

Pengolahan Limbah Cair Industri Minyak Sawit Menggunakan Reaktor Listrik Plat Kolom Secara Kontinu serta dengan Penambahan PAC

Dwi Widyaningsih^a, Idral Amri^b, Desi Heltina^c

^aTeknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru 28291, Indonesia

^bTeknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru 28291, Indonesia

^cTeknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru 28291, Indonesia

INFO ARTIKEL

Article history

Received February 12th 2020

Received in reviewed from
March 10th, 2020

Accepted March 16th 2021

keywords:

electrocoagulation, flow rate,
palm oil industry liquid waste,
spacing between plates, voltage

*corresponding author:

Email: dwipargo@gmail.com

ABSTRACT

Palm oil industrial waste contains various dissolved compounds in the form of short fibers, hemicellulose, and their derivatives, proteins, free organic acids, a mixture of minerals and organic pigments such as anthocyanins, carotenes, polyphenols, lignins and tannins. Organic compounds in this waste will cause problems such as an increase in TSS, COD values which can pollute the environment. The electrocoagulation method has the potential to reduce TSS, TDS, COD content and neutralize pH. The purpose of this study was to determine the effect and optimum conditions of the electrocoagulation process with variations in flow rate, voltage, spacing between plates and the addition of poly aluminum chloride (PAC) coagulants to decrease TSS, COD and pH parameters so that they meet the quality standards of waste in Permen LH. No. 5/2014. The method used is a continuous electrocoagulation process using an aluminum catalyst and the addition of PAC. The variables used in this study were the stress variable (24; 26; 28 V) and the variable flow rate velocity (0.3; 1.2; 2.5 L / min) and the variation of the spacing between the plates (2, 3, 4 cm). The results of this study found that the optimum conditions were obtained at a voltage of 28 volts and a flow rate of 0.3, and a distance between the plates of 2 cm and the addition of 400 ppm PAC with a percentage of TSS removal of 92.093% from 2150 mg / L to 170 mg / L, and a decrease in COD of 85.343% from 1310 mg / L to 192 mg / L. The results obtained show that it is in accordance with the standards of the Ministry of Environment and Forestry Regulation No.5 of 2014.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia dengan tingkat produksi sebesar 36,59 juta ton yang dihasilkan dari perkebunan sawit seluas 14,76 juta hektar. Produksi minyak sawit Indonesia sebagian besar diekspor ke mancanegara yaitu sebesar 29,54 juta ton di tahun 2019 dan sisanya dipasarkan di dalam negeri. Ekspor minyak sawit Indonesia menjangkau lima benua yaitu Asia, Afrika, Australia, Amerika, dan Eropa dengan pangsa utama di Asia, dimana 5,86 juta ton minyak sawit di ekspor ke India, Belanda, Malaysia, Singapura dan Italia (BPS, 2020). Industri ini menjadi diperhitungkan karena keberadaannya memegang peranan penting dalam menambah devisa negara. Selain menghasilkan crude palm oil (CPO), kegiatan produksi dari memproses tandan buah segar (TBS) menjadi CPO juga menghasilkan limbah cair minyak sawit sebanyak 800 - 1000 ton /hari atau 240.000 – 300.000 ton /tahun (Loekito, 2002). Apabila limbah cair ini tidak dikelola dengan baik, maka akan mencemari lingkungan khususnya pada sungai dan tanah.

Kandungan padatan terlarut pada limbah cair industri minyak sawit dihasilkan dari lignoselulosa buah sawit. Lignoselulosa ini terdiri dari lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Limbah cair industri minyak jika dibuang langsung di kolam terbuka atau badan air seperti sungai, rawa dan danau dapat menghasilkan gas metana dan gas lainnya sehingga akan menyebabkan efek rumah kaca (Sari, 2015).

POME memiliki karakteristik suhu antara 600C- 800C, pH 3,3-4,6, kental, berwarna kecoklatan, minyak dan lemak kandungan padatan, COD dan BOD yang tinggi. Pabrik sawit menghasilkan 0,7–1m³ POME untuk setiap ton TBS. POME mengandung Kalsium, Magnesium, Nitrogen dan Kalium, sehingga dapat digunakan sebagai pupuk. Untuk dijadikan pupuk, POME dapat menyebabkan vegetasi mati dan mengkontaminasi tanah sehingga harus diolah terlebih dahulu (Zulkifli, 2016)

Dari permasalahan-permasalahan yang ada pada limbah cair sawit, perlu dilakukan pengolahan limbah tersebut salah satunya dengan menggunakan reaktor listrik. Reaktor listrik merupakan alat yang digunakan untuk mengolah limbah cair sawit secara elektrokimia dimana pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen, sedangkan pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam ke dalam larutan.

Reaktor listrik adalah salah satu alat yang digunakan untuk menurunkan kadar BOD, COD, TSS dan pH. Metode pada reaktor listrik dikenal dengan elektrokoagulasi dimana merupakan proses koagulasi atau penggumpalan dengan tenaga listrik melalui proses elektrolisis yang bertujuan untuk mengurangi partikel-partikel yang terlarut di dalam air. Untuk mengurangi pencemaran air, sebelum limbah tersebut dibuang ke sungai maka diperlukan pengolahan limbah terlebih dahulu. Elektrokoagulasi memiliki prinsip dasar reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, peristiwa oksidasi terjadi di elektroda (+) yaitu anoda, sedangkan reduksi terjadi di elektroda (-) yaitu katoda. Reaksi yang terlibat dalam elektrokoagulasi adalah elektroda dan air yang diolah, air limbah berfungsi sebagai larutan elektrolit. Elektrokoagulasi mampu menyisihkan berbagai jenis polutan dalam air, yaitu warna pada zat pewarna, partikel tersuspensi, logam-logam berat, dan berbagai zat lainnya (Wiyanto dkk, 2014).

2. METODOLOGI

2.1 Bahan dan Alat

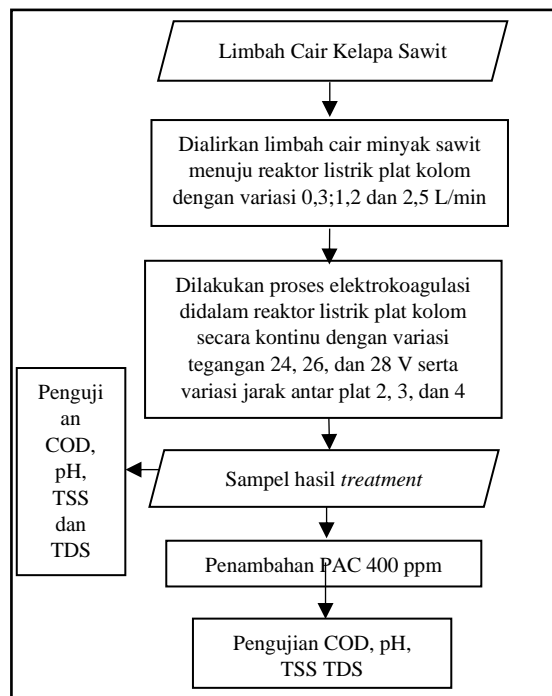
Bahan yang digunakan adalah limbah cair industri minyak sawit yang diambil dari kolam limbah nomor empat di PTPN V Sei Pagar, Kampar. Karakteristik limbah cair industri minyak sawit dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Karakteristik limbah cair industri minyak sawit

Parameter	Kadar (mg/L)
TSS	2150 mg/L
TDS	1634
COD	1310 mg/L
PH	7,24

Alat yang digunakan adalah 1 set alat elektrokoagulasi beserta plat aluminiumnya dengan ukuran tinggi 50 cm dan diameter 10 cm, power suplay dan bak penampungan akhir. Reaktor listrik plat kolom memiliki volume 38 liter.

2.3 Prosedur Penelitian



Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya, yaitu:

1. Pengujian Sampel Awal

Limbah cair industri minyak sawit awal sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi di uji kandungan TSS, BOD dan pH.

2. Proses Elektrokoagulasi

Limbah cair industri minyak sawit yang telah di uji karakteristik awalnya di alirkan ke dalam reaktor melalui pipa secara kontinu. Setelah itu Power Supply DC disambungkan ke arus listrik, dengan variasi tegangan 24, 26, dan 28 V pada laju alir 0,3;1,2 dan 2,5 L/min serta pada jarak antar plat 2, 3, 4 cm. Kemudian, sampel hasil proses elektrokoagulasi di uji kandungan TSS, BOD dan pH. Setelah proses elektrokoagulasi dilakukan penambahan PAC dengan dosis 400 ppm kedalam limbah cair industry minyak sawit setelah proses elektrokoagulasi. Selanjutnya dilakukan uji kandungan TSS, BOD dan pH setelah dilakukan penambahan PAC.

3. PEMBAHASAN

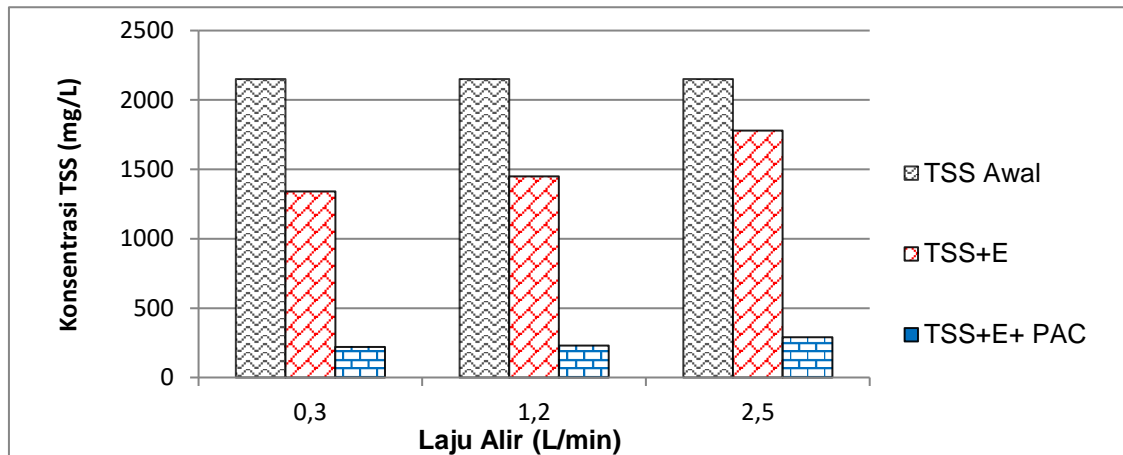
3.1 Pengaruh variasi laju alir terhadap pengolahan limbah cair industri minyak sawit

Kecepatan laju alir akan mempengaruhi waktu tinggal dari sampel limbah cair yang mengalir dalam reaktor listrik plat kolom selama proses elektrokoagulasi berlangsung. Semakin tinggi laju alir maka nilai persen penyisihan TSS, COD semakin sedikit. Pada penelitian ini dilakukan tiga variasi kecepatan laju alir yaitu 0,3; 1,2 dan 2,5 L/menit. Semua variasi laju alir tersebut dilakukan pada tegangan 26 V dan jarak antar plat 3 cm. Selanjutnya sampel yang dihasilkan dianalisis untuk menentukan kandungan TSS, COD dan pH nya.

3.1.1 Total suspended solid (TSS)

TSS merupakan salah satu parameter yang dianalisis dalam penelitian ini. Konsentrasi TSS sampel awal sebesar 2150 mg/L, yang belum memenuhi baku mutu Permen LH No.5

Tahun 2014 yaitu sebesar 250 mg/L. Adapun hasil analisis TSS pada variabel laju alir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh laju alir terhadap perubahan konsentrasi TSS pada tegangan 26 V dan jarak antar plat 3 cm dengan penambahan PAC dan tanpa penambahan PAC.

Pada Gambar 1 hasil pengolahan reaktor listrik diperoleh bahwa penurunan konsentrasi TSS tertinggi diperoleh pada laju alir 0,3 L/min dengan konsentrasi TSS sebesar 1340 mg/L dengan nilai persen penyisihan sebesar 37,674%, sedangkan penurunan konsentrasi terendah diperoleh pada laju alir 2,5 L/min yaitu sebesar 1780 mg/L dengan nilai persen penyisihan sebesar 17,209%. Dalam penelitian ini metode penghilangan konsentrasi limbah menggunakan reaktor listrik plat kolom belum menghasilkan nilai TSS yang memenuhi nilai ambang batas maksimum yang diatur oleh Permen LH No.5 Tahun 2014 yaitu sebesar 250 mg/L sehingga dilakukan modifikasi metode dengan cara menambahkan PAC (*Poly Aluminium Chloride*).

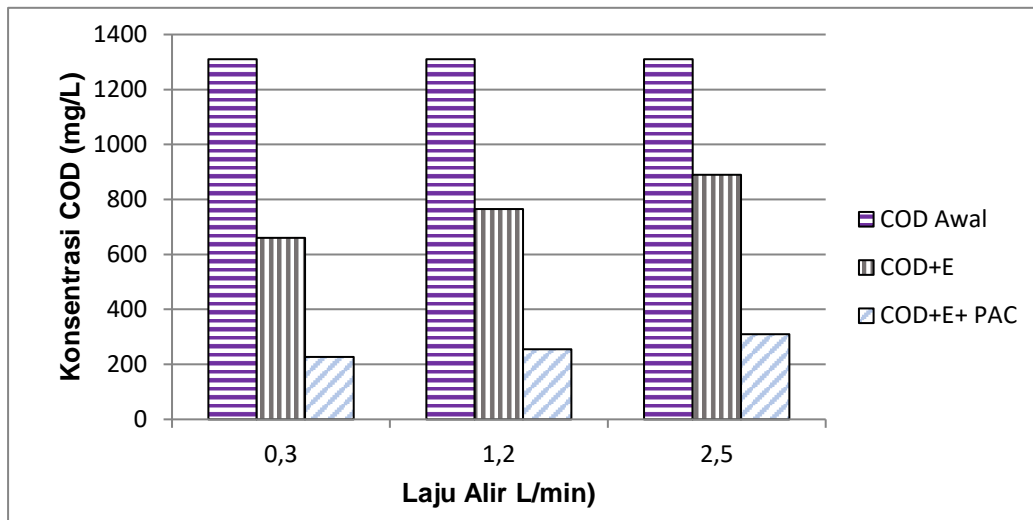
Konsentrasi TSS setelah penambahan PAC juga menyebabkan konsentrasi TSS menurun yaitu sebesar 220 mg/L dengan nilai persen penyisihan 89,767% pada laju alir 0,3 L/min dan 290 mg/L dengan nilai persen penyisihan 86,511% pada laju alir 2,5 L/min. Berdasarkan Gambar 1 konsentrasi TSS menurun seiring dengan penurunan laju alir dan sebaliknya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hernaningsih (2016) yang menyatakan bahwa semakin cepatnya laju alir air sampel maka waktu reaksi yang terjadi semakin cepat sehingga semakin sedikit flok-flok yang terbentuk.

Dalam penelitian Amri dkk, (2020) menggunakan reaktor listrik plat kolom untuk mengolah limbah tahu diperoleh persen penyisihan TSS sebesar 72,17% dengan laju alir yang digunakan 0,087 L/min. Penurunan konsentrasi TSS dalam penelitian Kim dkk, (2002) mencapai 99,5% dengan laju alir 0,5 L/min. Dalam penelitian ini persen penyisihan yang diperoleh lebih rendah dibandingkan penelitian dari Amri dkk, (2020) dan Kim dkk, (2002) dikarenakan laju alir yang digunakan lebih tinggi yaitu sebesar 0,3 L/min.

Hasil pengolahan limbah POME menggunakan reaktor listrik plat kolom dan dengan penambahan PAC telah memenuhi nilai ambang batas yang diatur Permen LH No.5 Tahun 2014.

3.1.2 Chemical oxygen demand (COD)

Konsentrasi COD awal sampel yaitu sebesar 1310 mg/L yang belum memenuhi baku mutu yaitu sebesar 350 mg/L sehingga dilakukan proses elektrokoagulasi dengan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh laju alir terhadap perubahan konsentrasi COD pada tegangan 26 V dengan jarak antar plat 3 cm dengan penambahan PAC dan tanpa penambahan PAC

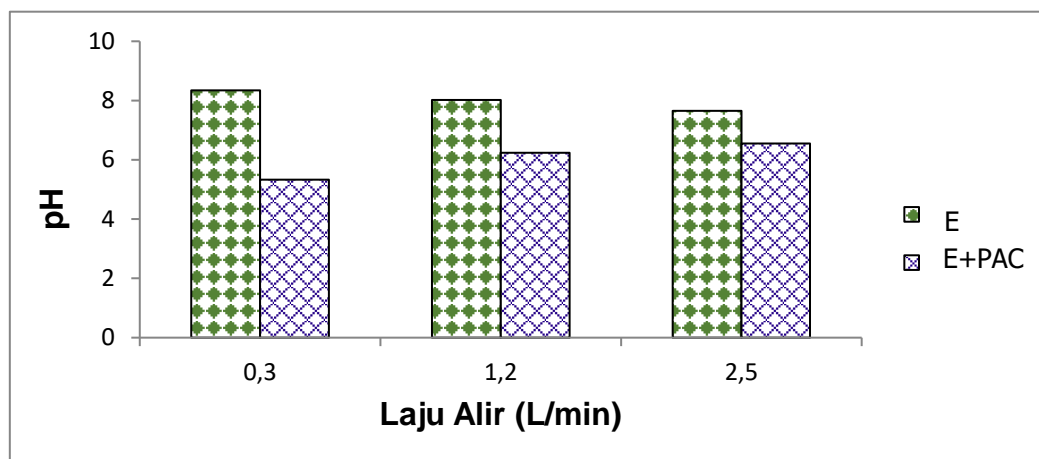
Pada Gambar 2 hasil pengolahan reaktor listrik dapat diperoleh bahwa penurunan konsentrasi COD tertinggi diperoleh pada laju alir 0,3 L/min yaitu sebesar 660 mg/L dengan nilai persen penyisihan 49,618%. Sedangkan penurunan konsentrasi terendah diperoleh pada laju alir 2,5 L/min yaitu sebesar 890 mg/L dengan nilai persen penyisihan 32,061%. Dalam penelitian ini metode penghilangan konsentrasi limbah menggunakan reaktor listrik plat kolom belum menghasilkan nilai COD yang memenuhi nilai ambang batas maksimum yang diatur oleh Permen LH No.5 Tahun 2014 yaitu sebesar 350 mg/L sehingga dilakukan modifikasi metode dengan cara menambahkan PAC (*Poly Aluminium Chloride*).

Konsentrasi COD setelah penambahan PAC juga menyebabkan konsentrasi COD menurun yaitu sebesar 227 mg/L dengan nilai persen penyisihan 82,671% pada laju alir 0,3 L/min dan 310 mg/L nilai persen penyisihan 76,335% pada laju alir 2,5 L/min. Berdasarkan Gambar 2 konsentrasi COD menurun seiring dengan penurunan laju alir dan sebaliknya. Hal ini disebabkan semakin sedikitnya pembentukan flok-flok dikarenakan semakin cepatnya laju alir air sampel (Hernaningsih, 2016).

Koby dkk, (2016) telah juga melakukan penelitian menggunakan reaktor listrik plat kolom untuk mengolah limbah rumah tangga dan memperoleh persen penyisihan sebesar 85% dengan laju alir 0,01 L/min. Persen penyisihan dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan penelitian Koby dkk, (2016) dikarenakan laju alir yang digunakan lebih besar yaitu 0,3 L/min.

3.1.3 pH

Pengaruh Laju alir terhadap pH dapat dilihat pada Gambar 3 dengan variasi laju alir 0,3; 1,2 dan 2,5 L/min menggunakan tegangan 26 V dan jarak antar plat sebesar 3 cm.



Gambar 3. Pengaruh Laju alir Terhadap pH pada Tegangan 26 V dan Jarak Antar Plat 3 cm

Pada Gambar 3 hasil pengolahan reaktor listrik diperoleh hasil pengaruh laju alir tanpa penambahan PAC terhadap pH. Pada laju alir 0,3 L/min diperoleh pH sebesar 8,34 sedangkan pada laju alir 1,2 L/min diperoleh nilai pH 8,02 dan pada laju alir 2,5 L/min nilai pH diperoleh nilai 7,65. Pengaruh laju alir yang diberikan terhadap pH adalah saat semakin lambat laju alir yang diberikan akan mengakibatkan nilai pH meningkat dan semakin cepat laju alir yang diberikan maka peningkatan nilai pH akan semakin kecil. Semakin lambat laju alir air sampel maka waktu kontak dengan permukaan elektroda akan semakin lama sehingga ion-ion yang bereaksi semakin banyak dan ion OH^+ yang dihasilkan melalui reduksi air pada katoda semakin banyak sehingga nilai pH atau kebasahan dari air limbah yang diolah akan semakin meningkat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lambat laju alir air sampel pada proses elektrokagulasi, maka perubahan nilai pH akan semakin besar (Hernaningsih, 2016). Nilai pH saat penambahan PAC pada laju alir 0,3 L/min adalah 5,33 sedangkan pada laju alir 1,2 L/min diperoleh nilai pH 6,24 dan saat laju alir 2,5 L/min adalah sebesar 6,55. Nilai pH air limbah POME hasil penjernihan menggunakan PAC akan semakin rendah dengan ditambahnya PAC. Hal ini disebabkan PAC yang ditambahkan dalam sampel air limbah POME, mengakibatkan banyaknya ion H^+ yang dilepaskan dalam air (Budiman dkk, 2008). Penurunan pH setelah penambahan PAC terjadi dikarenakan terbentuknya ion H^+ . Dengan ditambahkan PAC kondisi pH menjadi turun.

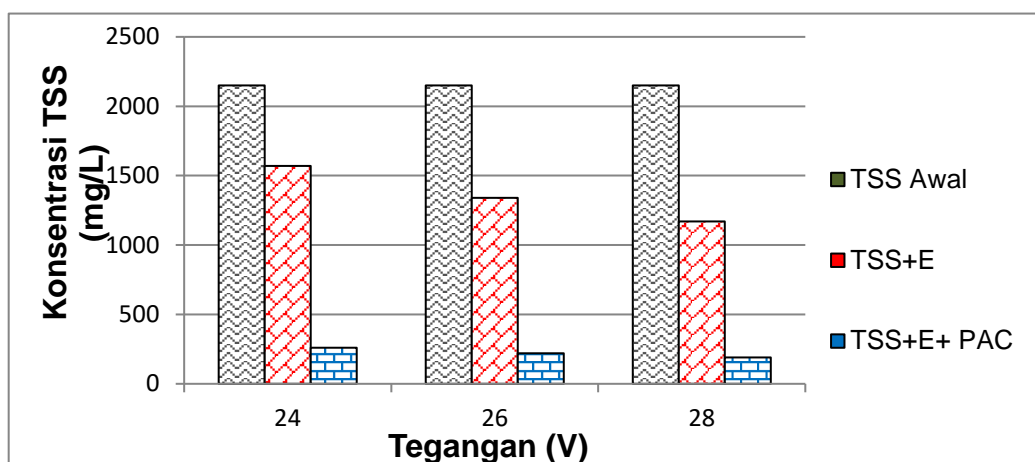
Nilai pH yang diperoleh dari proses elektrokoagulasi menggunakan reaktor listrik plat kolom telah memenuhi baku mutu limbah yang diatur oleh Permen LH No. 5 Tahun 2014 yaitu dalam *range* pH 6-9.

3.2 Pengaruh variasi tegangan terhadap pengolahan limbah cair industri minyak sawit

Variasi tegangan dilakukan sebanyak tiga variasi yaitu 24 V, 26 V dan 28 V pada laju alir 0,3 L/menit dan dengan jarak antar plat sebesar 3 cm. Semakin tinggi tegangan maka semakin tinggi pula persen penyisihan yang diperoleh.

3.2.1 Total suspended solid (TSS)

Konsentrasi TSS sampel awal sebesar 2150 mg/L belum memenuhi baku mutu Permen LH No.5 Tahun 2014 yaitu sebesar 250 mg/L, sehingga diperlukan treatment untuk memenuhi baku mutu tersebut. Adapun hasil analisis TSS pada berbagai variasi tegangan ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh tegangan terhadap perubahan konsentrasi TSS pada laju alir 0,3 L/min dan jarak antar plat 3 cm dengan penambahan PAC dan tanpa penambahan PAC.

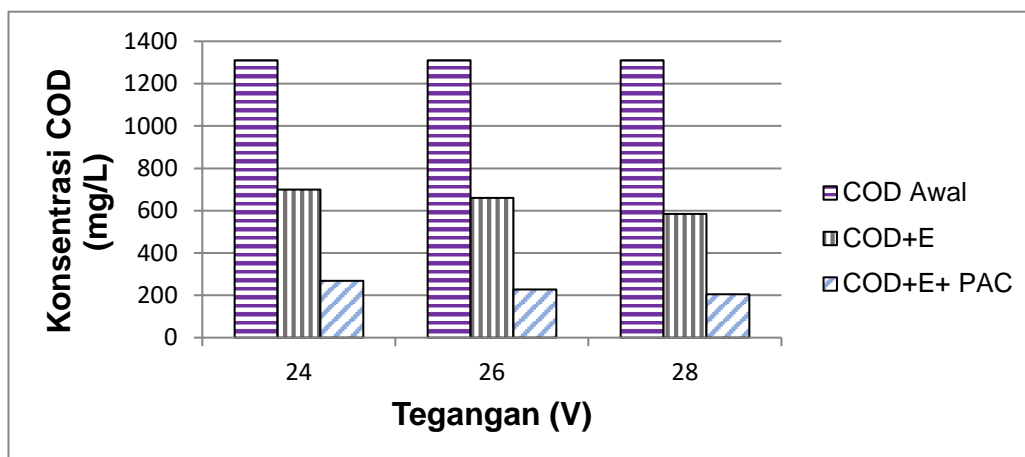
Pada Gambar 4 hasil pengolahan reaktor listrik dapat diperoleh bahwa penurunan konsentrasi TSS tertinggi terjadi pada tegangan 28 V yaitu sebesar 1170 mg/L dengan nilai persen penyisihan 45,581%. Sedangkan penurunan konsentrasi TSS terendah terjadi pada tegangan 26 V yaitu sebesar 1570 mg/L dengan nilai persen penyisihan 26,977%. Dalam penelitian ini metode penghilangan konsentrasi limbah menggunakan reaktor listrik plat kolom belum menghasilkan nilai TSS yang memenuhi nilai ambang batas maksimum yang diatur oleh Permen LH No.5 Tahun 2014 250 mg/L sehingga dilakukan modifikasi metode dengan cara menambahkan PAC (*Poly Aluminium Chloride*).

Konsentrasi TSS setelah penambahan PAC juga menyebabkan konsentrasi TSS menurun yaitu sebesar 190 mg/L pada tegangan 28 V dengan nilai persen penyisihan 91,163% dan 260 mg/L pada Tegangan 24 V dengan nilai persen penyisihan 87,907%. Dalam penelitian ini, semakin tinggi tegangan yang digunakan maka akan memperbesar penurunan konsentrasi TSS. Hal ini disebabkan semakin besar tegangan yang diberikan maka akan semakin banyak pula logam aluminium yang larut dan akan bertindak sebagai koagulan untuk mengikat kontaminan pada limbah tersebut (Ridantami dkk, 2016).

Dari hasil penelitian ini diperoleh persen penyisihan TSS 91,163% Sedangkan pada penelitian Bazrafshan dkk, (2013) memperoleh persen penyisihan sebesar 97,75 % dengan menggunakan tegangan 60 V. Tingginya persen penyisihan pada penelitian Bazrafshan dkk, (2013) adalah karena penggunaan tegangan yang sangat tinggi. Fungsi tegangan dalam penelitian ini adalah untuk menghasilkan OH^\cdot (radikal bebas hidroksil) yang cukup untuk menghancurkan polutan (Picard dkk, 2002).

3.2.2 Chemical oxygen demand (COD)

Hasil analisis COD pada berbagai variasi tegangan ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh tegangan terhadap perubahan konsentrasi COD pada laju alir 0,3 L/menit dan jarak antar plat 3 cm dengan penambahan PAC dan tanpa penambahan PAC

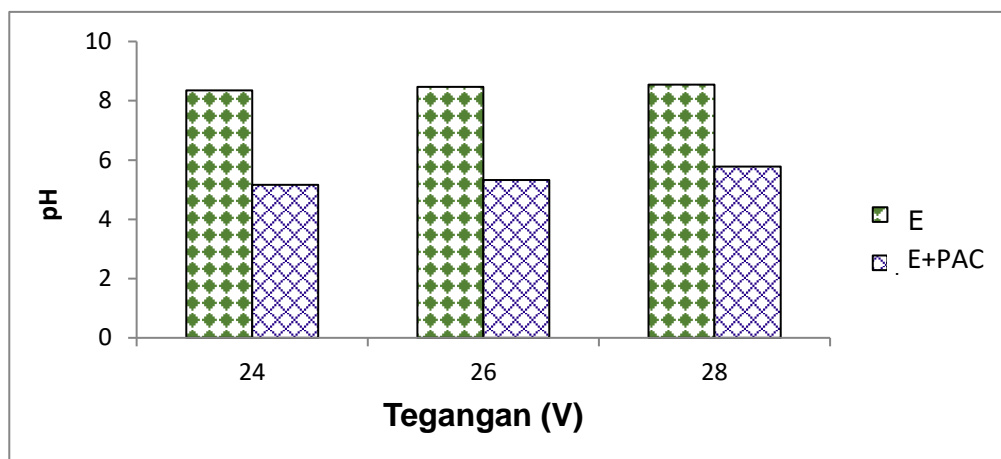
Pada Gambar 5 hasil pengolahan reaktor listrik dapat diperoleh bahwa penurunan konsentrasi COD tertinggi terjadi pada tegangan 28 V yaitu sebesar 585 mg/L dengan nilai persen penyisihan 55,343%. Sedangkan penurunan konsentrasi terendah terjadi pada tegangan 24 V yaitu sebesar 700 mg/L dengan nilai persen penyisihan 46,564%. Dalam penelitian ini metode penghilangan konsentrasi limbah menggunakan reaktor listrik plat kolom belum menghasilkan nilai COD yang memenuhi nilai ambang batas maksimum yang diatur oleh Permen LH No.5 Tahun 2014 yaitu sebesar 350 mg/L sehingga dilakukan modifikasi metode dengan cara menambahkan PAC (*Poly Aluminium Chloride*).

Konsentrasi COD setelah penambahan PAC juga menyebabkan konsentrasi COD menurun yaitu sebesar 205 mg/L dengan nilai persen penyisihan 84,351% pada tegangan 28 V dan 268 mg/L dengan nilai persen penyisihan 79,542% pada tegangan 24V. Berdasarkan Gambar 5 konsentrasi COD menurun seiring dengan penurunan tegangan dan sebaliknya. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Rindatami dkk, (2017) yang menyatakan bahwa naiknya tegangan akan menyebabkan naiknya arus pada proses elektrokoagulasi, sehingga akan meningkatkan oksidasi dari elektroda aluminium.

Wahyulis dkk, (2014) telah melakukan penelitian menggunakan reaktor listrik plat kolom untuk mendegradasi limbah kromium dalam air menggunakan tegangan 8 volt dan memperoleh persen penyisihan terbaik sebesar 98,82%. Pendegradasian limbah POME menggunakan reaktor listrik plat kolom juga dilakukan oleh Sayuti dan Azoddien dkk (2015) dan memperoleh persen penyisihan COD terbaik 99,25% dengan menggunakan tegangan sebesar 100 Volt.

3.2.3 pH

Peningkatan pH dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang diberikan. Peningkatan pH tersebut disebabkan oleh adanya pelepasan ion OH^- di katoda. Masing-masing tegangan menghasilkan perubahan pH yang berbeda, seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 7. Pengaruh tegangan terhadap pH pada laju alir 0,3 L/menit dan jarak antar plat 3 cm

Berdasarkan data pada Gambar 7 hasil pengolahan reaktor listrik, dapat diketahui bahwa tegangan 24 V diperoleh nilai pH 8,35. Sedangkan tegangan 26 V diperoleh nilai pH 8,47 dan tegangan 28 V diperoleh pH sebesar 8,54. Semakin tinggi tegangan yang diberikan maka semakin banyak ion OH^- yang dilepaskan sehingga akan meningkatkan nilai pH. Dalam proses elektrokoagulasi, ion OH^- dihasilkan dari proses reduksi air (H_2O) di katoda. Banyaknya ion tersebut mempengaruhi besarnya pH yang diukur (Hernaningsih, 2016).

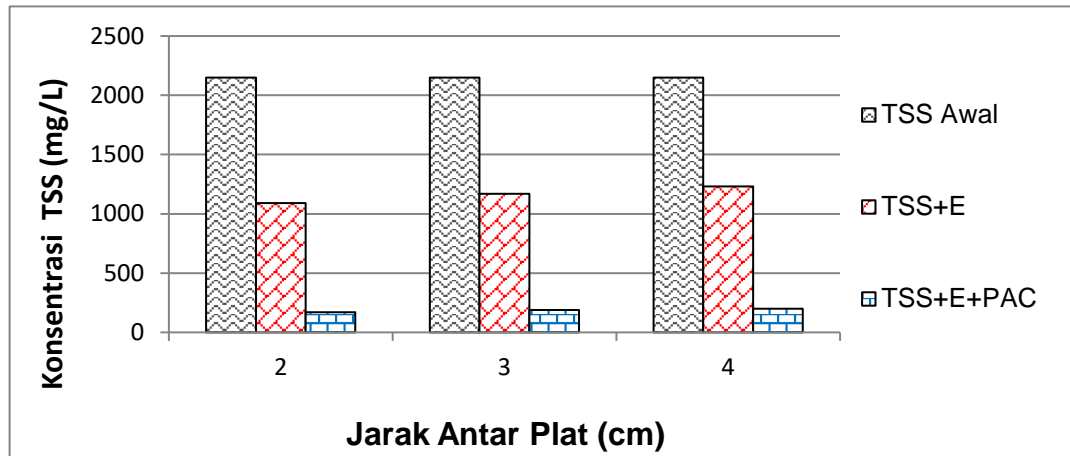
Kondisi pH setelah penambahan PAC cenderung menurun dibanding tanpa penambahan PAC dengan nilai berturut-turut 5,16; 5,33; 5,78 pada tegangan 24, 26 dan 28 V. Hal ini dikarenakan penambahan PAC sebagai koagulan akan menyebabkan pH limbah cair mengalami penurunan atau bersifat asam (Andriani dkk, 2017). Penurunan pH setelah penambahan PAC terjadi dikarenakan terbentuknya ion H^+ . Dengan ditambahkan PAC kondisi pH menjadi turun. Hal ini tidak berpengaruh terhadap penyisihan TSS, TDS dan COD yang diperoleh.

3.4 Pengaruh variasi jarak antar plat terhadap pengolahan limbah cair industri minyak sawit

Variasi jarak antar plat dilakukan sebanyak tiga variasi yaitu 2, 3 dan 4 cm pada laju alir 0,3 L/menit dan dengan tegangan sebesar 28 V. Semakin besar jarak antar plat yang digunakan maka nilai persen penyisihan TSS dan COD akan semakin kecil.

3.4.1 Total suspended solid (TSS)

Konsentrasi TSS sampel awal sebesar 2150 mg/L belum memenuhi baku mutu Permen LH No.5 Tahun 2014 yaitu sebesar 250 mg/L, sehingga diperlukan treatment untuk memenuhi baku mutu tersebut. Adapun hasil analisis TSS pada berbagai variasi jarak antar plat ditampilkan pada Gambar 8.



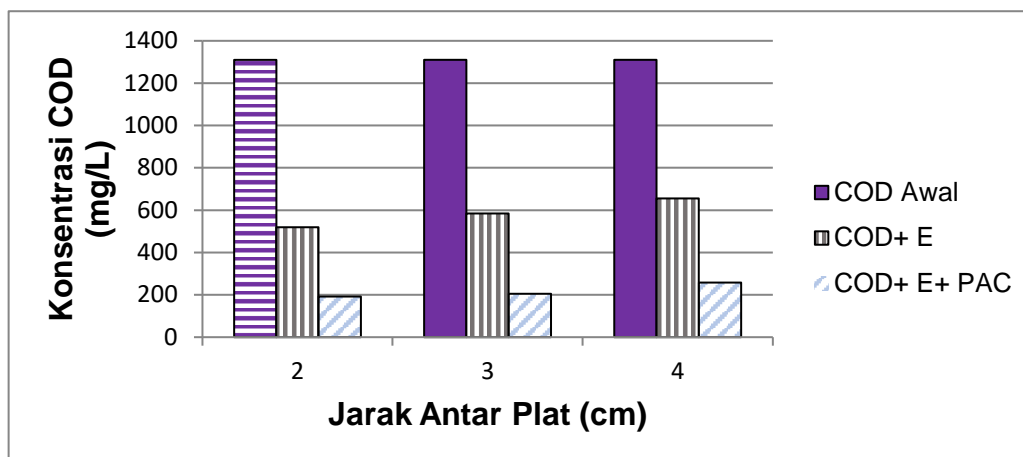
Gambar 9. Pengaruh jarak antar plat terhadap perubahan konsentrasi TSS pada laju alir 0,3 L/menit dan tegangan 28 V

Pada Gambar 9 dapat diperoleh bahwa penurunan konsentrasi tertinggi terjadi pada jarak antar plat 2 cm yaitu sebesar 1090 mg/L dengan nilai persen penyisihan 49.302%. sedangkan penurunan konsentrasi terendah diperoleh pada jarak antar plat 4 cm yaitu sebesar 1230 mg/L dengan nilai persen penyisihan 42,790%. Hasil ini belum memenuhi baku mutu syarat air limbah sehingga dilakukan modifikasi dengan menambahkan PAC.

Konsentrasi TSS setelah penambahan PAC juga menyebabkan konsentrasi TSS menurun yaitu sebesar 170 mg/L dengan nilai persen penyisihan 92.093% pada jarak antar plat 2 cm dan 200 mg/L dengan nilai persen penyisihan 90,697% pada jarak antar plat 4 cm. Berdasarkan Gambar 9 konsentrasi TSS menurun seiring dengan penurunan jarak antar plat. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Naje dkk, (2015) yang menyatakan bahwa penurunan persen penyisihan pengolahan terjadi saat jarak antara elektroda semakin diperbesar karena adanya hambatan arus yang besar sehingga menyebabkan konduktivitas menurun. Al-Shannag dkk, (2012) telah melakukan penelitian menggunakan reaktor listrik plat kolom dalam mengurai limbah industri kertas dan memperoleh persen penyisihan terbaik sebesar 64 % menggunakan jarak antar plat sebesar 3 cm.

3.4.2 Chemical oxygen demand (COD)

Konsentrasi COD sebesar 1310 mg/L belum memenuhi baku mutu Permen LH No.5 Tahun 2014 yaitu sebesar 350 mg/L, sehingga diperlukan treatment untuk memenuhi baku mutu tersebut. Adapun hasil analisis COD pada berbagai variasi jarak antar plat ditampilkan pada Gambar 10.



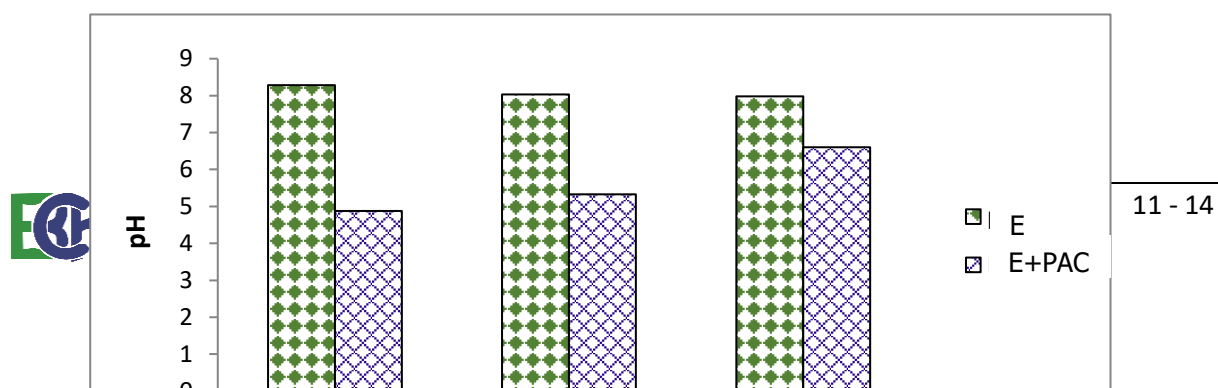
Gambar 11. Pengaruh jarak antar plat terhadap perubahan konsentrasi COD pada laju alir 0,3 L/menit dan tegangan 28 V dengan penambahan PAC dan tanpa penambahan PAC

Pada Gambar 11 dapat diperoleh bahwa penurunan konsentrasi COD tertinggi terjadi pada jarak antar plat yaitu sebesar 520 mg/L dengan nilai persen penyisihan 60,305%. sedangkan penurunan konsentrasi terendah terjadi pada jarak antar plat 4 cm yaitu sebesar 655 mg/L dengan nilai persen penyisihan 50%. Dalam penelitian ini metode penghilangan konsentrasi limbah menggunakan reaktor listrik plat kolom belum menghasilkan nilai COD yang memenuhi nilai ambang batas maksimum yang diatur oleh Permen LH No.5 Tahun 2014 yaitu 350 mg/L sehingga dilakukan modifikasi metode dengan cara menambahkan PAC (*Poly Aluminium Chloride*).

Konsentrasi COD setelah penambahan PAC juga menyebabkan konsentrasi COD menurun yaitu sebesar 192 mg/L dengan nilai persen penyisihan 85,343% pada jarak antar plat 2 cm dan 258 mg/L dengan nilai persen penyisihan 80,305% pada jarak antar plat 4 cm. Berdasarkan Gambar 11 konsentrasi COD menurun seiring dengan ukuran jarak antar plat yang besar. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Aminoto & Mulyaningtyas, (2019) dalam penelitiannya mengenai proses elektrokoagulasi dalam limbah cair industri tahu yang menyatakan bahwa semakin kecil jarak elektroda maka penurunan konsentrasi COD semakin optimal.

3.4.3 pH

Peningkatan pH dipengaruhi oleh besarnya jarak antar plat yang diberikan. Peningkatan pH tersebut disebabkan oleh adanya pelepasan ion OH^- di katoda. Masing-masing jarak antar plat menghasilkan perubahan pH yang berbeda, seperti yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengaruh Jarak Antar Plat Pada Laju Alir 0,3 L/Menit dan Tegangan 28 V Terhadap pH dengan penambahan PAC dan tanpa penambahan PAC

Berdasarkan data pada Gambar 12 dapat diketahui bahwa perubahan pH tertinggi terjadi pada jarak antar plat 2 cm, yaitu 8,28. Sedangkan perubahan pH terendah terjadi pada jarak antar plat 4 cm yaitu 7,98. Jarak antar plat yang semakin dekat mengakibatkan reaksi yang terjadi semakin sering terjadi sehingga akan mengakibatkan banyaknya ion OH^- yang terlepas sehingga meningkatkan nilai pH dalam cairan. (Sandi dkk, 2019). Penurunan pH setelah penambahan PAC terjadi dikarenakan terbentuknya ion H^+ . Dengan ditambahkan PAC kondisi pH menjadi turun. Hal ini tidak berpengaruh terhadap penyisihan TSS, TDS dan COD yang diperoleh.

4. KESIMPULAN

1. Semakin tinggi laju alir maka semakin rendah persen penyisihan TSS, dan COD dan nilai pH.
2. Semakin tinggi tegangan yang digunakan maka persen penyisihan TSS, COD dan pH semakin meningkat.
3. Semakin panjang jarak antar plat yang digunakan maka persen penyisihan TSS, COD dan pH akan semakin rendah.
4. Kondisi optimum diperoleh pada penelitian ini: kecepatan laju alir 0,3 L/min, tegangan 28 V, jarak antar plat 2 cm dan penambahan PAC 400 ppm dengan perolehan nilai persen penyisihan TSS 92,093%, TDS 92,405% dan COD 85,343%.
5. Proses pengolahan limbah menggunakan reaktor listrik plat kolom secara kontinu dengan penambahan PAC telah berhasil menurunkan konsentrasi limbah cair industri minyak sawit yang sesuai dengan Permen LH No. 5 Tahun 2014.

DAFTAR USTAKA

- Al-Shannag, M., Lafi, W., Bani-Melhem, K., Gharagheer, F., & Dhaimat, O. (2012). *Reduction of COD and TSS from Paper Industries Wastewater using Electro-Coagulation and Chemical Coagulation. Separation Science and Technology*, 47(5), 700–708
- Aminoto, M. F., & Mulyaningtyas, A (2019). *Pengaruh Voltase Dan Jarak Elektroda Terhadap Nilai Bod, Cod, pH Dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu Dengan Metode Elektrokoagulasi* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Amri, I., & Awalsya, F. (2020). Pengolahan limbah cair industri pelapisan logam dengan proses elektrokoagulasi secara kontinyu. *CHEM PUBLISH JOURNAL*, 5(1), 15-26.
- Amri, I., & Destinefa, P. (2020). Pengolahan limbah cair tahu menjadi air bersih dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu. *CHEM PUBLISH JOURNAL*, 5(1), 57-67.

- Amri, I., & Nurjanah, I. (2019). Netralisasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Metoda Elektrokoagulasi dengan Elektroda Al-Al dengan Variabel Waktu Proses dan Ketebalan Plat. *Journal of Bioprocess, Chemical and Environmental Engineering Science*, 1(1), 6-11.
- Andriani, F., Darundiati, Y. H., & Dangiran, H. L. (2017). Efektivitas Pac (Poly Aluminium Chloride) Dalam Menurunkan Kadar Fosfat Pada Limbah Cair Rumah Sakit Jiwa Prof. Dr. Soerojo Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 5(5), 659-665.
- Bazrafshan, E., Mostafapour, F. K., Farzadkia, M., Ownagh, K. A., & Mahvi, A. H. (2012). Slaughterhouse wastewater treatment by combined chemical coagulation and electrocoagulation process. *PloS one*, 7(6), e40108.
- Bazrafshan, E., Moein, H., Kord Mostafapour, F., & Nakhaie, S. (2013). Application of electrocoagulation process for dairy wastewater treatment. *Journal of Chemistry*.2013.
- BPS. (2020). Ekspor Minyak Kelapa Sawit Menurut Negara Tujuan Utama, 2012-2019. www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/1026/ekspor-minyak-kelapa-sawit-menurut-negara-tujuan-utama-2012-2019.html. Diakses tanggal 20 Maret 2021.
- Budiman, A., Wahyudi, C., Irawati, W., & Hindarso, H. (2017). Kinerja koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam penjernihan air Sungai Kalimas Surabaya menjadi air bersih. *Widya Teknik*, 7(1), 25-34.
- Hernaningsih, T. (2016). Tinjauan teknologi pengolahan air limbah industri dengan reviews of electrocoagulation process on waste water treatment. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 9(1), 31-46.
- Kim, T. H., Park, C., Shin, E. B., & Kim, S. (2002). Decolorization of disperse and reactive dyes by continuous electrocoagulation process. *Desalination*, 150(2), 165-175.
- Kurniawan, B. (2006). *Analisis Kualitas Air Sumur Sekitar Wilayah Tempat Pembuangan Akhir Sampah*. Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor Bogor.
- Kobyas, M., Gengec, E., & Demirbas, E. (2016). Operating parameters and costs assessments of a real dyehouse wastewater effluent treated by a continuous electrocoagulation process. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 101, 87–100.
- Loekito, H. (2002). Teknologi pengelolaan limbah industri kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(3).
- Malakootian, M., dan Yousefi, N. (2009). The efficiency of electrocoagulation process using aluminum electrodes in removal of hardness from water. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering (IJEHSE)* 6(2) : 131-136.
- Naje, A. S., Chelliapan, S., Zakaria, Z., & Abbas, S. A. (2015). Enhancement of an electrocoagulation process for the treatment of textile wastewater under combined electrical connections using titanium plates. *Int. J. Electrochem. Sci*, 10(6), 4495-4512.
- Nasution, M. A., Yaakob, Z., Ali, E., Lan, N. B., & Abdullah, S. R. S. (2013). A comparative study using aluminum and iron electrodes for the electrocoagulation of palm oil mill effluent to reduce its polluting nature and hydrogen production simultaneously. *Pakistan Journal of Zoology*, 45(2).
- Nasution, M. A. (2011). Electrocoagulation of Palm Oil Mill Effluent as Wastewater Treatment and Hidrogen Production Using Electrode Aluminium. *Journal Environ, Qual* 49: 9-1332.
- Picard, T., Cathalifaud-Feuillade, G., Mazet, M., & Vandensteendam, C. (2000). Cathodic dissolution in the electrocoagulation process using aluminium electrodes. *Journal of Environmental Monitoring*, 2(1), 77-80.

- Ridantami, V., Wasito, B., & Prayitno, P. (2017). Pengaruh Tegangan Dan Waktu Pada Pengolahan Limbah Radioaktif Uranium Dan Thorium Dengan Proses Elektrokoagulasi. In *Jurnal Forum Nuklir* (Vol. 10, No. 2, pp. 102-107).
- Sandi, S., Nurdandi, D., & Tiandho, Y. (2019). Pengaruh Jarak Antar Plat Dalam Penjernihan Limbah Batik Cual Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Proceedings Of National Colloquium Research And Community Service* (Vol. 3, pp. 12-14).
- Sari, D. A. (2015). Pemanfaatan Ampas Tebu, Sabut Kelapa Dan Cangkang Sawit Sebagai Karbon Aktif Untuk Adsorben Pada Pengolahan Limbah Pome (Palm Oil Mill Effluent). *Skripsi*, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Sayuti, S. C., & Azoddein, A. A. M. (2015). Treatment of palm oil mill effluent (POME) by using electrocoagulation as an alternative method. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 19(4), 663-668.
- Wahyulis, N. C., Ulfen, I., & Harmami, H. (2014). Optimasi tegangan pada proses elektrokoagulasi penurunan kadar kromium dari filtrat hasil hidrolisis limbah padat penyamakan kulit. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 3(2), C9-C11.
- Wiyanto, E., Harsono, B., Makmur, A., Pangputra, R., Julita, J., & Kurniawan, M. S. (2017). Penerapan Elektrokoagulasi Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 12(1).
- Zulkifli, A. (2016). Analisis Kelayakan Potensi Pembangunan PLTBg POME di Wilayah Perkebunan Sawit. *Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, 10(2), 182909.
- Zodi, S., Merzouk, B., Potier, O., Lapique, F., & Leclerc, J. P. (2013). Direct red 81 dye removal by a continuous flow electrocoagulation/flotation reactor. *Separation and Purification Technology*, 108, 215-222.