlarut dan pengaruh potensial terhadap penurunan bahan organik dalam sampel air payau. Proses ini dilakukan pada potensial yang berbeda yakni; 4, 6, dan 8 volt dengan waktu kontak tetap selama 60 menit. Parameter ukur yang digunakan absorbansi pada panjang gelombang 254 dan 285 nm, karena hasil penelitian menunjukkan absorbansi pada kedua panjang gelombang tersebut berkorelasi baik dengan kadar bahan organik dalam air. Efektifitas kerja metode juga diamati berdasarkan penurunan daya hantar listrik (DHL) yang menunjukkan penurunan kadar garam dalam air olahan. Berdasarkan percobaan didapatkan potensial yang terbaik adalah 8 volt karena memiliki nilai absorbansi yang kecil. Percobaan adsorpsi bertujuan untuk menghilangkan kadar garam dilakukan dengan waktu kontak yang berbeda yakni 5, 10, dan 15 menit dan hasil penelitian menunjukkan penurunan DHL dari 15,13 mS/cm menjadi 10,10 mS/cm untuk perlakuan dengan waktu kontak 15 menit. Berdasarkan karakterisasi karbosil sebelum dan setelah digunakan dengan SEM/EDX, diketahui bahwa karbosil memiliki permukaan yang homogen dan mampu menyerap garam dan unsur-unsur terlarut dalam sampel air payau.

Kata kunci: adsorpsi, air payau, elektrokoagulasi, karbosil

ABSTRACT

This study was carried out to investigate treatment of brackish water using a combination of electrocoagulation and adsorption using carbosil prepared from rice husk with pyrolysis method. Electrocoagulation was applied with the aim to remove natural organic matter in the sample, using aluminum as electrodes, with the particular purpose to study the effect of potentials. For this purpose, electrocoagulation experiments were conducted at potential of 4, 6, and 8 volt at fixed contact time of 60 minutes. The performance of the method was defined in term of absorbance reduction at the wavelenghts of 254 and 285 nm, since the absorbance at these two wavelenghts was found to correlate well with the amount of organic matter in the water samples. The treated water was then subjected to adsorption process at different contac times of 5, 10, and 15 minutes, and the performance of the process was evaluated in term of electrical conductivity reduction. The results obtained indicate that for electrocoagulation process, the highest reduction of natural organic matter content was achieved using potential of 8 volt, and adsorption porcess of 15 minutes was found to result in reduction of electrical conductivity from 15.13 mS/cm to 10.10 mS/cm. Characterization of the carbosil using SEM/EDX technique revealed that the carbosil has practically homogeneous surface and able to adsorb salt and several other elements from the brackish water.

Key words : adsorption, brackish water, carbosil, electrocoagulation

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya yang penting bagi manusia, karena seluruh kegiatan manusia sangat berkaitan erat dengan ketersediaan air. Berkurangnya ketersediaan air bersih merupakan salah satu masalah yang dihadapi banyak negara termasuk Indonesia, seiring dengan pertambahan penduduk dan aktifitas manusia yang semakin beragam. Akibatnya, sumber konvensional semakin sulit didapatkan karena cadangan air yang semakin menipis dan pencemaran yang semakin berat oleh beragam polutan, sehingga air tersebut tidak layak untuk digunakan.

Keterbatasan tersebut mendorong peneliti untuk mengembangkan pengolahan sumber air dari sumber non-tradisional, yakni air asin baik air laut (Fajar, 2007) maupun air payau (Akbar, 2010) dengan metode desalinasi. Meskipun air payau terdapat dalam jumlah melimpah, tetapi air tersebut tidak dapat digunakan secara langsung karena mengandung garam dengan kadar yang cukup tinggi dan bahan organik alami yang tidak layak untuk dikonsumsi. Untuk air payau, metode desalinasi tidak dapat diterapkan secara langsung karena terkendala oleh bahan organik, sehingga untuk pengolahannya bahan organik tersebut terlebih dahulu harus dihilangkan. Untuk memisahkan bahan organik dalam air, dewasa ini terdapat berbagai metode, salah satu di antaranya adalah metode elektrokoagulasi (Holt, *et al.*, 2006). Elektrokoagulasi didasarkan pada proses elektrokimia yang menghasilkan kation yang berfungsi sebagai koagulan. Dalam prakteknya, proses pembentukan kation ini dilakukan dengan menempatkan logam sebagai anoda yang akan teroksidasi secara elektrokimia. Berbagai logam telah digunakan dalam proses elektrokoagulasi, antara lain; Fe (Uyun, 2012), Zn, dan Al (Akbar, 2010). Namun demikian logam yang paling umum digunakan adalah logam Al, karena tidak mudah terkorosi. Atas dasar ini, dalam penelitian ini dipilih logam Al sebagai elektroda baik katoda maupun anoda.

Penerapan metode elektrokoagulasi pada pengolahan air payau memiliki kelemahan yaitu tidak semua garam dalam air payau dapat dipisahkan. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan proses adsorpsi menggunakan karbosil dari sekam padi yang merupakan paduan karbon dan silika. Sekam padi dipilih karena mengandung komponen organik dan komponen anorganik. Komponen organik dalam sekam padi, seperti karbon dengan kadar 15,9% (Daifullah *et al.*, 2004), selulosa 33-44%, lignin 19-47%, dan hemiselulosa 17-26%. Berdasarkan komposisi tersebut, sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai reaktan tunggal untuk menghasilkan karbosil. Pembuatan karbosil dari sekam padi dilakukan dengan menggunakan pirolisis pada suhu 400⁰C. Keuntungan adsorben ini dapat diregenerasikan dan teknologi penerapannya juga sederhana. Adsorben ini diketahui memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan dengan silika (Skubiszewska *et al.*, 2002).

Dalam penelitian ini, dilakukan pengolahan air payau dengan elektrokoagulasi pada potensial yang berbeda untuk melihat pengaruh potensial terhadap penurunan bahan organik terlarut dalam air. Dan dilakukan juga proses adsorpsi dengan waktu kontak berbeda, untuk melihat pengaruh waktu kontak terhadap penurunan absorbansi dan nilai DHL. Kedua metode ini dilakukan untuk memisahkan sampel air dari bahan organik terlarut serta kadar garamnya sehingga diperoleh air tawar yang bersih yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Untuk melihat kemampuan karbosil sebagai adsorben, karbosil sebelum dan sesudah digunakan dikarakterisasi dengan SEM/EDX.

METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat elektrokoagulator, Metrohm untuk pengukuran DHL, spektrofotometer UV-Vis *Varian Cary 50*, reaktor pembakar (*pirolisis*), spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) tipe *Varian*

Scimitar 2000, *X-Ray Diffractometer (XRD)*, dan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectrometer (SEM/EDX)*, statip, timbangan, dan alat-alat gelas laboratorium. Bahan-bahan yang digunakan adalah air, sekam padi, elektroda aluminium, sampel air payau diambil dari sumur penduduk di Kelurahan Way Lunik RT 024 Desa Way Lunik Kecamatan Teluk Betung Selatan Kota Bandar Lampung.

Prosedur penelitian terdiri dari:

1. Preparasi karbosil

Sekam padi dicuci dengan air lalu direndam selama sehari untuk melarutkan bahan organik yang larut air sehingga bahan ini tidak menjadi pengotor dalam proses pembuatan karbosil. Sekam padi yang telah terbebas dari pengotor organik dikeringanginkan. Kemudian sebanyak 500 gram sekam padi tersebut dimasukkan ke dalam reaktor pembakar untuk proses pengarangan pada suhu 400°C selama 3 jam pada suhu puncak. Proses pengarangan ini dilakukan pada kondisi tanpa oksigen, sehingga reaksi yang terjadi merupakan reaksi tidak sempurna atau dikenal dengan istilah karbonasi. Setelah itu, karbosil ini digiling dan dihaluskan dan siap digunakan sebagai adsorben.

2. Proses elektrokoagulasi

Penentuan potensial optimum, air payau sebanyak 5 L dimasukkan ke dalam perangkat elektrokoagulasi yang dileng-kapi dengan enam (6) buah elektroda aluminium (Al) pada waktu kontak tetap yaitu 60 menit dan dengan memvariasikan potensial elektrokoagulasi sebesar 4, 6, dan 8 volt. Kemudian dilakukan analisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 254, dan 285 nm dan diukur DHLnya.

3. Percobaan adsorpsi

Dalam percobaan adsorpsi air payau menggunakan karbosil dari sekam padi. Percobaan ini dilakukan dengan sistem mengalir yaitu 5 L air payau yang telah diolah secara elektrokoagulasi dialirkan ke dalam tabung yang dihubungkan dengan pipa yang telah diisi karbosil halus, sehingga akan terjadi proses adsorpsi. Pada percobaan adsorpsi ini dilakukan variasi waktu kontak yang bertujuan menentukan waktu kontak optimumnya. Variasi waktu yang digunakan adalah 20, 40, dan 60 menit. Kemudian dilakukan analisis dengan parameter ukur yang sama.

4. Karakterisasi SEM/EDX

Karakterisasi SEM /EDX dilakukan untuk mengetahui struktur mikro dan komposisi kimia pada karbosil sebelum dan sesudah adsorpsi menggunakan sampel air payau. Adapun langkah-langkah dalam analisis menggunakan SEM yakni sebelum menghidupkan alat SEM, terlebih dahulu menghidupkan mesin pendingin *chiller*. Jika kevakuman telah dicapai yaitu lampu V1 & V3 menyala, menunjukkan alat SEM siap digunakan. Selanjutnya menentukan tegangan (*accelerating voltage*) SEM yang akan digunakan.

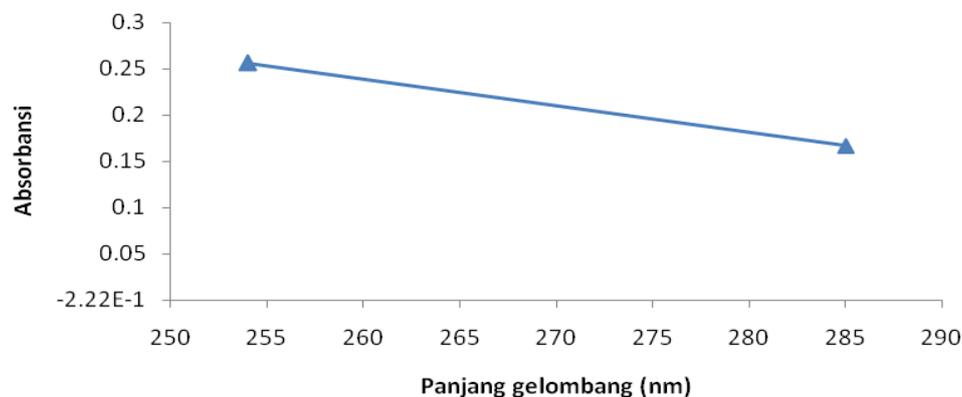
Tegangan ditentukan dengan perkiraan 1,5-3 kali energi dispersi unsur/elemen yang terkandung dalam sampel. Selanjutnya karbosil yang telah dipersiapkan dan sudah ditempel pada dudukan sampel (*stub*) kemudian divakum. Setelah kevakuman dicapai (lampu V1 & V3 menyala), langkah selanjutnya menyalakan tombol tegangan, detector, mengatur posisi kemiringan karbosil, mengatur posisi karbosil yang akan diamati dan perbesaran yang dikehendaki. Kemudian mengatur ketajaman (*focus*) dan penyinarannya (*contrast & brightness*) dan dilakukan proses pengambilan gambar (pemotretan).

Langkah awal dalam menganalisis menggunakan EDX yakni menentukan terlebih dahulu parameter yaitu : a) *take off angle*nya yang ditentukan dari jarak sampel (FWD) yang terdapat pada monitor SEM, *intersection distance* (D) = 34, *elevation angle* (E) = 25, *azimuth angle* (A) = 45, *scale setting* (S) yaitu jarak detector yang tergantung pada besarnya sampel pada umumnya 65 mm tetapi jika sampel lebih besar maka jarak > 65 mm; b) posisi kemiringan sampel (*tilt*) = M dapat dibaca pada ruang sampel SEM; c) tegangan operasi (*accelerating voltage*) SEM. Selanjutnya menentukan tipe analisis yakni

bulk atau *thin* dalam % berat atau % atom. Kemudian dilakukan pencacahan dalam waktu yang sudah diatur dan analisis terhadap hasil pencacahan yang berupa grafik energi terhadap cacah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, sampel air payau yang digunakan dianalisis dengan UV-Vis untuk mengetahui karakteristik bahan organik yang terkandung dalam air tersebut. Analisis ini dilakukan karena air payau diketahui mengandung bahan organik alami yang pada umumnya dikenal sebagai natural organic matter, (NOM) dalam kadar yang tinggi. Adanya bahan organik tersebut mengakibatkan air payau memiliki karakteristik UV-Vis, sehingga dapat digunakan sebagai parameter ukur untuk mengevaluasi pengurangan kadar bahan organik akibat proses elektrokoagulasi. Dari hasil analisis UV-Vis dapat dilihat nilai absorbansinya pada Gambar 1.

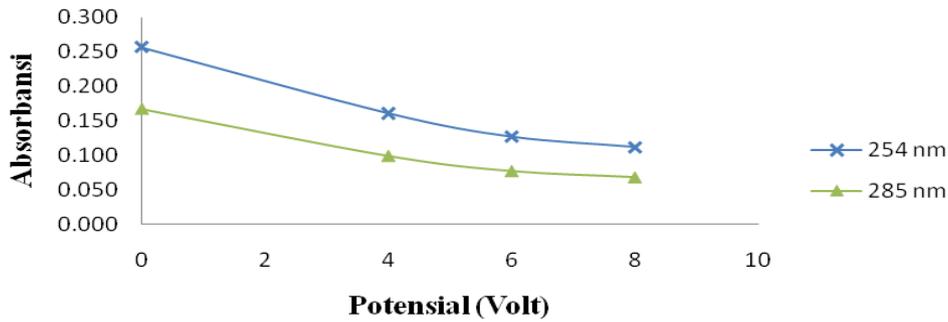


Gambar 1. Nilai absorbansi sampel air payau sebelum diolah.

Seperti yang teramati pada Gambar 1. Panjang gelombang yang sudah dikenal memiliki korelasi yang baik dengan bahan organik adalah pada panjang gelombang 254 dan 285 nm. Atas dasar ini penurunan absorbansi sampel pada panjang gelombang tersebut digunakan sebagai parameter ukur untuk menunjukkan penurunan kadar bahan organik dalam air payau yang diolah secara elektrokoagulasi. Dari Gambar 1, nilai absorbansi tertinggi berada pada panjang gelombang 254 nm yaitu sebesar 0,256 dibandingkan pada panjang gelombang 285 nm dengan nilai absorbansi 0,167. Hal ini menunjukkan bahwa NOM dalam sampel air payau lebih banyak tersebar pada panjang gelombang 254 nm.

Pada saat sampel air payau dialiri arus listrik searah dari elektroda alumunium, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia, dimana elektron-elektron dari elektroda tersebut akan mengikat partikel-partikel organik bermuatan negatif sehingga membentuk koagulan.

Hasil air olahan elektrokoagulasi dari masing-masing potensial selanjutnya dianalisis dengan UV-Vis untuk mengetahui pengaruh potensial terhadap absorbansi sampel seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.



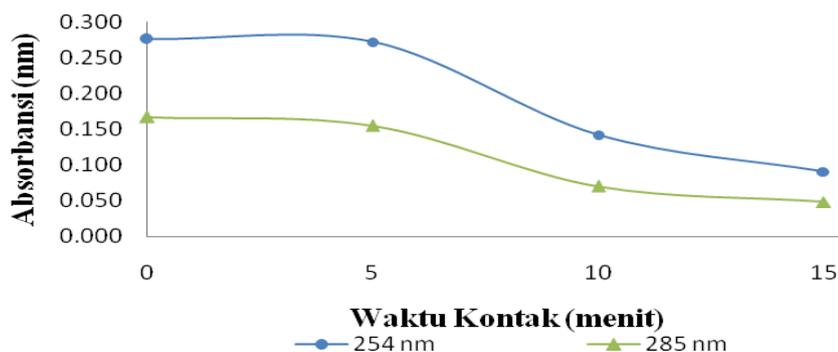
Gambar 2. Grafik hubungan potensial dengan absorbansi sampel.

Pada Gambar 2, absorbansi sampel paling besar diperoleh pada percobaan dengan potensial 4 volt dan mengalami penurunan pada potensial 6 dan 8 volt. Penggunaan potensial yang lebih besar pada proses elektrokoagulasi berpengaruh terhadap muatan positif yang dihasilkan elektroda. Semakin besar potensial yang digunakan, semakin banyak muatan positif yang dihasilkan elektroda, maka proses elektrokoagulasi akan berjalan semakin optimal. Hal itu dikarenakan pada potensial yang besar kemampuan untuk mengoksidasi bahan organik akan semakin tinggi. Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa potensial yang terbaik adalah potensial 8 volt karena terjadi penurunan yang sangat signifikan. Hal ini dapat dilihat dari persen penurunan absorbansi seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persen penurunan absorbansi berdasarkan potensial yang berbeda.

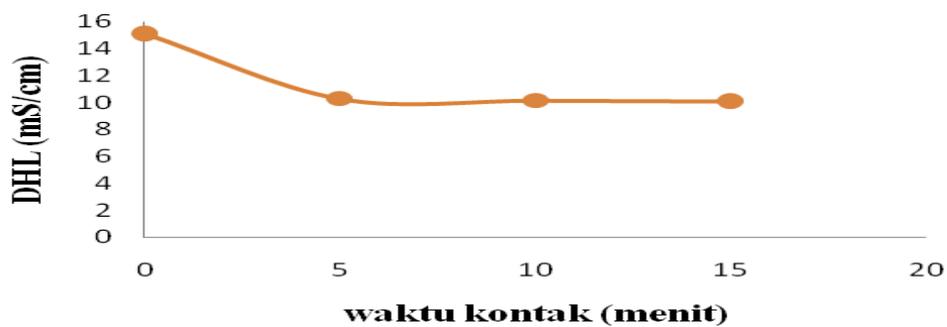
Potensial Elektrokoagulasi (Volt)	Penurunan Absorbansi (%)	
	$\lambda 254$	$\lambda 285$
0	0	0
4	37,1	40,72
6	50,39	53,89
8	56,25	59,28

Proses adsorpsi bertujuan untuk meng-hilangkan kadar garam dalam sampel air payau, karena pada proses elektrokoagulasi tidak semua garam dapat dihilangkan. Pada penelitian ini menggunakan sampel air payau yang telah dielektrokoagulasi pada potensial optimum yaitu 8 volt dengan waktu kontak yang berbeda yakni 5, 10, dan 15 menit. Hasil dari proses adsorpsi dianalisis dengan UV-Vis untuk mengetahui pengaruh waktu kontak adsorpsi terhadap penurunan absorbansi sampel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak adsorpsi terhadap penurunan absorbansi sampel air payau.

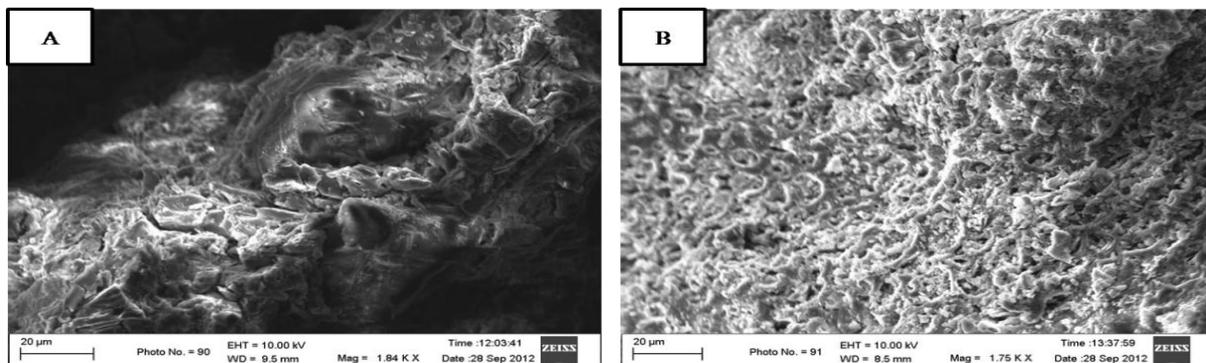
Pada saat adsorpsi terjadi peristiwa penye-rapan pada permukaan suatu adsorben yaitu karbosil. Karbosil yang digunakan melakukan penyerapan terhadap zat-zat serta kadar garam yang ada dalam sampel air payau tersebut. Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan bahwa nilai absorbansi yang diperoleh mengalami penurunan dari waktu kontak 5 hingga 15 menit. Penurunan absorbansi ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak dapat memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontak cukup dan waktu kontak yang baik sekitar 10-15 menit. Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai DHL untuk mengetahui penurunan kadar garam pada sampel air payau. Hasil pengukuran DHL sampel air payau ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh waktu kontak adsorpsi terhadap nilai DHL.

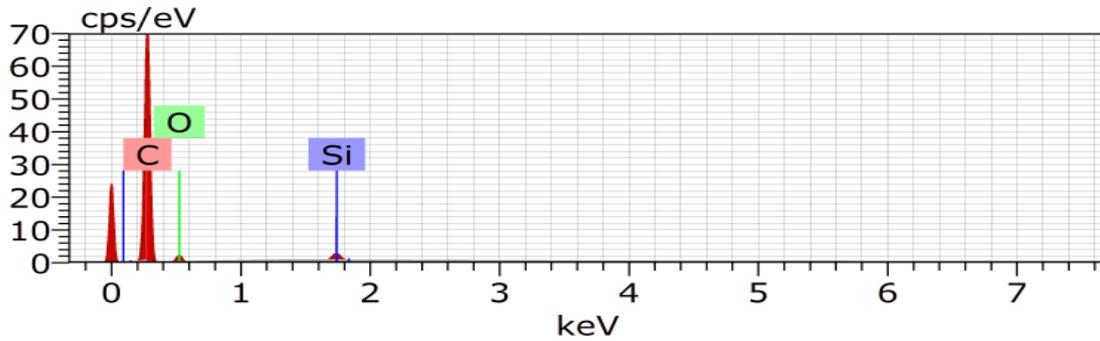
Pada Gambar 4, menunjukkan bahwa nilai DHL sampel air payau mengalami penurunan dengan semakin lama waktu kontak. Berdasarkan data ini karbosil yang digunakan mampu menghilangkan bahan-bahan terlarut dalam air. Partikel karbosil akan menyerap bahan-bahan organik dan akan terakumulasi pada bidang permukaannya, serta ion organik yang terdapat pada sampel air payau dapat diturunkan dengan karbosil ini. Hasil percobaan adsorpsi menunjukkan bahwa karbosil yang dihasilkan memiliki kapasitas adsorpsi yang tidak kalah dengan adsorben komersil lain yang sudah umum dikenal.

Pada prinsipnya adsorpsi merupakan proses penyerapan yang terjadi pada permukaan adsorben, oleh karena itu terjadinya adsorpsi dapat diketahui dari perubahan morfologi permukaan dan perubahan komposisi kimia dalam karbosil sebelum dan setelah digunakan. Perubahan ini dapat dipantau dengan menggunakan SEM/EDX. Analisis ini bermanfaat untuk mengetahui mikrostruktur (termasuk porositas dan bentuk retakan) benda padat. Hasil karakterisasi menggunakan SEM ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil analisis SEM; a) Mikrograf karbosil sebelum adsorpsi, b) Mikrograf karbosil sesudah mengadsorpsi sampel air payau.

Perubahan morfologi permukaan yang cukup jelas akibat proses adsorpsi kadar garam yang terdapat pada sampel air payau seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5a dan b. Pada Gambar 5b terlihat adanya butiran-butiran yang terdistribusi secara merata pada permukaan karbosil. Butiran tersebut diduga merupakan unsur Na dan Cl yang terdapat dalam sampel air payau. Untuk memastikan apakah butiran tersebut merupakan unsur Na dan Cl maka dilakukan karakterisasi menggunakan EDX, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6.



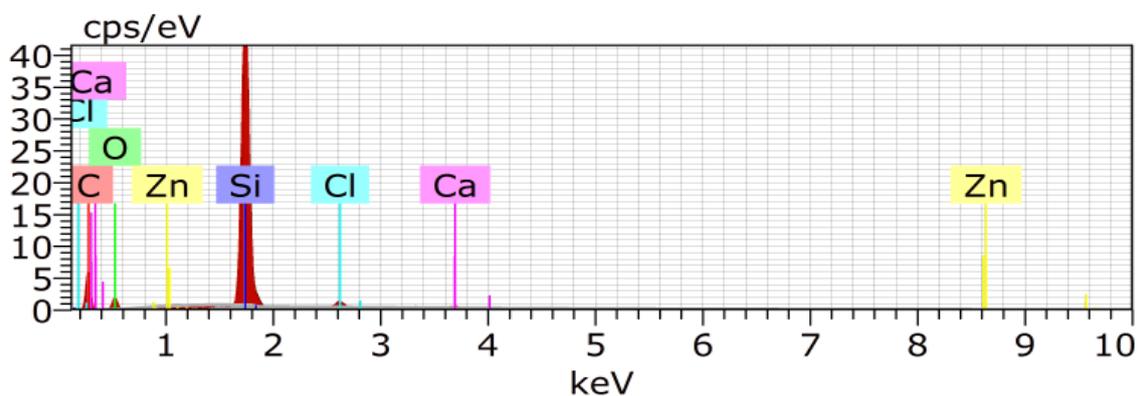
Gambar 6. Hasil analisis EDX karbosil sebelum adsorpsi.

Tabel 2. Data analisis EDX karbosil sebelum adsorpsi.

Element	Series	Unn. C [wt. %]	Norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Error (1 sigma) [wt. %]
Carbon	K-series	87,97	87,97	91,03	9,75
Oxygen	K-series	10,90	10,90	8,47	1,74
Silicon	K-series	1,13	1,13	0,50	0,08
Total:		100,00	100,00	100,00	

Berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 2, dapat diketahui bahwa pada karbosil sebelum dilakukan adsorpsi terdapat komponen karbon dan silika, dengan jumlah karbon sebesar 87,97% dan silika sebesar 1,13 %.

Perubahan komposisi kimia yang terjadi setelah adsorpsi menggunakan sampel air payau, ditunjukkan dalam Gambar 7 dan Tabel 3.



Gambar 7. Hasil analisis EDX karbosil sesudah adsorpsi.

Tabel 3. Data analisis EDX karbosil sesudah adsorpsi.

Element	Series	Unn. C [wt. %]	Norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Error (1 sigma) [wt. %]
Carbon	K-series	24,30	52,80	69,48	3,38
Oxygen	K-series	4,88	10,00	10,47	0,84
Silicon	K-series	15,57	33,83	19,04	0,69
Chlorine	K-series	0,58	1,25	0,56	0,05
Calcium	K-series	0,24	0,51	0,20	0,04
Zinc	K-series	0,46	1,00	0,24	0,05
	Total:	46,02	100,00	100,00	

Dibandingkan hasil analisis EDX karbosil sebelum adsorpsi, hasil analisis EDX setelah adsorpsi menunjukkan adanya komposisi unsur karbon (C) sebesar 52,80%; silika (SiO₂) sebesar 33,83%; oksigen(O₂) sebesar 10,60%; kalsium sebesar 0,51%; klorin (Cl) 1,25%; dan zink (Zn) sebesar 1,00%. Berdasarkan hasil analisis EDX tersebut dapat diketahui bahwa karbosil dari sekam padi cukup efektif untuk mengadsorpsi kadar garam serta partikel-partikel terlarut lain yang ada pada sampel air payau.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakterisasi UV-Vis sampel air payau menunjukkan bahwa terdapat senyawa humat atau bahan organik alami dalam sampel air payau meskipun tidak terdapat puncak spektrumnya namun dapat dilihat pada penurunan adsorbansi yang terjadi.
2. Hasil analisi UV-Vis dan peng-ukuran nilai DHL menunjukkan bahwa potensial optimum pada proses elektrokoagulasi sampel air payau adalah 8 volt dengan waktu kontak tetap selama 60 menit.
3. Waktu kontak terbaik pada proses adsorpsi sampel air payau adalah 15 menit hal ini didukung oleh nilai DHL yang dihasilkan lebih kecil yaitu 10.10 mS/cm, dimana semakin lama waktu kontak dapat memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar I. 2011. *Pengolahan air payau menjadi air tawar dengan kombinasi metode elektrokoagulasi dan adsorpsi menggunakan karbosil dari sekam padi*. Skripsi Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Bruchet A, and D Rybacki. 1994. *Transformation of NOM during treatment, in: natural organic matter in drinking water: origin, characterization and removal, AWWA workshop proceedings*. Chamonix, France, September 19-22, pp. 149-153.
- Caecilia P. 2008. *Penurunan Ion (Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻) dalam air laut dengan resin dowex*. Universitas Pembangunan Nasional. Jawa Timur. No. 1. Vol. 1. Hal 6-8.
- Ciorba GA, C Radovan, I Vlaicu, and L Pitulice. 2000. *Correlation between organic component and electrode material: consequences on removal of surfactants from wastewater*. *Electrochimica Acta*. 46, pp. 297-303.
- Daifullah AAM, Awwad NS, and El-Reefy SA. 2004. *Purification of phosphoric acid from ferri ion using modified rice husk*. *Chemical Ennineering and Processing*. 43. pp 193-201.

- Fajar, Y.A. 2007. *Studi pendahuluan desalinasi air laut secara pertukaran ion*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. Hal 50.
- Holt, P., G. Barton, C.Mitchel. 2006. *Elektrocoagulation as. a waste-water treatment. The third Annual Australian Environmental Engineering Research Event*. 1: 23-26.
- Mahakrishnan S, Havakisnan, K Manickavasgam, K Rasappan, PSS Shabudden, R Venikatesh and S Patabh. 2008. *Ricinus communis pericarp activated carbon used as an adsorbent for the removal of Ni (II) from aqueous solution*. India. Vol. 5. No.4. pp 761-769.
- Oxtoby W, P Gillis, and H Nachtrieb. 2001. *Kimia Modern Jilid 1*. Buku. Erlangga. Jakarta.
- Skubiszewska JZ, B Charmas, R Leboda, P Kowalczyk, and P Oleszczuk. 2002. *Effect of hydrothermal modification on the porous structure and thermal properties of carbon silica adsorbents (carbosils)*. pp 486- 494.
- Simon M, I Gracia, C Gil, and AM Polo. 1994. *Characteristics of the organic matter of mediterranean high-mountain soils*. *Geoderma*, 61, pp. 119-131.
- Uyun, K. 2012. *Studi pengaruh potensial, waktu kontak, dan pH terhadap metode elektrokoagulasi limbah cair restoran menggunakan elektroda Fe dengan susunan monopolar dan dipolar*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Halaman ini sengaja dikosongkan