

Pengaruh Penambahan Natrium Klorida Terhadap Penurunan Kekeruhan dan Kandungan Polutan Tembaga Pada Proses Elektrokoagulasi Air Limbah Industri

Sutanto¹, Danang Widjayanto²

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
E-mail : stanto09@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
E-mail : dngwijayanto@gmail.com

ABSTRAK

Air limbah industri masih banyak yang dibuang ke lingkungan dan belum memenuhi standar air baku lingkungan. Kandungan polutan tembaga dan kekeruhan dalam air limbah yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Berbagai metode telah dilakukan untuk mengolah air limbah industri menjadi air baku yang aman terhadap lingkungan. Pada penelitian ini dipilih metode elektrokoagulasi dengan menambahkan bahan Natrium Klorida untuk memperbaiki kinerja alat. Penelitian dilakukan dengan mengalirkan 4,5 liter air limbah ke dalam bak elektrokoagulasi yang masing-masing telah diisi Natrium Klorida (NaCl) 0,5, 1,0 dan 1,5 gram. Proses elektrokoagulasi untuk setiap percobaan dilakukan pada tegangan 12 V dengan interval waktu pengamatan 10 menit. Analisis kandungan logam dilakukan dengan AAS dan perubahan kekeruhan dengan turbidimeter. Kondisi terbaik direkomendasikan pada penggunaan NaCl 1,5 gram dan waktu proses 130 menit. Pada kondisi tersebut kandungan Tembaga dapat diturunkan dari 3,52 mg/l menjadi 0,86 mg/l atau setara dengan 75,57 % dan kekeruhan dapat diturunkan dari 44,10 NTU menjadi 16,66 NTU atau setara dengan 62,22 %.

Kata Kunci : Air limbah, kekeruhan,, natrium klorida, elektrokoagulasi

1. PENDAHULUAN

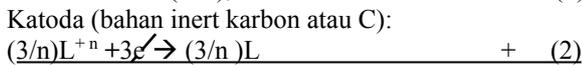
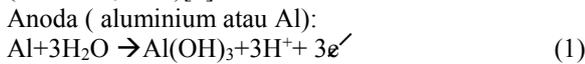
Kadar Tembaga dan kekeruhan dalam air limbah sebelum dibuang ke lingkungan sebaiknya telah terkontrol sesuai dengan ambang batas yang aman. Berdasarkan Keputusan Menteri KLH No.Kep-03/MENKLH/II/1991 disebutkan bahwa kadar tembaga maksimum dalam air limbah adalah 1,0 mg/L dan kekeruhan adalah 25 NTU.. Bila kadar Tembaga melebihi 1,0 mg/L dan kekeruhan melebihi 25 NTU air limbah dibuang ke lingkungan, maka lingkungan akan mengalami gangguan kesetimbangan.

Menurut Ardhani (2007) untuk menjamin keamanan air limbah sebelum dibuang ke lingkungan sebaiknya air tersebut telah diolah, sehingga bisa mendekati standard seperti yang dipersyaratkan oleh KLH tersebut. Bila ditemukan kadar tembaga dan tingkat kekeruhan air limbah melebihi, maka kadar tembaga dan kekeruhan harus diturunkan sampai memenuhi standar yang diijinkan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya

keracunan atau akibat lain yang berdampak negatif bagi lingkungan sekitarnya[1].

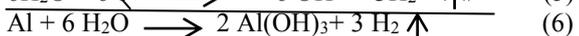
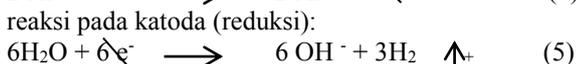
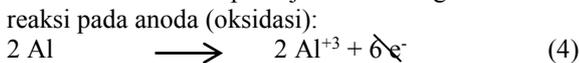
Salah satu metoda penanganan polutan dalam air limbah yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah penerapan prinsip elektrolisis yang dikenal sebagai proses elektrokoagulasi. Dalam metoda ini digunakan anoda dari aluminium dan katoda dari bahan karbon bekas baterai. Dengan mempertimbangkan bahwa karbon bekas baterai mudah diperoleh dari lingkungan sekitar dan bersifat inert dan harganya relatif murah (pemanfaatan kembali barang buangan)

Jika elektrokoagulasi menggunakan anoda dari aluminium dan katoda dari karbon, maka reaksi yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut (Carmona,2006)[2]:



Dari Pers.(3) nampak bahwa proses elektrokoagulasi mampu menghasilkan senyawa koagulan $Al(OH)_3$ yang bersifat mudah membentuk gumpalan atau flok dan mengikat logam yang telah dinetralkan, sehingga mudah diendapkan pada dasar bak proses.

Sedangkan kalau proses elektrokoagulasi dilakukan dengan anoda dan katoda dari bahan aluminium, maka mekanisme reaksi dapat dijelaskan sebagai berikut:



Dari Pers.(6) nampak terbentuk $Al(OH)_3$ yang berperan sebagai bahan koagulan, sehingga akan memudahkan polutan dalam air terperangkap membentuk flok atau gumpalan yang mudah terendapkan.

Prinsip kerja proses elektrokoagulasi yang dijalankan dengan anoda aluminium dan katoda dari bahan karbon dapat dilihat pada Gambar 1.

Untuk keperluan perancangan yang berhubungan dengan pembentukan ion logam Al^{+3} dalam proses elektrokoagulasi dibutuhkan persamaan-persamaan perancangan Chen dkk (2007)[3]. Bila proses dilakukan secara kontinyu, maka persamaan waktu tinggal air dalam bejana adalah:

$$t = (s)(A)/Q \quad (7)$$

dengan:

t : waktu tinggal air limbah dalam bejana (det)

A : luas penampang bejana (cm^2)

Q : debit air limbah (cm^3/det)

S : tinggi bejana (cm)

Persamaan untuk waktu proses elektrokoagulasi menurut hukum Faraday pertama adalah:

$$t = [(96.500)(m)(n)]/[(ar)(I)] \quad (8)$$

dengan:

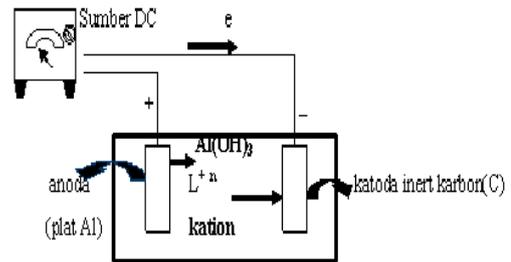
t : waktu proses (det)

m : massa Al^{+3} yang dilepaskan oleh anoda (gram)

n : perubahan bilangan oksidasi

ar : massa atom relatif

I : arus listrik (amper)



Gambar 1. Prinsip kerja proses elektrokoagulasi

Jika Pers. (7) dimasukkan ke Pers. (8), maka didapat persamaan:

$$(s)(A)/Q = (96.500)(m)(n)/[(ar)(I)] \quad (9)$$

Sehingga persamaan untuk massa ion logam Al^{+3} yang dihasilkan selama proses elektrokoagulasi adalah:

$$m = (s)(A)(ar)(I)/[(Q)(96.500)(n)] \quad (10)$$

Harga n (perubahan bilangan oksidasi Al) dan ar (massa atom relatif Al), dalam hal ini $n = 3$ dan $ar = 27$. Berdasarkan Pers. (10) dapat dijelaskan jika arus yang digunakan pada proses elektrokoagulasi semakin besar, maka terbentuknya $Al(OH)_3$ semakin banyak. Akibatnya persediaan bahan koagulan $Al(OH)_3$ menjadi semakin meningkat, sehingga kecepatan dan kesempatan untuk mengendapkan polutan dalam air limbah menjadi semakin meningkat pula.

Menurut hukum Ohm, persamaan arus listrik (I) dinyatakan sebagai:

$$I = V/R \quad (11)$$

dengan V: tegangan sumber [Volt], R: tahanan, [Ohm].

Sedangkan persamaan untuk tahanan adalah:

$$R = \rho(L/A) \quad (12)$$

dengan ρ : tahanan jenis [ohm.m], L: panjang penghantar [m], A: luas penampang lintang penghantar [m^2].

Sehingga :

$$I = (VA)/(\rho L) \quad (13)$$

Jika Pers. (13) dimasukkan ke Pers. (10), maka didapat persamaan:

$$m = (s)(a)(ar)(VA)/[(\rho LQ)(96.500)(n)] \quad (14)$$

Bila dianggap larutan antara dua elektroda dalam sel elektrokoagulasi sebagai panjang penghantar (L) dan luas permukaan elektroda sebagai luas penampang penghantar (A), maka berdasarkan Pers. (14) dapat diperkirakan bahwa jumlah ion Al^{+3} atau pembentukan $Al(OH)_3$ semakin bertambah banyak pada saat penampang elektroda diperbesar atau jarak antara elektroda diperpendek. Dengan demikian proses penurunan polutan dalam air limbah berlangsung lebih cepat. Salah satu pilihan yang dapat dilakukan adalah memperbanyak jumlah karbon dari baterai bekas, sehingga luas penampang permukaan menjadi semakin bertambah besar dan mempertahankan jarak antara anoda dan katoda.

Pada proses elektrokoagulasi dapat ditambahkan NaCl untuk memperbesar penguraian Al terlarut. Pada

penelitian yang dilakukan dengan konsentrasi NaCl 0,5 gr/L, kecepatan pengadukan 180 rpm dan waktu tinggal 55 detik, dapat menghilangkan TSS 98,98%, Detergen 90,08%, minyak dan lemak 84,10 %, total Phosphat 62,88% dan kekeruhan 96,30%.

Sedangkan jika tidak menggunakan NaCl, kecepatan pengadukan 180 rpm dan waktu tinggal 55 detik, maka pengurangan TSS 98,94%, Detergen 86,92%, minyak dan lemak 31,80%, total Phosphat 25,34% dan kekeruhan 98,70% (Agustin dkk, 2008)[4].

Penambahan NaCl dimaksudkan untuk meningkatkan daya hantar listrik atau menurunkan tahanan jenis larutan. Jika tahanan jenis turun, maka arus listrik yang mengalir menjadi semakin meningkat atau semakin membesar. Dengan demikian pembentukn koagulan $Al(OH)_3$ semakin banyak, sehingga proses penurunan polutan logam dan kekeruhan dalam air limbah semakin meningkat.

Pada penelitian proses elektrokoagulasi dengan penambahan garam dapur (NaCl) 740 mg/L dapat menurunkan *chemical oxygen demand* (COD) sampai 98 % dan *total suspended solid* (TSS) sampai 93%. Pada proses tersebut digunakan elektroda dari besi (Fe), pH awal 6,5, rapat arus 8 mA/ cm² dan daya 2,4 Wh (Thirugnanashambandam dkk, 2013)[5].

Penggunaan elektrolit dari garam dapur (NaCl) pada proses elektrokoagulasi pernah juga digunakan untuk menghilangkan *algae* (ganggang). Pada proses elektrokoagulasi tersebut digunakan Aluminium sebagai elektroda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penghilangan *algae* dapat mencapai 99,8 % sampai 100 % (Gao dkk, 2010)[6].

2. METODOLOGI

2.1. Bahan Elektroda dan NaCl

Eektroda dibuat dari bahan aluminium jenis HTC 16-35 dan NaCl yang digunakan adalah garam dapur yang tersedia dipasaran bebas.

2.2. Air Limbah

Air limbah yang diproses berasal dari industri pembuat barang elektronik dengan kondisi fisik dan kimia seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

2.3. Alat Pendukung

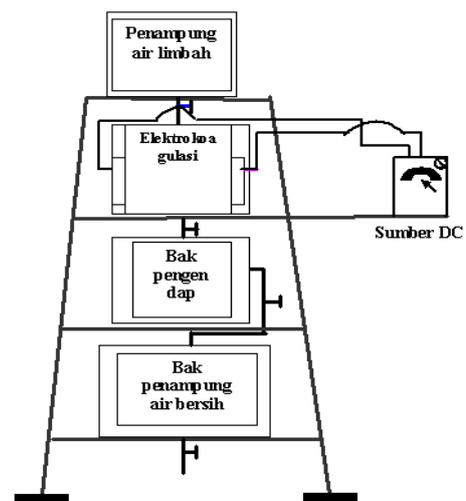
Alat pendukung terdiri atas pompa air, avometer, stabilizer, detektor ion logam, turbidimeter, AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dan kabel penghantar listrik.

Tabel 1. Kondisi fisik dan kandungan kimia dalam air limbah

No	Parameter	Hasil pengukuran
1	Tembaga (Cu)	3,52 mg/l
2	Aluminium (Al)	Tidak terdeteksi
3	Khrom (Cr)	Tidak terdeteksi
4	Besi (Fe)	1,21 mg/l
5	pH (derajad keasaman)	7,64
6	Kekeruhan	44,10 NTU
7	Minyak dan lemak	27 mg/L

2.4. Rangkaian Alat Penelitian

Rangkaian alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Alat proses terdiri atas sumber DC, avometer, bak penampung air limbah, bak proses elektrokoagulasi, bak pengendap kotoran dan bak penampung air hasil olahan. Bak penampung air limbah berukuran panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bak proses elektrokoagulasi berbentuk persegi tersusun atas tiga sel. Masing-masing sel berukuran lebar 5 cm, panjang 20 cm dan tinggi 25 cm yang dilengkapi anoda dan katoda dari bahan aluminium masing-masing berukuran lebar 7 cm dan panjang 10 cm. Jarak antara anoda dan katoda 5 cm. Bak pengendap kotoran berbentuk persegi dengan ukuran tinggi 50 cm, panjang 50 cm dan lebar 50 cm. Bak penampung air hasil olahan berbentuk kubus dengan panjang sisi 50 cm.



Gambar 2. Rangkaian alat penelitian

2.2. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengalirkan air limbah dari bak penampung sebanyak 4,5 liter ke bak elektrokoagulasi yang telah diisi NaCl sebanyak 0,5 gram. Sumber DC dihidupkan pada tegangan 12 V dan dimatikan setelah proses berjalan 10 menit. Air dari bak elektrokoagulasi dialirkan ke dalam bak pengendap untuk memisahkan kotoran. Selanjutnya dilakukan analisis kandungan logam yang ada dalam air hasil olahan dengan AAS dan kekeruhan menggunakan turbidimetri. Pengamatan ulang dilakukan dengan waktu 20, 30, 40, 50, 60 menit dan seterusnya. Untuk

penelitian berikutnya digunakan NaCl 1,0 dan 1,5 gram.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3. Berdasarkan Tabel 2, nampak terjadi penurunan kandungan Tembaga dalam air limbah pada saat pemakaian berat NaCl ditingkatkan. Hal ini dapat dibuktikan bahwa pada penggunaan NaCl 0,5 gram, 1,0 gram dan 1,5 gram dengan waktu proses 20 menit, terlihat ada penurunan kandungan Tembaga berturut-turut dari 3,31 mg/L menjadi 3,21 mg/L dan akhirnya menjadi 3,11 mg/L.

Tabel 2. Hasil pengukuran kandungan Tembaga (mg/L)

Waktu (menit)	NaCl 0,5 (g)	NaCl 1,0 (g)	NaCl 1,5 (g)
0	3,52	3,52	3,52
10	3,45	3,31	3,20
20	3,31	3,21	3,11
30	3,22	3,15	2,92
40	3,14	3,01	2,81
50	2,89	2,78	2,68
60	2,67	2,61	2,52
70	2,52	2,41	2,32
80	2,41	2,31	2,12
90	2,30	2,12	1,86
100	2,19	2,01	1,54
110	2,00	1,82	1,32
120	1,87	1,70	1,11
130	1,73	1,61	0,86
140	1,57	1,42	0,56

Tabel 3. Hasil pengukuran kekeruhan air limbah

Waktu (menit)	NaCl 0,5 (g)	NaCl 1,0 (g)	NaCl 1,5 (g)
0	44,10	44,10	44,10
10	43,85	43,10	42,20
20	42,71	42,21	39,11
30	41,22	40,15	37,82
40	40,24	38,91	35,81
50	39,29	36,78	33,58
60	38,37	34,61	31,52
70	36,52	32,41	28,42
80	34,41	30,31	26,22
90	32,30	28,12	24,96
100	30,19	26,01	22,54
110	29,10	25,82	20,32
120	27,87	24,70	18,11
130	26,23	22,61	16,86
140	25,67	20,42	14,56

Hal ini membuktikan bahwa penambahan NaCl ke dalam air limbah dapat menyebabkan terjadinya perbaikan daya hantar listrik larutan. Semakin banyak NaCl yang ditambahkan akan berakibat pada peningkatan daya hantar listrik atau penurunan tahanan jenis larutan. Jika tahanan jenis larutan menurun, maka tahanan larutan juga akan ikut berkurang sehingga arus listrik yang mengalir menjadi semakin besar. Dengan arus yang semakin membesar akan berakibat pada peningkatan pembentukan ion Al^{+3} yang siap bereaksi dengan ion OH^- membentuk koagulan $Al(OH)_3$. Dengan semakin tingginya kuantitas pembentukan $Al(OH)_3$ akan mempercepat proses adsorpsi polutan Tembaga membentuk flok yang mudah diendapkan.

Demikian juga penurunan kandungan Tembaga dalam air limbah menjadi semakin cepat pada waktu proses semakin lama. Sebagai salah satu contoh pembuktian dapat ditunjukkan pada penggunaan NaCl 1,5 gram. Dalam hal ini kandungan Tembaga pada awal proses adalah 3,52 mg/L akan tetapi setelah proses berlangsung selama 30 menit terjadi penurunan kandungan Tembaga menjadi 2,92 mg/L. Dengan waktu proses yang semakin meningkat menyebabkan terjadinya peningkatan ion Al^{+3} yang bereaksi dengan ion OH^- membentuk koagulan $Al(OH)_3$ yang mudah mengadsorpsi polutan Tembaga dalam air membentuk flok yang siap diendapkan.

Sesuai dengan Keputusan Menteri KLH No.Kep-03/MENKLH/II/1991 bahwa kandungan maksimum Tembaga dalam air limbah adalah 1,0 mg/L, maka berdasarkan Tabel 2 hanya berat NaCl 1,5 gram saja yang dapat menurunkan kandungan Tembaga kurang dari 1,0 mg/L dengan waktu proses minimum 130 menit. Pada kondisi tersebut kandungan Tembaga telah mencapai 0,86 mg/L atau setara dengan 75,57 %. Sedangkan kondisi proses lain nampak belum bisa menurunkan kandungan Tembaga sampai 1,0 mg/L atau kurang dari 1,0 mg/L.

Berdasarkan Tabel 3, nampak terjadi penurunan kekeruhan dalam air limbah pada saat pemakaian berat NaCl ditingkatkan. Hal ini dapat dibuktikan bahwa pada penggunaan NaCl 0,5, 1,0 dan 1,5 gram dengan waktu proses 20 menit, terlihat ada penurunan kekeruhan berturut-turut dari 42,71 NTU menjadi 42,21 NTU dan akhirnya menjadi 39,11 NTU. Hal ini membuktikan bahwa penambahan NaCl ke dalam air limbah dapat menyebabkan terjadinya perbaikan daya hantar listrik larutan. Semakin banyak NaCl yang ditambahkan akan berakibat pada peningkatan daya hantar listrik atau penurunan tahanan jenis larutan. Jika tahanan jenis larutan menurun, maka tahanan larutan juga akan ikut berkurang sehingga arus listrik yang mengalir menjadi semakin besar. Dengan arus yang semakin membesar akan berakibat pada peningkatan pembentukan ion Al^{+3} yang siap bereaksi dengan ion OH^- membentuk koagulan $Al(OH)_3$. Dengan semakin tingginya kuantitas pembentukan $Al(OH)_3$ akan mempercepat proses adsorpsi polutan baik anorganik maupun organik dalam air limbah membentuk flok yang mudah diendapkan sehingga tingkat kekeruhan air limbah semakin berkurang.

Demikian juga penurunan kekeruhan dalam air limbah menjadi semakin cepat pada saat waktu proses semakin lama. Sebagai salah satu contoh pembuktian dapat ditunjukkan pada penggunaan NaCl 1,5 gram. Dalam hal ini kekeruhan air limbah pada awal proses adalah 44,10 NTU akan tetapi setelah proses berlangsung selama 30 menit terjadi penurunan kekeruhan masing-masing adalah 37,82 NTU. Dengan waktu proses yang semakin meningkat menyebabkan terjadinya

peningkatan ion Al^{+3} yang bereaksi dengan ion OH^- membentuk koagulan $Al(OH)_3$ yang mudah mengadsorpsi polutan Tembaga dalam air membentuk flok yang siap diendapkan.

Sesuai dengan Keputusan Menteri KLH No.Kep-03/MENKLH/II/1991 bahwa kekeruhan maksimum dalam air limbah adalah 25 NTU, maka berdasarkan Tabel 2 hanya berat NaCl 1,0 dan 1,5 gram saja yang dapat menurunkan kekeruhan kurang dari 25 NTU. Untuk berat NaCl 1,0 gram dibutuhkan waktu proses minimum 120 menit. Pada kondisi tersebut kekeruhan telah mencapai 24,70 NTU atau setara dengan 43,99%. Sedangkan untuk penggunaan NaCl 1,5 gram dibutuhkan waktu proses minimum 90 menit. Pada kondisi tersebut kekeruhan telah mencapai 24,96 NTU atau setara dengan 43,40 %.

4. KESIMPULAN

Proses elektrokoagulasi pada air limbah industri dapat menurunkan kandungan Tembaga dari 3,52 mg/L menjadi 0,86 mg/L atau setara dengan 75,57 % dan menurunkan kekeruhan dari 44,10 NTU menjadi 16,66 NTU atau setara 62,22 % pada penggunaan NaCl 1,5 gram dan waktu proses 130 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.F. Ardhani, dan D. Ismawati., "Penanganan Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan dengan Metode Elektrokoagulasi", Makalah Penelitian Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 2007
- [2] M.Carmona, M. Khemis, J.P. Leclerc and F. Lapique, "A Simple Model to Predict the Removal of Oil Suspensions from Water Using the Electrocoagulation Technique", Chemical Engineering Science, 61, pp. 1237 – 1246, 2006.
- [3] X. Chen, G. Chen and P.L. Yue, "Separation of Pollutants from Restaurant Wastewater by Electrocoagulation", Sep. Purif., Technol, vol., 19, pp. 65-76, 2007
- [4] M.B. Agustin, W.P. Sengpracha and W. Phutdhawong, "Electrocoagulation of Palm Oil Mill Effluent". Int. J. Environ. Res Public Health, vol. 5, no 3, p 179, 2008
- [5] K. Thirugnanashbandam, V. Sivakumar And J.P. Maran, "Optimization of Electrocoagulation to Treat Biologically Pretreated Bagasse Effluent". Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 78 (0), pp. 1-18,
- [6] Gao, S., Yang, J., Tian, J., Ma, F., Tu, G., Du, M., "Electro - Coagulation – Flotation Process for Algae Removal", Journal of Hazardous Materials, Vol. 177, Issues 1–3, pp. 336–343, 2010