ISBN 978-979-3541-25-9

Pembuatan Air Bersih Dari Air Limbah Industri Tekstil Dengan Proses Elektrokoagulasi Dan Photokatalitik

Sutanto[1], Danang Widjajanto[1], Hidjan[2]
[1]Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
[2]Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta
Jl Prof. Dr. G.A. Siwabessy ,Kampus UI, Depok
E-mail : stanto09@gmail.com

Abstrak

Air limbah masih banyak yang dibuang ke lingkungan dan belum dimanfaakan kembali sebagai air bersih. Kandungan polutan dalam air limbah yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Jika air limbah akan dimanfaatkan kembali untuk air bersih, maka air tersebut harus diolah menggunakan berbagai metode. Pada penelitian ini dipilih metode elektrokoagulasi dan photokatalitik yang dilakukan secara simultan. Penelitian dilakukan pada saat sinar matahari cerah antara pukul 11.00 sampai 15.00 dengan mengalirkan 4,5 liter air limbah kedalam bak proses elektrokoagulasi yang telah diisi katalis titan dioksida (TiO_2) dengan berat untuk setiap percobaan adalah 0,5 gram, 1,0 gram dan 1,0 gram. Proses elektrokoagulasi untuk setiap percobaan dilakukan pada arus 0,1 , 0,2 , 0,3 dan 0,4 amper dengan interval waktu pengamatan 10 menit. Analisis kandungan logam dilakukan dengan AAS,kandungan warna dengan Spektrofotometri UV-Visible dan perubahan kekeruhan dengan turbidimetry. Kondisi terbaik direkomendasikan pada penggunaan arus 0,3 amper, katalis TiO_2 1,0 gram dan waktu proses 110 menit dengan kandungan Besi 0,02 mg/l, Rhodamine B 3 mg/l dan kekeruhan 0,6 NTU.

Kata kunci: *air limbah, elektrokoagulasi, photokatalitik, air bersih*

1. PENDAHULUAN

Air limbah banyak ditemukan disekitar lingkungan rumah tangga, rumah sakit, industri, rumah makan atau perkantoran. Kandungan polutan dalam air limbah dapat berbentuk bahan organik atau anorganik, tergantung dari asal air limbah tersebut. Contoh air limbah yang berasal dari industri tekstil mengandung Rhodamine B (warna merah) 950 mg/l., natrium (Na) 490 mg/l, magnesium (Mg) 30,34 mg/l, besi (Fe) 2,1 mg/l, mangan (Mn) 9,5mg/l, kekeruhan 52,4 NTU dan pH 6,1. Jumlah air limbah yang dibuang ke lingkungan cukup potensial untuk diolah kembali menjadi air bersih. Salah satu metode yang pernah dilakukan adalah pengolahan secara kimiawi. Tetapi metode ini mempunyai kelemahan,yaitu dapat meninggalkan sisa bahan kimia dalam air hasil olahan. Metode lain yang diterapkan pada penelitian ini adalah penggunaan proses elektrokoagulasi yang dipadukan secara simultan dengan proses photokatalitik. Proses elektrokoagulasi adalah proses yang dijalankan dengan prinsip elektrolisis menggunakan elektroda dari bahan yang dapat menghasilkan senyawa koagulan untuk mengendapkan polutan dalam air limbah. Sedangkan proses photokatalitik adalah proses penguraian polutan organik menjadi H_2O dan CO_2 dan oksidasi polutan logam dengan bantuan katalisator yang teraktifkan oleh sinar matahari. Salah satu kelebihan dari perpaduan kedua proses tersebut adalah tidak menggunakan tambahan bahan kimia, sehingga air bersih yang dihasilkan tidak terkontaminasi bahan kimia. Air untuk keperluan air bersih ada beberapa syarat yang harus dipenuhi antara lain: jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, tidak mengandung logam berat (timah, tembaga, seng, besi, aluminium,arsen, kalsium, magnesium dan sebagainya) dan tidak boleh mengandung kuman yang membahayakan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.907 / Menkes / SK /

VII / 2002 disebutkan bahwa kandungan maksimum logam berat maksimum yang diijinkan dan parameter lain untuk air minum kalsium (Ca) = 0-200 mg/l, magnesium (Mg) = 0-150 mg/l, natrium (Na) = 200 mg/l, kalium (K) = 0,5 mg/l, bahan organik = 10 mg/l, pH = 6,5-8,5,warna =15 mg/l dan kekeruhan = 5 NTU (Nepnelometrik Turbidity Units). Jika air limbah akan dipakai sebagai bahan baku untuk membuat air bersih, maka sebaiknya air limbah tersebut diolah sampai mendekati ketentuan air minum seperti yang disebutkan pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No.907 / Menkes / SK / VII / 2002. Menurut Carmona (2006:1237-1246) dalam proses elektrokoagulasi yang menggunakan anoda dan katoda dari bahan aluminium terjadi reaksi sebagai berikut:

reaksi pada anoda (oksidasi) :

$$2Al \longrightarrow 2Al^{+3} + 6e^- \qquad (1)$$

reaksi pada katoda (reduksi):

$$6H_2O + 6e^- \longrightarrow 6\,OH^- + 3H_2\uparrow \qquad (2)$$

$$2Al + 6\,H_2O \longrightarrow 2\,Al(OH)_3 + 3H_2\uparrow \qquad (3)$$

Dari persamaan (3) nampak terjadi pembentukan $Al(OH)_3$ yang berperan sebagai bahan koagulan, sehingga memudahkan polutan dalam air teperangkap membentuk flok atau gumpalan yang mudah terendapkan. Jika anoda dibuat dari bahan aluminum dan katoda dari bahan besi, maka akan terjadi pengendapan ion logam pada dasar bak proses dengan warna endapan yang berbeda-beda sesuai dengan jenis logam yang terkandung dalam air. Beberapa contoh warna endapan logam berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sutanto dkk (2007) adalah: hijau untuk tembaga (Cu^{+2}),biru untuk aluminium (Al^{+3}),kuning untuk besi (Fe^{+3}),hitam untuk kalsium (Ca^{+2}),hitam untuk magnesium (Mg^{+2}) dan putih untuk arsen (As^{+2}).

Menurut Sutanto dkk (2010) prinsip kerja proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 1.

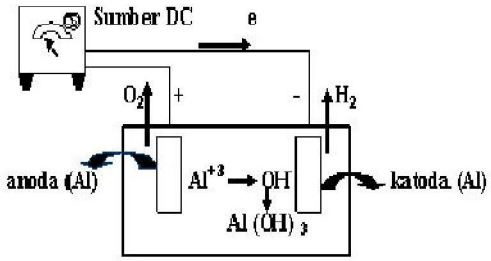
Untuk keperluan perancangan yang berhubungan dengan pembentukan ion logam Al^{+3} dalam proses elektrokoagulasi menurut Chen dkk (2000:65-76) dibutuhkan persamaan-persamaan perancangan. Bila proses dilakukan secara kontinyu, maka persamaan waktu tinggal air dalam bejana adalah:

$$t = \frac{S.A}{Q} \qquad (4)$$

dengan t:waktu tinggal air limbah dalam bejana (det), A:luas penampang bejana (cm^2), Q:debit air limbah (cm^3/det) dan S: tinggi bejana (cm). Persamaan untuk waktu proses elektrolisis masing - masing adalah: tembaga (Cu) = 1 mg/l, aluminium (Al) = 0,2 mg/l, besi (Fe) = 0,3 mg/l,

menurut hukum Faraday pertama adalah:

$$t = \frac{95.500.m.n}{ar.I} \qquad (5)$$



Gambar 1.Prinsip kerja proses elektrokoagulasi

dengan t: waktu proses (det), m: massa Al^{+3} yang dilepaskan oleh anoda (gram), n: perubahan bilangan oksidasi, ar: massa atom relatif dan I: arus listrik (amper). Jika Pers. (4) dimasukkan ke Pers. (5), maka didapat persamaan:

$$\frac{s.A}{Q} = \frac{95.500.m.n}{ar.I} \qquad (6)$$

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

$$m = \frac{s.A.ar.I}{Q.96500.n} \qquad (7)$$

Harga n (perubahan bilangan oksidasi Al) dan ar (massa atom relatif Al),dalam hal ini n=3 dan ar=27. Berdasarkan Pers. (7) 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.

Contoh proses elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium dilakukan pada penanganan limbah cair yang mengandung polutan timbal (Pb). Pada proses ini dihasilkan lumpur yang mengandung Pb bersama-sama dengan $Al(OH)_3$ dan dikeluarkan lewat bagian dasar bak proses, sedangkan cairan bening dikeluarkan lewat bagian atas bak proses. Pada percobaan yang dilakukan tersebut digunakan limbah cair dengan kadar awal kontaminan Pb 10,00 ppm dan zat

padat terlarut (TSS) sebesar 200 ppm. Percobaan dilakukan secara aliran kontinyu dengan debit sebesar 1,5 liter /menit, kuat arus bervariasi dari 1,0 sampai 5,0 amper dan variasi waktu operasi dari 60 sampai 120 menit. Analisis Pb dalam filtrat hasil akhir dilakukan dengan menggunakan perangkat AAS (Atomic Absorption Spektrophotometer) dan analisis TSS menggunakan metode gravimetri. Dari percobaan diperoleh nilai efisiensi elektrokoagulasi kontaminan Pb sebesar 99,16 % dan TSS sebesar 80,24 % pada kuat arus 5,0 amper dan waktu operasi 120 menit.

Pada pengolahan limbah cair dari limbah rumah potong hewan (RPH) secara elektrokoagulasi pernah dilakukan secara batch dengan menempatkan cairan limbah didalam sel elektrolisis. Proses dijalankan selama waktu tertentu untuk menurunkan kadar total suspended solid (TTS), total disolved solid (TDS), pH (derajad keasaman) dan turbidity. Dari hasil penelitian didapatkan kadar TSS dan TDS yang semakin turun dan efisisensi removal yang semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa air limbah tersebut memiliki kualitas yang semakin baik (Bayramoglu, 2006:404)

Pada penelitian elektrokoagulasi menggunakan empat buah elektroda yang terbuat dari bahan aluminium (Al) dan besi (Fe) ternyata proses membutuhkan waktu operasi lebih pendek untuk mencapai efisiensi removal (penghilangan) TTS dan TDS yang maksimum dari pada hanya menggunakan dua buah elektroda. Pada penggunaan empat buah elektroda dibutuhkan waktu operasi 70 menit dengan kemampuan penghilangan TSS dan TDS mencapai 99%, sedangkan pada penggunaan dua buah elektroda dibutuhkan waktu operasi 90 menit dengan kemampuan penghilangan TSS dan TDS maksimum hanya mencapai 98 % (Ardhani dkk, 2007).

Polutan organik atau zat warna yang terdapat dalam air limbah dapat pula dihilangkan dengan proses photokatalitik. Dalam hal ini katalisator yang umum digunakan adalah TiO_2 dengan sinar matahari sebagai tenaga pengaktif. Penelitian proses photokatalitik menggunakan TiO_2 yang diembankan pada zeolit telah dilakukan oleh Wijaya dkk (2006:32-37) untuk menghilangkan zat warna Alizarin S. Proses pengurangan Alizarin S dapat mencapai 100% dengan waktu proses sekitar 60 menit, sedangkan kalau proses tanpa sinar matahari pengurangan Alizarin S hanya mencapai sekitar 60% dalam waktu yang sama. Mekanisme photokatalitik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$TiO_2 + h\upsilon \rightarrow h^+_{vb} + e^- \quad (8)$$

$$h^+_{vb} + OH^- \rightarrow OH^{\cdot} \quad (9)$$

$$OH^{\cdot} + \text{senyawa organik (}\textit{Alizarin S}\text{)} \rightarrow CO_2 + H_2O \quad (10)$$

Jika TiO_2 terkena radiasi sinar UV yang memiliki energi yang bersesuaian atau bahkan melebihi energi celah pita dalam oksida titan tersebut, maka di dalam fotokatalis akan terjadi eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Dari proses tersebut dihasilkan e^- dan menyebabkan adanya kekosongan atau *hole* (h^+_{vb}) yang dapat berperan sebagai muatan positif. Selanjutnya *hole* (h^+_{vb}) akan bereaksi dengan hidroksida logam yaitu hidroksida oksida titan yang terdapat dalam larutan membentuk radikal hidroksida logam yang merupakan oksidator kuat untuk mengoksidasi *Alizarin S*. Untuk elektron yang ada pada permukaan semikonduktor akan terjebak dalam hidroksida logam dan dapat bereaksi dengan menangkap elektron yang ada dalam larutan misalnya H_2O atau O_2, membentuk radikal hidroksil (OH) atau superoksida (O_2) yang akan mengoksidasi *Alizarin S* dalam larutan. Radikal-radikal ini akan terbentuk terus-menerus selama TiO_2 masih dikenai radiasi sinar UV dan akan menyerang *Alizarin S* yang ada di permukaan katalis sehingga *Alizarin S* mengalami degradasi.Jadi dengan bertambahnya radiasi sinar UV maka foton yang mengenai TiO_2 akan semakin banyak sehingga *Alizarin S* yang terdegradasi akan semakin banyak. Degradasi *Alizarin S* menggunakan fotokatalis TiO_2 terjadi melalui proses adsorpsi *Alizarin S* ke permukaan partikel fotokatalis yang secara simultan disertai dengan proses oksidasi fotokatalitik terhadap *Alizarin S*. Adapun persamaan reaksinya adalah :

$$C_{14}H_7O_7S^- + 14O_2 \rightarrow 14CO_2 + H_2O + H^+ + SO_4^{-2} \quad (11)$$

2. METODOLOGI

2.1. Bahan elektroda

Eektroda dibuat dari bahan aluminium jenis HTC 16-35.

2.2. Bahan katalisator

Bahan katalisator untuk proses photokatalitik adalah Titan dioksida (TiO_2)

2.3. Air limbah

Air limbah yang diproses berasal dari industri pembuat tekstil dengan kondisi fisik dan kimia seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

2.4.Alat pendukung

Alat pendukung terdiri atas pompa air, avometer, stabilizer, detektor ion logam,turbidimetry, AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer), Spektrofotometri UV-Visible dan kabel penghantar listrik.

Tabel 2. Kondisi fisik dan kimia air limbah

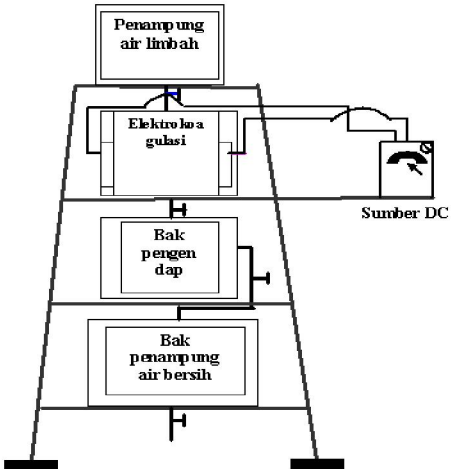
No	Parameter	Hasil pengukuran
1	Rhodamine B	950 mg/l
2	Natrium (Na)	490 mg/l
3	Magnesium (Mg)	30,34 mg/l
4	Besi (Fe)	2,1 mg/l
5	Mangan (Mn)	9,5 mg/l
6	Kekeruhan	52,4
7	pH	6,1

2.5. 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.

2.6. Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengalirkan air limbah dari bak penampung sebanyak 4,5 liter ke bak elektrokoagulasi yang telah diisi katalisator TiO_2 sebanyak 0,5 gram. Sumber DC dihidupkan pada arus 0,05 amper untuk mengoperasikan proses elektrokoagulasi dan proses photokatalitik dlakukan dengan bantuan sinar matahari antara pukul 11.00 dan 15.00 WIB. Sumber DC 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 (Atomic Absorption Spectrophotometer), analisis kandungan zat warna dengan Spektrofotometri UV-Visible dan turbidimetry untuk menganalisis perubahan kekeruhan (turbiditas). Pengamatan ulang dilakukan dengan waktu 20, 30, 40, 50, 60 menit dan seterusnya.Untuk penelitian berikutnya digunakan arus listrik 0,1, 0,2 dan 0,3 amper dengan variasi waktu pengamatan 10, 20, 30, 40, 50, 60 menit dan seterusnya sedangkan variasi katalisator TiO_2 adalah 1,0 dan 1,5 gram..



Gambar 2. Rangkaian alat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dapat dilhat pada Tabel 3, 4 dan 5. Berdasarkan Tabel 3, nampak terjadi penurunan kandungan Rhodamine B dalam air limbah pada saat pemakaian arus dan berat katalisator TiO_2 dipertahankan tetap, tetapi waktu yang digunakan semakin lama. Demikian juga penurunan kandungan Rhodamine B dalam air limbah menjadi semakin cepat pada saat arus ditingkatkan, tetapi waktu dan berat katalisator TiO_2 dipetahankan tetap. Pada saat penggunaan berat katalis TiO_2 ditingkatkan juga nampak terjadi penurunan kandungan Rhodamine B dalam air limbah. Peristiwa ini dapat dilihat pada waktu penambahan katalisator dilakukan,tetapi waktu dan arus yang digunakan dipertahankan tetap. Dengan arus dan 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 organik dalam air membentuk flok yang siap diendapkan.

Penambahan katalisator TiO_2 dapat mempercepat proses terjadinya penurunan kandungan Rhodamine B dalam air limbah.

Tabel 3. Hasil pengukuran kandungan Rhodamine B

Wkt, men	Kandungan Rhodamine B, mg/l											
	Arus 0,05 amper			Arus 0,10 amper			Arus 0,2 amper			Arus 0,3 amper		
	Berat TiO_2, gram			Berat TiO_2, gram			Berat TiO_2, gram			Berat TiO_2, gram		
	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
0	950	910	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
10	900	860	821	800	750	700	659	600	530	500	422	322
20	840	800	763	740	692	640	600	542	473	450	372	275
30	800	761	725	700	650	600	553	490	422	400	322	220
40	750	710	672	652	600	550	500	442	373	350	273	175
50	701	650	610	600	550	502	450	393	320	300	220	123
60	652	600	556	553	500	451	400	340	275	255	175	80
70	602	552	510	502	400	346	350	290	221	200	123	50
80	550	511	492	450	442	400	302	240	170	150	75	33
90	500	452	410	400	352	300	254	200	132	100	25	10
100	453	400	365	350	300	253	200	143	74	50	12	1
110	402	345	300	300	250	200	105	40	10	5	3	0,5

Karena pada saat katalis TiO_2 teraktifkan oleh cahaya matahari dapat menghasilkan superoksida (O_2). Polutan Rhodamine B dioksidasi oleh superoksida (O_2) membentuk CO_2 dan H_2O, sehingga kandungan Rhodamine B dalam air limbah semakin berkurang. Peningkatan penggunaan katalisator TiO_2 dapat menambah pembentukan superoksida (O_2). Dengan semakin bertambahnya superoksida (O_2) akan semakin mempercepat proses penguraian (degradasi) Rhodamine B dalam air limbah.Oleh karena itu proses penurunan kandungan Rhodamine B dalam air limbah menjadi semakin cepat dibandingkan proses yang dilakukan dengan berat katalisator TiO_2 yang lebih ringan. Tetapi penambahan katalisator tersebut perlu dibatasi, karena diperkirakan berat katalis yang digunakan memiliki harga yang maksimum. Artinya penambahan berat katalisator diatas harga maksimumnya tidak akan bisa meningkatkan proses oksidasi Rhodamine B dalam air limbah. Dengan demikian penambahan berat katalisator diatas harga maksimumnya hanya akan memperbesar biaya operasional, tetapi tidak akan meningkatkan kinerja dari katalisator TiO_2 tersebut. Hal ini perlu dilakukan penelitian lanjutan supaya didapatkan jawaban yang lebih pasti. Peraturan Menteri Kesehatan RI No 907 / Menkes / SK/VII / 2002 menyebutkan bahwa kandungan maksimum zat warna dalam air minum (air bersih) yang diijinkan adalah 15 mg/l. Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan tersebut dapat dilihat pada tabel 3, bahwa arus yang bisa dipakai untuk menurunkan kandungan Rhodamine B hanya 0,2 amper dan 0,3 amper saja. Pada penggunaan arus 0,2 amper dibutuhkan waktu 110 menit dan berat katalis TiO_2 sebanyak 1,5 gram untuk menurunkan kandungan Rhodamine B sampai 10 mg/l. Pada penggunaan arus 0,3 amper dan berat katalis 0,5 gram dibutuhkan waktu antara 100 dan 110 menit untuk menurunkan kandungan Rhodamine B dari 50 mg/l menjadi 5 mg/l. Pada penggunaan arus 0,3 amper dan berat katalisator 1,0 gram dibutuhkan waktu antara 100 dan 110 menit untuk menurunkan kandungan Rhodamine B dari 12 mg/l menjadi 3 mg/l. Pada penggunaan arus 0,3 amper dan berat katalis 1,5 gram dibutuhkan waktu 90 menit untuk menurunkan kandungan Rhodamine B sampai 10 mg/l. Berdasarkan tabel 4, nampak terjadi penurunan kandungan logam Besi (Fe) dalam air limbah pada saat pemakaian arus dan berat katalisator TiO_2 dipertahankan tetap, tetapi waktu proses yang digunakan semakin lama.

Tabel 4. Hasil pengukuran kandungan Besi (Fe)

Wkt, men	Kandungan Besi (Fe), mg/l											
	Arus 0,05 amper			Arus 0,10 amper			Arus 0,2 amper			Arus 0,3 amper		
	Berat TiO_2, gram			Berat TiO_2, Gram			Berat TiO_2, gram			Berat TiO_2, gram		
	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
10	2,0	1,9	1,7	1,8	1,7	1,5	1,6	1,5	1,4	1,4	1,2	1,0
20	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,2	1,1	1,2	1,1	0,9
30	1,6	1,5	1,3	1,4	1,2	1,0	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,7
40	1,5	1,3	1,2	1,3	1,1	0,9	1,1	1,0	0,8	0,9	0,8	0,6
50	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	0,8	0,9	0,8	0,6	0,7	0,6	0,4
60	1,2	1,0	0,9	1,0	0,9	0,7	0,8	0,6	0,4	0,6	0,4	0,2
70	1,1	0,8	0,7	0,9	0,8	0,6	0,7	0,4	0,3	0,5	0,3	0,1
80	0,9	0,7	0,6	0,7	0,5	0,3	0,5	0,3	0,1	0,3	0,2	0,08
90	0,7	0,5	0,4	0,5	0,3	0,2	0,3	0,1	0,09	0,1	0,09	0,05
100	0,5	0,4	0,2	0,3	0,1	0,09	0,1	0,08	0,07	0,08	0,06	0,02
110	0,4	0,3	0,1	0,1	0,08	0,05	0,08	0,06	0,04	0,06	0,02	ttd

Demikian juga penurunan kandungan besi (Fe) dalam air limbah terjadi semakin cepat pada saat arus ditingkatkan, tetapi waktu dan berat katalis TiO_2 dipetahankan tetap. Pada saat penggunaan berat katalisator TiO_2 ditingkatkan juga nampak terjadi penurunan kandungan logam Besi dalam air limbah. Kejadian ini dapat dilihat pada waktu penambahan katalisator dilakukan, tetapi waktu dan arus yang digunakan dipertahankan tetap. Dengan arus dan waktu proses yang semakin meningkat menyebabkan terjadinya peningkatan ion Al^{+3} yang bereaksi dengan ion OH^- membentuk koagulan $Al(OH)_3$ yang bersifat mudah mengadsorpsi polutan dalam air membentuk flok dan siap diendapkan. Pada penggunaan berat katalisator 1,0 gram dengan arus 0,05 amper, ternyata sampai dengan waktu proses 110 menit sudah bisa dihasilkan air yang memenuhi standard air bersih. Karena dengan kondisi operasi tersebut kandungan Besi dalam air yang telah diproses dapat mencapai 0,3 mg/l.Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan RI No.907/Menkes/SK/VII/2002 menyebutkan bahwa kandungan maksimum logam Besi (Fe) dalam air minum (air bersih) yang diijinkan adalah 0,3 mg/l. Dengan arus yang hanya 0,05 amper dan berat katalis 1,0 gram, ternyata proses sudah bisa menghasilkan air yang memenuhi persyaratan air bersih. Hal ini dapat dijelaskan, karena kandungan Besi dalam air limbah relatif rendah. Sehingga dengan arus yang relatif kecil dan dibantu dengan proses photokatalitik, kandungan Besi dalam air bisa diturunkan sampai 0,3 mg/l. Waktu paling cepat untuk mendapatkan air bersih yang memenuhi standar adalah 60 menit dengan arus 0,3 amper dan berat katalisator 1,5 gram. Sedangkan pada penggunaan arus 0,1 dan 0,2 amper dibutuhkan waktu yang lebih lama dari 60 menit walaupun berat katalisator yang digunakan sama. Penambahan berat katalisator dapat berpengaruh pada penurunan kandungan Besi dalam air limbah. Hal ini dapat dijelaskan bahwa katalisator TiO_2 saat teraktifkan oleh sinar matahari menghasilkan superoksida (O_2) yang mampu mengoksidasi Besi (Fe) membentuk Fe_2O_3 yang mudah terendapkan sebagai $Fe(OH)_3$. Semakin banyak katalisator yang ditambahkan akan dihasilkan superoksida yang semakin banyak, sehingga jumlah unsur Besi yang dapat diendapkan juga semakin meningkat. Tetapi penambahan katalisator juga perlu dibatasi. Mengingat penambahan yang terus menerus dalam air limbah yang volumenya tetap diperkirakan tidak akan berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah unsur Besi yang bisa dihilangkan. Diperkirakan berat katalisator yang digunakan dalam proses photokatalitik mempunyai harga yang maksimum, sehingga pada penambahan berat katalisator diatas harga maksimumnya tidak akan berpengaruh pada

proses penurunan kandungan Besi dalam air limbah. Tetapi gejala ini masih perlu dibuktikan dengan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan jawaban yang pasti dan akurat.

Tabel 5. Hasil pengukuran kekeruhan (turbiditas)

Wkt, menit	Kekeruhan (turbiditas), NTU											
	Arus 0,05 amper			Arus 0,10 amper			Arus 0,2 amper			Arus 0,3 amper		
	Berat TiO_2, gram			Berat TiO_2, gram			Berat TiO_2, gram			Berat TiO_2, gram		
	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
0	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4	52,4
10	50	48	47	45	43	41	39	36	32	31	26	22
20	47	46	45	42	41	38	36	34	30	28	24	20
30	45	44	42	40	38	36	34	31	28	26	22	19
40	41	40	38	35	34	32	30	27	24	22	17	15
50	38	37	35	32	30	27	24	21	18	16	12	10
60	35	34	32	30	29	25	23	20	16	15	11	8
70	32	30	27	26	24	22	20	16	13	11	9	7
80	29	27	25	24	22	20	18	15	11	10	5	2
90	25	22	20	20	18	15	12	9	6	4	2	0,9
100	21	17	15	15	12	10	7	5	2	1	0,9	0,5
110	18	16	14	12	10	7	5	2	1	0,8	0,6	0,2

Berdasarkan Tabel 5, nampak terjadi penurunan kekeruhan (turbiditas) dalam air limbah pada saat pemakaian arus dan berat katalis TiO_2 dipertahankan tetap, tetapi waktu proses yang digunakan semakin lama. Demikian juga penurunan kekeruhan dalam air limbah terjadi semakin cepat pada saat arus ditingkatkan, tetapi waktu dan berat katalis TiO_2 dipetahankan tetap. Pada saat penggunaan berat katalis TiO_2 ditingkatkan juga nampak terjadi penurunan kekeruhan dalam air limbah. Peristiwa ini dapat dilihat pada waktu penambahan katalis dilakukan, tetapi waktu dan arus yang digunakan dipertahankan tetap. Terjadinya penurunan kekeruhan disebabkan oleh semakin banyaknya partikel polutan yang telah terendapkan, sehingga sisa polutan dalam air semakin berkurang. Dengan berkurangnya partikel polutan dalam air menyebabkan air semakin menjadi jernih atau kekeruhannya semakin berkurang Berdasarkan pengamatan secara visual diperoleh data bahwa nilai kekeruhan antara 5 sampai 8 NTU sudah dapat diperoleh air yang tidak berwarna. Artinya dengan berpedoman pada kisaran kekeruhan antara 5 dan 8 NTU tersebut dianggap bahwa air hasil proses telah memenuhi syarat sebagai air bersih. Pada penggunaan berat katalisator 0,5, 1,0 dan 1,5 gram dengan arus 0,05 amper, ternyata belum dapat dicapai kekeruhan antara 5 sampai 8 NTU. Pada penggunaan berat katalisator 1,5 gram dan waktu 110 menit dengan arus 0,1 amper sudah dapat dicapai kekeruhan antara 5 sampai 8 NTU. Pada penggunaan berat katalisator 0,5, 1,0 dan1,5 gram dengan arus 0,2 amper, maka untuk mencapai kekeruhan antara 5 sampai 8 NTU diperlukan waktu untuk masing - masing berat katalisator tersebut adalah antara 90 dan 100 menit, antara 90 menit dan 100 menit serta antara 80 menit dan 90 menit. Pada penggunaan berat katalisator 0,5, 1,0 dan 1,5 gram dengan arus 0,3 amper, maka untuk mencapai kekeruhan antara 5 sampai 8 NTU diperlukan waktu untuk masing- masing berat katalisator antara 80 dan 90 menit, antara 70 menit dan 80 menit serta antara 60 menit dan 70 menit.

Berdasarkan Tabel 5, nampak terjadi penurunan kekeruhan (turbiditas) dalam air limbah pada saat pemakaian arus dan berat katalis TiO_2 dipertahankan tetap, tetapi waktu proses yang digunakan semakin lama. Demikian juga penurunan kekeruhan dalam air limbah terjadi semakin cepat pada saat arus ditingkatkan, tetapi waktu dan berat katalis TiO_2 dipetahankan tetap. Pada saat penggunaan berat katalis TiO_2 ditingkatkan juga nampak terjadi penurunan kekeruhan dalam air limbah. Peristiwa ini dapat dilihat pada waktu penambahan katalis dilakukan, tetapi waktu dan arus yang digunakan dipertahankan tetap. Terjadinya penurunan kekeruhan disebabkan oleh semakin banyaknya partikel polutan yang telah terendapkan, sehingga sisa polutan dalam air semakin berkurang. Dengan berkurangnya partikel polutan dalam air menyebabkan air semakin menjadi jernih atau kekeruhannya semakin berkurang Berdasarkan pengamatan secara visual diperoleh data bahwa nilai kekeruhan antara 5 sampai 8 NTU sudah dapat diperoleh air yang tidak berwarna. Artinya dengan berpedoman pada kisaran kekeruhan antara 5 dan 8 NTU tersebut dianggap bahwa air hasil proses telah memenuhi syarat sebagai air bersih. Pada penggunaan berat katalisator 0,5, 1,0 dan 1,5 gram dengan arus 0,05 amper, ternyata belum dapat dicapai kekeruhan antara 5 sampai 8 NTU. Pada penggunaan berat katalisator 1,5 gram dan waktu 110 menit dengan arus 0,1 amper sudah dapat dicapai kekeruhan antara 5 sampai 8 NTU. Pada penggunaan berat katalisator 0,5, 1,0 dan1,5 gram dengan arus 0,2 amper, maka untuk mencapai kekeruhan antara 5 sampai 8 NTU diperlukan waktu untuk masing - masing berat katalisator tersebut adalah antara 90 dan 100 menit, antara 90 menit dan 100 menit serta antara 80 menit dan 90 menit. Pada penggunaan berat katalisator 0,5, 1,0 dan 1,5 gram dengan arus 0,3 amper, maka untuk mencapai kekeruhan antara 5 sampai 8 NTU diperlukan waktu untuk masing- masing berat katalisator antara 80 dan 90 menit, antara 70 menit dan 80 menit serta antara 60 menit dan 70 menit.

4. KESIMPULAN

Proses elektrokoagulasi dan photokatalitik secara simultan dapat menurunkan kandungan zat warna Rhodamine B, Besi (Fe) dan kekeruhan dalam air limbah. Semakin lama waktu proses atau penggunaan arus yang semakin besar memberikan dampak pada kandungan Rhodamine B, Besi (Fe) dan kekeruhan dalam air limbah semakin berkurang Kondisi terbaik diperoleh pada penggunaan arus 0,3 amper, berat katalisator TiO_2 1,0 gram dan waktu proses 110 menit dengan kandungan Besi (Fe) = 0,02 mg/l, Rhodamine B = 3 mg/l dan kekeruhan = 0,6 NTU

5. UCAPAN TERIMAKSIH

Ucapan terimaksih disampaikan kepada DP2M - DIKTI yang telah memberikan dukungan dana penelitian Stranas tahun kedua.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Ardhani, A.F. dan Ismawati, D.,2007. Penanganan Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan dengan Metode Elektrokoagulasi. Makalah Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, FakultasTeknik,Universitas Diponegoro, Semarang
2. Bayramoglu, M., Eyvaz,M. Kobya, M. and Senturk,E., 2006. Technical and Economic Analysis of Electrocoagulation for the Treatment of Poultry Slaughterhouse Wastewater. Separation and Purification Technology, vol. 51, p.404
3. Carmona, M., Khemis, M., Leclerc, J.P., and Lapicque, F., 2006. A Simple Model to Predict the Removal of Oil Suspensions from Water Using the Electrocoagulation Technique. Chemical Engineering Science, 61: 1237 – 1246.
4. Chen, X., Chen, G. and Yue, P. L., 2000. Separation of Pollutants from Restaurant Wastewater by Electrocoagulation. Sep. Purif. Technol. 19, 65–76.
5. Sutanto, Basuki, D.S.T.S dan Widjajanto,D.,2007. Model alat pendeteksi ion logam dalam air dengan metode elektrolisis. Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
6. Sutanto, Widjajanto,D. dan Hidjan. 2010. Pembuatan Air Bersih dari Air Limbah Menggunakan Proses Elektrokoagulasi dan Photokatalitik Secara Simultan

dengan Pengaktif Tenaga Surya. Laporan Penelitian Hibah Stranas, DP2M,DIKTI

7. Wijaya,K., Sugiharto,E. dan Fatimah,I., 2006. Photodegradation of Alizarin S Dye Using TiO_2 - Zeolite and UV Radiation .Indo. J. Chem., 6 (1), 32 - 37