

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah**

##### **2.1.1 Definisi Limbah**

Limbah adalah bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Limbah adalah sisa produksi baik dari alam maupun hasil dari kegiatan manusia. Beberapa pengertian tentang limbah:

1. Berdasarkan keputusan Menperindag RI No. 231/MPP/Kep/7/1997 Pasal I tentang prosedur impor limbah, menyatakan bahwa Limbah adalah bahan/barang sisa atau bekas dari suatu kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah dari aslinya.
2. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18/1999 Jo.PP 85/1999 Limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan/atau kegiatan manusia.

##### **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, dimana 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 103–105°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/ft<sup>3</sup>* ( $\text{kg/m}^3$ ).

### 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 deterjen, bakteri, dan virus (Eddy, 2008).

## 2. Air limbah industri

Air yang dihasilkan oleh industri, baik akibat proses pembuatan atau produksi yang dihasilkan industri tersebut maupun proses lainnya (Darmono, 2001). Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, perternakan, 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 Limbah Cair

Limbah organik mengandung sisa-sisa bahan organik, detergen, minyak dan kotoran manusia. Limbah ini dalam skala kecil tidak akan terlalu mengganggu, akan tetapi dalam jumlah besar sangat merugikan. Dampak negatif yang dapat ditimbulkan limbah cair adalah sebagai berikut:

#### 1. 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).

#### 2. Gangguan terhadap keseimbangan ekosistem

Kerusakan terhadap tanaman dan binatang yang hidup pada perairan disebabkan oleh eutrofikasi yaitu pencemaran air yang disebabkan oleh munculnya nutrient yang berlebihan ke dalam ekosistem air, air dikatakan

eutrofik jika konsentrasi total phosphorus (TP) dalam air berada dalam rentang 35-100  $\mu\text{g/L}$  dan pertumbuhan tanaman yang berlebihan (Eddy, 2008).

### 3. Gangguan terhadap estetika dan benda

Gangguan kenyamanan dan estetika berupa warna, bau, dan rasa. Kerusakan benda yang disebabkan oleh garam-garam terlarut seperti korosif atau karat, air berlumpur, menyebabkan menurunnya kualitas tempat-tempat rekreasi dan perumahan akibat bau serta eutrofikasi (Eddy, 2008).

## 2.2 Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik adalah air yang telah dipergunakan dan berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat memasak (Sugiharto, 2008).

Komposisi limbah cair rata-rata mengandung bahan organik dan senyawa mineral yang berasal dari sisa makanan, urin, dan sabun. Sebagian limbah rumah tangga berbentuk suspensi lainnya dalam bentuk bahan terlarut.

Limbah cair ini dapat dibagi menjadi 2 (dua) yaitu limbah cair kakus yang umum disebut *black water* dan limbah cair dari mandi-cuci yang disebut *grey water*. *Black water* oleh sebagian penduduk dibuang melalui *septic tank*, namun sebagian dibuang langsung ke sungai, sedangkan *gray water* hampir seluruhnya dibuang ke sungai-sungai melalui saluran (Mara, 2004).

### 2.2.1 Karakteristik Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Karakteristik limbah cair domestik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Domestik

| Parameter        | Satuan | Baku Mutu (*) |
|------------------|--------|---------------|
| pH               | -      | 6 – 9         |
| BOD <sub>5</sub> | mg/L   | 100           |
| TSS              | mg/L   | 100           |
| Minyak dan Lemak | mg/L   | 10            |

Sumber: (\*) Baku Mutu Peraturan Gubernur Sumsel No. 08 Tahun 2012 Tentang baku Mutu Limbah Cair untuk Limbah Domestik

### **2.2.2 Dampak Limbah Cair Domestik**

Beberapa masalah yang dapat ditimbulkan oleh buangan limbah cair domestik antara lain:

1. Merusak keindahan atau estetika karena pemandangan menjadi tidak sedap dan berbau busuk.
2. Menimbulkan kerusakan lingkungan.
3. Merusak dan membunuh kehidupan di dalam air.
4. Membahayakan kesehatan.

Masuknya air limbah domestik ke dalam lingkungan perairan akan mengakibatkan perubahan-perubahan besar dalam sifat fisika, kimia, dan biologis perairan tersebut seperti suhu, kekeruhan, konsentrasi oksigen terlarut, zat hara, dan produksi dari bahan beracun. Tingkat dan luas pengaruh yang ditimbulkan terhadap organisme perairan tersebut sangat tergantung dari jenis dan jumlah bahan pencemar yang masuk ke perairan. Berubahnya keseimbangan antara faktor fisika-kimia dan biologis dalam suatu lingkungan akibat adanya senyawa pencemar dapat mempengaruhi organisme dalam lingkungan tersebut.

## **2.3 Elektrokoagulasi**

### **2.3.1 Definisi Elektrokoagulasi**

Elektrokoagulasi adalah proses penggumpalan dan pengendapan partikel-partikel halus yang terdapat dalam air dengan menggunakan energi listrik. Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang didalamnya terdapat dua buah penghantar arus listrik searah yang kita kenal sebagai elektroda. Adapun bagian dari elektroda yang tercelup ke dalam larutan limbah akan dijadikan sebagai elektrolit. Apabila dalam satu larutan elektrolit ditempatkan dua elektroda kemudian elektroda tersebut dialiri oleh arus listrik searah maka akan terjadi suatu proses elektrokimia yang berupa gejala dekomposisi elektrolit, yaitu ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi, sehingga nantinya akan membentuk flok yang mampu mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam limbah.

Proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses koagulasi-flokulasi. Proses ini dapat menjadi pilihan pengolahan limbah B3 cair fase cair alternatif dari metode 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), sedangkan menurut Mollah (2008), 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.

Koagulasi kimiawi telah digunakan selama puluhan tahun untuk mendestabilisasi suspensi dan untuk membantu pengendapan spesies logam yang terlarut. *Alum*, *lime*, dan/atau polimer-polimer lain adalah koagulan-koagulan kimia yang sering digunakan. Proses ini, bagaimanapun, cenderung menghasilkan sejumlah besar lumpur dengan kandungan ikatan air yang tinggi yang dapat memperlambat proses filtrasi dan mempersulit proses penghilangan air (*dewater*). Proses ini juga cenderung meningkatkan kandungan TDS dalam *effluent*, sehingga menyebabkan proses ini tidak dapat digunakan dalam aplikasi industri (Woytowich, 2010).

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 dan/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.

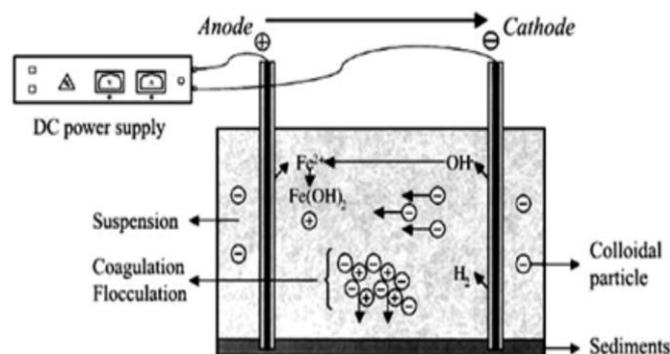
Elektrokoagulasi mampu mengolah berbagai polutan termasuk padatan tersuspensi, logam berat, tinta, bahan organik (seperti limbah domestik), minyak dan lemak, ion, dan radionuklida. Karakteristik polutan mempengaruhi mekanisme pengolahan, misalnya polutan berbentuk ion akan diturunkan melalui proses presipitasi,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

### **2.3.2 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). Selanjutnya air akan menjadi gas hidrogen dan juga ion hidroksil (OH).

Adapun prinsip kerja dari sistem ini adalah dengan menggunakan dua buah lempeng elektroda (biasanya aluminium atau besi) 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. Pada akhirnya akan terbentuk suatu flokulan yang akan mengikat kontaminan maupun partikel-partikel dari air baku tersebut. Proses elektrokoagulasi ini

menghasilkan gelembung-gelembung gas, maka kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada dalam air akan terangkat ke atas permukaan air. Flok-flok yang terbentuk mempunyai ukuran yang relatif kecil sehingga flok-flok yang terbentuk tadi ukurannya lama-kelamaan akan bertambah besar. Proses elektrokoagulasi ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Purwaningsih, 2009

Gambar 1. Proses Elektrokoagulasi

Interaksi-interaksi yang terjadi dalam larutan yaitu:

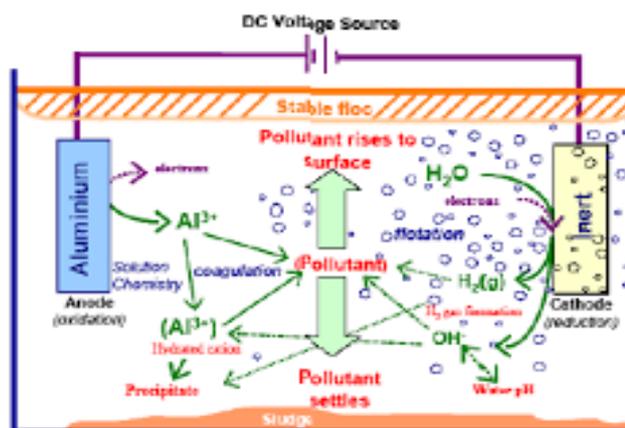
1. Perpindahan menuju muatan elektroda yang berlawanan dan netralisasi muatan.
2. Kation ataupun ion hidroksil membentuk sebuah endapan dengan pengotor.
3. Interaksi kation logam dengan OH membentuk sebuah hidroksida dengan sifat adsorpsi yang tinggi selanjutnya berikatan dengan polutan (*bridge coagulation*).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

### 2.3.3 Mekanisme Elektrokoagulasi

Apabila dalam suatu larutan elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit yaitu ion positif (kation) bergerak ke anoda dan (anion)

bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron menerima elektron yang dioksidasi, sehingga membentuk flok yang mampu mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam limbah. Elektrokoagulasi memiliki kemampuan untuk membersihkan berbagai polutan dengan berbagai kondisi mulai dari zat-zat padat tersuspensi, logam berat, produk petroleum, warna dari larutan yang mengandung pewarna, humus cair dan defluoridasi air.

Mekanisme yang mungkin terjadi pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung yaitu arus dialirkan melalui suatu elektroda logam, yang mengoksidasi logam (M) menjadi kationnya. Secara simultan, air tereduksi menjadi gas hidrogen dan ion hidroksil ( $\text{OH}^-$ ). Dengan demikian elektrokoagulasi memasukkan kation secara elektrokimia, dengan menggunakan anoda yang berbentuk plat (biasanya aluminium atau besi). Kation terhidrolisis di dalam air yang membentuk hidroksida dengan spesies-spesies utama yang ditentukan oleh pH larutan. Kation bermuatan tinggi mendestabilisasi setiap partikel koloid dengan pembentukan kompleks polihidroksida polivalen. Komplek-komplek ini memiliki sifat-sifat penyerapan yang tinggi, yang membentuk agregat dengan polutan. Evolusi gas hidrogen membantu dalam percampuran dan karenanya membantu flokulasi. Begitu flok dihasilkan, gas elektrolitik menimbulkan efek pengapungan yang memindahkan polutan ke lapisan *floc - foam* pada permukaan cairan.



Sumber: Holt, 2002

Gambar 2. Mekanisme Elektrokoagulasi

### 2.3.4 Plat Elektroda

Pada dasarnya, proses elektrokoagulasi 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. Pada katoda terjadi reaksi reduksi, yaitu kation (ion positif) yang ditarik oleh katoda dan akan menerima tambahan elektron, sehingga bilangan oksidasinya berkurang.

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

Berbeda dengan katoda maka pada proses elektrolisis maupun elektrokoagulasi, anoda berperan sebagai sebagai kutub positif. Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi, yaitu anion (ion negatif) ditarik oleh anoda dan jumlah elektronnya akan berkurang sehingga oksidasinya bertambah. Maka hal inilah yang menyebabkan bahwa pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung, flokulan-flokulan yang terbentuk akan banyak menempel pada anoda sebagai agen koagulan (Agung, 2012).

### 2.3.5 Reaksi pada Elektrokoagulasi

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat dua macam reaksi pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung, yaitu reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi pada plat yang berbeda, maka berikut ini penjelasan mengenai kedua reaksi tersebut yang terjadi pada anoda maupun katoda.

#### 1. Reaksi pada Katoda

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

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



- b. 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.



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



## 2. Reaksi pada Anoda

- a. Anoda yang digunakan adalah logam Aluminium akan teroksidasi:



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



- c. 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. 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 tadi. Setelah flok-flok yang terbentuk mengendap di dasar tabung, air limbah yang terdapat diatas flok yang mengendap dialirkan menuju membran yang akan menyaring air limbah tersebut, kemudian efluen yang dihasilkan akan dianalisis di laboratorium.

### **2.3.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi**

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

1. 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.

2. Waktu

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

3. 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.

4. Kadar Keasaman (pH)

Karena pada proses elektrokoagulasi terjadi proses elektrolisis air yang menghasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida, maka dengan semakin lama waktu kontak yang digunakan, maka semakin cepat juga pembentukan gas hidrogen dan ion hidroksida, apabila ion hidroksida yang dihasilkan lebih banyak maka akan menaikkan pH dalam larutan. pH larutan juga mempengaruhi kondisi spesies pada larutan dan kelarutan dari produk yang dibentuk. pH larutan mempengaruhi keseluruhan efisiensi dan efektivitas dari proses elektrokoagulasi. pH optimal untuk menambah efektivitas proses elektrokoagulasi yang terdapat dalam larutan berkisar antara nilai 6,5 sampai 7,5.

#### 5. Ketebalan Plat

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

#### 6. Jarak antar Elektroda

Besarnya jarak antar elektroda mempengaruhi besarnya hambatan elektrolit, semakin besar jaraknya semakin besar hambatannya, sehingga semakin kecil arus yang mengalir.

### 2.3.7 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 Logam Aluminium**

Aluminium banyak digunakan di pabrik kertas, *dyes*, penyamakan, dan percetakan. 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 (Agung, 2012).

#### **2.5 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 (Mukminin, 2006). Adapun rumus dari hukum Faraday sebagai berikut:

$$w = \frac{I \cdot t \cdot m}{z \cdot F} \quad \dots(8)$$

Dimana:

- w : Berat aluminium yang larut (gram)
- I : Kat 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)

## 2.6 Efisiensi Arus

Efisiensi arus didefinisikan sebagai perbandingan antara berat logam yang terelektrolisis pada permukaan anoda dengan berat logam yang terelektrolisis secara teoritis menurut Hukum Faraday (Mukminin, 2006).

$$\eta = \frac{w_d}{w_t} \times 100\% \quad \dots(9)$$

Dimana:

- $\eta$  : Efisiensi Arus
- $w_d$  : Berat logam yang terelektrolisis
- $w_t$  : Berat logam yang terelektrolisis secara teoritis

## 2.7 Karakterisasi Limbah Cair Domestik

### 2.7.1 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH merupakan parameter kimia yang menunjukkan konsentrasi ion hidrogen di pada perairan. Konsentrasi ion hidrogen tersebut dapat mempengaruhi reaksi kimia yang terjadi di lingkungan perairan. Larutan dengan harga pH rendah dinamakan asam, sedangkan yang harga pH-nya tinggi dinamakan bas. Skala pH terentang dari 0 (asam kuat) sampai 14 (basa kuat) dengan 7 adalah harga tengah mewakili air murni (netral) (Setyowati, 2009)

Secara kualitatif pH dapat diperkirakan dengan kertas Lakmus (Litmus) atau suatu indikator (kertas indikator pH) atau pH meter. Secara kuantitatif pengukuran pH dapat digunakan elektroda potensiometrik. Elektroda ini memonitor perubahan voltase yang disebabkan oleh perubahan aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) dalam larutan. 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 dapat ternetralisasi membentuk flok.

### **2.7.2 TSS (*Total Suspended Solid*)**

TSS yaitu 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).

### **2.7.3 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)**

*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  $20^{\circ}C$  selama 5 hari, sehingga biasa disebut BOD<sub>5</sub>. Nilai BOD<sub>5</sub> 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).

#### **2.7.4 COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

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<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. 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.

#### **2.7.5 Fosfat**

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).

#### **2.7.6 Minyak dan Lemak**

Minyak adalah lemak yang bersifat cair. Keduanya mempunyai komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Bahan-bahan tersebut banyak terdapat pada makanan, hewan, manusia dan bahkan ada dalam tumbuh-tumbuhan sebagai minyak nabati. Sifat lainnya adalah relatif stabil, tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri (Eddy, 2008).

### 2.7.7 Detergent

Istilah *detergent* 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 *detergent* 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 (Hudorinim, 2008).