

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

2.1.1 Pengertian Limbah

Limbah merupakan sampah cair dari lingkungan masyarakat dan terutama terdiri dari air yang telah digunakan dengan hampir 0,1% berupa benda-benda padat yang terdiri dari zat organik dan anorganik.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Pasal 8 tentang Pengolahan Lingkungan Hidup, klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi empat (4) golongan yaitu:

1. Golongan I, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air murni secara langsung tanpa diolah terlebih dahulu.
2. Golongan II, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku untuk diolah sebagai air minum dan keperluan rumah tangga dan lainnya.
3. Golongan III, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
4. Golongan IV, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, untuk usaha perkotaan, industri dan listrik tenaga air.

2.1.2 Limbah Cair

Limbah cair atau buangan merupakan air yang tidak dapat dimanfaatkan lagi serta dapat menimbulkan dampak yang buruk terhadap manusia dan lingkungan. Keberadaan limbah cair tidak diharapkan di lingkungan karena tidak mempunyai nilai ekonomi. Pengolahan yang tepat bagi limbah cair sangat diutamakan agar tidak mencemari lingkungan (Mardana, 2007).

2.1.3 Karakteristik Limbah Cair

Limbah cair, baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, di mana karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi sebagai berikut (Eddy, 2008).

1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik air limbah yang perlu diketahui adalah *total solid*, bau, temperatur, densitas, warna, konduktivitas, dan *turbidity*.

a. *Total Solid*

Total solid adalah semua materi yang tersisa setelah proses evaporasi pada suhu 103°C-105°C. Karakteristik yang bersumber dari saluran air domestik, industri, erosi tanah, dan infiltrasi ini dapat menyebabkan bangunan pengolahan penuh dengan *sludge* dan kondisi anaerob dapat tercipta sehingga mengganggu proses pengolahan.

b. Bau

Karakteristik ini bersumber dari gas-gas yang dihasilkan selama dekomposisi bahan organik dari air limbah atau karena penambahan suatu substrat ke air limbah.

c. Temperatur

Temperatur ini mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Air yang baik mempunyai temperatur normal 8°C dari suhu kamar 27°C. Semakin tinggi temperatur air (>27°C) maka kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.

d. *Density*

Density adalah perbandingan antara massa dengan volume yang dinyatakan sebagai *slug/ft³* (kg/m³).

e. Warna

Air limbah yang berwarna banyak menyerap oksigen dalam air, sehingga dalam waktu lama akan membuat air berwarna hitam dan berbau.

f. Kekeruhan

Kekeruhan diukur dengan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipendarkan oleh sampel air limbah dengan cahaya yang dipendarkan oleh suspensi standar pada konsentrasi yang sama (Eddy, 2008).

2. Karakteristik Kimia

Pada air limbah ada tiga karakteristik kimia yang perlu diidentifikasi yaitu bahan organik, anorganik, dan gas.

a. Bahan organik

Pada air limbah bahan organik bersumber dari hewan, tumbuhan, dan aktivitas manusia. Bahan organik itu sendiri terdiri dari C, H, O, N, yang menjadi karakteristik kimia adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan, pestisida dan fenol, dimana sumbernya adalah limbah domestik, komersil, industri kecuali pestisida yang bersumber dari pertanian.

b. Bahan anorganik

Jumlah bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh asal air limbah. Pada umumnya berupa senyawa-senyawa yang mengandung logam berat (Fe, Cu, Pb, dan Mn), asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat senyawa-senyawa nitrogen (amoniak, nitrit, dan nitrat), dan juga senyawa-senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida).

c. Gas

Gas yang umumnya ditemukan dalam limbah cair yang tidak diolah adalah nitrogen (N_2), oksigen (O_2), metana (CH_4), hidrogen sulfida (H_2S), amoniak (NH_3), dan karbondioksida (Eddy, 2008).

3. Karakteristik Biologi

Pada air limbah, karakteristik biologi menjadi dasar untuk mengontrol timbulnya penyakit yang dikarenakan organisme pathogen. Karakteristik biologi tersebut seperti bakteri dan mikroorganisme lainnya yang terdapat dalam dekomposisi dan stabilisasi senyawa organik (Eddy, 2008).

2.1.4 Sumber Limbah Cair

Sumber air limbah dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Air limbah domestik atau rumah tangga

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 112 tahun 2003, limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari usaha dan atau

kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik mengandung berbagai bahan, yaitu kotoran, *urine*, dan air bekas cucian yang mengandung detergen, bakteri, dan virus (Eddy, 2008).

2. Air limbah industri

Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber lain (Eddy, 2008).

3. Infiltrasi

Infiltrasi adalah masuknya air tanah ke dalam saluran air buangan melalui sambungan pipa, pipa bocor, atau dinding *manhole*, sedangkan *inflow* adalah masuknya aliran air permukaan melalui tutup *manhole*, atap, area drainase, *cross connection* saluran air hujan maupun air buangan (Eddy, 2008).

2.1.5 Dampak Air Limbah

Air mendukung ekosistem yang sangat kompleks dan di dalamnya terjadi perubahan baik secara fisik, kimia maupun biologi. Perubahan spesifik sering disebabkan oleh pembuangan air limbah yang masuk ke dalam air dan menghasilkan perubahan yang signifikan. Misalnya, polutan organik mengakibatkan tertekannya kadar oksigen yang berpengaruh terhadap kehidupan ikan, nitrogen dan fosfor merangsang pertumbuhan alga, logam berat dan ikatan organik yang persisten dapat berakumulasi dalam rantai makanan. Dampak pembuangan air limbah terhadap ekosistem ditandai dengan adanya perubahan baik struktur maupun fungsi berbagai komponen kehidupan dalam ekosistem itu sendiri. Perubahan ekosistem ini lebih lanjut akan berpengaruh terhadap fungsi ekosistem itu sendiri dalam perannya sebagai *natural purifier*.

a. Gangguan terhadap kesehatan manusia

Gangguan terhadap kesehatan manusia dapat disebabkan oleh kandungan bakteri, virus, senyawa nitrat, beberapa bahan kimia dari industri dan jenis pestisida yang terdapat dari rantai makanan, serta beberapa kandungan logam seperti merkuri, timbal, dan kadmium (Eddy, 2008).

b. Sungai

Berkurangnya kadar oksigen yang disebabkan oleh masuknya bahan organik dalam air di antaranya disebabkan oleh karena diterimanya air limbah kedalam sungai. Sungai memiliki kemampuan untuk reaerasi dengan sendirinya karena kontak dengan udara, tetapi kebutuhan oksigen untuk keperluan biologis seringkali melebihi kapasitas reaerasi sehingga menimbulkan tertekannya kadar oksigen. Apabila sungai menerima air limbah yang mengandung bahan organik secara terus-menerus, maka akan terjadi penurunan kadar oksigen dalam air. Kadar oksigen terlarut (DO) dalam air merupakan hasil aerasi alamiah dan karena kegiatan deoksigenasi mikroorganisme. DO mulai menunjukkan perbaikan pada saat terjadi reoksigenasi melebihi deoksigenasi. Apabila beban BOD melebihi kapasitas asimilasi dalam sungai, maka terjadi benar-benar kekurangan oksigen dan berbagai ikan akan mencapai keadaan yang kritis.

Oksigen terlarut memainkan peranan utama dalam ekosistem air. DO dalam sungai berfungsi dalam mengubah populasi mikrobial tetapi dalam kenyataannya dikendalikan atau dipengaruhi oleh tersedianya makanan yang berupa polutan organik. Pencemaran organik yang berat menyebabkan berkurangnya kadar oksigen terlarut sehingga menyebabkan berbagai ikan mati karena kekurangan oksigen. Matinya berbagai jenis ikan dan timbulnya bau berhubungan dengan tingkat oksigen yang rendah. Pencemaran organik pada tingkat yang rendah dapat mempengaruhi kadar oksigen tetapi masih cukup untuk memenuhi kebutuhan kehidupan ikan dan perkembangannya, sementara dengan kondisi demikian terbentuknya fosfat dan nitrat dari hasil penguraian bahan organik cukup menumbuhkan mikrofitas sebagai makanan ikan dan sejenisnya. Dalam hal terakhir kualitas air limbah yang dilepas harus betul-betul mengikuti persyaratan kualitas air limbah yang ditetapkan menurut peraturan perundang-undangan (Asfawi, 2014).

c. Danau

Danau seringkali terkena dampak karena kadar nitrogen dan fosfor yang tinggi yang dibuang dan berpengaruh terhadap stimulasi pertumbuhan alga.

Lamanya waktu penahanan, kondisi yang tidak bergerak (air tenang) dan banyaknya sinar matahari yang menembus air karena rendahnya bahan yang menyebabkan kekeruhan, memberikan keadaan yang kondusif terhadap pertumbuhan alga dan terjadilah *algal blooms*, suatu ledakan populasi alga di danau tersebut. Ledakan populasi alga ini menyebabkan tertekannya kadar oksigen terlarut (DO) sehingga berpengaruh terhadap kematian populasi ikan di dalamnya. Alga memang memproduksi oksigen pada siang hari, sementara mereka juga mengonsumsinya pada saat malam hari. Beberapa masalah bau dan rasa sering dihubungkan dengan ledakan populasi alga (Asfawi, 2014).

2.2 Detergen

2.2.1 Definisi Deterjen

Istilah deterjen digunakan untuk bahan atau produk yang mempunyai fungsi meningkatkan kemampuan pemisahan suatu materi dari permukaan benda, misalnya kotoran dari pakaian, sisa makanan dari piring atau buih sabun dari permukaan benda serta mendispersi dan menstabilisasi dalam matriks seperti suspensi butiran minyak dalam fase seperti air (Showell, 2006).

Penyusun deterjen dapat dikelompokkan menjadi empat, yaitu surfaktan, *builder*, *bleaching agent* dan bahan aditif. Surfaktan berfungsi untuk mengangkat kotoran pada pakaian baik yang larut dalam air maupun yang tak larut dalam air. Kandungan lain yang penting dalam deterjen yaitu *builder*. *Builder* digunakan untuk melunakkan air sadah dengan cara mengikat mineral-mineral yang terlarut, sehingga surfaktan dapat berfungsi dengan lebih baik dan juga membantu menciptakan kondisi keasaman yang tepat agar proses pembersihan dapat berlangsung dengan lebih baik serta membantu mendispersikan dan mensuspensikan kotoran yang telah lepas. Senyawa kompleks yang sering digunakan dalam *builder* adalah fosfat, natrium sitrat, natrium karbonat dan natrium silikat atau zeolit. Senyawa fosfat dapat mencegah menempelnya kembali kotoran pada bahan yang sedang dicuci. Formulasi yang tepat antara kompleks fosfat dengan surfaktan menjadi kunci utama kehebatan daya cuci deterjen. *Filler* (pengisi) merupakan bahan tambahan deterjen yang tidak mempunyai kemampuan

meningkatkan daya cuci tetapi menambah kuantitas. Aditif merupakan bahan tambahan untuk membuat produk yang lebih menarik, misalnya pewangi, pelarut, pemutih dan pewarna (Hudori, 2008).

2.2.2 Dampak Deterjen terhadap Kesehatan dan Lingkungan

Bahan kimia penyusun deterjen harus diperhatikan karena gugus fungsi ini akan sangat mempengaruhi toksisitas terhadap kesehatan dan lingkungan. Masalah yang timbul di masyarakat, apabila terjadi kontak langsung deterjen dengan kulit maka kulit terasa kering, melepuh dan timbulnya eksim kulit seperti bintik-bintik. Pada lingkungan, masalah yang terjadi ialah terjadinya eutrofikasi di perairan karena penggunaan deterjen dengan kandungan fosfat yang tinggi. Apabila kondisi badan air sudah menghitam atau terbentuk busa yang melimpah dapat mempengaruhi kontak udara dengan deterjen di perairan terganggu sehingga proses penguraian secara aerobik terhambat, akibatnya degradasi tidak berjalan secara sempurna (Sopiah, 2008)

2.3 Limbah Laundry

Laundry merupakan suatu proses kompleks yang melibatkan interaksi antara beberapa faktor fisik dan kimiawi. Pada proses ini kotoran yang melekat pada pakaian dibersihkan dengan mempergunakan air dan deterjen. Tahapan yang terjadi pada proses ini adalah kotoran yang melekat pada pakaian akan dilepaskan oleh larutan deterjen dan dilanjutkan dengan stabilisasi air yang berisi kotoran supaya kotoran tersebut tidak menempel kembali pada permukaan pakaian. Kemampuan membersihkan pakaian dalam proses *laundry* sangatlah tergantung pada beberapa faktor seperti jenis bahan pakaian, jenis kotoran, kualitas air, peralatan mencuci dan komposisi deterjen (Hudori, 2008).

Air pada proses *laundry* berfungsi sebagai pelarut bagi deterjen dan kotoran yang menempel di pakaian. Air juga berfungsi sebagai media perpindahan untuk komponen tanah yang terlarut maupun terdispersi. Air limbah yang dihasilkan dari proses *laundry* mempunyai komposisi dan kandungan yang bervariasi. Hal ini dapat disebabkan karena adanya variasi kandungan kotoran di pakaian, komposisi

dan jumlah deterjen yang digunakan serta teknologi yang digunakan. Untuk jasa *laundry*, kandungan air limbahnya mengandung deterjen dengan jumlah sedikit dikarenakan pemakaian yang lebih ekonomis dan juga penggunaan peralatan pelunakan air.

Karakteristik dari air limbah *laundry* yang diperoleh dari beberapa penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah *Laundry*

Parameter	Eriksson <i>et al.</i> (2002)	Hoinkis (2008)	Ge <i>et al.</i> (2004)	Savitri (2007)
Temperatur (°C)	28-32	15-30		27
pH	9,3-10	9-11	7,83-9,5	8,2-8,8
Kekeruhan (NTU)	50-210	-	471-583	-
Surfaktan (mg/L)	-	-	72,3-64,5	210,6
COD (mg/L)	725	1050	785-1090	1815
BOD (mg/L)	150-380	-	-	1087
TSS (mg/L)	120-280	-	-	-
Fosfat (mg/L)	4-15	5	-	7,64
Total nitrogen (mg/L)	6-21	40	-	-

Sumber: Hudori, 2008

Baku mutu air limbah *laundry* menurut Peraturan Gubernur No. 69 tahun 2013 dan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang baku mutu air limbah *laundry* yang terlampir pada keputusan ini seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Baku Mutu Air Limbah *Laundry*

No.	Parameter	Baku Mutu	Satuan
1.	TSS	100*	mg/L
2.	COD	150*	mg/L
3.	BOD ₅	75*	mg/L
4.	Fosfat	5**	mg/L
5.	pH	6-9*	-

Sumber: *Pergub No.69 Tahun 2013

**PP No. 82 Tahun 2001

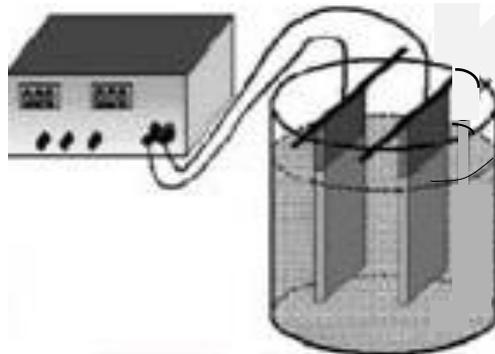
2.4 Elektrokoagulasi

2.4.1 Definisi Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses koagulasi-flokulasi. Proses ini dapat menjadi pilihan pengolahan limbah B3 fase cair yang menjadi alternatif dari proses pengolahan yang lain (Retno, 2008).

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt, 2012). Menurut Mollah (2004), elektrokoagulasi adalah proses kompleks yang melibatkan fenomena kimia dan fisika dengan menggunakan elektroda untuk menghasilkan ion yang digunakan untuk mengolah air limbah.

Koagulasi dapat diperoleh dengan cara kimia maupun listrik. Koagulasi kimiawi sekarang ini menjadi kurang diminati karena biaya pengolahan yang tinggi, menghasilkan volume lumpur yang besar, pengelompokan logam hidroksida sebagai limbah berbahaya, dan biaya untuk bahan kimia yang membantu koagulasi.



Sumber: Holt, 2012

Gambar 1. Elektrokoagulasi sistem *batch*

Elektrokoagulasi seringkali dapat menetralkan muatan-muatan partikel dan ion, sehingga bisa mengendapkan kontaminan-kontaminan, menurunkan konsentrasi lebih rendah dari yang bisa dicapai dengan pengendapan kimiawi, dan dapat menggantikan atau mengurangi penggunaan bahan-bahan kimia yang mahal (garam logam, polimer).

Meskipun mekanisme elektrokoagulasi mirip dengan koagulasi kimiawi dalam hal spesies kation yang berperan dalam netralisasi muatan-muatan permukaan, tetapi karakteristik flok yang dihasilkan oleh elektrokoagulasi berbeda secara dramatis dengan flok yang dihasilkan oleh koagulasi kimiawi.

Flok dari elektrokoagulasi cenderung mengandung sedikit ikatan air, lebih stabil dan lebih mudah disaring (Woytowich, 2010).

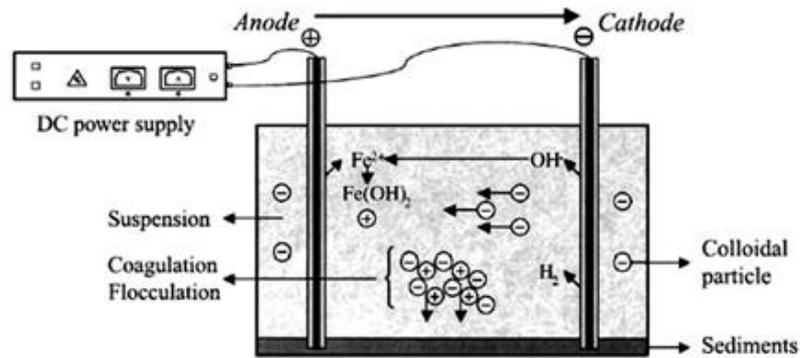
Saat ini penggunaan teknologi elektrokoagulasi dikembangkan untuk meningkatkan kualitas efluen air limbah. Elektrokoagulasi digunakan untuk mengolah efluen dari beberapa air limbah yang berasal dari industri makanan, limbah tekstil, limbah rumah tangga, limbah yang mengandung senyawa arsenik, air yang mengandung fluorida, dan air yang mengandung partikel yang sangat halus, bentonit dan kaolit.

Elektrokoagulasi mampu mengolah berbagai polutan termasuk padatan tersuspensi, logam berat, tinta, bahan organik (seperti limbah domestik), minyak dan lemak, ion, dan radionuklida. Karakteristik polutan mempengaruhi mekanisme pengolahan, misalnya polutan berbentuk ion akan diturunkan melalui proses presipitasi sedangkan padatan tersuspensi yang bermuatan akan diabsorpsi ke koagulan yang bermuatan (Nouri, 2010).

2.4.2 Proses Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi dikenal juga sebagai elektrolisis gelombang pendek. Elektrokoagulasi merupakan suatu proses yang melewatkan arus listrik ke dalam air. Proses ini dapat mengurangi lebih dari 99% kation logam berat. Pada dasarnya sebuah elektroda logam akan teroksidasi dari logam M menjadi kation. Selanjutnya air akan menjadi gas hidrogen dan juga ion hidroksil (OH^-).

Adapun prinsip kerja dari sistem ini adalah dengan menggunakan dua buah lempeng elektroda yang dimasukkan ke dalam bejana yang telah diisi dengan air yang akan dijernihkan. Selanjutnya kedua elektroda dialiri arus listrik searah sehingga terjadilah proses elektrokimia yang menyebabkan kation bergerak menuju katoda dan anion bergerak menuju anoda, anion bergerak ke anoda dan menyerahkan dan menerima elektron yang telah dioksidasi. Pada akhirnya akan terbentuk suatu flokulan yang akan mengikat kontaminan maupun partikel-partikel dari air baku tersebut.

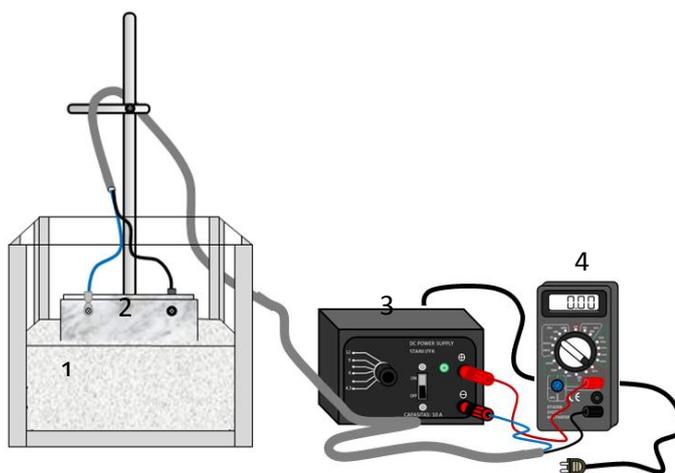


Sumber: Holt, 2012

Gambar 2. Proses Elektrokoagulasi

Interaksi-interaksi yang terjadi dalam larutan yaitu:

- Migrasi menuju muatan elektroda yang berlawanan dan netralisasi muatan
- Kation ataupun ion hidroksil membentuk sebuah endapan dengan pengotor
- Interaksi kation logam dengan OH^- membentuk sebuah hidroksida dengan sifat adsorbs yang tinggi selanjutnya berikatan dengan polutan (*bridge coagulation*)
- Senyawa hidroksida yang terbentuk membentuk gumpalan (flok) yang lebih besar
- Gas hidrogen membantu flotasi dengan membawa polutan ke lapisan *bulk* flok di permukaan cairan (Holt, 2012).



Keterangan:

- Akuarium
- Elektroda
- Power Supply
- Multimeter

Gambar 3. Rangkain Alat Elektrokogulasi

2.4.3 Reaksi pada Elektrokoagulasi

Terdapat dua macam reaksi yang terjadi pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung, yaitu reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi pada plat yang berbeda. Penjelasan mengenai kedua reaksi tersebut yang terjadi pada anoda maupun katoda seperti berikut ini:

a. Reaksi pada Katoda

Pada katoda akan terjadi reaksi-reaksi reduksi terhadap kation, yang termasuk dalam kation ini adalah ion H^+ dan ion ion logam.

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



2. Jika larutan mengandung ion-ion logam alkali, alkali tanah, maka ion-ion ini tidak dapat direduksi dari larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda.



Dari daftar E^0 (deret potensial logam/deret volta), maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air).

K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

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

b. Reaksi pada Anoda

1. Anoda yang digunakan adalah logam Aluminium akan teroksidasi:



- a. Ion OH^- dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O_2):



- b. Anion-anion lain (SO_4^- , SO_3^-) tidak dapat dioksidasi dari larutan, yang akan mengalami oksidasi adalah pelarutnya (H_2O) membentuk gas oksigen (O_2) pada anoda:



Dari reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi, maka pada katoda akan dihasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya, sedangkan pada anoda akan dihasilkan gas halogen dan pengendapan flok-flok yang terbentuk.

Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat katoda dan anoda sebagai penghantar arus listrik searah yang disebut elektroda, yang tercelup dalam larutan limbah sebagai elektrolit. Dalam proses elektrokoagulasi ini menghasilkan gas yang berupa gelembung-gelembung gas, maka kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada dalam air akan terangkat ke atas permukaan air. Flok-flok terbentuk ternyata mempunyai ukuran yang relatif kecil, sehingga flok-flok yang terbentuk tadi lama kelamaan akan bertambah besar ukurannya. Setelah air mengalami elektrokoagulasi, kemudian dilakukan proses pengendapan, yaitu berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel atau flok yang terbentuk. Setelah flok-flok yang terbentuk mengendap di dasar tabung, air limbah yang terdapat di atas flok yang mengendap disaring, kemudian efluen yang dihasilkan akan dianalisis di laboratorium.

2.4.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi

Menurut Putero dkk (2008) beberapa faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi antara lain:

a. **Kerapatan Arus Listrik**

Kenaikan kerapatan arus akan mempercepat ion bermuatan membentuk flok. Jumlah arus listrik yang mengalir berbanding lurus dengan bahan yang dihasilkan selama proses.

b. **Waktu**

Menurut hukum Faraday, jumlah muatan yang mengalir selama proses elektrolisis sebanding dengan jumlah waktu kontak yang digunakan.

c. **Tegangan**

Karena arus listrik yang menghasilkan perubahan kimia mengalir melalui medium (logam atau elektrolit) disebabkan adanya beda potensial, karena

tahanan listrik pada medium lebih besar dari logam, maka yang perlu diperhatikan adalah mediumnya dan batas antar logam dengan medium.

d. Kadar Keasaman (pH)

Karena pada proses elektrokoagulasi terjadi proses elektrolisis air yang menghasilkan gas *hydrogen* dan ion hidroksida, maka dengan semakin lama waktu kontak yang digunakan, maka semakin cepat juga pembentukan gas *hydrogen* dan ion hidroksida, apabila ion hidroksida yang dihasilkan lebih banyak maka akan menaikkan pH dalam larutan.

e. Ketebalan Plat

Semakin tebal plat elektroda yang digunakan, daya tarik elektrostatisnya dalam mereduksi dan mengoksidasi ion logam dalam larutan akan semakin besar.

f. Jarak antar Elektroda

Semakin besar jaraknya semakin besar hambatannya, sehingga semakin kecil arus yang mengalir.

2.4.5 Kelebihan dan Kekurangan Proses Elektrokoagulasi

Dalam penggunaan proses elektrokoagulasi harus diberikan gambaran tentang kelebihan dan kerugian dalam mengolah limbah cair (Kamilul, 2008). Adapun kelebihan proses elektrokoagulasi yaitu:

1. Elektrokoagulasi membutuhkan peralatan yang sederhana dan mudah dioperasikan
2. Air limbah yang diolah dengan elektrokoagulasi menghasilkan *effluent* lebih jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau
3. Flok yang terbentuk pada elektrokoagulasi memiliki kesamaan dengan flok yang berasal dari flokulasi kimia. Perbedaannya adalah flok dari elektrokoagulasi berukuran lebih besar dengan kandungan air lebih sedikit, lebih stabil, dan mudah dipisahkan dengan filtrasi
4. Keuntungan dari elektrokoagulasi ini lebih cepat mereduksi kandungan koloid yang paling kecil, hal ini disebabkan menggunakan medan listrik dalam air

sehingga mempercepat gerakan yang demikian rupa agar memudahkan proses koagulasi

5. Elektrokoagulasi menghasilkan *effluent* dengan kandungan *Total Dissolved Solid* (TDS) dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan koagulasi kimiawi. TDS yang rendah akan mengurangi biaya *recovery*
6. Elektrokoagulasi tidak memerlukan koagulan, sehingga tidak bermasalah dengan netralisasi
7. Gelembung gas yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi ini membawa polutan ke permukaan air sehingga mudah dibersihkan
8. Dapat memberikan efisiensi proses yang cukup tinggi untuk berbagai kondisi dikarenakan tidak dipengaruhi temperatur
9. Pemeliharaan lebih mudah karena menggunakan sel elektrolisis yang tidak bergerak.

Kelemahan proses elektrokoagulasi ialah:

1. Tidak dapat digunakan untuk mengolah limbah cair yang mempunyai sifat elektrolit cukup tinggi karena akan terjadi hubungan singkat antar elektroda
2. Besarnya reduksi logam berat dalam limbah cair dipengaruhi oleh besar kecilnya arus voltase listrik searah pada elektroda, luas sempitnya bidang kontak elektroda dan jarak elektroda
3. Elektroda yang diganti dalam proses elektrokoagulasi harus diganti secara teratur
4. Terbentuknya lapisan di elektroda dapat mengurangi efisiensi pengolahan.

2.4.6 Arus pada Elektroda

Arus listrik merupakan banyaknya muatan listrik yang mengalir setiap satuan waktu. Muatan listrik bisa mengalir melalui kabel atau penghantar listrik lainnya. Pada zaman dulu, arus konvensional didefinisikan sebagai aliran muatan positif, sekalipun sekarang diketahui bahwa arus listrik dihasilkan dari aliran elektron yang bermuatan negatif ke arah sebaliknya.

Arus listrik merupakan gerakan kelompok partikel bermuatan listrik dalam arah tertentu. Arah arus yang mengalir dalam satu konduktor adalah dari potensial

tinggi ke potensial rendah. Satuan SI untuk arus listrik adalah *ampere* (A). Arus listrik ialah besaran skalar karena baik muatan maupun waktu merupakan besaran skalar (Susilawati, 2010).

2.4.7 Pelarutan Logam di Elektroda

Pada saat percobaan, elektroda yang digunakan selalu dihubungkan dengan sumber listrik DC. Jumlah logam yang larut tergantung pada jumlah arus listrik yang mengalir pada elektroda tersebut. Hukum Faraday membuat hubungan antara kuat arus (I) yang mengalir dengan jumlah massa yang terlepas ke larutan, hal ini merupakan pendekatan secara teoritis untuk menghitung jumlah aluminium yang terlepas ke larutan (Mukimin, 2006). Adapun rumus dari hukum Faraday sebagai berikut:

$$w = \frac{I \times t \times m}{z \times F} \quad \dots (6)$$

Dimana: w = Berat aluminium yang larut (gram)

I = kuat arus listrik yang digunakan (*Ampere*)

t = lamanya arus mengalir (detik)

m = berat molekul plat logam (aluminium) atau berat atom

z = valensi (aluminium = 3)

F = konstanta Faraday, (96500 C/mol)

2.4.8 Efisiensi Arus

Efisiensi arus didefinisikan sebagai perbandingan antara berat logam yang terelektrolisis pada permukaan anoda dengan berat logam yang terelektrolisis secara teoritik menurut hukum Faraday (Mukimin, 2006).

$$\eta = \frac{w_d}{w_t} \times 100\%$$

Dimana: η = Efisiensi Arus

w_d = Berat logam yang terelektrolisis

w_t = Berat logam yang terelektrolisis secara teoritis

2.5 Plat Elektroda

Pada dasarnya proses elektrokoagulasi merupakan pengembangan dari proses elektrolisis yang merupakan elektroda sebagai titik tumpu pengendali prinsip kerja sistem ini. Elektrolisis merupakan penguraian elektrolit oleh arus listrik searah dengan menggunakan dua macam elektroda. Adapun elektroda yang digunakan yaitu berupa katoda dan anoda. Dalam prosesnya katoda bertindak sebagai kutub negatif dan pada katoda terjadi reaksi reduksi yaitu kation (ion positif) yang ditarik oleh katoda dan akan menerima tambahan elektron, sehingga bilangan oksidasinya berkurang.

Katoda menghasilkan ion hidrogen yang mengangkat berbagai flokulan yang terbentuk pada saat proses elektrokoagulasi selesai, maka akan terlihat bercak-bercak putih yang terdapat pada katoda tanda dari keluarnya ion hidrogen pada bagian tersebut.

Berbeda dengan katoda, anoda pada proses elektrolisis maupun elektrokoagulasi, berperan sebagai kutub negatif. Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi yaitu anion (ion negatif) ditarik oleh anoda dan jumlah elektronnya akan berkurang sehingga oksidasinya bertambah. Hal inilah yang menyebabkan bahwa pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung, flokulan-flokulan yang terbentuk akan banyak menempel pada anoda sebagai agen koagulan.

2.5.1 Logam Aluminium

Aluminium merupakan salah satu logam anorganik yang dijumpai dalam air minum. Konsentrasi aluminium yang tinggi bisa mengendap sebagai aluminium hidroksida yang mempengaruhi kehidupan air. Perannya tidak bisa dihindari karena senyawa-senyawa aluminium ditambahkan bukan hanya ke suplai air tetapi juga ke banyak makanan dan obat yang diproses.

Aluminium yang berupa alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan limbah. Adapun aluminium juga merupakan salah satu elektroda yang dapat digunakan dalam proses elektrokoagulasi karena nilai konduktivitasnya yang cukup tinggi sehingga dianggap baik untuk menghantarkan muatan-muatan listrik dalam proses tersebut.

2.6 Karakterisasi Limbah *Laundry*

2.6.1 Derajat Keasaman, pH

Nilai pH menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah air atau limbah tersebut asam atau basa. Penentuan pH ini dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.11-2004. Baku mutu pH untuk air limbah laundry berdasarkan Peraturan Gubernur No. 69 Tahun 2013 ialah 6-9.

Konsentrasi ion hidrogen tersebut dapat mempengaruhi reaksi kimia yang terjadi di lingkungan perairan. pH air dapat mempengaruhi kelarutan dari suatu koagulan. Koagulan memiliki kelarutan yang besar pada rentang pH 5-7, semakin mudah larut suatu koagulan maka semakin mudah terbentuknya ion aquometalik yang akhirnya semakin cepatnya partikel koloid ternetralisasi membentuk flok. Semakin besar pH maka kelarutan dari koagulan semakin kecil sehingga ion aquometalik semakin sulit terbentuk, yang akhirnya mengurangi jumlah partikel koloid yang ternetralisasi membentuk flok.

2.6.2 *Biochemical Oxygen Demand*, BOD (mg/L)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terdapat dalam air pada keadaan aerobik yang diinkubasi pada suhu 20°C selama 5 hari, sehingga biasa disebut BOD₅. Nilai BOD₅ dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah bahan organik di dalam air limbah yang dapat dioksidasi dan akan diuraikan oleh mikroorganisme melalui proses biologi.

Nilai BOD yang tinggi menunjukkan bahwa terdapat banyak senyawa organik dalam limbah, sehingga banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik, sedangkan nilai BOD yang rendah menunjukkan terjadinya penguraian limbah organik oleh mikroorganisme (Zulkifli, 2007).

Penentuan BOD₅ ini dilakukan berdasarkan SNI 6989-72-2009 dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{BOD}_5 = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_B}\right) V_c}{P} \quad \dots (7)$$

dimana: BOD_5 = nilai BOD_5 contoh uji (mg/L)

A_1 = kadar oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L);

A_2 = kadar oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi 5 hari (mg/L);

B_1 = kadar oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L);

B_2 = kadar oksigen terlarut blanko setelah inkubasi 5 hari (mg/L);

V_B = volume suspensi mikroba (mL) dalam botol DO blanko;

V_c = volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji (mL);

P = perbandingan volume contoh uji (V_1) per volume total (V_2).

2.6.3 Chemical Oxygen Demand, COD (mg/L)

Penentuan COD ini dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.2-2004. *Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua bahan organik yang terdapat di perairan, menjadi CO_2 dan H_2O . Nilai COD selalu lebih tinggi daripada nilai BOD dikarenakan hampir seluruh jenis bahan organik dapat teroksidasi secara kimia termasuk bahan organik yang teroksidasi secara biologis.

2.6.4 Total Suspended Solid, TSS (mg/L)

TSS merupakan bahan-bahan yang melayang dan tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi sangat berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air semakin keruh (Effendi, 2008).

Penentuan TSS ini dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.3-2004 dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$TSS = \frac{(A-B) \times 1000}{Volume\ contoh\ uji\ (ml)} \quad \dots(8)$$

dimana: A = berat kertas saring + residu kering, mg;

B = berat kertas saring, mg.

2.6.5 Fosfat (mg/L)

Fosfat banyak berasal dari bahan pembersih yang mengandung senyawa fosfat. Pada deterjen salah satu bahan yang digunakan adalah *builder*. Senyawa kompleks yang sering digunakan dalam *builder* adalah fosfat, natrium sitrat, natrium karbonat dan natrium silikat atau zeolit. Senyawa fosfat dapat mencegah menempelnya kembali kotoran pada bahan yang sedang dicuci. Kandungan fosfat yang tinggi menyebabkan suburnya algae dan organisme lainnya apa yang dikenal dengan eutrophikasi. Eutrophikasi adalah masalah lingkungan hidup yang dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem perairan khususnya pada air tawar dimana tumbuhan tumbuh sangat cepat dibandingkan pertumbuhan yang normal (Wati, 2008).