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 Pemerintahan No. 20 Tahun 2012 tentang Pengolahan Lingkungan Hidup, klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi empat 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 minun 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, dimana karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi yang diuraikan sebagai berikut (Metcalf and Eddy, 2008).

1. Karakteristik Fisik

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

a. *Total Solid* (TS)

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 penug dengan *sludge* dan kondisi anaerob dapat tercipta sehingga mengganggu proses pengolahan.

b. Bau

Disebabkan oleh udara yang dihasilkan pada proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada 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 anatara massa dengan volume yang dinyatakan sebagai *slug*/ft^3 (kg/m^3).

e. Warna.

Pada dasarnya air bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu–abu menjadi kehitaman.

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. Karateristik 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 stabilitas 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 permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik menganduk 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 lainnya (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 permukanaan 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. Dampak negatif yang dapat ditimbulkan limbah cair adalah sebagai berikut:

1. Gangguan terhadap kesehatan manusia.

Gangguan ini 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 eutrofikiasi yaitu pencemaran air yang disebabkan oleh munculnya nutrient yang berlebihan ke dalam ekosistem air (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 Bengkel Motor

Limbah berbahaya dan beracun (B3) adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat atau konsentrasinya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan atau merusak lingkungan hidup, dan dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya (PP No. 101 Tahun 2014). Limbah B3 tidak saja dihasilkan oleh kegiatan industri tetapi juga dari berbagai aktifitas manusia lainnya misalnya dari kegiatan pertanian, perbengkelan, rumah tangga dan rumah sakit.

Limbah cair bengkel motor termasuk kedalam limbah B3, contohnya dalam air buangan bengkel yang telah terkontaminasi dengan tumpahan oli bekas, air sisa tambal ban, dan limbah dari aktifitas cuci motor mengandung zat-zat berbahaya yang dapat merusak lingkungan hidup. Limbah pencucian motor mengandung detergen dan surfaktan lainnya, sedangkan oli bekas mengandung sejumlah sisa hasil pembakaran yang bersifat asam, korosif, deposit, dan logam berat yang bersifat karsinogenik (Bawamenewi, 2015).

Apabila limbah cair bengkel dibuang ke sungai akan mempengaruhi air, tanah dan berbahaya bagi lingkungan. Hal inilah yang merupakan karakteristik dari Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)**.** Untuk itulah perlu dikelola secara benar sehingga tidak mencemari dan mengganggu kesehatan manusia.

Baku mutu limbah cair bengkel motor dapat dilihat dalam Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 08 tahun 2012 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri Lainnya pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri Lainnya

Parameter	Satuan	Baku Mutu (*)
pH	-	6.0 – 9.0
Pb	mg/L	0,1
TSS	mg/L	200
COD	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	-

Sumber: (*) Baku Mutu Peraturan Gubernur Sumsel No. 08 Tahun 2012 tentang baku mutu limbah cair bagi industri lainnya

2.2.1 Karakteristik Limbah Cair Bengkel Motor

Limbah cair bengkel motor merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Karakteristik limbah cair bengkel motor menurut Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Limbah Cair Bengkel Motor

Parameter	Satuan	Baku Mutu (*)
pH	-	6.0 – 9.0
TSS	mg/L	200
COD	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	10

Sumber: (*) Baku Mutu Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 tentang baku mutu limbah cair perbengkelan

2.2.1.1 Timbal (Pb)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan timah dan dalam bahasa ilmiahnya dinamakan Plumbum. Logam ini termasuk kedalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel periodik. Timbal mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2. Logam Pb merupakan logam lunak berwarna abu-abu atau putih kebiruan seperti perak, sangat berkilat jika baru dipotong dan jika terkena udara akan menjadi kusam.Unsur Pb yang masuk ke dalam lingkungan tidak langsung membahayakan kehidupan makhluk hidup, logam tersebut membahayakan metabolisme makhluk jika berada dalam batas melebihi ambangnya.

2.2.1.2 Derajat Keasaman (pH)

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

2.2.1.3 COD (*Chemical Oxygen Demand)*

COD (*Chemical Oxygen Demand*) atau KOK (kebutuhan oksigen kimiawi) adalah jumlah (mg) oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasikan zat organik dalam 1 liter air dengan menggunakan oksidator kalium dikromat selama 2 jam pada suhu 150^{o}C. Perbedaan antara BOD dan COD (Chemical Oxygen Demand) adalah bahwa COD menunjukkan senyawa organik yang tidak dapat didegradasi secara biologis (Widya, 2012).

2.2.1.4 TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan Total Tersuspensi (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter >1 mikrometer) yang tertahan pada saringan *milipore* dengan diameter pori 0,45 mikrometer. TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air (Effendi, 2008).

2.2.1.5 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)

2.2.2 Dampak Limbah Cair Bengkel Motor

Beberapa masalah yang dapat ditimbulkan dari limbah cair bengkel motor apabila langsung dibuang ke lingkungan adalah:

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

Pencemaran Lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan (PP No. 101 Tahun 2014). Masuknya air limbah bengkel motor ke dalam lingkungan perairan akan mengakibatkan perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi perairan tersebut.

2.3 Elektrokoagulasi

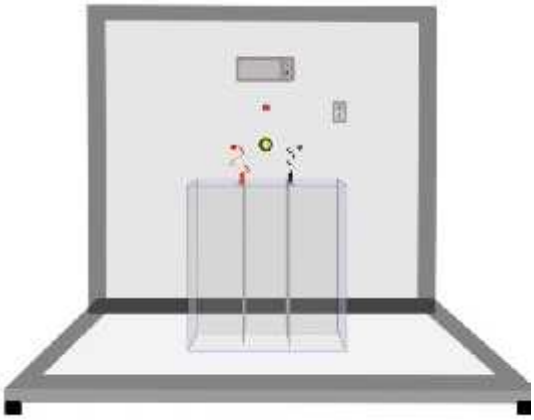
2.3.1 Definisi Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam ke dalam larutan (biasanya aluminium atau besi), sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt, 2012).

Elektrokoagulasi seringkali dapat menetralisir 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). Gambar alat elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 1.

.



Gambar 1. Alat Elektrokoagulasi

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 diabsorbsi 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).

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. Pada akhirnya akan terbentuk suatu flokulan yang akan mengikat kontaminan maupun partikel-partikel dari air baku tersebut.

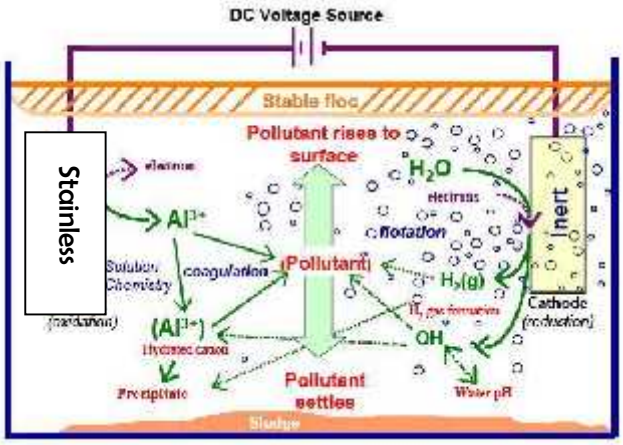
Interaksi-interaksi yang terjadi dalam larutan yaitu:

a. Migrasi menuju muatan elektroda yang berlawanan dan netralisasi muatan.
b. Kation ataupun ion hidroksil membentuk sebuah endapan dengan pengotor.
c. Interaksi kation logam dengan OH membentuk sebuah hidroksida dengan sifat adsorbsi yang tinggi berikatan dengan polutan (*bridge coagulation*).
d. Senyawa hidroksida yang terbentuk membentuk gumpalan (flok) yang lebih besar.
e. 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 (Nouri, 2010).

Secara simultan, air tereduksi menjadi gas hidrogen dan ion hidroksil (OH^-). Elektrokoagulasi memasukkan kation logam *in situ*, secara elektrokimia, dengan menggunakan anoda 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 di dalam air yang membentuk hidroksida dengan pembentukan komplek polihidroksida polivalen. Komplek-komplek ini memiliki sifat-sifat penyerapan yang tinggi, yang membentuk agregat dengan polutan. Evolusi gas hidrogen membantu flokulasi. Begitu flok dihasilkan, gas elektrolitik menimbulkan efek pengapungan yang memindahkan polutan ke lapisan *floc-foam* pada permukaan cairan (Woytowich, 2010).



Sumber: Holt, 2012

Gambar 2. Mekanisme Elektrokoagulasi

2.3.4 Plat Elektroda

Pada dasarnya, proses elektrokoagulasi merupakan pengembangan dari proses elektrolisis yang menggunakan metode elektroda sebagai titik tumpu pengendali prinsip kerja sistem ini. Elektrolisis merupakan penguraian elektrolit oleh arus listrik searah dengan menggunakan dua macam elektroda.

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 hidrogen pada bagian tersebut.

Berbeda dengan katoda, pada proses elektrolisis maupun elektrokoagulasi, anoda berperan sebagai kutub negatif. Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi, yaitu anion 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 Plat Stainless Steel

Baja tahan karat (stainless steel) merupakan baja paduan yang mempunyai sifat atau karakteristik khusus. Ciri umum dari baja tahan karat adalah kandungan kromium (Cr) yang tinggi, tidak kurang dari 12 persen. Pada baja, unsur kromium

dengan besi (Fe) membentuk suatu larutan padat atau biasa disebut dengan solid solution. Selain unsur kromium dan unsur-unsur yang biasa ditambahkan dalam baja tahan karat seperti nikel, titanium, molybdenum, tembaga, niobium, terdapat juga unsur lain seperi karbon, silicon, alumunium dan mangan. Bahan-bahan pembuat *stainless steel* adalah nikel murni, *ferrokrom* (Fe-Cr), *Ferromangan (*Fe-Mn), *ferrosilicon* (Fe-Si), *ferromolybden* (Fe-Mo) *dan scrap low carbon steel* (Respati, 2010).

Digunakannya stainless steel sebagai plat elektroda dalam proses pengolahan limbah cair bengkel motor dengan metode elektrokoagulasi dikarenakan sifat dari baja tahan karat ini memiliki ketahanan terhadap korosi yang sangat tinggi. Selain itu, baja tahan karat memiliki sifat ketangguhan yang tinggi, mudah dibentuk dan juga mampu las tinggi.

2.3.6 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.

      $2H^+ + 2e \longrightarrow H_2$ ...(1)

   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.

      $2H_2O + 2e \longrightarrow 2OH^- + H_2$ ...(2)

   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 Stainless Steel akan teroksidasi:

$Fe^{3+} + 3OH^- \longrightarrow Fe(OH)_3$ ...(3)

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

$4OH^- \longrightarrow 2H_2O + O_2 + 4e$ ...(4)

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:

$2H_2O \longrightarrow 4H^- + O_2 + 4e$ ...(5)

Dari reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi, maka pada katoda akan dihasilkan gas 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 berada dalam air akan terangkat ke atas permukaan air. Flok-flok yang terbentuk tadi lama kelamaan akan bertambah besar ukurannya. Setelah air mengalami elektrokoagulasi, kemudian dilakukan proses pengendapan, yang 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 dianalisa.

2.3.7 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi antara lain (Putero dkk, 2008):

1. Kerapatan Arus Listrik

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

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 potensil, 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 mengahasilkan 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.

5. Ketebalan Plat

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

6. Jarak antar Elektroda

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

2.3.8 Kelebihan dan Kekurangan Proses Elektrokoagulasi

Dalam penggunaan proses elektrokoagulasi harus diberikan gambaran tentang kelebihan dan kerugian dalam mengolah limbah cair (Kamilul, 2008). Adapun kelebihan dalam 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 temperature.
9. Pemeliharaan lebih mudah karena menggunakan sel elektrolisis yang tidak bergerak

Kekurangan 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 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 logam yang terlepas ke larutan (Mukminin, 2006). Adapun rumus dari hukum Faraday sebagai berikut:

$$w = \frac{I.t.m}{z.F} \qquad ...(6)$$

Dimana:

W : Berat Logam yang larut (gram)
I : Kuat arus listrik yang digunakan (*Ampere*)
t : Lamanya arus mengalir (detik)
m : Berat molekul plat logam atau berat atom
z : Valensi
F : Konstanta Faraday, (96500 C/mol)

2.5 Efesiensi 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).

$$\eta = \frac{W_d}{W_t} \, x \, 100\% \qquad ...(7)$$

Dimana:

η : Efisiensi Arus
Wd : Berat logam yang terelektrolisis
Wt : Berat logam yang terelektrolisis secara teoritis