

Kombinasi Reaktor Elektrokoagulasi dan Bioadsorber Untuk Penyisihan Kontaminan Dalam Limbah Cair PKS

Ratni Dewi, Syafruddin, M. Yunus, Suryani

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. B. Aceh-Medan, Km. 280, Buketrata Lhokseumawe 24301
raihan_annisa@yahoo.co.id

Abstrak

Tingginya tingkat kontaminan dalam limbah cair PKS (Pabrik Kelapa Sawit) menyebabkan limbah ini tidak layak untuk dibuang ke badan air sebelum dilakukan pengolahan. Dalam penelitian ini, keefektifan reaktor elektrokoagulasi yang dikombinasi dengan bioadsorber untuk menyisihkan kontaminan pencemar dalam air limbah (COD, TDS, dan Turbidity) akan dipelajari. Proses elektrokoagulasi dan adsorpsi yang dilakukan secara seri ini akan menghemat luas lahan dan waktu degradasi limbah. Selain itu, metode ini mudah diaplikasikan dan menggunakan adsorben non komersial yaitu Tandan Kosong Sawit (TKS), yang selama ini belum banyak dimanfaatkan. Hasil penelitian ini berupa proses dan produk ipteks yakni prototipe reaktor elektrokoagulasi serta bioadsorber yang mampu menyisihkan kontaminan dalam limbah PKS yang dioperasikan secara *batch*. Penelitian ini mencakup kajian pengaruh variabel proses pada reaktor elektrokoagulasi, yaitu: jenis elektroda, kuat arus dan waktu tinggal (*retention time*). Sedangkan pada bioadsorber, dikaji variabel waktu sampling, terhadap penyisihan kontaminan. Dari hasil penelitian diperoleh pada reaktor elektrokoagulasi dengan waktu tinggal 120 menit, tegangan listrik 12 volt dan elektroda aluminium (Al) memberikan penyisihan COD dan Turbidity paling optimal sebesar 84,57% dan 91%. Sedangkan TDS air limbah setelah melalui proses elektrokoagulasi meningkat dari kondisi awal. Kelemahan ini diatasi dengan proses lanjutan yaitu proses adsorpsi dalam bioadsorber yang diisi TKS. Air Limbah hasil proses elektrokoagulasi diproses kembali dalam bioreaktor dan diperoleh hasil penyisihan TDS limbah PKS sebesar 73,23 % dibandingkan kondisi awal.

Kata kunci : *adsorben, bioadsorber, batch, elektrokoagulasi, PKS, TKS, TDS, Turbidity*

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia saat ini adalah negara yang memiliki lahan sawit terluas di dunia. Luas areal kelapa sawit di Indonesia tahun 2009 sebesar 8.127 juta hektar dan terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan luas perkebunan kelapa sawit akan mengakibatkan bertambahnya jumlah pabrik kelapa sawit untuk mengolah buah

sawit. Pabrik kelapa sawit akan menghasilkan jumlah limbah cair berkisar antara 600-700 liter/ton tandan buah segar (Naibaho, 1999). Industri minyak kelapa sawit termasuk industri hulu yang saat ini keberadaannya memegang peranan penting dalam menambah devisa negara. Dalam produksinya selain menghasilkan minyak mentah kelapa sawit, juga dihasilkan limbah cair dengan kapasitas yang cukup besar. Limbah ini berasal dari air drab, air kondensat, air proses dan air hydrocyclone. Bahan-bahan yang terkandung dalam limbah tersebut antara lain minyak-grease, NH₃-N, COD, BOD, dan TSS dengan konsentrasi yang sangat tinggi. COD dan turbiditi (kekeruhan) merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan dalam mempertimbangkan kualitas air limbah, apakah limbah tersebut layak atau tidak untuk dibuang ke badan air atau lingkungan. Dalam limbah industri kelapa sawit konsentrasi COD yang ada berkisar 40.000 – 120.000 mg/L (Naibaho, 1999), sedangkan batasan maksimum baku mutu limbah kelapa sawit yang diijinkan pemerintah hanya sebesar 500 mg/L. Begitu pula dengan tingkat kekeruhan air limbah tersebut, yang sangat berkaitan dengan kadar COD yang terkandung di dalamnya. Dengan konsentrasi yang demikian tinggi, limbah tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada kehidupan akuatik dan menimbulkan bau yang tidak sedap. Oleh sebab itu sebelum dibuang ke lingkungan, harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Pengolahan limbah cair kelapa sawit secara konvensional dilakukan dengan metode biologi, yakni menggunakan kolam stabilisasi, yaitu limbah cair diproses di dalam kolam aerobik dan anaerobik dengan memanfaatkan mikroba. Proses ini membutuhkan waktu 120 – 140 hari untuk merombak bahan organik dengan efisiensi 60 – 70 %. Luas lahan yang dibutuhkan hingga 7 ha untuk mengolah 30 ton/jam Tandan Buah Segar (TBS) sehingga dapat mengurangi ketersediaan lahan, belum lagi apabila musim hujan tiba akan membuat kolam penampungan meluap. Oleh sebab itu perlu dilakukan proses yang dapat mengefisienkan waktu dan luas lahan untuk mengolah limbah cair pabrik kelapa sawit, salah satunya yaitu dengan metode elektrokoagulasi.

Kajian tentang metode elektrokoagulasi dalam pengolahan air limbah telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, diantaranya oleh Sunardi dkk (2007); Masnur dkk (2008); Chen dkk (2007); M. Faiqun dkk (2007). Umumnya peneliti sebelumnya hanya mengkaji penyisihan COD dan turbidity dalam air limbah. Selain mampu menyisihkan COD dan turbidity dengan hasil yang sangat memuaskan, metode ini juga mempunyai kelemahan, yakni meningkatkan kadar TDS dalam limbah. Melalui penelitian Ratni dkk (2009), efektifitas metode elektrokoagulasi ini telah diteliti. Dari hasil penelitian diperoleh efek yang kurang bagus terhadap nilai Total Dissolved Solid (TDS), yakni TDS yang dihasilkan memperoleh kadar yang jauh lebih tinggi. Hal ini terjadi karena elektroda pada proses elektrokoagulasi mengalami pengikisan (elektrolisis) dan terlarut sehingga menaikkan nilai TDS limbah tersebut. TDS merupakan parameter kualitas air, yang menunjukkan kadar logam terlarut dalam air. Kemudian melalui penelitian Taufik dan Ratni (2009) melanjutkan penelitian di atas, dengan menggabungkan metode elektrokoagulasi dan aerasi untuk mengatasi kelemahan metode elektrokoagulasi. Tetapi hasil yang

diperoleh tidak terlalu memuaskan. Pada tahun 2010, Ratni dkk meneliti kemampuan adsorben berbasis selulosa (TKS dan serbuk kayu) untuk menyisihkan ion logam. Hasil yang diperoleh menunjukkan efisiensi penyisihan di atas 90 %, artinya TKS mempunyai kemampuan menurunkan kadar logam terlarut di dalam air. Atas dasar inilah maka pada penelitian ini akan dikombinasi metode elektrokoagulasi dengan adsorpsi untuk menurunkan kontaminan pada limbah cair kelapa sawit dengan menggunakan adsorben tandan kosong sawit (TKS).

Penelitian adsorpsi dengan menggunakan adsorben berbasis selulosa telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Kajian tentang penyisihan logam berat telah dilakukan diantaranya oleh Bastian (2002), Zhuang et al (2002) dan Sambodo (2005). Penelitian penyisihan logam berat merkuri dilakukan oleh Bastian (2002) dengan menggunakan serbuk gergaji, dimana kandungan utamanya selain selulosa adalah lignin. Demikian pula Zhuang et al (2002) melakukan kajian penyisihan berbagai logam berat dalam air tanah seperti merkuri, timbal dan krom dengan menggunakan adsorben lignin. Sedangkan Sambodo (2005) menggunakan lignin (buatan Westaco Corp) untuk menyisihkan ion krom. Sukata (2008) dan Setyawan (2006) menggunakan serbuk kayu untuk menyisihkan ion krom dalam air.

Tandan Kosong Sawit (TKS) merupakan limbah padat industri minyak sawit. Karena kapasitas pabrik yang cukup besar, maka keberadaan limbah ini dalam jumlah yang sangat besar akan mempengaruhi lingkungan. Selama ini TKS hanya dimanfaatkan sebagai kayu bakar dan belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu alternatif untuk memanfaatkan TKS sehingga diperoleh nilai tambah yang bernilai ekonomis adalah dengan cara mengolah TKS menjadi adsorben.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan utama pada pengolahan limbah cair kelapa sawit secara konvensional ialah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk perombakan limbah, disamping itu dibutuhkan lahan yang sangat luas pada sistem kolam, sehingga perlu dilakukan pengolahan yang lebih efisien dengan waktu retensi yang rendah dan efisiensi yang tinggi. Oleh karena itu pada penelitian ini akan diteliti efektifitas dan efisiensi metode elektrokoagulasi dalam menyisihkan COD dan akan dikombinasikan dengan metode adsorpsi dalam menyisihkan konsentrasi TDS. Metode Adsorpsi dilakukan karena nilai TDS yang meningkat setelah proses elektrokoagulasi akibat pengikisan elektroda. Melalui kombinasi metode elektrokoagulasi dan adsorpsi diharapkan akan dapat mengatasi kelemahan dari metode elektrokoagulasi.

1.3 Tujuan Khusus

Penelitian ini bertujuan mengembangkan proses dan peralatan pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit (PKS). Peralatan yang dikembangkan adalah kombinasi reaktor elektrokoagulasi dan bioadsorber yang akan digunakan untuk menurunkan konsentrasi COD, Turbidity dan TDS yang terdapat di dalam air limbah PKS.

2 Metodologi

2.1 Bahan dan Alat

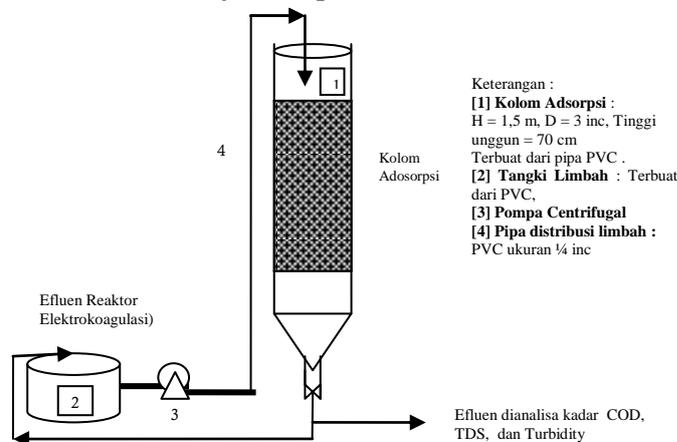
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: TKS sebagai adsorben dan limbah cair PKS. Limbah PKS yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Tempat penampungan limbah PTP (X) Aceh Utara yang merupakan salah satu perusahaan pengolahan kelapa sawit menjadi crude Palm Oil (CPO). Pengambilan sampel direncanakan akan dilakukan pada kolam penampungan pertama dari beberapa kolam penampungan yang tersedia.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah rangkaian reaktor elektrokoagulasi, adaptor, elektroda aluminium dan elektroda besi, bioadsorber jenis fixed bed dan lainnya. Reaktor elektrokoagulasi ini mempunyai kapasitas 6 Liter yang dioperasikan secara batch, dimana hasil pengolahan pada reaktor ini akan diolah lebih lanjut pada bioadsorber dengan menggunakan adsorben TKS. Alat yang digunakan untuk analisis adalah timbangan analitik, peralatan gelas, turbidimeter, TDS meter, COD reaktor dan peralatan gelas lainnya.

2.2 Prosedur Percobaan Reaktor Elektrokoagulasi

Tujuan utama tahap ini adalah menurunkan kadar COD limbah cair PKS. Pada reaktor ini digunakan elektroda aluminium dan besi yang dijalankan bergantian. Elektroda ini dihubungkan dengan sebuah adaptor yang divariasikan kuat arusnya dengan waktu kontak yang telah ditentukan (retention time). Efluen reaktor ini akan menjadi umpan (feed) bioadsorber.

Sebelum direaksikan di dalam reaktor elektrokoagulasi, limbah cair PKS dilakukan uji karakteristik terhadap beberapa parameter, diantaranya COD, TDS dan Turbidity. Elektroda (secara bergantian) dihubungkan dengan adaptor yang diatur kuat arusnya dengan variasi (3-12 V). dan waktu tinggal yang telah ditetapkan. Efluen reaktor ini akan dimasukkan ke dalam bioadsorber jenis fixed bed yang berisi adsorben TKS untuk menyisihkan TDS pada limbah, akibat reaksi elektrolisis. Skema rangkaian alat bioadsorber ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Rangkaian Bioadsorber

2.3 Percobaan Batch

Percobaan batch dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan kondisi operasi optimum reaktor elektrokoagulasi dan bioadsorber untuk penyisihan kontaminan air limbah PKS. Air limbah PKS dialirkan ke dalam adsorber dan secara berkala dilakukan sampling dan diperiksa kadar TDS air limbah tersebut

2.4 Rancangan Percobaan

Bagian utama dari penelitian yang diusulkan terdiri dari dua tahap percobaan, yaitu karakterisasi material, yakni karakteristik limbah dan TKS serta percobaan batch. Karakterisasi limbah bertujuan menganalisis parameter limbah cair PKS, sedangkan karakteristik TKS untuk mengetahui kadar lignin dan selulosa pada TKS, yg diduga sangat berperan dalam penyisihan kontaminan (TDS) dalam air. Percobaan batch bertujuan mendapatkan data kondisi operasi optimum reaktor elektrokoagulasi dan bioadsorber untuk pengolahan limbah PKS. Variabel respon pada penelitian ini adalah karakteristik limbah PKS meliputi: konsentrasi COD, turbidity, dan TDS.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Air Limbah PKS

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, diperoleh hasil analisa kadar COD, TDS, dan Turbiditi dalam air limbah PKS pada kolam penampungan pertama PTP (X), baik sebelum maupun sesudah dilakukan proses elektrokoagulasi dan adsorpsi.

Tabel 1. Hasil Analisa Kadar COD, TDS, dan Turbiditi pada Sampel Awal Limbah PKS

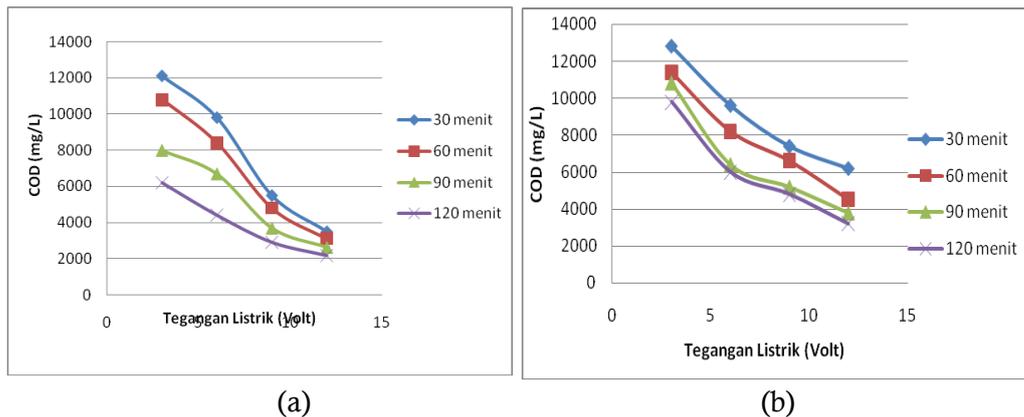
Parameter	Satuan	Nilai
COD	mg/L	14.000
TDS	Ppm	5160
Turbiditi	NTU	420

Dari hasil analisa diatas, terlihat bahwa nilai COD, TDS, dan Turbiditi dari limbah cair PKS jauh di atas ambang batas baku mutu limbah cair kelapa sawit yang ditetapkan oleh Bapedal (Kepmen LH Nomor 51/MenLH/10/1995). Artinya limbah tersebut sangat berbahaya bagi kehidupan akuatik jika dibuang ke badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu.

3.2 Pengaruh Waktu Kontak Dan Tegangan Listrik Terhadap Penyisihan COD, Turbidity dan TDS Pada Proses Elektrokoagulasi

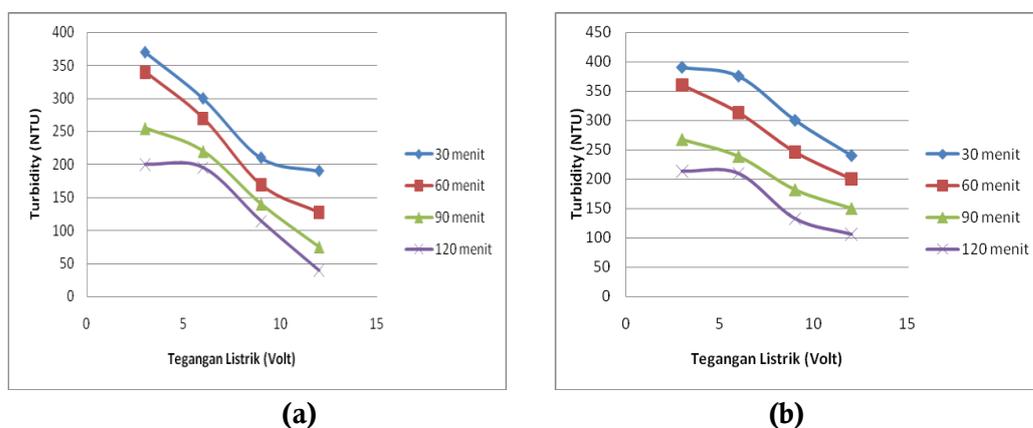
Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pada penyisihan limbah untuk parameter (COD, Turbidity dan TDS) dengan proses elektrokoagulasi yang menggunakan elektroda aluminium dan besi dengan variasi waktu kontak (30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit) dan variasi tegangan listrik (3 volt, 6 volt, 9 volt dan 12 volt) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap limbah cair kelapa sawit.

Untuk parameter COD dihasilkan tingkat penyisihan yang baik seiring lamanya waktu kontak dan besarnya tegangan yang diberikan dalam proses elektrokoagulasi. Penyisihan yang paling baik dihasilkan pada waktu kontak 120 menit dan tegangan listrik 12 volt, dengan elektroda aluminium diperoleh penurunan COD dari konsentrasi awal limbah 14.000 mg/L berkurang menjadi 2.160 mg/L, atau diperoleh persen penyisihan sebesar 84,57%. Pada penggunaan elektroda besi diperoleh persen penyisihan yang lebih rendah yakni sebesar 77 %, hal ini diperjelas pada gambar 2.



Gambar 2. Penyisihan COD dengan Metode Elektrokoagulasi : (a) Elektroda Al
(b) Elektroda Besi

Penurunan tingkat kekeruhan (turbidity) air limbah ditunjukkan pada Gambar 3, yakni dari turbiditi 420 NTU menjadi 39 NTU (pada penggunaan elektroda aluminium) dan 106 NTU (pada penggunaan elektroda besi), dengan persen penyisihan 91% dan 75 %.. Hal ini menunjukkan pengaruh positif dari proses elektrokoagulasi, dimana limbah menjadi semakin jernih. Penurunan turbiditi ini sebanding dengan waktu reaksi dan tegangan listrik yang diberikan, dimana semakin lama waktu kontak berlangsung dan semakin besar tegangan yang diberikan maka padatan yang terduksi akan semakin besar.

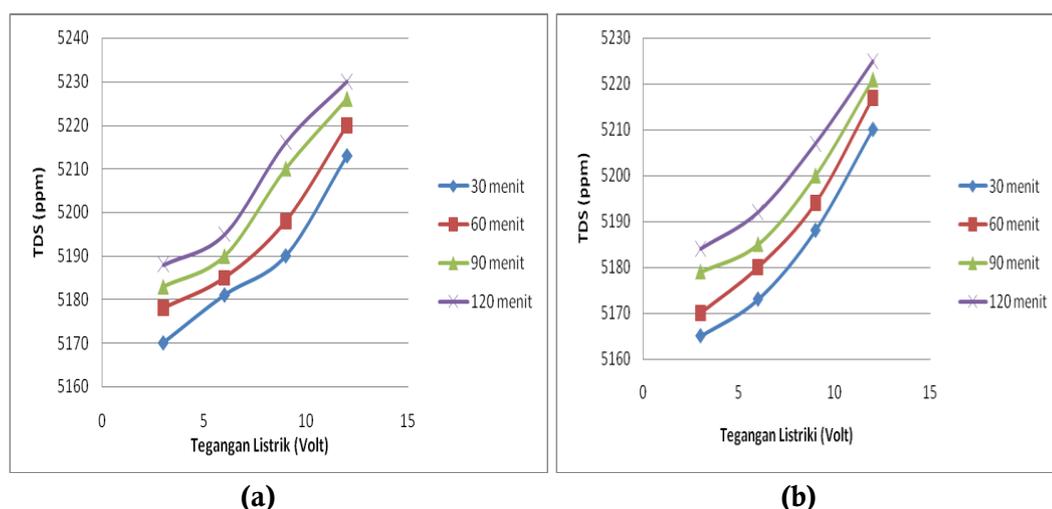


Gambar 3. Penyisihan Turbidity dengan Metode Elektrokoagulasi :
(a) Elektroda Aluminium ; (b) Elektroda Besi

Dengan kenaikan tegangan listrik ternyata dapat lebih banyak menyisihkan polutan, Hal ini menunjukkan kenaikan tegangan listrik berbanding lurus dengan jumlah logam anoda sebagai sumber koagulan yang terlarutkan. Begitu juga dengan lamanya waktu kontak sangat mempengaruhi penyisihan polutan, hal ini dikarenakan semakin lama proses elektrokoagulasi berarti semakin banyak terbentuknya koagulan pada anoda dan terbentuknya gelembung-gelembung udara pada katoda. Pada prinsipnya proses penurunan kadar pencemar dalam air limbah terjadi karena polutan yang ada dalam bentuk tersuspensi. Material solid ini dapat dengan mudah teradsorpsi ke dalam koagulan $Al(OH)_3$ atau $Fe(OH)_2$ sehingga mengendap atau ikut terbawa ke dalam gelembung udara yang akan terpisahkan ke atas (flotasi) sehingga terjadi penurunan konsentrasi zat pengotor di dalam air limbah.

Berbeda dengan parameter COD dan turbiditi yang mengalami penurunan setelah proses elektrokoagulasi, parameter TDS justru meningkat seiring semakin besarnya tegangan listrik yang diberikan dan meningkatnya waktu kontak (Gambar 4). Hal ini terjadi akibat terelektrolisis logam pada elektroda untuk membentuk koagulan, sehingga logam/ion yang bermuatan ini akan menambah total padatan terlarut dalam limbah.

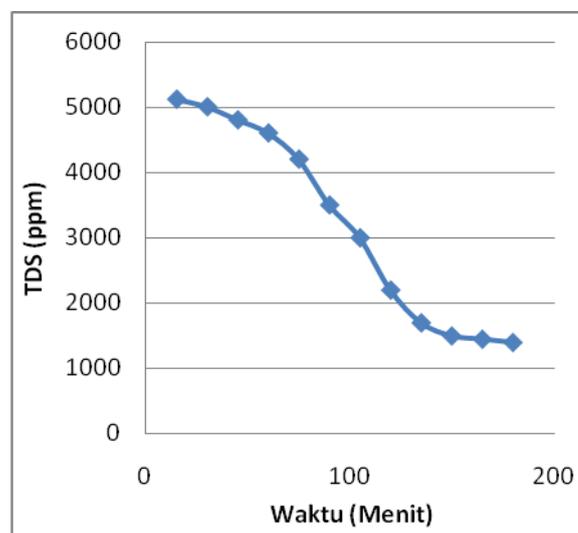
Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa TDS akan semakin meningkat dengan semakin besarnya tegangan dan bertambahnya waktu operasi. Hal ini menunjukkan pengaruh negatif dari proses elektrokoagulasi. Waktu operasi yang semakin lama dan tegangan yang besar akan menyebabkan elektroda yang teroksidasi menjadi koagulan lebih banyak dan semakin besar, sehingga elektroda dalam proses elektrokoagulasi semakin banyak terelektrolisis. Dengan terelektrolisisnya elektroda ke dalam limbah, maka akan meningkatkan konsentrasi TDS. Kenaikan nilai TDS yang signifikan terjadi pada waktu kontak 120 menit dan tegangan 12 volt, yaitu sebesar 1,36% (elektroda aluminium) dan 1,26 % (elektroda besi).



Gambar 4. Peningkatan Nilai TDS Setelah Proses Elektrokoagulasi :
(a) Elektroda Aluminium; (b) Elektroda Besi

3.3 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Penyisihan TDS dengan Adsorben TKS Dalam kolom adsorber

Dari proses adsorpsi, diperoleh hasil seperti pada Gambar 5. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa semakin lama waktu kontak yang diberikan, efisiensi penyisihan TDS yang diperoleh semakin besar, dimana pada waktu 180 menit memberikan persen penyisihan yang paling besar, yakni 73,23 %. Kemampuan adsorben TKS untuk menyisihkan TDS air limbah cukup besar pada waktu 30 menit – 150 menit. Hal ini dikarenakan kemampuan serat jerami untuk mempertukarkan kation dan membentuk senyawa kelat pada masing-masing gugus fungsinya masih aktif. Tetapi bersamaan lamanya waktu pengambilan sampel, pada waktu 165 sampai 180 menit, walaupun persen penyisihan masih meningkat, tetapi laju penyisihan mulai bergerak stagnan. Hal ini dikarenakan TKS mulai mendekati jenuh.



Gambar 5. Penyisihan TDS Setelah Proses Adsorpsi dengan adsorben TKS

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode Elektrokoagulasi mampu menyisihkan COD dan Turbiditi limbah cair PKS.
2. Persen Penyisihan optimal untuk COD dan Turbiditi diperoleh sebesar 84,57% dan 91%, yaitu pada waktu kontak 120 menit dan tegangan listrik 12 volt
3. Diantara kedua jenis elektroda yang digunakan, elektroda aluminium memberikan persen penyisihan yang paling optimal untuk proses elektrokoagulasi.
4. Bioadsorber dengan adsorben TKS mampu menyisihkan TDS limbah cair PKS dengan efisiensi penyisihan sebesar 73,23%.

5. Daftar Pustaka

- Ahmad Fadli, 2002, Tinjauan Waktu Kontak dan Suhu Pemanasan Pada Penjerapan Fenol Dengan Tandan Kosong Sawit (TKS) Sebagai Adsorben, Laporan Penelitian.
- Bastian, 2002, *Adsorpsi Merkuri Dalam Air Oleh Partikel Kayu*, Disertasi Program Doktor, ITB Bandung
- Chen, 2007, Electrochemical coagulation for oily water demulsification, Separation and Purification Technology
- Dewi, Ratni, 2009, Penyisihan COD dan Turbiditi Dalam Limbah Cair Kelapa sawit Dengan Metode Elektrkoagulasi. Laporan Penelitian. Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Fadhil Othman, 2006, Enhancing Suspended solids Removal from Waste Water Using Fe Electrode, Malaysian Journal Of Civil Engineering : 139 – 148.
- M. Faiqun, 2007, Removal of COD and Turbidity to Improve Wastewater Quality Using Electrocoagulation Technique, The Malaysian Journal of Analytical Sciences, Vol. 11 No. 1 : 198 - 205
- Masnur P, 2008, Efektifitas dan Efisiensi Proses Elektrokoagulasi Untuk Penurunan Kekeruhan Air Sumur Dangkal Guna Meningkatkan Kualitas air Minum, Tesis, USU.
- Ponten, 1996, Teknologi Pengolahan Minyak Sawit, Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Sambodo Taliwongso, 2005, Penyisihan Kromium Secara Adsorpsi dengan Menggunakan Lignin, Tesis Program Magister, ITB Bandung.
- Setyawan, Muh Ibnu Budi, 2006, Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis* L.f) Pada Mortar Semen Ditinjau Dari Kuat Tekan, Kuat Tarik Dan Daya Serap Air.skripsi, ITS Surabaya
- Sunardi, 2007, Pengaruh Tegangan Listrik & Kecepatan Alir Terhadap Hasil Pengolahan Limbah Cair Yang mengandung logam Pb, Cd dan TSS Menggunakan Alat Elektrokoagulasi. Seminar Nasional III, SDM Teknologi Nuklir.
- Sukarta, I Nyoman (2008), Adsorpsi Ion Cr^{3+} Oleh Serbuk Gergaji Kayu Albizia (*Albizz falcata*). Tesis Program Magister, IPB Bogor
- Taufik, 2009, Kombinasi Metode Elektrokoagulasi dan Aerasi Untuk Menyisihkan COD Limbah Cair PKS, Tugas Akhir Mahasiswa, Jurusan Teknik Kimia PNL
- Zhuang, et al, 2002, A New Technology For The treatment of Mercury Contaminated Water and Soil, Alberta, Canada