

Pengolahan Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH) dengan Cara Elektrokoagulasi Aliran Kontinyu

Anis Roihatin dan Arina Kartika Rizqi

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Pembimbing: Ir. Budiyo, M.Si.

Abstrak

Limbah cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH) mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi, padatan tersuspensi, serta bahan koloid seperti lemak, protein, dan selulosa. Bahan organik ini dapat menimbulkan permasalahan lingkungan bila dibuang langsung ke lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh parameter jumlah elektroda, tegangan elektrolisis, dan waktu tinggal waktu operasi pada proses elektrokoagulasi aliran kontinyu terhadap pH, Efisiensi pemisahan TSS dan TDS, kandungan COD serta kekeruhan air limbah.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: tegangan elektrolisis (5,10,15 Volt), kombinasi elektroda (besi dan aluminium), waktu operasi (6,7;11,2;23,1 menit). Analisa yang dilaksanakan meliputi analisa pH, TDS, TSS, COD dan turbiditas. Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa tegangan elektrolisis, waktu elektrokoagulasi, dan susunan elektroda sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar COD, TDS, TSS dan turbiditas pada limbah. Penambahan waktu elektrokoagulasi dan rapat arus cenderung menurunkan kadar COD, TDS, TSS dan turbiditas limbah. pH setelah proses elektrokoagulasi cenderung mendekati netral. Variabel yang paling menguntungkan dalam penelitian ini adalah proses elektrokoagulasi menggunakan 3 pasang elektroda Al-Fe dengan tegangan elektrolisis 15 volt dengan kadar COD dan turbiditas yang diperoleh pada waktu 6,7;11,2;23,1 menit berturut-turut adalah 2560,1640,1060 mg/liter dan 16,9;16,8;6,5 NTU.

Kata kunci: elektrokoagulasi ,kontinyu,limbah, lingkungan

Pendahuluan

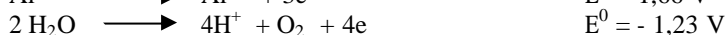
Limbah pemotongan hewan (RPH) yang berupa feces urine, isi rumen atau isi lambung, darah afkiran daging atau lemak, dan air cucuannya, dapat bertindak sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroba sehingga limbah tersebut mudah mengalami pembusukan. Dalam proses pembusukannya di dalam air, mengakibatkan kandungan NH_3 dan H_2S di atas maksimum kriteria kualitas air, dan kedua gas tersebut menimbulkan bau yang tidak sedap serta dapat menyebabkan gangguan pada saluran pernapasan yang disertai dengan reaksi fisiologik tubuh berupa rasa mual dan kehilangan selera makan. Selain menimbulkan gas berbau busuk juga adanya pemanfaatan oksigen terlarut yang berlebihan dapat mengakibatkan kekurangan oksigen bagi biota air (Widya, I. N., 2007).

Sekarang telah dikembangkan metode baru untuk pengolahan limbah cair RPH yaitu teknik elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi merupakan proses destabilisasi suspensi, emulsi dan larutan yang mengandung kontaminan dengan cara mengalirkan arus listrik melalui air, menyebabkan terbentuknya gumpalan yang mudah dipisahkan.

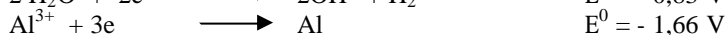
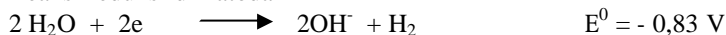
Untuk elektrokoagulasi, listrik yang dibutuhkan adalah listrik arus searah (DC= direct current), penghantar listriknya adalah larutan elektrolit, dalam hal ini adalah air yang akan diolah. Sedangkan elektroda yang digunakan pada umumnya adalah logam besi atau aluminium yang memiliki sifat sebagai koagulan. 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.

Bila elektroda sel elektrokoagulasi dialiri listrik arus searah, akan terjadi kemungkinan reaksi kimia sebagai berikut:

- o Reaksi oksidasi di anoda



- o Reaksi reduksi di katoda



Reaksi reduksi dari ion Al^{3+} menjadi Al akan terjadi bila ke dalam sel elektrokoagulasi dialirkan listrik arus searah dengan tegangan minimal 1,66 V. Hal ini sesuai dengan nilai potensial elektroda standar (E^0) aluminium. Dalam anoda selain terjadi oksidasi dari aluminium juga terjadi oksidasi air menjadi gas oksigen (O_2). Sedangkan di katoda akan terjadi reduksi air menjadi gas hidrogen (H_2). Ion Al^{3+} yang berasal dari pelarutan anoda akan bereaksi dengan ion OH^- membentuk aluminium hidroksida ($Al(OH)_3$) dengan reaksi:



$Al(OH)_3$ yang terjadi akan membentuk flok dan menggumpalkan padatan tersuspensi sehingga air menjadi jernih (Holt et al, 1999).

Teknik elektrokoagulasi telah dipakai untuk mengatasi permasalahan limbah industri tekstil (Hafni, Kartini Noor, 2007), pengolahan air gambut (Suuib, Syamsul Bachri, 2007), dan lain-lain. Teknik elektrokoagulasi memiliki beberapa kelebihan yaitu peralatan sederhana, mudah dalam pengoperasian, waktu reaksi singkat, tidak memerlukan bahan kimia tambahan, dan hanya menghasilkan padatan dalam jumlah kecil. Teknik ini menunjukkan keefektifan teknologi dalam mengatasi permasalahan lingkungan, terutama untuk mengurangi permasalahan limbah (Chen, G., 2004; Mollah, M.Y.A., dkk, 2001; Rajeshwar, K., 1994).

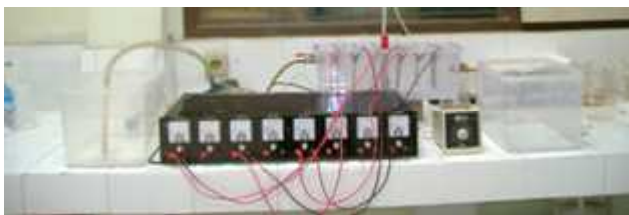
Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan elektrolisis, jumlah elektroda dan waktu operasi terhadap turbiditas limbah. Di samping parameter turbiditas, parameter lain yang perlu diamati adalah pH, kadar COD, TDS dan TSS. Oleh karena itu, pengaruh tegangan elektrolisis terhadap pH, turbiditas, kadar COD, TDS, dan TSS pada berbagai waktu tinggal perlu dicari hubungannya.

Hasil penelitian dapat digunakan untuk membantu pemerintah dalam mengolah limbah RPH. Sehingga teknik elektrokoagulasi bisa menjadi salah satu alternatif pengolahan limbah RPH.

Bahan dan Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah rumah pemotongan hewan yang berasal dari RPH Penggaron Kabupaten Semarang, larutan acetone, larutan encer hexamethylenetetramine (2.80%), larutan HCl (35%) dan bahan-bahan untuk analisa COD. Sebelum proses elektrokoagulasi, dilakukan penelitian pendahuluan. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik limbah cair RPH. Uji limbah cair yang dilakukan antara lain yaitu pH, padatan tersuspensi total (PTT), padatan total, BOD, COD, kekeruhan (turbiditas), minyak dan lemak, protein, dan warna. Cara analisa pH, padatan tersuspensi total (PTT), padatan total, BOD, COD, kekeruhan (turbiditas), minyak dan lemak, protein, dan warna mengacu pada Standard Method.

Peralatan yang digunakan terdiri dari elektrokoagulator yang terbuat dari plexiglass dengan ukuran 1000 ml. Rangkain alat dapat dilihat pada Gambar 1. Elektrokoagulator dilengkapi dengan 4 (empat) buah elektroda secara parallel, 2 anoda dan 2 katoda dengan ukuran 46mm×55mm×3mm. Elektroda terbuat dari plat aluminium (99.53%) dan besi (99.50%). Luas efektif elektroda adalah 80 cm² dengan jarak antarelektroda 11 mm. Elektroda-elektroda dihubungkan dengan Power Supply yang bisa beroperasi secara potensiometri maupun galvanomeri. Sebelum memulai setiap tempuhan percobaan, elektroda dicuci menggunakan acetone untuk membersihkan permukaan dari kotoran yang menempel seperti minyak dan lemak. Selanjutnya, kotoran-kotoran yang mungkin masih terdapat di permukaan elektroda dicuci lagi dengan merendam elektroda selama 5 menit dalam larutan yang baru saja dibuat dengan mencampur 100 ml larutan HCl solution (35%) dengan 200 ml larutan encer hexamethylenetetramine (2.80%), dried dan ditimbang.



Gambar 1. Rangkaian Alat Elektrokoagulasi Aliran Kontinyu

Semua percobaan dilakukan dengan volume air limbah 4160 ml. Proses elektrokoagulasi dilakukan sesuai dengan variabel percobaan yang diinginkan, yakni variabel tegangan elektrolisis (5V, 10V, 15V), variabel kombinasi elektroda (Al-Fe 2 pasang dan 3 pasang) serta variabel waktu tinggal (6,7 menit; 11,2menit; 23,1 menit)

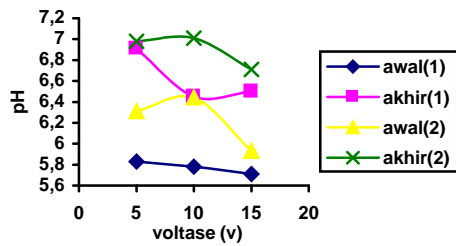
Respon yang diamati adalah tingkat keasaman (pH), turbiditas (kekeruhan), COD, TDS, dan TSS sampel tiap waktu tinggal (6,7 ; 11,2 ; 23,1 menit).

Hasil dan Pembahasan

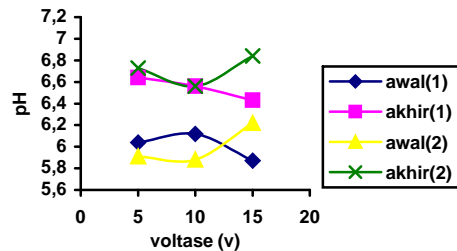
Data percobaan elektrokoagulasi ditampilkan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 2 s/d Gambar 16.

Pengaruh Tegangan Elektrolisis terhadap pH pada berbagai Waktu Tunggu

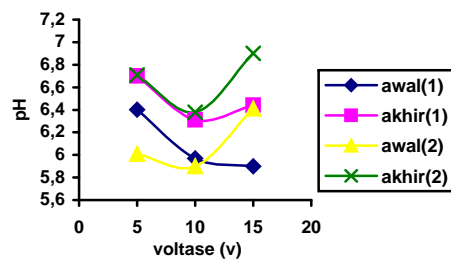
Data pengaruh tegangan elektrolisis terhadap pH pada berbagai waktu tunggu dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Dari gambar diperoleh data bahwa setiap perubahan tegangan elektrolisis akan menghasilkan pH akhir yang berbeda.



Gambar 2. Grafik Hubungan Voltase dan pH pada waktu tunggu (t) 6,7 menit



Gambar 3. Grafik Hubungan Voltase dan pH pada waktu tunggu (t) 11,2 menit



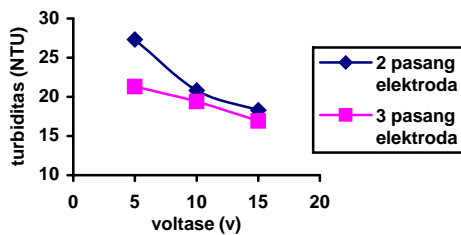
Gambar 4. Grafik Hubungan Voltase dan pH pada waktu tunggu (t) 23,1 menit

Keterangan : (1) = 2 pasang elektroda Al-Fe
(2) = 3 pasang elektroda Al-Fe

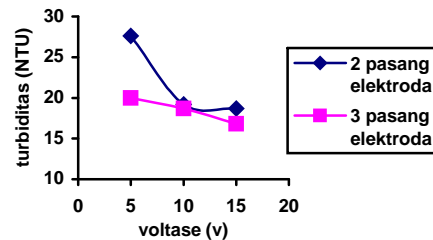
Dari grafik terlihat bahwa pH limbah setelah diproses elektrokoagulasi selalu lebih besar dibandingkan dengan pH awal. Hal ini disebabkan selama proses elektrokoagulasi terjadi pelepasan ion OH⁻ dari katoda (Robinson, 1999).

Pengaruh Tegangan Elektrolisis terhadap Turbiditas pada berbagai Waktu Tunggu

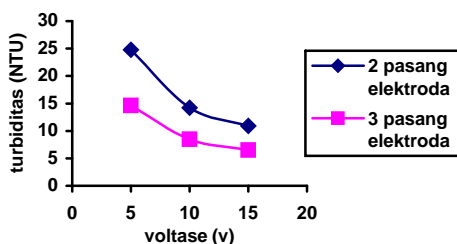
Data pengaruh tegangan elektrolisis terhadap turbiditas pada berbagai waktu tunggu dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7. Dari gambar diperoleh data bahwa setiap perubahan tegangan elektrolisis dan waktu tunggu akan menghasilkan turbiditas yang berbeda.



Gambar 5. Grafik Hubungan Voltase dan Turbiditas pada waktu tunggu (t) 6,7 menit



Gambar 6. Grafik Hubungan Voltase dan Turbiditas pada waktu tunggu (t) 11,2 menit



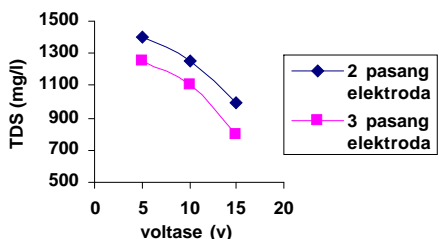
Gambar 7. Grafik Hubungan Voltase dan Turbiditas pada waktu tinggal (t) 23,1 menit

Dari grafik dapat dilihat bahwa turbidity akhir limbah setelah diolah dengan 2 pasang elektroda dan 3 pasang elektroda memberikan hasil yang berbeda. Turbidity akhir limbah yang diolah dengan 3 pasang elektroda lebih rendah daripada 2 pasang elektroda. Hal ini disebabkan efektifitas elektrokoagulasi dipengaruhi oleh jumlah elektroda yang digunakan (Holt et al, 1999). Semakin banyak elektroda yang digunakan semakin rendah turbidity limbah karena semakin banyak elektroda maka semakin banyak ion Al^{3+} yang terurai, sehingga kesempatan untuk bereaksi dengan ion OH^- membentuk $Al(OH)_3$ untuk menggumpalkan padatan tersuspensi semakin besar. Dengan penyaringan lebih lanjut, gumpalan polutan dapat dipisahkan sehingga limbah hanya mengandung sedikit polutan. Akibatnya turbidity limbah menjadi kecil.

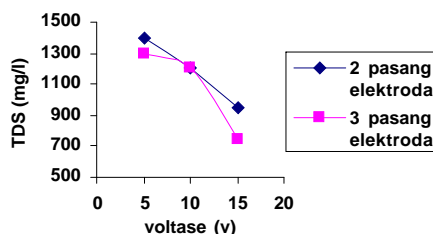
Dari grafik hasil percobaan, pengaruh voltase terhadap turbidity memperlihatkan bahwa semakin besar voltase maka turbidity limbah semakin rendah. Hal ini disebabkan, dengan voltase yang tinggi maka proses elektrokoagulasi akan semakin baik sehingga turbidity limbah semakin kecil. Sedangkan semakin lama waktu tinggal limbah dalam reaktor memberikan kesempatan proses elektrokoagulasi yang lebih lama sehingga turbidity limbah menjadi kecil

Pengaruh Tegangan Elektrolisis terhadap TDS pada berbagai Waktu Tinggal

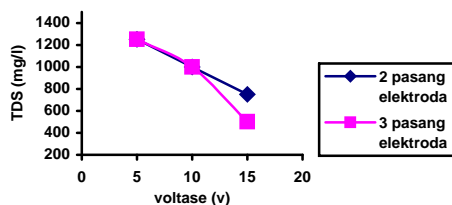
Data pengaruh tegangan elektrolisis terhadap kadar TDS pada berbagai waktu tinggal dapat dilihat pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10. Dari gambar diperoleh data bahwa setiap perubahan tegangan elektrolisis dan waktu tinggal akan menghasilkan kadar TDS yang berbeda.



Gambar 8. Grafik Hubungan Voltase dan TDS pada waktu tinggal (t) 6,7 menit



Gambar 9. Grafik Hubungan Voltase dan TDS pada waktu tinggal (t) 11,2 menit



Gambar 10. Grafik Hubungan Voltase dan TDS pada waktu tinggal (t) 23,1 menit

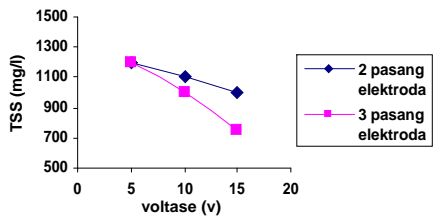
Dari grafik terlihat bahwa dengan semakin banyak jumlah elektroda yang digunakan, kadar TDS menjadi semakin besar. Hal ini karena salah satu faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi adalah jumlah elektroda yang digunakan. Semakin banyak elektroda yang digunakan maka proses elektrokoagulasi semakin baik, akibatnya kadar TDS juga semakin besar.

Dari grafik juga terlihat bahwa dengan pengaruh voltase terhadap kadar TDS memperlihatkan bahwa semakin besar voltase maka kadar TDS semakin besar. Hal ini disebabkan, dengan voltase yang tinggi maka proses elektrokoagulasi akan semakin baik sehingga kadar TDS limbah semakin kecil. Sedangkan semakin lama waktu

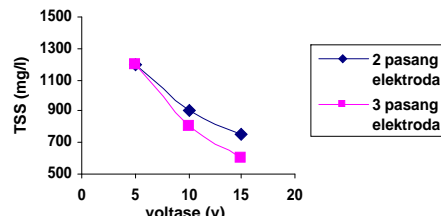
tinggal limbah dalam reaktor memberikan kesempatan kontaminan dalam limbah mengendap dan proses elektrokoagulasi yang lebih lama sehingga kadar TDS limbah semakin kecil

Pengaruh Tegangan Elektrolisis terhadap TSS pada berbagai Waktu Tinggal

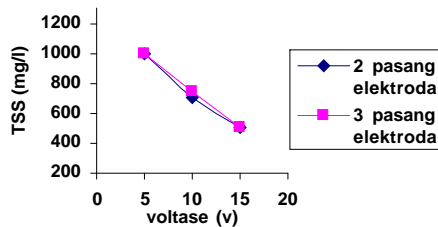
Data pengaruh tegangan elektrolisis terhadap kadar TSS pada berbagai waktu tinggal dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13. Dari gambar diperoleh data bahwa setiap perubahan tegangan elektrolisis dan waktu tinggal akan menghasilkan kadar TSS yang berbeda.



Gambar 11. Grafik Hubungan Voltase dan TSS pada waktu tinggal (t) 6,7 menit



Gambar 12. Grafik Hubungan Voltase dan TSS pada waktu tinggal (t) 11,2 menit



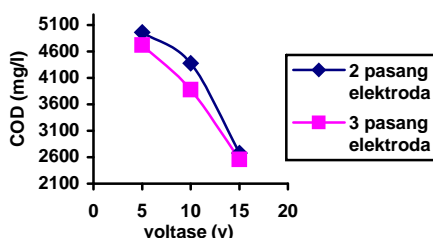
Gambar 13. Grafik Hubungan Voltase dan TSS pada waktu tinggal (t) 23,1 menit

Dari grafik terlihat bahwa dengan semakin banyak jumlah elektroda yang digunakan, efisiensi pemisahan TSS menjadi semakin besar. Hal ini karena salah satu faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi adalah jumlah elektroda yang digunakan. Semakin banyak elektroda yang digunakan maka proses elektrokoagulasi semakin baik, akibatnya efisiensi pemisahan TSS juga semakin besar.

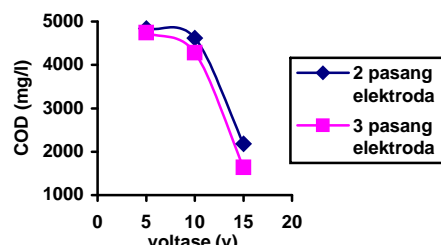
Dari grafik juga terlihat bahwa dengan pengaruh voltase terhadap efisiensi pemisahan TSS memperlihatkan bahwa semakin besar voltase maka efisiensi pemisahan TSS semakin besar. Hal ini disebabkan, dengan voltase yang tinggi maka proses elektrokoagulasi akan semakin baik sehingga TSS limbah semakin kecil. Sedangkan semakin lama waktu tinggal limbah dalam reaktor memberikan kesempatan kontaminan dalam limbah mengendap dan proses elektrokoagulasi yang lebih lama sehingga TDS limbah semakin kecil

Pengaruh Tegangan Elektrolisis terhadap COD pada berbagai Waktu Tinggal

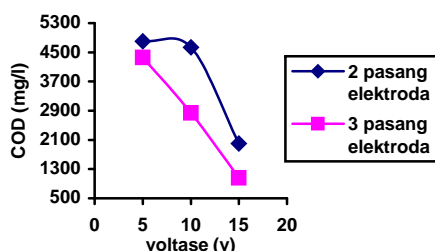
Data pengaruh tegangan elektrolisis terhadap kadar COD pada berbagai waktu tinggal dapat dilihat pada Gambar 14, Gambar 15, dan Gambar 16. Dari gambar diperoleh data bahwa setiap perubahan tegangan elektrolisis dan waktu tinggal akan menghasilkan kadar COD yang berbeda.



Gambar 14. Grafik Hubungan Voltase dan COD pada waktu tinggal (t) 6,7 menit



Gambar 15. Grafik Hubungan Voltase dan COD pada waktu tinggal (t) 11,2 menit



Gambar 16. Grafik Hubungan Voltase dan COD pada waktu tinggal (t) 23,1 menit

Dari grafik terlihat bahwa dengan semakin banyak jumlah elektroda yang digunakan, COD limbah menjadi semakin kecil. Hal ini karena salah satu faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi adalah jumlah elektroda yang digunakan. Semakin banyak elektroda yang digunakan maka proses elektrokoagulasi semakin baik, kontaminan limbah menjadi lebih kecil sehingga COD limbah menjadi kecil

Dari grafik juga terlihat bahwa dengan pengaruh voltase terhadap COD memperlihatkan bahwa semakin besar voltase maka COD limbah kecil. Hal ini disebabkan, dengan voltase yang tinggi maka proses elektrokoagulasi akan semakin baik sehingga COD limbah semakin kecil. Sedangkan semakin lama waktu tinggal limbah dalam reaktor memberikan kesempatan kontaminan dalam limbah mengendap dan proses elektrokoagulasi yang lebih lama sehingga COD limbah semakin kecil

Dari kelima parameter di atas menunjukkan indikasi bahwa proses elektrokoagulasi akan memberikan hasil yang optimum terhadap efisiensi pemisahan polutan dari limbah RPH pada kondisi operasi dengan voltase tinggi, jumlah pasangan elektroda yang banyak dan waktu tinggal limbah dalam reaktor yang lama

Kesimpulan

Dari uraian pembahasan pada bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan yakni, semakin lama waktu tinggal limbah dan semakin besar voltase pada proses elektrokoagulasi maka turbiditas semakin kecil, pH cenderung netral dan COD juga rendah. Selain itu, semakin banyak elektroda yang digunakan maka turbidity limbah semakin turun dan efisiensi pemisahan TDS dan TSS semakin besar. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa teknik elektrokoagulasi bisa menjadi salah satu alternatif pilihan dalam mengolah limbah, terutama limbah RPH.

Sebaiknya proses elektrokoagulasi dilakukan pada kondisi PH netral dengan tegangan yang cukup tinggi dengan elektroda Al pada anoda dan elektroda Fe pada katoda serta suhu kamar (30⁰C) serta waktu tinggal yang lama agar proses elektrokoagulasi dapat berjalan secara optimal.

Ucapan Terima Kasih

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

- Bapak Ir. Budiyo, M.Si selaku dosen pembimbing yang memberikan arahan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan penelitian.
- Bapak Ir. Herry Santosa selaku penanggung jawab dan koordinator tugas penelitian.
- Program PKM Dirjen Dikti Republik Indonesia yang telah membiayai program penelitian ini.
- Semua teman dan pihak yang telah memberi dukungan dan doa dalam penelitian, sehingga makalah penelitian ini selesai.

Daftar Pustaka

- Borja, R., C.J. Banks, Z. Wang, A. Mancha. 1998. *Anaerobic digestion of slaughterhouse wastewater using a combination sludge blanked and filter arrangement in a single reactor*, Bioresour. Technol. 65 hal.125–133.
- Chen, G. 2004. *Electrochemical technologies in wastewater treatment*, Sep.Purif. Technol. 38 hal.11–41.
- Hafni, Kartini Noor. 2007. *Pengolahan Air Buangan Pencelupan Tekstil dengan Proses Elektrokoagulasi Memakai Elektroda Aluminium*.
- Holt, P., Barton, G., Mitchel, C., 1999, *Electrocoagulation As A Wastewater Treatment*, The University of Sydney
- Jenie, B.S.K., dkk.1990. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius: Yogyakarta
- Mameri, A. R. Yeddou, H. Lounici, D. Belhocine, H. Grib and B. Bariou. 1998. *Defluoridation of septentrional Sahara water of North Africa by electrocoagulation process using bipolar aluminium electrodes*, Water Research, Volume 32, Issue 5,hal.1604-1612.
- Masse, D., and L. Masse. 2001. *The effect of temperature on slaughterhouse wastewater treatment in anaerobic sequencing batch reactors*, Bioresour. Technol. 76,hal. 91–98.

- Mollah, M.Y.A., R. Schennach, J.P. Parga, D.L. Cocke. 2001. *Electrocoagulation(EC)-science and applications*. J. Hazard. Mater. B84, hal. 29–41.
- Nunez, L.A., and B. Martinez 1999. *Anaerobic treatment of slaughterhouse wastewater in an expanded granular sludge bed (EGSB) reactor*, Water Sci. Technol. 40, hal.99–106.
- Powell Water System, Inc, *Electrocoagulation vs Chemical Coagulation*, <http://www.powellwater.com/ec-technology.htm>
- Rajeshwar, K, J.G. Ibanez, G.M. Swain. *Electrochemistry and The Environmental*. J. Appl. Electrochem. hal.1077-1091
- Robinson, Vivian. 1999. *Electrofloculation in The Treatment of Polluted Water*. AWWA Journal
- Suaib, Syamsul Bachri. 2007. Pengaruh Rapat Arus Listrik, Jumlah dan Jenis Elektroda terhadap Efektifitas Penurunan Warna pada Air Gambut dengan Proses Elektrokogulasi.