



PENERAPAN ELEKTROKOAGULASI DALAM PROSES PENJERNIHAN LIMBAH CAIR

*Eddy Wiyanto¹, Budi Harsono¹, Amelia Makmur², Rudy Pangputra¹,
Julita³ & Mario Stefanus Kurniawan³*

¹Jurusan Teknik Elektro, ²Teknik Sipil, ³Teknik Industri
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Kristen Krida Wacana
Jalan Tanjung Duren Raya No. 4 Jakarta Barat 11470
E-mail: eddy.wiyanto@ukrida.ac.id

ABSTRACT

Environmental problems has become a global issue and need a serious attention. Not only solid waste, liquid waste also have negative effects on the environment and human health. The existence of these needs must be balanced with the development of wastewater treatment technologies, both for liquid waste from factories, hospitals, and other sources. Various methods have been applied to solve the problem of liquid waste, mostly using a chemical process by reaction with chemicals. Purification of waste water by chemical processes have various shortcomings. Another alternative is the principle of electrocoagulation. Electrocoagulation is a process of coagulation or clotting of the electrical power through the process of electrolysis to reduce the metal ions and particles in the water. The basic principle of electrocoagulation is a reduction and oxidation (redox). This research will be designed a tool that applies the principles of electrocoagulation for wastewater purification process with the development of several existing tools of electrocoagulation, which is portable, it can eliminate many kinds of pollutants, including heavy metals that are dangerous, using bubble system as binding contaminants, more stronger than the floc Al (OH) 3, and use the Self-Cleaning system with a reverse voltage so that the cleaning process can reduce operational costs.

Keywords: *waste water, electrocoagulation, electrodes, self-cleaning system*

ABSTRAK

Masalah lingkungan telah menjadi isu global dan perlu mendapat perhatian serius. Tidak hanya limbah padat, limbah cair juga memiliki efek negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Adanya kebutuhan ini perlu diimbangi dengan pengembangan teknologi pengolahan air limbah, baik untuk limbah cair dari pabrik, rumah sakit, dan sumber lainnya. Berbagai metode telah diterapkan untuk menyelesaikan masalah limbah cair, sebagian besar menggunakan proses dengan reaksi bahan kimia. Pemurnian air limbah dengan proses kimia memiliki berbagai kekurangan. Alternatif lain adalah menggunakan prinsip elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi adalah proses koagulasi atau penggumpalan

dengan daya listrik melalui proses elektrolisis untuk mengurangi ion logam dan partikel di dalam air. Prinsip dasar dari elektrokoagulasi adalah reduksi dan oksidasi (redoks). Pada penelitian ini akan dirancang sebuah alat yang menerapkan prinsip-prinsip elektrokoagulasi untuk proses pemurnian air limbah dengan pengembangan terhadap alat elektrokoagulasi yang telah ada, yaitu bersifat portabel, dapat menghilangkan berbagai jenis polutan, termasuk logam berat yang berbahaya, menggunakan sistem gelembung sebagai pengikat kontaminan, yang lebih kuat daripada flok $Al(OH)_3$, dan menggunakan sistem Self-Cleaning dengan tegangan balik dimana proses pembersihan dapat dilakukan secara otomatis sehingga mengurangi biaya operasional.

Kata kunci: air limbah, elektrokoagulasi, elektroda, sistem self-cleaning

1. PENDAHULUAN

Setiap hari permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh limbah semakin meningkat. Bukan hanya limbah padat, limbah cair juga memberikan efek negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Adanya permasalahan tersebut perlu diimbangi dengan pengembangan teknologi pengolahan limbah cair, baik untuk limbah cair yang berasal dari pabrik, rumah sakit, maupun sumber-sumber lainnya. Berbagai metode telah dirancang dan diaplikasikan untuk mengatasi masalah limbah cair tersebut, sebagian besar menggunakan proses kimiawi melalui reaksi dengan bahan-bahan kimia. Proses penjernihan limbah cair dengan menggunakan proses kimia memiliki beberapa kekurangan, diantaranya menggunakan bahan kimia yang dapat memiliki efek samping terhadap kesehatan, biaya operasional yang cukup tinggi, proses penjernihan memerlukan waktu yang cukup lama. Gambar 1 merupakan salah satu limbah cair.



Gambar 1. Limbah cair.



Alternatif lain yang dapat digunakan untuk proses penjernihan limbah cair adalah dengan proses elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi merupakan proses koagulasi atau penggumpalan dengan tenaga listrik melalui proses elektrolisis untuk mengurangi atau menurunkan ion-ion logam dan partikel-partikel di dalam air. Untuk mengurangi pencemaran air, maka diperlukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum limbah tersebut dibuang ke sungai. Teknik ini dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan limbah industri tekstil, pengolahan air gambut, air limbah rumah tangga, cairan dari sampah, dan limbah cair kimiawi dari industri fiber, limbah rumah sakit, dan berbagai limbah cair lainnya.

Teknik elektrokoagulasi memiliki beberapa kelebihan, yaitu peralatan sederhana, mudah dalam pengoperasian, waktu reaksi singkat. Disamping itu, selama proses elektrokoagulasi, kandungan garam tidak bertambah secara signifikan sebagaimana terjadi pada pengolahan secara kimiawi sehingga pH cenderung konstan. Prinsip dasar dari elektrokoagulasi adalah reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, peristiwa oksidasi terjadi di elektroda (+) yaitu anoda, sedangkan reduksi terjadi di elektroda (-) yaitu katoda. Yang terlibat reaksi dalam elektrokoagulasi selain elektroda adalah air yang diolah, yang berfungsi sebagai larutan elektrolit. Elektrokoagulasi mampu menyisahkan berbagai jenis polutan dalam air, yaitu partikel tersuspensi, logam-logam berat, warna pada zat pewarna, dan berbagai zat berbahaya lainnya.

Alat elektrokoagulasi yang telah dikembangkan saat ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Bersifat permanen (bukan *portable*).
- Dapat menghilangkan beberapa jenis polutan dalam air.
- Menggunakan flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ sebagai pengikat kontaminan.
- Memerlukan proses pencucian elektroda.

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah alat yang menerapkan prinsip elektrokoagulasi untuk proses penjernihan limbah cair dengan beberapa pengembangan dari alat elektrokoagulasi yang telah ada, diantaranya:

- Bersifat *portable*.

- Dapat menghilangkan berbagai jenis polutan, termasuk logam berat yang berbahaya.
- Menggunakan *bubble system* sebagai pengikat kontaminan yang lebih kuat dibandingkan flok $Al(OH)_3$.
- Menggunakan sistem *Self-Cleaning* dengan membalik tegangan sehingga tidak diperlukan proses pencucian sehingga dapat mengurangi biaya operasional.

Tujuan penelitian adalah: mendesain dan menghasilkan suatu alat penjernih air yang menerapkan prinsip elektrokoagulasi yang aman, terjangkau, dan bersifat *portable* serta memberikan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair, khususnya untuk limbah cair yang berbahaya, seperti limbah cair dari pabrik dan rumah sakit. Manfaat penelitian adalah:

- Mengurangi pencemaran air dan meningkatkan jumlah air yang dapat digunakan melalui pengolahan kembali.
- Mencegah bahaya penyakit yang ditimbulkan melalui pencemaran air, khususnya limbah yang mengandung bahan berbahaya, seperti limbah pabrik, limbah rumah sakit, dan limbah cair berbahaya lainnya.
- Mengetahui kinerja proses elektrokoagulasi sebagai salah satu metode alternatif dalam penjernihan limbah cair.
- Dapat diaplikasikan sebagai proses penjernihan limbah cair Rumah Sakit.

2. KAJIAN PUSTAKA

Permasalahan lingkungan hidup akan terus muncul secara serius di berbagai pelosok bumi sepanjang penduduk bumi tidak segera memikirkan dan mengusahakan keselamatan dan keseimbangan lingkungan. Demikian juga di Indonesia, permasalahan lingkungan hidup seolah-olah seperti dibiarkan menggelembung sejalan dengan intensitas pertumbuhan industri, walaupun industrialisasi itu sendiri sedang menjadi prioritas dalam pembangunan. Tidak kecil jumlah korban ataupun kerugian yang justru terpaksa ditanggung oleh masyarakat luas tanpa ada kompensasi yang sebanding dari pihak industri. Untuk itu diperlukan suatu teknologi yang dapat



meminimalisir proses pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh proses industri dan rumah tangga, khususnya limbah cair yang dihasilkan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk proses penjernihan limbah cair adalah elektrokoagulasi [1].

2.1. Limbah Cair

Air limbah adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, rumah sakit, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya, dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum. Air limbah berasal dari dua jenis sumber, yaitu air limbah rumah tangga dan air limbah industri. Secara umum di dalam limbah rumah tangga tidak terkandung zat-zat berbahaya, sedangkan di dalam limbah industri harus dibedakan antara limbah yang mengandung zat-zat yang berbahaya dan yang tidak. Untuk yang mengandung zat-zat yang berbahaya harus dilakukan penanganan khusus tahap awal sehingga kandungannya bisa diminimalisasi terlebih dahulu, karena zat-zat berbahaya itu dapat mematikan fungsi mikroorganisme yang berfungsi menguraikan senyawa-senyawa di dalam air limbah. Penanganan limbah industri tahap awal ini biasanya dilakukan secara kimiawi dengan menambahkan zat-zat kimia yang bisa mengeliminasi zat-zat yang berbahaya [2].

Sesuai dengan batasan air limbah yang merupakan benda sisa, maka air limbah sudah tidak dipergunakan lagi. Apabila limbah tersebut tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan. Air limbah sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia mengingat bahwa banyak penyakit yang dapat ditularkan melalui air limbah. Air limbah ini ada yang hanya berfungsi sebagai media pembawa saja, seperti penyakit kolera, radang usus, hepatitis infektiosa, serta *schistosomiasis*. Selain itu, pada air limbah itu sendiri banyak terdapat bakteri patogen penyebab penyakit, seperti virus, *vibrio cholera*, *salmonella thyphosa*, dan sebagainya. Selain sebagai pembawa dan kandungan kuman penyakit, air limbah juga dapat mengandung bahan-bahan beracun, penyebab iritasi, bau, dan bahkan suhu yang tinggi, serta bahan-bahan lainnya yang mudah terbakar. Keadaan demikian ini sangat dipengaruhi oleh sumber asal air limbah.

Alat penjernih limbah cair konvensional umumnya menggunakan arang sekam padi. Bahan-bahan yang dapat digunakan untuk menjernihkan air secara alami, misalnya batu, pasir, kerikil, arang sekam padi, ijuk, kapur, tawas, biji kelor dan lain-lain. Bahan-bahan tersebut mudah dijumpai di lingkungan sekitar [3].

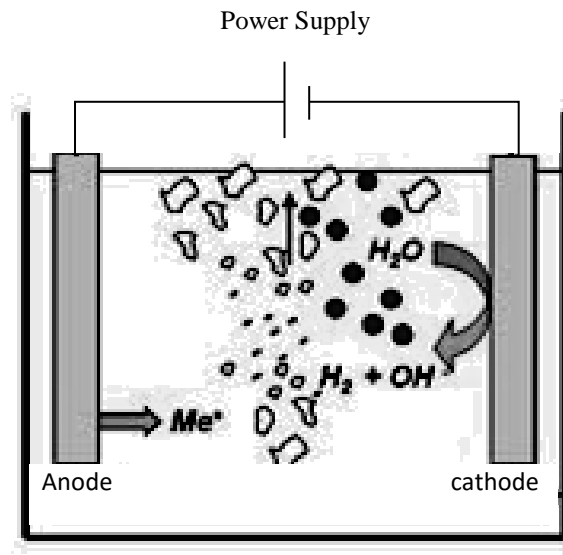
Salah satu alat penjernih limbah cair konvensional adalah dengan memanfaatkan sekam padi. Sekam padi baik digunakan dalam penyaringan air untuk mendapatkan air bersih. Adapun bahan dan peralatan penjernih limbah cair konvensional dengan sekam adalah: arang sekam padi, ijuk atau sabut kelapa, kerikil, pipa atau selang, drum diameter 40 cm dan tinggi 72 cm, gentong atau drum yang seukuran. Selain bahan alami di atas, umumnya juga digunakan bahan kimia untuk meningkatkan efektivitas proses penjernihan limbah cair. Alat penjernihan limbah cair ini terdiri atas dua bagian, yaitu: bagian pengendapan dibuat dari drum dengan lubang keluaran 8 cm dari dasar drum dan bagian penyaringan yang dibuat dari gentong atau drum dengan lubang keluaran 5 cm dari dasar.

Proses pengolahan air di dalamnya meliputi dua tahap, yaitu proses pengendapan dan proses penyaringan dengan arang sekam padi yang kira-kira tebalnya 10 cm. Adapun kelebihan menggunakan proses penjernihan konvensional ini adalah arang sekam padi mudah didapatkan di pedesaan, biaya pembuatan yang relatif murah dan ekonomis serta pembuatannya mudah dengan teknologi sederhana. Kelemahan dari metode konvensional ini adalah umumnya menggunakan bahan kimia, jenis zat yang dapat dijernihkan masih terbatas, waktu yang diperlukan untuk proses penjernihan cukup lama, proses *maintenance* cukup sulit dan umumnya peralatan cukup besar sehingga tidak bersifat *portable*.

2.2. Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi adalah proses pengolahan air dimana arus listrik diterapkan di elektroda untuk menghilangkan berbagai kontaminan air [4] seperti Gambar 2. Elektrokoagulasi merupakan metode tanpa bahan kimia pada proses koagulasi dan mampu menurunkan parameter kekeruhan dan warna. Elektrokoagulasi punya efisiensi yang tinggi dalam penghilangan kontaminan dan biaya operasi yang lebih rendah. Reaktor elektrokoagulasi adalah sel elektrokimia dimana anoda (biasanya

menggunakan aluminium atau besi) digunakan sebagai agen koagulan. Secara simultan, gas-gas elektrolit dihasilkan (hidrogen pada katoda). Beberapa material elektroda dapat dibuat dari aluminium, besi, *stainless steel*, dan platina [5].

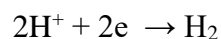


Gambar 2. Proses elektrokoagulasi.

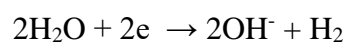
Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia, yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi [6], [7].

Katoda

Ion H^+ dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.

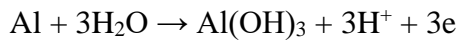


Larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda.

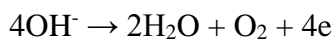


Anoda

Anoda terbuat dari logam aluminium akan teroksidasi.



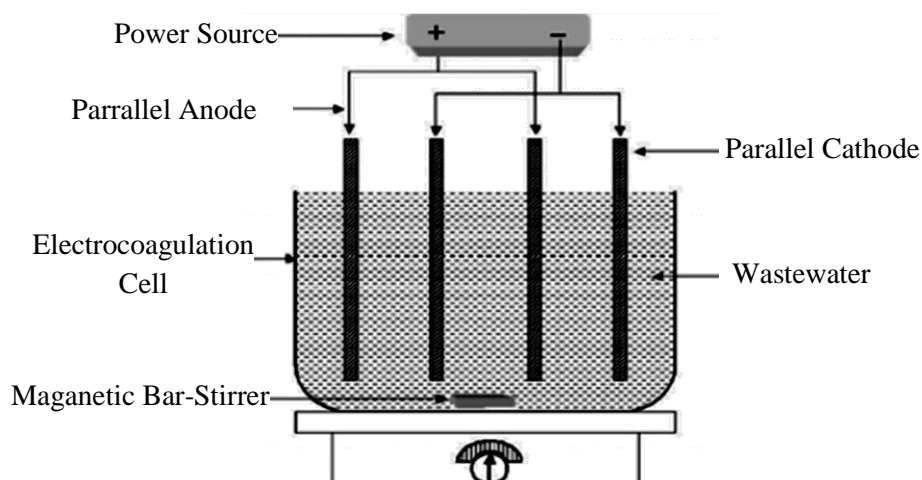
Ion OH^- dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O_2),



Jika larutan mengandung ion-ion logam lain maka ion-ion logam akan direduksi menjadi logamnya dan terdapat pada batang katoda.

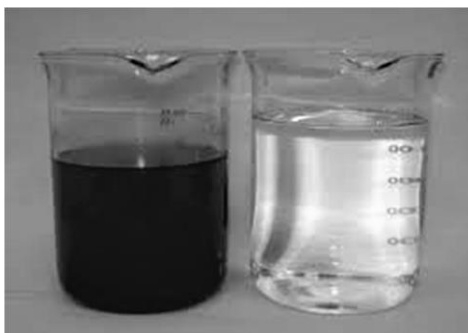


Dari reaksi tersebut, pada anoda akan dihasilkan gas, buih, dan flok $\text{Al}(\text{OH})_3$. Selanjutnya flok yang terbentuk akan mengikat unsur yang ada di dalam limbah, sehingga flok akan memiliki kecenderungan mengendap. Selanjutnya flok yang telah mengikat kontaminan tersebut diendapkan pada bak sedimentasi (proses sedimentasi) dan sisa buih akan terpisahkan pada unit filtrasi. Skema sederhana perangkat elektrokoagulasi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema alat elektrokoagulasi [8]

Adapun zat-zat polutan yang dapat dijernihkan dengan proses elektrokoagulasi, diantaranya [9], [10]: aluminum, fosfat, arsen, bakteri, barium, cadmium, cobalt, tembaga, *chromium*, pestisida, magnesium, mangan, merkuri, nikel, silikon, *petroleum hydrocarbon*.



Gambar 4. Air hasil penjernihan dengan elektrokoagulasi

3. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metode penelitian dalam pengumpulan data hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan alat elektrokoagulasi yang selanjutnya diwujudkan dengan desain alat elektrokoagulasi yang akan digunakan dalam penelitian dengan beberapa keunggulan dibandingkan teknologi sejenis. Spesifikasi peralatan elektrokoagulasi yang akan dirancang adalah sebagai berikut:
 - Alat dirancang untuk sistem kontinu dengan debit air 100 liter/jam.
 - Elektroda terbuat dari bahan *stainless steel*.
 - Jumlah elektroda yang akan digunakan adalah 8 buah dengan ketebalan 3 mm, terdiri atas enam elektroda dengan tinggi 25 cm dan dua elektroda dengan tinggi 30 cm.
 - Wadah terbuat dari bahan *hard nylon* dengan tinggi 50 cm.
 - Pada wadah disediakan lubang untuk masuk-keluarnya angin (*bubble system*) dan air. Oksigen dimasukkan melalui lubang yang telah disediakan dimana selanjutnya oksigen akan bereaksi dengan hydrogen dari air (H_2O) yang kemudian akan berikatan membentuk O_3 (ozon). O_3 merupakan zat yang dapat mengikat polutan dengan kuat.

2. Penyediaan berbagai bahan dan peralatan yang diperlukan untuk perancangan alat elektrokoagulasi.
3. Perancangan alat elektrokoagulasi sesuai dengan desain awal yang telah dilakukan. Perancangan meliputi wadah dan elektroda untuk alat elektrokoagulasi serta *power supply* yang akan digunakan.
 - a. Perancangan Reaktor

Pada dasarnya reaktor terdiri atas tiga bagian utama, yaitu bagian *input/output*, bagian inti, bagian endapan. Reaktor dirancang dengan cara kerja sebagai berikut: limbah cair masuk melalui bagian *input* reaktor, selanjutnya limbah cair tersebut akan dipecah oleh arus listrik dari elektroda sehingga bagian minyak terpisah dan akan mengambang pada bagian atas. *Output* yang telah dipecah tersebut selanjutnya akan masuk ke bak endapan. Bak endapan dibuat berbentuk labirin untuk memberikan kesempatan (waktu) bagi limbah untuk mengendap [11].



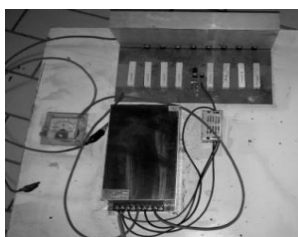
Gambar 6. Reaktor



Gambar 7. Bak endapan

- b. Perancangan Sumber Arus

Sebagai sumber penggerak dari reaktor yang telah dirancang, diperlukan sumber arus. Agar sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan, maka sumber arus dirancang sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 8. Sumber arus



Gambar 9. Alat keseluruhan

4. Mempersiapkan sampel limbah cair yang akan digunakan dalam penelitian ini, yang berasal dari Rumah Sakit X.
5. Pengujian alat elektrokoagulasi dengan menggunakan sampel limbah cair yang telah disiapkan. Adapun unsur-unsur yang akan diuji adalah beberapa unsur yang menjadi ukuran dalam baku mutu limbah cair.
6. Melakukan analisis terhadap hasil-hasil pengujian untuk melihat tingkat kejernihan air melalui analisis terhadap zat-zat yang telah berhasil tersaring. Analisis dilakukan dengan uji laboratorium terhadap air yang telah melalui proses elektrokoagulasi. Uji laboratorium dilakukan di Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Pengujian dilakukan dengan proses titrasi, bakteriologis, permanganologis, dan uji lainnya sesuai dengan zat yang ingin diuji. Analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan pengurangan molar dari zat-zat polutan antara air sebelum dan setelah proses elektrokoagulasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

Setelah reaktor elektrokoagulasi dan sumber arus selesai dirancang dan direalisasikan, dilakukan pengujian sampel limbah cair dari Rumah Sakit X untuk kondisi awal (limbah cair murni sebelum dilewatkan pada alat elektrokoagulasi). Pengujian dilakukan di Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, dengan hasil yang diperoleh diperlihatkan pada Tabel 1. Setelah pengujian untuk kondisi awal dan hasilnya dianalisis, dilakukan pengujian limbah cair untuk kondisi akhir (limbah cair setelah melalui proses elektrokoagulasi). Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 2.

4.2. Pembahasan

Dari hasil pengujian, dapat dilakukan analisis sebagai berikut:

1. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Air murni bersifat netral, dengan pH pada suhu 25°C ditetapkan sebagai 7,0. Larutan dengan pH kurang daripada tujuh disebut bersifat asam, dan larutan dengan pH lebih daripada tujuh dikatakan bersifat basa atau alkali [12]. Berdasarkan hasil pengujian terlihat bahwa pH limbah cair mengalami penurunan dari 5,0 menjadi 3,6. Hal ini menunjukkan bahwa setelah melalui proses elektrokoagulasi, limbah cair cenderung bersifat lebih basa daripada sebelumnya sehingga lebih baik bagi kesehatan.

Tabel 1. Hasil uji limbah cair (kondisi awal)

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda
1	pH	mg/L	5,0	SNI 06-6989.11-2004
2	Organik (KMnO ₄)	mg/L	99,53	SNI 06-6989.22-2004
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	167,0	Spektrophotometer
4	Ammonia	mg/L	14,90	SNI 06-6989.30-2005
5	Minyak dan Lemak	mg/L	<1,13	Spektrophotometer
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0,04	SNI 06-6989.51:2005
7	COD (Dichromat)	mg/L	157,67	SNI 6989.73-2009
8	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	49,00	SNI 6989.72:2009

Tabel 2. Hasil uji limbah cair (kondisi akhir)

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda
1	pH	mg/L	3,6	SNI 06-6989.11-2004
2	Organik (KMnO ₄)	mg/L	32,81	SNI 06-6989.22-2004
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	22,0	Spektrophotometer
4	Ammonia	mg/L	7,93	SNI 06-6989.30-2005
5	Minyak dan Lemak	mg/L	<1,13	Spektrophotometer
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0,26	SNI 06-6989.51:2005
7	COD (Dichromat)	mg/L	55,69	SNI 6989.73-2009
8	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	23,79	SNI 6989.72:2009

2. Organik (KMnO₄)

Potassium Permanganate atau *Kalium Permanganate* (KMnO₄) merupakan salah satu oksidator yang kuat. *Potassium Permanganate* dapat berfungsi sebagai *disinfectant*. *Potassium Permanganate* juga digunakan pada industri peternakan



sebagai fumigasi, yaitu untuk menyemprot hama dan kuman pada unggas. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa kandungan organik (KMnO_4) yang terkandung di dalam limbah cair mengalami penurunan yang cukup signifikan, dari 99,53 mg/L menjadi 32,81 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa setelah melalui proses elektrokoagulasi, kandungan organik pada limbah cair menurun sehingga aman untuk dikembalikan ke lingkungan [13].

3. Zat Padat Tersuspensi

Zat padat tersuspensi (*total suspended solid*) adalah semua zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik), seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik), seperti detritus dan partikel-partikel anorganik. Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa kandungan zat padat tersuspensi di dalam limbah cair mengalami penurunan cukup signifikan, dari 167,0 mg/L menjadi 22,0 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa setelah melalui proses elektrokoagulasi, kandungan zat padat tersuspensi yang menyebabkan adanya endapan berkurang secara signifikan.

4. Amonia

Amonia adalah senyawa kimia dengan rumus NH_3 . Walaupun amonia memiliki sumbangan penting bagi keberadaan nutrisi di bumi, namun amonia juga merupakan senyawa kaustik yang dapat merusak kesehatan. "Amonia rumah" atau amonium hidroksida adalah larutan NH_3 dalam air. Konsentrasi larutan tersebut diukur dalam satuan baumé. Produk larutan komersial amonia berkonsentrasi tinggi biasanya memiliki konsentrasi 26 derajat baumé (sekitar 30 persen berat amonia pada $15,5^\circ\text{C}$). Amonia yang berada di rumah biasanya memiliki konsentrasi 5 hingga 10 persen berat amonia. Amonia umumnya bersifat basa ($\text{pK}_b = 4,75$), namun dapat juga bertindak sebagai asam yang amat lemah ($\text{pK}_a = 9,25$). Hasil pengujian, terlihat bahwa kandungan amonia dalam

limbah cair mengalami penurunan dari 14,9 mg/L menjadi 7,93 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa setelah melalui proses elektrokoagulasi, kandungan amonia yang merupakan bahan berbahaya yang dapat merusak kesehatan telah mengalami penurunan sebanyak 50% [14].

5. Minyak dan Lemak

Berdasarkan hasil pengujian, kandungan minyak dan lemak dalam limbah cair cenderung tetap, baik sebelum maupun setelah melalui proses elektrokoagulasi.

6. Senyawa Aktif Biru Metilen

Senyawa aktif biru metilen merupakan molekul yang memiliki gugus polar yang suka air (hidrofilik) dan gugus non polar yang suka minyak (lipofilik) sekaligus, sehingga dapat mempersatukan campuran yang terdiri dari minyak dan air. Senyawa aktif biru metilen adalah bahan aktif permukaan, yang bekerja menurunkan tegangan permukaan cairan. Surfaktan pada umumnya disintesis dari turunan minyak bumi dan limbahnya dapat mencemarkan lingkungan, karena sifatnya yang sukar terdegradasi [15]. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa kandungan senyawa aktif biru metilen di dalam limbah cair cenderung mengalami peningkatan, dari 0,04 mg/L menjadi 0,26 mg/L.

7. COD

COD adalah jumlah oksigen (MgO_2) yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air [16]. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa kandungan COD di dalam limbah cair mengalami penurunan cukup signifikan dari 157,67 mg/L menjadi 55,69 mg/L.

8. BOD

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. BOD merupakan gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan [16]. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa kandungan BOD di dalam limbah cair mengalami penurunan cukup signifikan, dari 49,0 mg/L menjadi 23,79 mg/L.



Perbandingan dengan Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Rumah Sakit menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 Tahun 1995 diperlihatkan pada Tabel 3. Kadar keasaman dari limbah setelah diolah, masih berada dibawah standar yang diizinkan oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup, yaitu pH 6, bahkan hasilnya jauh lebih asam daripada sebelum dilakukan pengolahan. Untuk kandungan organik, tidak ada batasan yang ditentukan menurut Keputusan Menteri, namun hasilnya menunjukkan penurunan kandungan sebesar 67%. Demikian juga dengan kadar minyak dan lemak yang berada di bawah 1,13.

Kandungan Ammonia (NH_3) pada hasil limbah olahan ini masih berada diatas kadar maksimum yang ditentukan Menteri Negara Lingkungan Hidup, walaupun sudah terjadi penurunan sebesar 47% dari air limbah sebelum mengalami proses elektrokoagulasi. Senyawa aktif biru metilen menunjukkan kenaikan 550%, yang memperlihatkan perubahan warna air limbah setelah diolah. Parameter ini tidak distandarkan dalam keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Nilai COD mengalami penurunan sebesar 65% dan hasil akhir pengolahan di bawah standar kadar maksimum yang diperkenankan dan BOD mengalami penurunan 51% dari limbah sebelum mengalami pengolahan. Parameter BOD ini masih berada dibawah kadar maksimum yang diizinkan.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Uji dengan Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit

No.	Parameter	Air Limbah RS-Kep. Men LH No. 58/1995 Kadar Maksimum	Limbah Setelah Dioalah	Limbah Sebelum Diolah	
1	pH	6-9	3,6	5	-28%
2	Organik (KMnO_4)		32,81	99,53	-67%
3	Zat Padat Tersuspensi	30 mg/l	22	167	-87%
4	Ammonia / NH_3	0,1 mg/l	7,93	14,9	-47%
5	Minyak dan lemak		< 1,13	< 1,13	
6	Senyawa Aktif Biru Metilen		0,26	0,04	550%
7	COD (Dicromat)	80 mg/l	55,69	157,67	-65%
8	BOD (20°C, 5 hari)	30 mg/l	23,79	49	-51%

Secara umum air limbah olahan rumah sakit sudah memenuhi syarat kadar maksimum sesuai Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 Tahun 1995, kecuali untuk kadar amonia/bau dan keasaman yang masih perlu disesuaikan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Prinsip elektrokoagulasi dapat digunakan untuk proses penjernihan limbah cair.
2. Alat yang dirancang dapat melakukan *self-cleaning* dengan prinsip pembalikan polaritas sehingga biaya *maintenance* sangat rendah.
3. Alat elektrokoagulasi ini menerapkan *bubble system* sehingga jumlah kontaminan jauh lebih rendah dan dapat mengikat berbagai bahan atau zat berbahaya.
4. Tingkat penjernihan limbah cair berbanding lurus dengan besaran sumber arus yang digunakan.
5. Biaya untuk pembuatan alat elektrokoagulasi masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan alat konvensional, hal ini diantaranya dikarenakan komponen yang digunakan lebih kompleks dan bersifat elektronik, serta produk yang dibuat belum merupakan produk masal.
6. Alat elektrokoagulasi ini bersifat *portable* sehingga lebih mudah untuk dipindahkan.

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian dengan topik ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan sumber arus yang lebih besar, karena proses penjernihan berbanding lurus dengan besarnya arus yang diberikan.
2. Menggunakan jenis limbah lain, selain limbah rumah sakit
3. Melakukan uji yang lebih lengkap terhadap limbah cair, baik sebelum maupun sesudah dilakukan proses elektrokoagulasi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Febrianto Adi Nugroho. "Pengembangan Model Pengolahan Air Baku dengan Metode Elektrokoagulasi". *Jurnal Teknik*, Vol. VII No. 2, hlm. 130-144, 2008.
- [2] B. Iswanto, dan M. Silalahi, "Pengolahan Air Limbah Emulsi Minyak-Deterjen dengan Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium". *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 5 No. 2, hlm. 55-61, 2009.
- [3] Metcalf. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, New York: McGraw-Hill, 2003.



-
- [4] Feryal Akbal. "Treatment of Metal Plating Wastewater by Electrocoagulation". *Journal of Environmental Progress and Sustainable Energy*, Vol. 31 No. 3, hlm. 340-350, 2012.
- [5] Holt, Barton, Mitchell. "A Quantitative Comparison between Chemical Dosing and Electrocoagulation", *Journal of Colloid and Surfaces*, Vol. 211, hlm. 233-248, 2002.
- [6] Boyles Wayne, *The Science of Chemical Oxygen Demand*, 1997, USA: Hach Company.
- [7] O. Larue. "Electrocoagulation and Coagulation by Iron of Latex Particles in Aqueous Suspensions". *Journal of Separation and Purification Technology*, Vol. 31 No. 2, hlm. 177-192, 2003.
- [8] Sri Malini. "Optimizing Electrocoagulation of Drinking Water for Turbidity Removal in a Batch Reactor". *Proc. International Conference on Environmental Science and Technology*, 2012, Vol. 30, hlm. 97-102.
- [9] A. Prasetyo, A. Yudi, R. Nafsiati, "Adsorpsi Metilen Blue pada Karbon Aktif dari Ban Bekas dengan Variasi Konsentrasi NaCl pada Suhu Pengaktifan 600°C dan 650°C", *Jurnal Neutrino* Vol. 4 No. 1, 2011.
- [10] Devi Nuraini, *Pengelolaan Limbah Cair Pada Industri Penyamakan Kulit Industri Pulp Dan Kertas Industri Kelapa Sawit*, Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara, 2004.
- [11] Kurt Ugur. "Treatment of Domestic Wastewater by Electrocoagulation in a Cell with Fe-Fe Electrodes". *Environmental Engineering Science*, Vol. 25 No. 2, hlm. 153-161, 2008.
- [12] "PH". Internet: <http://id.wikipedia.org/wiki/PH>. [17 Maret 2013]
- [13] "Potasium Permanganate". <http://www.anugerahinti.com/potassium-permanganate-detail#.UvmbsPu3vDs> [24 Juli 2013]
- [14] Edward Tarigan. "Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi". *Jurnal Ilmiah Makara* Vo. 7 No. 3, 2003.
- [15] Mohammad Saleem. "Electrocoagulation for the Treatment of Wastewater for Reuse in Irrigation and Plantation", *Journal of Basic and Applied sciences*,
-



Vol. 07 No. 01, hlm. 11-20.

- [16] Erick Butler. "Electrocoagulation in Water Treatment". *Journal of Water*, Vol. 3, hlm. 495-525, 2011