

## Pengaruh tegangan pada pengolahan *synthetic oily wastewater* dengan metode *electro-adsorption* menggunakan karbon aktif dan elektroda aluminium

### Effect of voltage on synthetic oily wastewater treatment by electro-adsorption method using activated carbon and aluminium electrodes

Lia Cundari<sup>\*1</sup>, Bazlina D. Afrah<sup>1</sup>, Suci Dwijayanti<sup>2</sup>, Luthfiyah A. Sayyidah<sup>1</sup>, Althaf Taufiqurrahman<sup>1</sup>, Aldi Ramadhani<sup>1</sup>, Alvina Suryadinata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Inderalaya – Prabumulih KM. 32 Inderalaya, Ogan Ilir (OI), 30662, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Inderalaya – Prabumulih KM. 32 Inderalaya, Ogan Ilir (OI), 30662, Indonesia

Email: [liacundari@ft.unsri.ac.id](mailto:liacundari@ft.unsri.ac.id)

#### Abstrak

Larutan berminyak yang dihasilkan pengilangan 0,4-1,6 kali jumlah produksi minyak, dengan kadar minyak dan *chemical oxygen demand* (COD) masing-masing 100-300 mg/L dan 850-1020 mg/L. Komponen minyak dalam limbah dapat menghambat ekosistem perairan, mulai dari pertumbuhannya, fisiologi, dan reproduksi. Elektro-adsorpsi merupakan teknologi pemisahan *hybrid* untuk pemurnian dan desalinasi air dengan mengkombinasikan metode elektrolisis dan adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi karbon aktif sebelum dan sesudah proses elektro-adsorpsi dan untuk mengetahui pengaruh tegangan pada pengolahan larutan berminyak ditinjau dari nilai COD dan konsentrasi minyak-lemak. Karakteristik karbon aktif dilihat melalui *scanning electron microscope* (SEM) dan *fourier transform infra red* (FTIR). Elektro-adsorpsi dilakukan menggunakan adsorben karbon aktif komersial dan elektroda aluminium, dengan memvariasikan tegangan (0, 5, 10, 15 V) dan waktu (5, 10, 15, 20, 25 menit). Larutan berminyak sintetik dibuat dengan mencampurkan 1 g biosolar (B30) dengan 1 liter air Sungai Musi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode elektro-adsorpsi efektif digunakan pada pengolahan larutan berminyak sintetik. Hasil analisa SEM karbon aktif sebelum dan sesudah proses elektrolisis adsorpsi menunjukkan distribusi pori-pori tidak beraturan dan banyak pengotor di sekitar pori-pori karbon aktif. Diameter pori-pori rata-rata setelah proses elektrolisis adsorpsi sebesar 2,54  $\mu\text{m}$  dari 2,58  $\mu\text{m}$ . Hasil Analisa FTIR karbon aktif setelah proses menunjukkan terbentuknya puncak gelombang yang menandakan adanya gugus fungsi yang menjadi karakteristik dari biosolar yang teradsorpsi ke dalam karbon aktif. Penurunan kadar COD dan konsentrasi minyak-lemak paling tinggi masing-masing 40,21% pada 5 V selama 5 menit dan 95,25% pada 15 V selama 10 menit.

**Kata kunci:** elektroda aluminium, elektro-adsorpsi, karbon aktif, larutan berminyak, tegangan

#### Abstract

Oily wastewater produced by refinery is 0.4-1.6 times amount of oil produced, with oil content and chemical oxygen demand (COD) respectively 100-300 mg/L and 850-1020 mg/L. Oil component in the waste can inhibit of aquatic ecosystems, starting from their growth, physiology, and reproduction. Electro-adsorption is a hybrid separation technology for water purification and desalination by combining electrolysis and adsorption methods. This study aims to characterize the activated carbon before and after electro-adsorption process and to determine the effect of voltage on oily wastewater treatment in COD value and oil-fat concentration. Activated carbon characteristics were seen through scanning electron microscope (SEM) and fourier transform infra red (FTIR). Electro-adsorption performed commercial activated carbon adsorbent and aluminum electrodes, by varying the

voltages (0, 5, 10, 15 V) and times (5, 10, 15, 20, 25 minutes). Synthetic oily solution is created by mixing 1 gr of biosolar (B30) with 1 liter of Musi River water. The results showed that electro-adsorption was an effective method in synthetic oily wastewater treatment. SEM analysis results of activated carbon before and after the electro-adsorption process showed irregular pores distribution and many impurities around the pores of activated carbon. The average pore diameter after the electro-adsorption process was 2.54  $\mu\text{m}$  from 2.58  $\mu\text{m}$ . FTIR analysis results of activated carbon after process showed the formation of a wave peak indicating the presence of functional groups that are characteristic of the biosolar adsorbed into the activated carbon. The highest decrease in COD and oil-fat levels respectively 40.21% at 5 V for 5 minutes and 95.25% at 15 V for 10 minutes.

**Keywords:** aluminium electrodes, electro-adsorption, activated carbon, oily wastewater, voltage.

## 1. PENDAHULUAN

Pencemaran air merupakan perubahan zat atau kandungan di dalam air baik itu air yang ada di sungai, danau, maupun air di lautan luas bahkan saat ini juga sudah terdapat pencemaran pada air tanah. Salah satu penyebab dari pencemaran air ini diakibatkan oleh industri perminyakan yaitu larutan berminyak atau *oily wastewater* yang bersifat bahan berbahaya dan beracun (B3). Kementerian Energi Sumber Daya dan Mineral tahun 2020 menyatakan bahwa posisi cadangan minyak bumi di Indonesia sebanyak 3154 *million stock tank barrels*. Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi pun mencanangkan target produksi minyak sebanyak 1 juta barel per hari pada tahun 2030 (Pribadi, 2020). Beberapa industri lain yang menghasilkan *oily wastewater*, antara lain industri metalurgi, makanan, minuman, petrokimia, kulit, logam, susu, pengapalan, tekstil, pelapisan (Coca, dkk., 2011).

Pengembangan industri perminyakan tersebut tentunya berdampak terhadap lingkungan karena limbah berminyak yang dihasilkan oleh industri perminyakan mengandung komposisi yang sangat kompleks sehingga sulit untuk diolah. *Oily wastewater* yang dihasilkan pada proses pengilangan minyak bumi biasanya sebesar 0,4-1,6 kali dari jumlah produksi minyak yang diperoleh dengan kadar *chemical oxygen demand* (COD) sebesar 850-1020 mg/L dan kadar minyak sebesar 100-300 mg/L (Aryanti, dkk., 2013). Konsentrasi minyak-lemak dan COD tersebut melebihi batas konsentrasi buangan sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 19 tahun 2010 tentang baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan migas dan panas bumi, sehingga harus dilakukan proses pengolahan lebih lanjut.

Berbagai metode penanggulangan limbah berminyak saat ini seperti metode adsorpsi, flotasi, koagulasi, *biological treatment*, teknologi membran, *supercritical water oxidation technology*, elektrolisis-koagulasi, dan elektro-adsorpsi. Metode pemisahan yang digunakan secara luas, yaitu metode adsorpsi untuk menghilangkan warna, bau, minyak, dan polutan organik dari limbah karena sifat adsorpsi yang baik dan tidak menimbulkan efek samping beracun (Herawati dkk., 2018). Penggunaan metode adsorpsi ternyata kurang efektif karena membutuhkan beberapa *stage* dalam proses, sehingga modal yang dibutuhkan relatif lebih besar dan waktu proses yang lebih lama. Sebagai alternatif, dikembangkan metode *electro-adsorption*

dengan menggabungkan metode elektrolisis dan adsorpsi.

Beberapa peneliti yang melakukan studi tentang *electro-adsorption* antara lain: Gao, dkk. (2007) mengenai proses *electro-adsorption* larutan  $\text{FeCl}_3$  dengan *Carbon Nanotubes* (CNTs) dan *Carbon Nanofiber* (CNFs) sebagai elektroda yang tumbuh pada substrat grafit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan yang semakin meningkat dapat menyebabkan kapasitas penyerapan elektroda CNTs-CNf semakin meningkat, yaitu dari 3,89  $\mu\text{mol/g}$  menjadi 49,3  $\mu\text{mol/g}$  atau 4,4% menjadi 59,4%.

Fatkhurrohman (2010) telah melakukan penelitian *electro-adsorption* menggunakan elektroda timbal dan adsorben karbon aktif dari kayu gelam untuk penurunan kadar COD dalam limbah industri bahan kimia sanitasi. Penelitian diawali dengan melakukan proses adsorpsi, dilanjutkan dengan proses elektrolisis dan elektro-adsorpsi. Ketiga proses tersebut dilakukan variasi waktu selama 0, 1, 2, 3, 4, 8, dan 24 jam dan variasi tegangan sebesar 6 dan 9 V untuk proses elektrolisis dan elektro-adsorpsi. Penurunan kadar COD limbah yang terendah terjadi pada metode adsorpsi dalam waktu 24 jam yaitu sebesar 31,44%, sedangkan penurunan kadar COD limbah yang tertinggi terjadi pada metode elektro-adsorpsi pada waktu 24 jam yaitu sebesar 43,20%.

Bayram (2016) dalam penelitiannya mengenai pemurnian air dengan metode elektrolisis-adsorpsi asam organik aromatik dalam larutan *aqueous* ke elektroda menggunakan butiran karbon aktif. Variasi laju alir yang digunakan sebesar 20, 60, dan 80 mL/menit dan variasi tegangan sebesar 0,5; 1,5; dan 2,0 V. Tegangan paling optimum terjadi pada kondisi tegangan 1,5 V dengan laju alir volumetrik sebesar 60 mL/menit dengan nilai persentase penghilangan asam benzoat dan asam nikotinat masing-masing 88,1% dan 89,4%. García, dkk. (2018) dalam penelitiannya mengenai pemurnian air limbah domestik dengan menggunakan sistem elektrokimia dan karbon aktif granular. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penurunan kadar COD yang terjadi sebesar 28,1%.

Setianingrum, dkk. (2018) telah melakukan penelitian menggunakan elektroda aluminium untuk elektrokogulasi secara *batch* limbah cair sintetik kain batik dengan mencampurkan zat warna remazol merah sebesar 100 ppm. Proses elektrokogulasi dilakukan dengan memvariasikan tegangan listrik

sebesar 10 dan 15 V, serta waktu kontak 0, 10, 20, 40, dan 60 menit. Penurunan kadar COD limbah yang paling optimum terjadi pada tegangan 10 V dan waktu elektrolisis 60 menit yaitu yang awalnya 428 mg/L menurun menjadi 54 mg/L, atau 87,4%.

Liu, dkk. (2019) dalam penelitiannya mengenai penyerapan garam dalam larutan *aqueous* dengan menggunakan metode *electro-adsorption* secara *batch* menggunakan elektroda karbon aktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan elektroda akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan tegangan yaitu 0,35-5,04 mg/g karbon.

Nainamalai, dkk. (2019) dalam penelitiannya mengenai dekolonisasi pewarna anionik (Eosin-Y) dan kationik (*methylene blue*) dengan proses elektrolisis-adsorpsi menggunakan elektroda karbon aktif. Karbon aktif yang digunakan terbuat dari tempurung kelapa dan kulit buah maja yang sudah tidak dapat digunakan. Variasi konsentrasi pewarna yang digunakan adalah sebesar 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40, dan 50 mg/L dan variasi tegangan sebesar 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, dan 45 V. Elektroda yang digunakan adalah elektroda serat karbon aktif. Persentase penghilangan pewarna maksimum yang didapat menggunakan karbon aktif dari cangkang kelapa yaitu sebesar 99,76% dengan kondisi tegangan 30 V, konsentrasi pewarna sebesar 100 mg/L, serta waktu kontak yaitu selama 30 menit.

Bahan elektroda merupakan salah satu kunci faktor keberhasilan dari metode *electro-adsorption*. Bahan elektroda dapat berupa plat besi, aluminium, titanium, dan baja nirkarat. Penggunaan elektroda aluminium dalam penelitian ini memiliki keunggulan dalam segi efisiensi penyisihan dan dapat teroksidasi sebagai  $Al^{3+}$  dengan hambatan jenis sebesar  $2,65 \times 10^{-8}$  ohm. Kemampuan dalam melakukan reaksi reduksi oksidasi (redoks) dapat dilihat dari nilai potensial reduksinya. Nilai potensial reduksi aluminium sebesar -1,662 V, sedangkan nilai potensial reduksi besi sebesar -0,444 V (Jati dan Aviandharie, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi karbon aktif dan mengetahui pengaruh tegangan pada pengolahan larutan berminyak sintetik dengan menggunakan metode *electro-adsorption* terhadap kadar COD dan konsentrasi minyak-lemak. Jenis adsorben berupa karbon aktif komersial yang dibungkus dengan kain *spunbond* berbahan *polypropylene*. Elektroda yang digunakan berbahan aluminium. Metode ini diharapkan mampu menghasilkan persentase penyerapan yang lebih tinggi dibandingkan hanya menggunakan metode adsorpsi atau elektrolisis dalam pengolahan *oily wastewater*.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah air Sungai Musi Palembang, biosolar / B30, karbon aktif komersial *British Drug Houses* (BDH) berbentuk granular, dan *aquadest*. Alat yang digunakan yaitu *beaker glass* berukuran 2 liter, lempengan elektroda aluminium dengan ketebalan 1

mm, *power supply*, kertas pH, kain *spunbond* berbahan *polypropylene*, *stopwatch*, oven, dan neraca analitik.

Titik pengambilan sampel dilakukan di pinggir Sungai Musi di Jl. Ki Gede Ing Suro 32 Ilir Palembang pada saat musim hujan di bulan September 2020. Daerah tersebut terdapat kegiatan pengangkutan pasir di sekitar pinggir sungai yang dapat menyebabkan kualitas air akan tercemar dan warnanya menjadi lebih keruh. Kadar COD air Sungai Musi yang dihasilkan pada musim hujan akan cenderung menurun. Hal ini dikarenakan debit air yang masuk ke badan sungai lebih besar dan dapat menyebabkan kualitas air menjadi lebih baik akibat dari pengenceran yang lebih sempurna (Putra, 2017).

Adsorben karbon berupa karbon aktif yang dibeli di pasaran terlebih dahulu dicuci dengan menggunakan air dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Palembang sebanyak satu kali. Adsorben tersebut kemudian dilanjutkan pencucian kedua menggunakan *aquadest* sebanyak satu kali untuk menghilangkan kandungan debu dan pengotor lainnya. Adsorben yang telah dicuci kemudian dikeringkan di dalam oven bersuhu 110°C selama 1 jam. Karbon aktif kering kemudian dimasukkan ke dalam sebuah kantong kain *spunbond* berbahan *polypropylene* dengan ukuran 18 x 5 cm yang sudah dilubangi sebanyak 100 lubang kecil dengan menggunakan kawat. Lempengan elektroda aluminium yang telah dihubungkan dengan *power supply* diletakkan ke dalam *beaker glass* pada bagian kanan dan kiri, dan pada bagian tengah elektroda diletakkan karbon aktif yang telah dibungkus dengan kain *spunbond*.

*Oily wastewater* sintetik dibuat dengan mencampurkan air Sungai Musi sebanyak 1 liter dan biosolar/B30 sebanyak 1 g. Penelitian dilakukan dengan memberikan potensial listrik ke elektroda yaitu sebesar 5, 10, dan 15 V dengan interval waktu tertentu (5, 10, 15, 20, dan 25 menit). Sebagai pembandingan dilakukan juga uji tanpa menggunakan elektroda (tegangan 0 V) dan uji tanpa adsorben (tegangan 15 V). Sampel hasil dari proses *electro-adsorption* selanjutnya dianalisa kadar COD berdasarkan SNI 6989.2:2019 dan konsentrasi minyak-lemak berdasarkan SNI 06-6989.10-2004. Persentase penurunan kadar COD dan konsentrasi minyak-lemak dapat dihitung dengan persamaan (1), dimana  $C_0$  merupakan konsentrasi COD/minyak-lemak sebelum proses dan  $C_t$  merupakan konsentrasi COD/minyak-lemak setelah proses.

$$\% \text{ removal} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

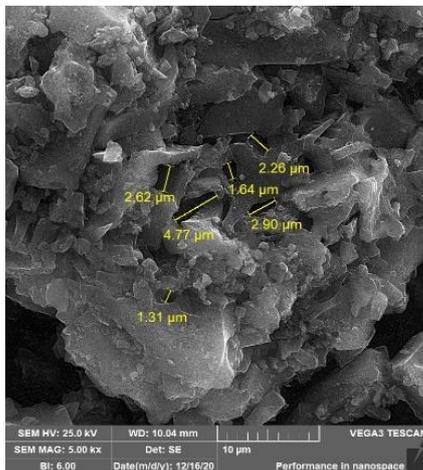
Hasil uji sampel larutan berminyak sintetik ini digunakan sebagai karakteristik awal sebelum dilakukan proses pengujian dengan menggunakan metode *electro-adsorption*. Hasil uji karakteristik awal sampel larutan berminyak sintetik sebelum dilakukan proses pengujian dengan *electro-adsorption*

yaitu kadar COD sebesar 48,5 mg/L dan konsentrasi minyak-lemak sebesar 227,42 mg/L. Kadar maksimum yang diizinkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 19 Tahun 2010 mengenai baku mutu pembuangan air limbah proses dari kegiatan pengolahan minyak bumi untuk kadar COD sebesar 160 mg/L dan konsentrasi minyak-lemak sebesar 20 mg/L. Berdasarkan peraturan pemerintah, kadar COD dalam larutan berminyak sintetik ini telah sesuai dengan baku mutu lingkungan, sedangkan konsentrasi minyak-lemak belum sesuai baku mutu lingkungan.

### 3.1. Karakteristik Karbon Aktif

Karakteristik karbon aktif dapat dilihat dari analisa *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2 serta analisa *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) yang ditunjukkan pada Gambar 3. Kedua analisa tersebut dilakukan pada karbon aktif sebelum dan setelah proses *electro-adsorption* dengan nilai penghilangan minyak-lemak paling tinggi yaitu pada kondisi operasi tegangan 15 V selama 10 menit. Karbon aktif yang akan dianalisa dilakukan *size reduction* terlebih dahulu sampai berukuran 80 mesh berbentuk bubuk.

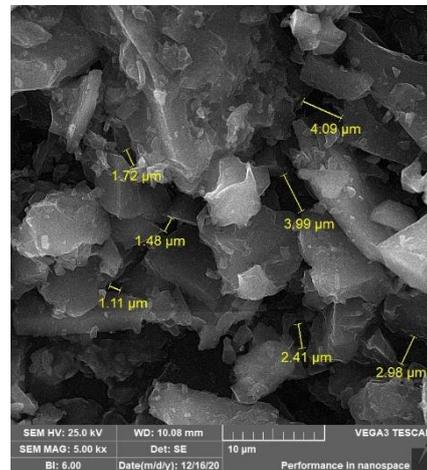
Gambar 1 dan 2 secara berurutan menunjukkan morfologi karbon aktif sebelum dan sesudah dilakukan proses *electro-adsorption* menggunakan perbesaran 5000x. Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa distribusi pori-pori karbon aktif tidak beraturan. Karbon aktif awal memiliki diameter pori-pori rata-rata sebesar 2,58  $\mu\text{m}$ , sedangkan karbon aktif setelah proses *electro-adsorption* yaitu sebesar 2,54  $\mu\text{m}$ .



Gambar 1. Morfologi karbon aktif sebelum proses *electro-adsorption* dengan perbesaran 5000x

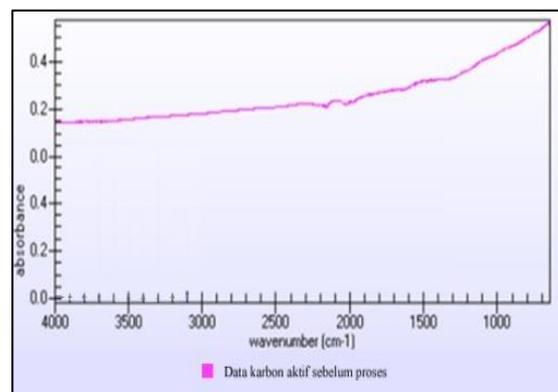
Satu proses penting yang terlewat pada penelitian ini yaitu proses aktivasi kembali karbon aktif komersial yang bertujuan untuk memperbesar pori-pori karbon aktif. Molekul-molekul pengaktif seperti larutan asam atau basa yang diserap oleh karbon aktif akan melarutkan berbagai pengotor yang berada di dalam pori-pori karbon aktif, seperti

mineral anorganik, sehingga pori-pori lebih banyak terbentuk dan proses penyerapan adsorbat menjadi lebih maksimal (Nurhasni dkk., 2012).

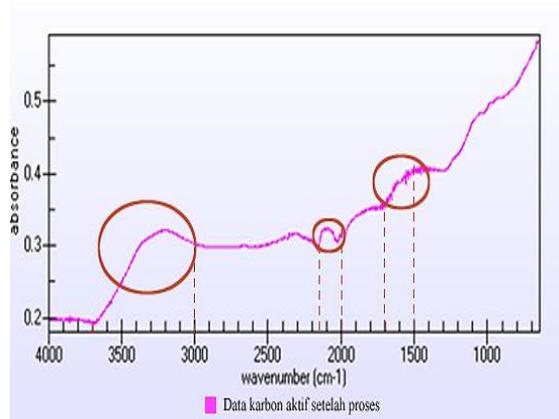


Gambar 2. Morfologi karbon aktif setelah proses *electro-adsorption* dengan perbesaran 5000x

Gambar 3 dan 4 secara berurutan menunjukkan hasil analisa FTIR karbon aktif sebelum dan sesudah dilakukan proses *electro-adsorption*. Garis berwarna biru merupakan *database* dari Laboratorium Forensik POLDA, Sumatera Selatan, sedangkan garis berwarna merah muda menunjukkan hasil analisa karbon aktif yang terbaca oleh FTIR dengan bilangan gelombang yang berbeda-beda. Gambar 3 menunjukkan tidak adanya puncak gelombang yang terbentuk, sedangkan gambar 4 menunjukkan terbentuknya puncak gelombang walaupun tidak terlalu tajam. Bilangan gelombang 3700-3000  $\text{cm}^{-1}$  dengan puncak yang lebar menunjukkan adanya aktivitas absorpsi gugus hidroksil H-OH (3570-3200  $\text{cm}^{-1}$ ). Bilangan gelombang 2150-2000  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya aktivitas absorpsi ikatan rangkap tiga. Bilangan gelombang 1700-1500  $\text{cm}^{-1}$  dengan puncak kecil menunjukkan adanya absorpsi dari gugus ikatan rangkap dua yang bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa adanya gugus fungsi yang menjadi karakteristik dari biosolar yang teradsorpsi ke dalam karbon aktif.



Gambar 3. Hasil analisa FTIR karbon aktif sebelum proses *electro-adsorption*



**Gambar 4.** Hasil analisa FTIR karbon aktif setelah proses *electro-adsorption*

### 3.2. Pengaruh Variasi Tegangan terhadap Kadar COD

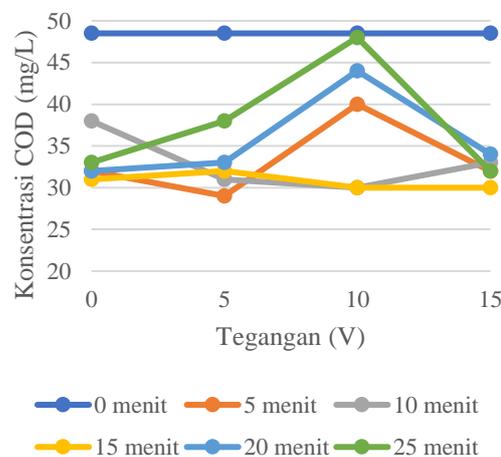
Nilai COD digunakan untuk menyatakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang terkandung di dalam substrat pada zona aerob dan reaksi fermentasi pada zona anaerob sehingga terurai menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Nilai COD dianggap sebagai indikator pencemaran air oleh bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah cair industri (Hamid, dkk., 2017).

Gambar 5 menunjukkan bahwa penurunan kadar COD secara drastis terjadi pada 5 menit pertama, dan pada menit selanjutnya penurunan kadar COD berlangsung lambat bahkan ada yang semakin meningkat. Kadar COD setelah proses yaitu berkisar antara 29-48 mg/L. Penurunan kadar COD paling tinggi diperoleh pada kondisi tegangan 5 V dan waktu 5 menit yaitu sebesar 40,21%, dari kondisi awal 48,5 mg/L menjadi 29 mg/L. Hal ini dikarenakan pori-pori adsorben belum tertutupi oleh molekul minyak sehingga proses *electro-adsorption* masuk ke dalam tahap yang cepat.

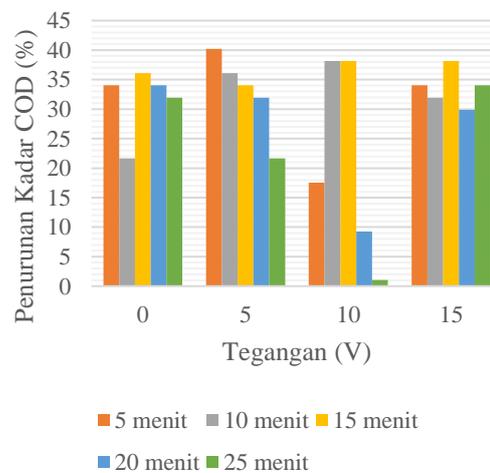
Menurut Hamid, dkk. (2017), waktu tinggal limbah semakin lama dapat menyebabkan kontaminan semakin terurai, sehingga nilai kadar COD pada limbah semakin kecil. Berdasarkan hasil penelitian yang ditampilkan dalam Gambar 5 tidak terdapat kecenderungan ini. Sebagai pembandingan untuk melihat pengaruh penambahan waktu terhadap proses *electro-adsorption*, telah dilakukan uji coba proses *electro-adsorption* dengan waktu proses 75 menit dan kondisi tegangan 5 V, namun penurunan kadar COD yang terjadi sebesar 30 mg/L. Nilai tersebut masih berada pada rentang kadar COD yang dihasilkan dari 0-25 menit. Hal ini dikarenakan waktu kontak terlalu lama menyebabkan pori-pori adsorben tertutupi oleh molekul minyak, sehingga proses adsorpsi masuk ke fase lambat dengan penurunan COD sedikit dan sudah tidak efisien (Ramli dan Ghazi, 2020).

Semakin tinggi tegangan yang diberikan ke elektroda, maka nilai COD semakin menurun (Yan, dkk., 2011). Berdasarkan hasil penelitian yang ditampilkan pada gambar 5, dengan semakin

meningkatnya tegangan maka tidak terjadinya perubahan yang signifikan terhadap kadar COD. Hal ini dikarenakan jika tegangan yang digunakan terlalu tinggi, maka terjadinya reaksi dekomposisi yang akan mempengaruhi hasil penurunan kadar COD dalam *oily wastewater* (Xie, dkk., 2018).



**Gambar 5.** Pengaruh variasi tegangan (0, 5, 10, dan 15 V) terhadap kadar COD pada pengolahan larutan berminyak sintetis menggunakan metode *electro-adsorption*



**Gambar 6.** Persentase penurunan kadar COD pada pengolahan larutan berminyak sintetis menggunakan metode *electro-adsorption*

Gambar 6 menunjukkan bahwa rentang persen penurunan kadar COD dengan menggunakan elektroda aluminium dan adsorben karbon aktif yaitu 1,03-40,21%. Meskipun objek penelitian berbeda, hasil ini lebih baik daripada penelitian García, dkk. (2018) dan Fatkhurrohman (2010), dan menunjukkan hasil yang kurang baik jika dibandingkan dengan penelitian Setianingrum, dkk. (2018). García, dkk. (2018) hanya mampu menurunkan kadar COD dalam limbah cair domestik sebesar 28,1%. Fatkhurrohman (2010) melaporkan bahwa penurunan kadar COD limbah

industri bahan kimia sanitasi yang terendah terjadi pada metode adsorpsi dalam waktu 24 jam yaitu sebesar 31,44%, sedangkan penurunan kadar COD limbah tertinggi terjadi pada metode elektro-adsorpsi dalam waktu 24 jam yaitu sebesar 43,20%.

Setianingrum, dkk. (2018) melaporkan bahwa penurunan kadar COD limbah cair sintetik kain batik yang paling optimum terjadi pada tegangan 10 V dan waktu elektrolisis 60 menit yaitu 87,4%. Berdasarkan hasil penelitian dan perbandingan dengan penelitian García, dkk. (2018), Fatkhurrohman (2010), dan Setianingrum, dkk. (2018) dapat disimpulkan bahwa proses *electro-adsorption* efektif dalam menurunkan kadar COD dalam pengolahan larutan berminyak.

### 3.3. Pengaruh Variasi Tegangan terhadap Konsentrasi Minyak-Lemak

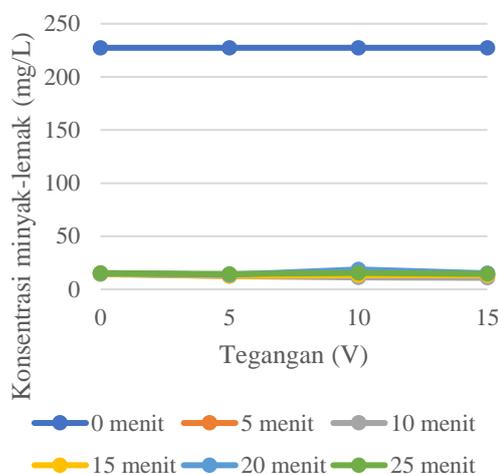
Waktu kontak adsorben akan berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi minyak-lemak. Semakin lama waktu kontak adsorben maka konsentrasi minyak-lemak akan semakin kecil. Penyerapan kontaminan akan meningkat secara cepat hingga perlahan-lahan melambat dan terjadinya titik kesetimbangan (Maharani, 2017). Berdasarkan hasil penelitian yang ditampilkan pada gambar 7, penurunan konsentrasi minyak-lemak paling tinggi diperoleh pada tegangan 15 V dan waktu 10 menit yaitu sebesar 95,25% yang awalnya 227,42 mg/L menjadi 10,8 mg/L.

Kecenderungan yang sama dengan kadar COD juga terjadi pada konsentrasi minyak-lemak, yaitu konsentrasi minyak-lemak menurun secara signifikan pada 5 menit pertama pada variasi tegangan 5-15 V, dari nilai awal 227,42 mg/L menjadi 13,2-15,7 mg/L. Hal ini menandakan bahwa proses *electro-adsorption* berlangsung cepat, dikarenakan kondisi pori-pori adsorben yang masih kosong dan adanya tegangan yang dapat mengganggu emulsi minyak di dalam limbah cair. Proses *electro-adsorption* berlangsung lambat setelah waktu proses 5 menit, hal tersebut ditunjukkan oleh konsentrasi minyak-lemak pada waktu 10-25 menit yang tidak terlalu signifikan.

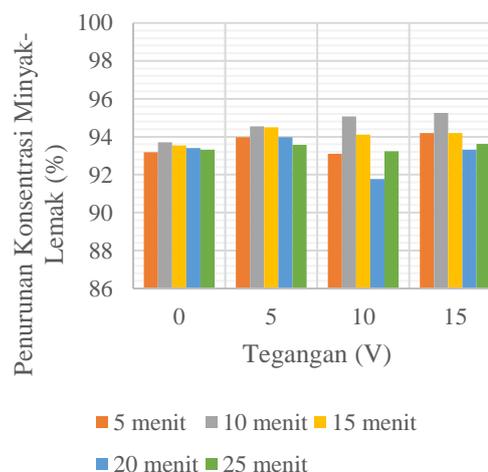
Gambar 8 menunjukkan persentase penurunan konsentrasi minyak-lemak yang berhasil diturunkan menggunakan proses *electro-adsorption* dengan rentang 91,78-95,25%. Hal ini menggambarkan bahwa proses *electro-adsorption* pada pengolahan larutan berminyak sintetik sangat efektif untuk dikembangkan lebih lanjut. Sebagai perbandingan Sutanto, dkk. (2010) telah melakukan penelitian dengan menggunakan elektroda aluminium untuk pengolahan air limbah rumah potong ayam dengan proses elektrokoagulasi secara *batch*. Penurunan kadar minyak dan lemak yang paling optimum terjadi pada arus listrik 0,1 Ampere dan waktu proses selama 100 menit, yaitu sebesar 99,93% yang awalnya 27 mg/L menurun menjadi 0,02 mg/L.

Ramli dan Ghazi (2020) telah melakukan penelitian menggunakan karbon aktif berbahan *palm kernel shell* untuk mengadsorpsi *oily wastewater*.

Konsentrasi minyak 1% yang digunakan mengalami penurunan paling tinggi yaitu sebesar 99,93% pada 20 jam waktu kontak adsorben dan *oily wastewater*. Konsentrasi minyak-lemak 5% mengalami penurunan paling tinggi sebesar 99,89% pada saat 6 jam. Konsentrasi minyak 10% mengalami penurunan paling tinggi sebesar 99,87% pada saat 2 jam waktu kontak. Hasil penelitiannya menyebutkan bahwa waktu kontak yang terlalu lama tidak menunjukkan persentase adsorpsi yang signifikan karena *active sites* telah ditutupi oleh molekul minyak sehingga adsorpsi masuk ke fase yang lambat. Berdasarkan hasil penelitian ini dan referensi rujukan, metode *electro-adsorption* dalam pengolahan larutan berminyak sintetik sangat efektif digunakan dengan persen penurunan minyak-lemak yaitu diatas 95%.



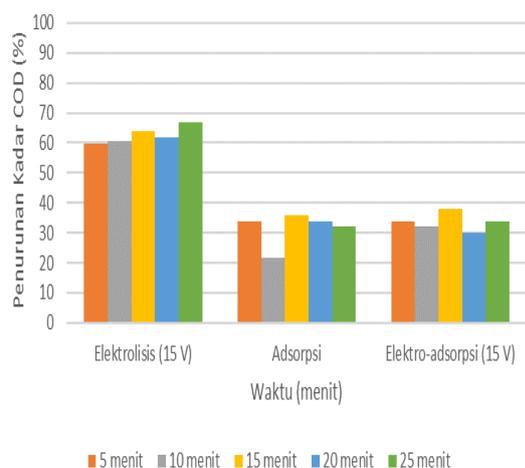
**Gambar 7.** Pengaruh variasi tegangan (0, 5, 10, dan 15 V) terhadap konsentrasi minyak-lemak pada pengolahan larutan berminyak sintetik menggunakan metode *electro-adsorption*



**Gambar 8.** Persentase penurunan konsentrasi minyak-lemak pada pengolahan larutan berminyak sintetik menggunakan metode *electro-adsorption*

### 3.4. Perbandingan Persentase Penurunan Kadar COD dan Konsentrasi Minyak-Lemak dari Berbagai Metode

Gambar 9 dan 10 secara berurutan menunjukkan perbandingan persentase penurunan kadar COD dan konsentrasi minyak-lemak dalam larutan berminyak sintetik dari penggunaan berbagai metode, yaitu metode elektrolisis, adsorpsi, dan *electro-adsorption*. Perbandingan yang digunakan yaitu metode elektrolisis dan *electro-adsorption* dengan tegangan 15 V selama 5, 10, 15, 20, dan 25 menit. Metode adsorpsi atau kondisi tanpa elektroda dilakukan dengan menggunakan variasi waktu yang sama, yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25 menit.

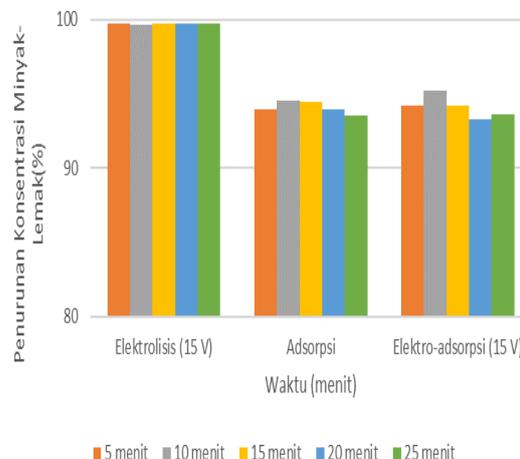


**Gambar 9.** Perbandingan persentase penurunan kadar cod dari ketiga metode pada pengolahan larutan berminyak sintetik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan kadar COD dalam larutan berminyak sintetik menggunakan metode elektrolisis dengan rentang 59,79-67,01%; metode adsorpsi dengan rentang 21,64-36,08%; dan metode *electro-adsorption* dengan rentang 29,89-38,14%. Persentase penurunan konsentrasi minyak-lemak dalam larutan berminyak sintetik menggunakan metode elektrolisis dengan rentang 99,67-99,78%; metode adsorpsi dengan rentang 93,58-94,54%; dan metode *electro-adsorption* dengan rentang 93,31-95,25%.

Perbandingan persentase penurunan kadar COD dan konsentrasi minyak-lemak dalam larutan berminyak sintetik dari ketiga metode tersebut menunjukkan bahwa metode elektrolisis memiliki rentang nilai kadar COD dan konsentrasi minyak-lemak lebih tinggi dibandingkan metode *electro-adsorption* dan adsorpsi. Penggunaan metode *electro-adsorption* juga hanya sedikit lebih tinggi dibandingkan metode adsorpsi. Hal ini membuktikan bahwa metode elektrolisis memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar COD dan konsentrasi minyak-lemak dalam pengolahan larutan berminyak

sintetik jika dibandingkan dengan metode *electro-adsorption* dan adsorpsi.



**Gambar 10.** Perbandingan persentase penurunan konsentrasi minyak-lemak dari ketiga metode pada pengolahan larutan berminyak sintetik

Persentase penurunan konsentrasi minyak-lemak yang terjadi pada ketiga metode tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan tidak terjadinya perbedaan signifikan terhadap penurunan konsentrasi minyak-lemak, seperti penggunaan konsentrasi minyak-lemak yang terlalu kecil sehingga sulit untuk melihat pengaruh yang diberikan dari ketiga metode tersebut. Penggunaan adsorben berjenis komersial yang tidak dilakukan pengulangan proses aktivasi membuat kemampuan penyerapan adsorbat menjadi tidak maksimal.

## 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *electro-adsorption* efektif digunakan pada pengolahan larutan berminyak sintetik. Hasil analisa SEM sebelum dan sesudah proses *electro-adsorption* menunjukkan distribusi pori-pori karbon aktif tidak beraturan. Diameter pori-pori rata-rata yang terbentuk sebelum proses sebesar 2,58  $\mu\text{m}$  dan setelah proses sebesar 2,54  $\mu\text{m}$ . Hasil analisa FTIR karbon aktif setelah proses *electro-adsorption* menunjukkan terbentuknya puncak gelombang walaupun tidak terlalu tajam yang menandakan adanya gugus fungsi yang menjadi karakteristik dari biosolar yang teradsorpsi ke dalam karbon aktif.

Penurunan kadar COD paling tinggi terjadi pada kondisi tegangan 5 V dan waktu proses 5 menit yaitu sebesar 40,21% yang awalnya 48,5 mg/L menjadi 29 mg/L. Penurunan konsentrasi minyak-lemak paling tinggi terjadi pada kondisi tegangan 15 V dan waktu 10 menit yaitu sebesar 95,25% yang awalnya 227,42 mg/L menjadi 10,8 mg/L.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aryanti, N., Prihatiningtyas, I., Ikhsan, D., dan Wardhani, D. H., 2013. Kinerja membran ultrafiltrasi untuk pengolahan limbah emulsi minyak-air sintesis. *J. Reaktor*, 14(4): 277–283.
- Bayram, E., 2016. Electroosorption of aromatic organic acids from aqueous solutions onto granular activated carbon electrodes for water purification. *Hacettepe J. Bio. and Chem.*, 3(44): 273–281.
- Coca, J., Gutiérrez, G., Benito, J., 2011. Treatment of oily wastewater. Heidelberg, Germany: Springer Science+Business Media.
- Fatkurrohman, A., 2010. Aplikasi teknik kombinasi adsorpsi-elektrolisis untuk menurunkan COD dalam limbah industri bahan kimia sanitasi PT. Protekindo Sanita Jakarta. *Tesis*. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Gao, Y., Pan, L., Zhang, Y., Chen, Y., dan Sun, Z., 2007. Electroosorption of FeCl<sub>3</sub> solutions with carbon nanotubes and nanofibers film electrodes grown on graphite substrates. *J. Surface Review and Letters*, 14(6): 1033–1037.
- García, E. A., Agulló-Barceló, M., Bond, P., Keller, J., Gernjak, W., dan Radjenovic, J., 2018. Hybrid electrochemical-granular activated carbon system for the treatment of greywater. *J. Chemical Engineering*, 352: 405–411.
- Hamid, R. A., Purwono, dan Oktiawan, W., 2017. Penggunaan metode elektrolisis menggunakan elektroda karbon dengan variasi tegangan listrik dan waktu elektrolisis dalam penurunan konsentrasi TSS dan COD pada pengolahan air limbah domestik. *J. Teknik Lingkungan* 6(1): 1–18.
- Herawati, D., Santoso, S. D., dan Amalina, I., 2018. Kondisi optimum adsorpsi-fluidisasi zat warna limbah tekstil menggunakan adsorben jantung pisang. *J. SainHealth*, 2(1): 1–7.
- Jati, B. N., dan Aviantharie, S. A., 2015. Kombinasi teknologi elektrokoagulasi dan fotokatalisis dalam mereduksi limbah berbahaya dan beracun Cr (VI). *J. Kimia Kemasan*, 37(2): 133–140.
- Liu, N. L., Sun, S. H., dan Hou, C. H., 2019. Studying the electroosorption performance of activated carbon electrodes in batch-mode and single-pass capacitive deionization. *J. Separation and Purification Technology*, 215: 403–409.
- Maharani, V. S., 2017. Studi literatur: pengolahan minyak dan lemak limbah industri. *Tugas Akhir*. Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Nainamalai, M., Palani, M., Ebinesar, A. J. S. S., Bhuvaneshwari, S., 2019. Decolorization of anionic and cationic dyes by alectro-adsorption process using activated carbon electrodes. *Indian J. Chemical Technology*, 26: 300–311.
- Nurhasni, Firdiyono, F., dan Sya'ban, Q., 2012. Penyerapan ion aluminium dan besi dalam larutan sodium silikat menggunakan karbon aktif. *J. Kimia VALENSI*, 2(4): 516–525.
- Pribadi, A., 2020. "Peluang Terbuka lebar, peran generasi muda di sektor migas dinanti." <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/peluang-terbuka-lebar-peran-generasi-muda-di-sektor-migas-industri-dinanti> (Diakses pada 1 Maret 2020).
- Putra, F. Y. E., 2017. Studi Penentuan daya tampung beban pencemaran hilir Sungai Musi ruas PTBA-Kilang Pertamina Kota Palembang dengan menggunakan aplikasi Qual2Kw. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- Ramli, A. N., dan Ghazi, R. M., 2020. Removal of oil and grease in wastewater using palm kernel shell activated carbon, *IOP Conf. Ser. Earth and Env. Sci.*, vol. 549, p. 012064, doi: 10.1088/1755-1315/549/1/012064.
- Setianingrum, N. P., Prasetya, A., dan Sarto, 2018. Pengurangan zat warna remazol red rb menggunakan metode elektrokoagulasi secara batch. *J. Rekayasa Proses*, 11(2): 78–85.
- Sutanto, D. W., dan Hidjan, 2010. Pengaruh perubahan arus listrik terhadap penurunan kadar lemak dan minyak dalam air limbah melalui proses elektrokoagulasi. *J. Politekologi* 9(2): 96–101.
- Xie, S., Ren, W., Qiao, C., Tong, K., dan Sun, J., 2018. An electrochemical adsorption method for the reuse of wastewater-based drilling fluids. *J. Natural Gas Industry B*, 5(5): 508–512.
- Yan, L., Ma, H., Wang, B., Wang, Y., dan Chen, Y., 2011. Electrochemical treatment of petroleum refinery wastewater with three-dimensional multi-phase electrode. *J. Desalination*, 276: 397–402.