

Pengaruh Laju Alir dan Tegangan pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Metode Reaktor Elektrik Kontinu

1)Della Handayani, 2)Idral Amri, 2)Syamsu Herman

1)Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia 2)Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Laboratorium Teknologi Produk
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
della.handayani@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Palm oil mill effluent continues to grow along with palm oil production in Indonesia. Palm oil mill effluent treatment has been using anaerobic ponds which are not efficient due to the require large areas of land and due to greenhouse gases because they produce CO₂. Electrocoagulation is an alternative technology and advanced technology in treating palm oil mill effluent. Electrocoagulation is a method of coagulation using direct current through the electrochemical process. This research discusses the variation of voltage and flow rate using reactor methods with pollutant parameters such as biological chemical demand, chemical oxygen demand, total suspended solids and acidity (pH). The type of electrodes used is aluminum with voltage variations of 5, 7 and 9 volts and flow rate variations of 3,36; 4,32; and 7,5 L/hour. The sample used came from PTPN V Sei Galuh in Riau. The results obtained by the highest percentage of reduction in BOD were 84.76%; COD of 83.38%; TSS of 88.73% at a voltage of 9 volts and a flow rate of 3,36 L/hour. The results of this research are in accordance with the standard quality standards for palm oil mill effluent in the Minister of Environment Regulation number 5 of 2014.

Keywords: BOD, COD, electrocoagulation, TSS, pH.

1. Pendahuluan

Limbah merupakan hasil sisa dari sebuah proses yang tidak dapat digunakan kembali, apabila limbah ini terlalu banyak dilingkungan maka akan berdampak pada pencemaran lingkungan dan berdampak pada kesehatan masyarakat sekitar. Limbah terbagi menjadi limbah domestik dan non-domestik. Bahan-bahan yang biasanya terkandung pada limbah merupakan bahan yang mudah terbakar, reaktif, beracun, korosif dan lain-lain.

Salah satu industri yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar adalah industri pabrik Kelapa Sawit. Pengolahan limbah cair pabrik Kelapa Sawit selama ini hanya secara konvensional dengan menggunakan kolam penampung. Untuk mengatasi hal ini dibutuhkan teknologi pengolahan limbah cair Kelapa Sawit yang mudah, murah, efektif serta efisien.

Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinyu menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia, yaitu gejala dekomposisi

elektrolit, yang salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium. Dalam proses ini akan terjadi reaksi reduksi dan diendapkan di kutub negatif, sedangkan elektroda positif (Al) akan teroksidasi menjadi Al(OH)₃ yang berfungsi sebagai koagulan yang berfungsi mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam limbah. Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat dua elektroda yang tercelup dalam larutan limbah sebagai elektrolit (Setianingrum dkk., 2016).

Apabila dalam suatu elektrolit ditaruh dua elektroda dan dialirin arus listrik searah, maka akan terjadi proses elektrokimia. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah,

Reaksi Pada Katoda :

Pada katoda terjadi proses reduksi, dimana menghasilkan gas hidrogen dan hidroksida.
 $3\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- \rightarrow 3/2\text{H}_2(\text{g}) + 3\text{OH}^-(\text{aq})$ (1)

Reaksi pada Anoda:

$\text{Al}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^-$ (2)

$\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_{3(\text{s})} + 3\text{H}^+_{(\text{aq})}$ (3)

Dari reaksi tersebut, pada anoda akan dihasilkan gas, buih dan flok $\text{Al}(\text{OH})_3$. Selanjutnya flok yang terbentuk akan mengikat logam dan partikel-partikel yang terdapat pada air limbah, sehingga flok akan mengendap.

Dalam proses elektrokoagulasi menghasilkan gelembung-gelembung gas hidrogen yang dimana membantu kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada dalam air akan terangkat ke atas permukaan air. Flok yang terbentuk relatif kecil sehingga flok-flok yang terbentuk tadi lama kelamaan akan bertambah besar ukurannya.

Penelitian ini menggunakan metode Reaktor Elektrik Kontinu sebagai salah satu alternatif pengolahan limbah cair industri pabrik Kelapa Sawit. Limbah cair yang digunakan berasal dari kolam Fakultatif PTPN V Sei Galuh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan dan laju alir terhadap kadar COD, BOD, TSS dan pH secara elektrokoagulasi.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat yang digunakan

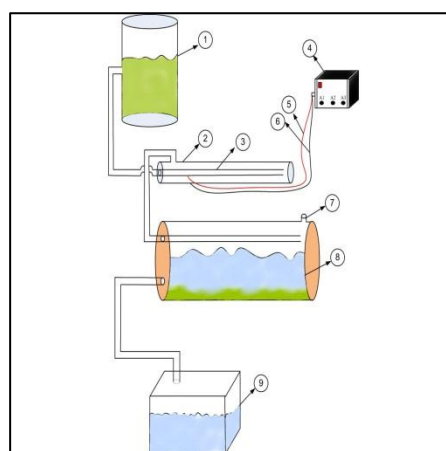
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah unit reaktor elektrokoagulasi (Gambar 1), sumber arus DC, plat elektroda aluminium sepanjang 2 m, pipet ukur 100 mL, gelas ukur 100 mL, neraca analitik, kertas saring grade 934-AH $1,5 \mu\text{m}$, pompa vakum, corong *buchner*, oven, pH meter, botol DO, lemari inkubasi atau *water cooler* suhu $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, pipet volume 10 mL, DO meter, *shaker*, *blender*, spektrofotometer sinar tampak (400 nm sampai dengan 700 nm), kuvet, *digestion vessel*, *heating block*, buret, labu ukur 50 mL, gelas piala, *magnetic stirrer*.



Gambar 1. Reaktor Elektrokoagulasi

2.2 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair pabrik kelapa sawit sebanyak 10 L dari kolam fakultatif, air bebas mineral, larutan buffer fosfat, larutan magnesium sulfat, larutan kalsium klorida, larutan suspensi bibit mikroba, larutan air pengencer, larutan glukosa asam glutamat, larutan H_2SO_4 , NaOH, Na_2SO_3 , inhibitor nitrifikasi Allylthiourea, CH_3COOH , KI, larutan indikator amilum (kanji), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$), larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat ($\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$).



Gambar 2. Rangkaian Alat

Keterangan gambar:

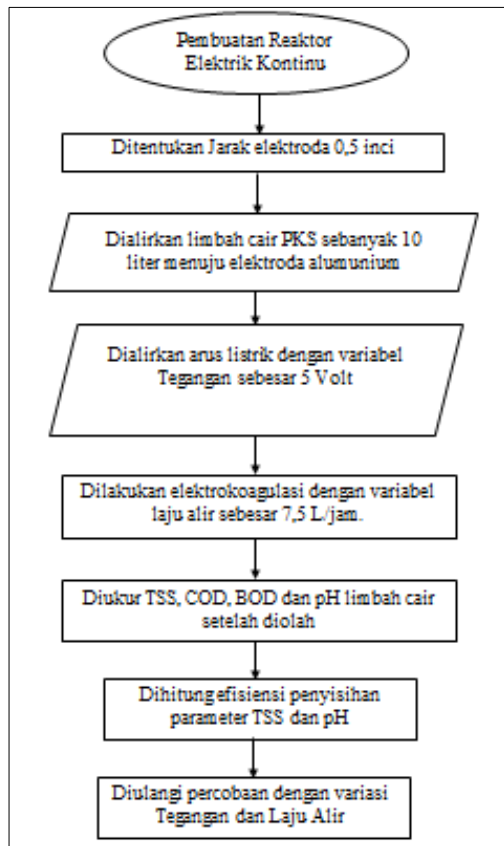
1. Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit
2. Elektroda Luar
3. Elektroda Dalam
4. Power Supply
5. Kabel Merah (-)
6. Kabel Hitam (+)
7. Tempat Pembuangan Gas H_2
8. Separator
9. Air Hasil Olahan

Variabel yang digunakan yaitu variasi tegangan (5V; 7V; dan 9V) dan variasi laju alir (3,36 L/jam ; 4,32 L/jam; dan 7,5 L/jam).

2.3 Prosedur Penelitian

Limbah cair pabrik kelapa sawit awal diuji terlebih dahulu kadar COD, BOD, TSS serta pH nya agar dapat menentukan efisiensi dari penggunaan reaktor elektrik sebagai penghilang kontaminan air limbah.

Prosedur Penelitian



Gambar 3. Flow Diagram Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Penurunan Konsentrasi COD

Pada penelitian ini didapatkan hasil penyisihan konsentrasi COD terhadap tegangan dan laju alir yang ditunjukkan pada tabel 4.

No	Laju Alir (L/jam)	Konsentrasi COD Sisa (mg/L)		
		5 Volt	7 Volt	9 Volt
1	3,36	342	229	104
2	4,32	348	245	116
3	7,5	356	270	124
4	Sampel Awal	626		

Tabel 4. Penurunan Konsentrasi COD pada Variasi Tegangan (V) dan Laju Alir (L/jam)

Penurunan konsentarsi COD tertinggi sebesar 83,38% pada tegangan 9 volt dan laju alir sebesar 3,36 L/jam dari sampel awal sebesar 626 mg/L menjadi 104 mg/L. Penurunan konsentrasi COD dalam elektrokoagulasi disebabkan adanya proses oksidasi dan reduksi didalam reaktor elektrokoagulasi. Pada elektroda terbentuk gas oksigen dan hidrogen yang akan mempengaruhi reduksi COD. Penurunan COD disebabkan flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif. Molekul-molekul pada limbah cair pabrik kelapa sawit terbentuk menjadi flok, partikel koloid pada limbah bersifat mengikat partikel atau senyawa lain yang ada pada limbah misalnya koloid $\text{Al}(\text{OH})_3$ bermuatan positif karena permukaannya mengikat ion H^+ . Prinsip kerja yang terjadi pada elektrokoagulasi sama seperti teori *double layer* yaitu pembentukan flokulasi partikel bersifat adsorpsi, koagulan bermuatan positif akan menyerap ion negatif pada limbah seperti senyawa-senyawa organik dan membentuk flok yang membantu proses penurunan COD.

Menurut penelitian (Koby dkk, 2015) peningkatan laju aliran inlet air limbah rumah sakit dari 0,010 L/mnt menjadi 0,20 L/mnt mengurangi efisiensi penghilangan COD sebesar 77% menjadi 55% untuk elektroda Al. Proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda memberikan efisiensi penghilangan COD lebih tinggi dari 60% untuk semua kondisi operasi kecuali 0,20 L/mnt. Laju aliran yang lebih lambat memungkinkan koagulan yang dihasilkan oleh elektrokimia terlarut dari elektroda dan polutan dalam air limbah untuk bercampur dengan baik dan meningkatkan laju koagulasi.

Penurunan Konsentrasi BOD

Pada penelitian ini didapatkan hasil penurunan konsentarsi BOD terhadap tegangan dan laju alir yang ditunjukkan pada tabel 5.

No	Laju Alir (L/jam)	Konsentrasi BOD Sisa (mg/L)		
		5 Volt	7 Volt	9 Volt
1	3,36	106,8	100,7	76,22
2	4,32	112,5	109,3	77,8
3	7,5	124,7	110,12	80,1
4	Sampel Awal	500,3		

Tabel 5. Penurunan Konsentrasi BOD pada Variasi Tegangan (V) dan Laju Alir (L/jam).

Semakin besar tegangan yang ditambahkan pada proses elektrokoagulasi, maka semakin besar pula energi kimia yang dihasilkan. Energi kimia yang dihasilkan tersebut adalah ion Al^{3+} pada elektroda anoda yang bertindak sebagai koagulan. Maka jika tegangan ditambahkan, koagulan yang terbentuk akan semakin banyak pula. Jika koagulan yang terbentuk semakin banyak, maka polutan-polutan yang akan terikat menjadi flok-flok yang akan mengendap juga semakin banyak. Sehingga limbah menjadi lebih jernih dari sebelumnya. Senyawa-senyawa organik yang tertinggal didalam limbah cair menjadi lebih mudah terdegradasi oleh mikroorganisme (Setianingrum dkk., 2016).

Sedangkan pengaruh laju alir terhadap nilai penyisihan BOD yang dinyatakan sebagai *percent removal* elektrokoagulasi dapat dilihat pada nilai laju alir yang paling kecil yaitu 3,36 L/jam. Diperoleh data bahwa bahwa setiap perubahan laju alir akan menghasilkan *percent removal* yang berbeda. Semakin lambat laju alir yang masuk ke reaktor elektrokoagulasi kontinu, maka semakin tinggi nilai *percent removal* yang diperoleh, hal ini terjadi karena semakin lambat aliran limbah masuk ke reaktor elektrokoagulasi berarti semakin lama waktu kontakannya maka penyisihan BOD juga semakin besar atau nilai BOD semakin menurun.

Penurunan Konsentrasi TSS

Pada penelitian ini didapatkan hasil penurunan konsentrasi TSS terhadap tegangan dan laju alir yang ditunjukkan pada tabel 6.

No	Laju Alir (L/jam)	Kandungan TSS Sisa (mg/L)		
		5 Volt	7 Volt	9 Volt
1	3,36	242	155	114
2	4,32	255	166	125
3	7,5	298	187	127
4	Sampel Awal	1012,00		

Tabel 6. Penurunan Konsentrasi TSS pada Variasi Tegangan (V) dan Laju Alir (L/jam).

TSS merupakan partikel-partikel atau padatan-patadatan yang terdapat pada limbah cair tetapi tidak terlarut. Nilai TSS yang tinggi pada limbah cair dapat dilihat pada kekeruhan limbah cair. Jika limbah cair tampak keruh maka dapat dipastikan nilai TSS pada limbah cair tinggi. Pada tabel 6. menunjukkan bahwa efisiensi penurunan atau *percent removal* konsentrasi TSS yaitu sebesar 88,73% pada tegangan 9 Volt dan laju alir 3,36 L/jam.. Penurunan TSS dikarenakan pertikel partikel yang terkandung air limbah umumnya bermuatan negatif. Ion positif dan negatif yang dihasilkan oleh elektroda akan menstabilkan partikel - partikel yang terkandung didalam limbah.

Perubahan pH

Pada penelitian ini didapatkan perubahan pH (derajat keasaman) terhadap tegangan dan laju alir yang ditunjukkan pada tabel 7.

No	Laju Alir (L/jam)	Power Hydrogen (pH)		
		5 Volt	7 Volt	9 Volt
1	3,36	6,9	8,1	8,3
2	4,32	6,7	7,5	8,2
3	7,5	6,6	7,4	7,9
4	Sampel Awal	5,6		

Tabel 7. Perubahan pH (*Power Hydrogen*) pada Variasi Tegangan (V) dan Laju Alir (L/jam).

Dari tabel 7, dapat diketahui bahwa perubahan pH tertinggi pada variasi tegangan 9 Volt dan laju alir 3,36 L/jam yaitu sebesar 8,3. Kenaikan pH pada proses elektrokoagulasi disebabkan karena pada katoda, elektroda aluminium terjadi reaksi reduksi. Pada proses reaksi reduksi ini akan menghasilkan ion H^+ dan ion OH^- yang akan membentuk air. Tegangan sangat berpengaruh pada proses peningkatan pH dalam elektrokoagulasi dimana jika tegangan ditambah maka semakin banyak pula ion H^+ dan ion OH^- yang terbentuk. Sehingga jika semakin banyak air terbentuk maka pH yang awalnya adalah asam, maka akan menjadi netral hingga basa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa Metoda elektrokoagulasi menggunakan reaktor elektrik secara kontinu mampu menurunkan konsentrasi COD dengan efisiensi *percent removal* sebesar 83,38% dari limbah sampel awal 626 mg/L menjadi 104 mg/L, BOD sebesar 84,76% dari sampel limbah awal 500,3 mg/L menjadi 76,22 mg/L, TSS sebesar 88,73% dari sampel limbah awal 1012,0 menjadi 114 mg/L, serta kenaikan pH dari 5,6 menjadi 8,3.

Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari penelitian ini telah sesuai dengan baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh Permen LH Nomor 5 tahun 2014.

Daftar Pustaka

- Arifandy, I. M. 2017. *Analisis Pengelolaan Lingkungan dan Sosial Ekonomi Masyarakat dalam Implementasi Indonesian Sustainable Palm oil*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Bazrafshan, E., Ferdos, K. M., Mehdi, F., Kamal, A. O., dan Amir, H. M. 2012. *Slaughterhouse Wastewater Treatment by Combined Chemical Coagulation and Electrocoagulation Process*. PloS ONE 7(6).
- Hanum, F., Rondang, T., Muhammad, Y. R., dan William, W. K. 2015. *Aplikasi Elektrokoagulasi dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara, 4(4): 13-17
- Koby, M., Erhan, G., dan Erhan, D. 2016. *Operating Parameters and Costs Assesment of A Real Dyehouse Wastewater Effluent Treated by A Continuous Electrocoagulation Process*. *Chemical Engineering and Processing : Process Intensification*, 101 : 87-100.
- Lavens, P., dan Patrick, S. 1996. *Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome.
- Setianingrum, N., Sarto, dan Agus, P. 2016. *Pengaruh Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Terhadap Pewarna RemazolRed RB dengan Metode Elektrokoagulasi*. Jurnal Teknik Kimia, 1(2): 93-97
- Susetyaningsih, R., Endro, K., dan Prayitno. 2008. *Kajian Proses Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Limbah Cair*. Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5. 2014. *Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakart