

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

2.1.1 Pengertian Limbah Cair

Limbah cair adalah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair (PP No. 82 tahun 2001). Limbah cair atau air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan. Limbah cair adalah kotoran dari masyarakat, rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya (Sugiharto, 2005).

Begitupun dengan Metcalf & Eddy mendefinisikan limbah berdasarkan titik sumbernya sebagai kombinasi cairan hasil buangan rumah tangga (pemukiman), instansi perusahaan, pertokoan dan industri dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan.

Sedangkan baku mutu limbah cair adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam limbah cair yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha atau kegiatan.

2.1.2 Jenis-jenis Limbah Cair

Air limbah berasal dari dua jenis sumber yaitu air limbah rumah tangga dan air limbah industri. Secara umum di dalam limbah rumah tangga tidak terkandung zat-zat berbahaya, sedangkan di dalam limbah industri harus dibedakan antara limbah yang mengandung zat-zat yang berbahaya dan harus dilakukan penanganan khusus tahap awal sehingga kandungannya bisa diminimalisasi terlebih dahulu sebelum dialirkan ke lingkungan, karena zat-zat berbahaya tersebut bisa mematikan. Fungsi mikroorganisme yang berfungsi menguraikan senyawa-senyawa di dalam air limbah. Sebagian zat-zat berbahaya bahkan kalau dialirkan ke *sawage plant* hanya melewatinya tanpa terjadi perubahan yang berarti, misalnya logam berat. Penanganan limbah industri tahap awal ini biasanya

dilakukan secara kimiawi dengan menambahkan zat-zat kimia yang bisa mengeliminasi yang bersifat kotoran umum. zat-zat yang berbahaya.

2.1.3 Teknik Pengolahan Limbah Cair

Teknologi pengolahan limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Apapun macam teknologi pengolahan limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara oleh masyarakat setempat. Jadi teknologi pengolahan yang dipilih harus sesuai dengan kemampuan teknologi masyarakat yang bersangkutan. Berbagai teknik pengolahan limbah untuk menyisahkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan yaitu pengolahan kimia, pengolahan fisika dan pengolahan biologis. Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metode pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi.

1. Pengolahan Secara Fisika

Pengolahan secara fisika dilakukan pada limbah cair dengan kandungan bahan limbah yang dapat dipisahkan secara mekanis langsung tanpa penambahan bahan kimia atau melalui penghancuran secara biologis. Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisahkan terlebih dahulu.

Penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisahkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisahkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap.

Proses filtrasi dalam pengolahan air buangan biasanya dilakukan untuk mendahului proses adsorpsi atau proses revers osmosis, untuk menyisahkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses adsorpsi atau menyumbat membran yang dipergunakan dalam proses

osmosis. Proses adsorpsi biasanya menggunakan karbon aktif, dilakukan untuk menyisihkan senyawa aromatik (fenol) dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut. Teknologi membran (reverse osmosis) biasanya diaplikasikan untuk unit-unit pengolahan kecil, terutama jika pengolahan ditujukan untuk menggunakan kembali air yang diolah.

2. Pengolahan Secara Kimia

Pengolahan limbah cair secara kimia merupakan proses pengolahan limbah, dimana penguraian atau pemisahan bahan yang tidak diinginkan berlangsung dengan adanya mekanisme reaksi kimia (penambahan bahan kimia ke dalam proses). Prinsip yang digunakan untuk mengolah limbah cair secara kimia adalah menambahkan bahan kimia (koagulan) yang dapat mengikat bahan pencemar yang dikandung air limbah, kemudian memisahkannya (mengendapkan atau mengapungkan). Kekeruhan dalam air limbah dapat dihilangkan melalui penambahan atau pembubuhan sejenis bahan kimia yang disebut flokulan. Pada umumnya bahan seperti aluminium sulfat (tawas), fero sulfat, poli amonium khlorida atau poli elektrolit organik dapat digunakan sebagai flokulan.

Pengolahan limbah cair secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun dengan menambahkan bahan kimia tertentu yang dibutuhkan. Proses pemisahan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan yang semula tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil dari reaksi oksidasi (Nurika, 2006).

Pengendapan bahan tersuspensi yang tak mudah larut dilakukan dengan menambahkan elektrolit yang mempunyai muatan berlawanan dengan muatan koloidnya agar terjadi netralisasi muatan koloid tersebut, sehingga dapat diendapkan. Pemisahan logam berat dan fosfor dilakukan dengan menambahkan larutan alkali sehingga terbentuk endapan logam-logam tersebut atau endapan

hidroksiapatit. Penyisihan bahan-bahan organik beracun seperti fenol dan sianida pada konsentrasi rendah dapat dilakukan dengan mengoksidasinya dengan klor (Cl_2), kalsium permanganat, aerasi, ozon hidrogen peroksida.

3. Pengolahan Secara Biologis

Pengolahan secara biologis merupakan sistem pengolahan yang didasarkan pada aktivitas mikroorganisme dalam kondisi aerobik atau anaerobik ataupun penggunaan organisme air untuk mengabsorpsi senyawa kimia dalam limbah cair. Pengolahan biologis adalah pengolahan air limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme/bakteri untuk mendegradasi polutan organik. Dalam sistem pengolahan limbah cair, pengolahan biologis dikategorikan sebagai pengolahan tahap kedua (*secondary treatment*), melanjutkan sistem pengolahan secara fisik sebagai pengolahan tahap pertama (*primary treatment*).

Tujuan utama pengolahan ini adalah untuk menghilangkan zat padat organik terlarut yang *biodegradable* berbeda dengan sistem pengolahan sebelumnya yang lebih ditujukan untuk menghilangkan zat padat tersuspensi.

2.1.4 Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik limbah cair dapat diketahui menurut sifat-sifat dan karakteristik fisika, kimia dan biologis. Dalam menentukan karakteristik limbah cair, ada tiga sifat yang harus diketahui, yaitu (Annas, 2011):

1. Karakteristik Fisika

Karakteristik fisika ini terdiri dari beberapa parameter, di antaranya:

a. *Total Solid* (TS)

Merupakan padatan di dalam air yang terdiri dari bahan organik maupun anorganik yang larut, mengendap, atau tersuspensi dalam air.

b. *Total Suspended Solid* (TSS)

Merupakan jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. *Total Suspended Solid* atau Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung

mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen.

c. Warna.

Air bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu menjadi kehitaman. Warna dalam air disebabkan adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), humus, plankton, tanaman air dan buangan industri. Warna air dibedakan atas dua macam, yaitu:

- Warna sejati (*true color*) yang diakibatkan oleh bahan-bahan terlarut.
- Warna semu (*apparent color*) yang selain disebabkan oleh bahan-bahan terlarut, juga karena bahan-bahan tersuspensi, termasuk diantaranya yang bersifat koloid.

d. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh zat padat tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun anorganik yang mengapung dan terurai dalam air. Kekeruhan menunjukkan sifat optis air, yang mengakibatkan pembiasan cahaya kedalam air. Kekeruhan membatasi masuknya cahaya dalam air

e. Temperatur

Merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan efeknya terhadap reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari-hari.

f. Bau

Disebabkan oleh udara yang dihasilkan pada proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah.

2. Karakteristik Kimia

a. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air. Jadi nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang

dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi, yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut didalam air, maka berarti kandungan bahan buangan yang membutuhkan oksigen adalah tinggi.

b. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD Merupakan jumlah kebutuhan oksigen dalam air untuk proses reaksi secara kimia guna menguraikan unsur pencemar yang ada.

c. Derajat keasaman (pH)

Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi- rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. pH dapat mempengaruhi kehidupan biologi dalam air. Bila terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mematikan kehidupan mikroorganisme. pH normal untuk kehidupan air 6 – 8.

d. Kandungan Nitrogen

Bentuk senyawa nitrogen yang paling umum adalah protein amonia, nitrit dan nitrat. Ketiga jenis terakhir ini dihasilkan dari perombakan protein, sisa tanaman dan pupuk yang tersisa di dalam cairan limbah. Derajat Keasaman (pH) suatu cairan dikatan bersifat normal bila pH 7. Semakin rendah nilai pH artinya air semakin bersifat asam, sebaliknya makin tinggi bersifat basa.

3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi digunakan untuk mengukur kualitas air terutama air yang dikonsumsi sebagai air minum dan air bersih. Parameter yang biasa digunakan adalah banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah.

2.2 Limbah Cair Karet

Limbah cair karet merupakan air sisa produksi dari pengolahan karet menjadi benang karet dan air dari pembersihan alat/area. Limbah karet mengandung amoniak dan nitrogen total yang berbahaya apabila melewati batas standar yang telah ditetapkan sehingga dapat mencemari air sungai dan lingkungan sekitarnya.

Pengolahan limbah cair tersebut dilakukan dengan menampungnya pada bak penampungan limbah untuk kemudian diendapkan, disaring dan sisanya dialirkan ke lingkungan.

Bahan baku karet olahan yang kotor menyebabkan kuantitas lumpur, tatal dan pasir relatif tinggi. Pembersihan dilakukan melalui pengecilan ukuran, proses ini juga bertujuan untuk memperbesar luas permukaan karet agar waktu pengeringan relatif singkat. Dengan demikian, limbah yang terbentuk dominan berbentuk limbah cair (Sarah, 2014).

2.2.1 Sumber Limbah Industri Karet

Apabila dilihat dari tahapan produksi baik dari bahan baku berasal dari lateks dan bahan olahan karet rakyat (bokar), maka limbah yang terbentuk pada industri karet dapat berupa limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Kualitas bahan baku berpengaruh terhadap tingkat kuantitas dan kualitas limbah yang akan terjadi dengan rincian sebagai berikut:

1. makin kotor bahan karet olahan akan makin banyak air yang diperlukan untuk proses pembersihannya, sehingga debit limbah cairpun meningkat.
2. makin kotor dan makin tinggi kadar air dari bahan baku karet olahan, akan makin mudah terjadinya pembusukan, sehingga kuantitas limbah gas/bau pun meningkat.
3. bahan baku karet olahan yang kotor menyebabkan kuantitas lumpur, tatal dan pasir relatif tinggi.

Pembersihan dilakukan melalui pengecilan ukuran, proses ini juga bertujuan untuk memperbesar luas permukaan karet agar waktu pengeringan relatif singkat. Dengan demikian, limbah yang terbentuk dominan berbentuk limbah cair.

Sumber limbah cair dapat dikategorikan dari proses produksi dengan rincian sebagai berikut:

1. Bahan baku olahan karet rakyat

Bahan baku karet rakyat berbentuk koagulum (bongkahan) yang telah dibubuhi asam semut, dan banyak mengandung air dan unsur pengotor dari

karet baik disengaja maupun tidak disengaja oleh kebun rakyat. Sumber limbahnya antara lain:

- a. penyimpanan koagulum
 - b. sebelum produksi terlebih dulu karet disempot air sehingga menghasilkan limbah
 - c. pencacahan koagulum lalu di cuci dengan air lagi
 - d. proses peremahan dengan hammer mill juga menghasilkan limbah cair, walaupun jumlahnya relatif kecil
2. Bahan baku berasal dari lateks kebun

Dalam proses produksi untuk menghasilkan karet digunakan air lebih sedikit, tetapi mempunyai bahan kimia didalam air limbahnya. Sumber limbahnya adalah dari proses pencacahan dan peremahan.

Pengaruh tiap parameter terhadap lingkungan dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. BOD

BOD merupakan salah satu parameter limbah yang memberi gambaran atas tingkat polusi air. Semakin tinggi nilai BOD menunjukkan makin besar oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme merubah organik. Makin tinggi kandungan bahan organik akan menyebabkan makin berkurangnya konsentrasi oksigen terlarut di dalam air yang akhirnya berakibat kematian berbagai biota air. Pengurangan konsentrasi oksigen terlarut menyebabkan kondisi aerob bergeser ke kondisi anaerob.

b. COD

COD mirip dengan BOD, bedanya oksigen yang diperlukan merupakan oksigen kimiawi seperti O_2 atau oksidator lainnya untuk mengoksidasi secara kimia bahan organik menjadi senyawa lain seperti gas metan, amoniak, dan karbon dioksida. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada nilai BOD karena hampir seluruh jenis bahan organik dapat teroksidasi secara kimia termasuk bahan organik yang teroksidasi secara biologis.

c. Padatan Terendap

Padatan terendap menunjukkan jenis padatan yang terkandung di dalam cairan limbah yang mampu mengendap di dasar cairan secara gravitasi dalam waktu paling lama sekitar 1 jam.

d. Padatan Tersuspensi

Padatan tersuspensi adalah padatan yang membentuk suspensi atau koloid. Secara kasat mata padatan ini terlihat mengapung atau mengambang serta mengeruhkan air karena berat jenisnya relatif rendah.

e. Padatan Terlarut

Padatan ini bersama-sama dengan suspensi koloid tidak dapat dipisahkan secara penyaringan. Pemisahannya hanya dapat dilakukan dengan proses oksidasi biologis atau koagulasi kimia.

f. Kandungan Nitrogen

Bentuk senyawa nitrogen yang paling umum adalah protein amonia, nitrit dan nitrat. Ketiga jenis terakhir ini dihasilkan dari perombakan protein, sisa tanaman dan pupuk yang tersisa di dalam cairan limbah.

g. Derajat Keasaman (pH)

Suatu cairan dikatakan bersifat normal bila pH mencapai 7 . makin rendah nilai pH artinya air makin bersifat asam, sebaliknya makin tinggi bersifat basa.

Tabel 1 Standar baku mutu limbah cair industri karet

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu*
1	pH	-	6 – 9
2	TSS	mg/L	100
3	BOD ₅	mg/L	100
4	COD	mg/L	250
5	NH ₃	mg/L	15

Sumber: *Pergub Sumsel No.08 Tahun 2012

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.

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).

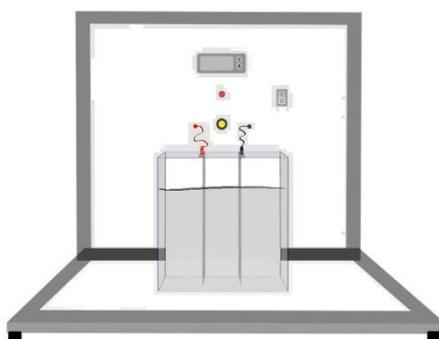
2.3.2 Proses Elektrokoagulasi

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

Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat dua buah penghantar arus listrik searah yang kita kenal sebagai elektroda. Adapun bagan 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 konaminan dan partikel-partikel dalam limbah.

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. Proses elektrokoagulasi ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Elektrokoagulasi

Interaksi-interaksi yang terjadi dalam larutan yaitu:

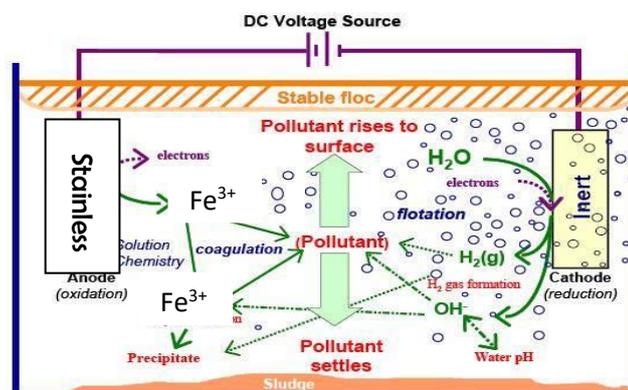
- a. Migrasi menuju muatan elektroda yang berlawanan dan netralisasi muatan
- b. Kation ataupun ion hidroksil membentuk sebuah endapan dengan pengotor
- c. Interaksi kation logam dengan OH membentuk sebuah hidroksida dengan sifat adsorbs yang tinggi selanjutnya berikatan dengan polutan (*bridge coagulation*)
- 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.

Mekanisme yang 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 (OH^-). Dengan demikian 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 kompleks 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. Flok dari elektrokoagulasi cenderung mengandung sedikit ikatan air, lebih stabil dan lebih mudah disaring. Mekanisme elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber: Holt, 2002

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 maka pada proses elektrolisis maupun elektrokoagulasi, anoda berperan sebagai kutub negatif. Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi, yaitu ion 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).

2.3.4.1 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 kebanyakan makanan dan obat yang diproses. Aluminium merupakan unsur yang tidak berbahaya. Perairan alami biasanya memiliki kandungan aluminium kurang dari 1,0 mg/L. perairan asam (*acidic*) memiliki kadar aluminium yang lebih tinggi. Untuk memelihara kehidupan organisme akuatik sebaiknya tidak lebih dari 0,005 g/L bagi perairan dengan pH < 6,5. Kadar aluminium pada perairan biasanya sekitar 0,01 mg/L. percobaan toksisitas aluminium terhadap *avertebrata chironomus anthrocinus* menunjukkan bahwa kadar aluminium 1 mg/L pada perairan dengan pH 3,5-6,5 tidak mengakibatkan terjadinya tingkat mortalitas.

Pada perairan yang bersifat asam (pH sekitar 4,4-5,4) aluminium bersifat lebih toksik. Toksisitas aluminium maksimum terjadi pada pH 5,0-5,2. Diperairan aluminium (Al) biasanya terserap ke dalam sedimen atau mengalami presipitasi. Aluminium dan bentuk oksida aluminium bersifat tidak larut. Akan tetapi, garam-garam aluminium sangat mudah larut. Sumber aluminium adalah mineral aluminosilikat yang terdapat pada batuan dan tanah secara melimpah. Pada proses pelapukan batuan, aluminium berada dalam bentuk residu yang tidak larut, misalnya bauksit.

2.3.4.2 *Stainless Steel*

Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan *stainless steel* adalah senyawa besi yang mengandung sekitar 10% Kromium yang mencegah proses pengkaratan logam. Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida kromium, dimana lapisan oksida ini menghalangi proses oksidasi besi membuat baja ini tidak bisa berkarat. Perawatan *stainless* pun sangat mudah tidak seperti besi yang harus di cat *stainless* ini hanya perlu di lap untuk mengembalikan kilapnya seperti baru. Tetapi apabila terjadi penggoresan pada *stainless*-nya tidak perlu khawatir karena *stainless* ini hanya perlu dipoles untuk menjadikan *stainless* ini kembali kilap seperti semula.

2.3.5 Reaksi pada Elektroda

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 Stainless Steel 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 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.

2.3.6 Pelarutan Logam di Larutan

Pada proses elektrokoagulasi, penggunaan logam sebagai elektroda yang dialiri oleh arus listrik akan menyebabkan sebagian dari kandungan-kandungan logam terlepas pada air dan bahkan akan terlarut pada air itu sendiri. Jika dua elektroda dari logam, satu dihubungkan dengan ujung positif dari sumber arus searah, yang lainnya dengan ujungnya yang negatif, maka tidak ada terdapat arus sama sekali. Jika sedikit asam, maka larutan ini tahanannya cukup rendah sehingga arus dapat mengalir.

Tahanan larutan itu tergantung pada konsentrasi dan pada temperatur. Larutan yang menghantar arus listrik disebut elektrolit, fenomena penghantaran yang dibarengi oleh efek-efek kimia disebut elektrolisa. Bejana dimana elektrolit dan elektroda-elektroda itu disebut sel elektrolit. Elektroda-elektroda platina di larutan asam, zat air akan dibentuk sebagai gelembung-gelembung gas pada elektroda negatif dan zat asam dibentuk dan dibebaskan sebagai gelembung-gelembung gas pada elektroda negatif.

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:

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

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)

2.3.7 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).

$$\eta = \frac{W_d}{W_t} \times 100\% \quad \dots(7)$$

Dimana:

- η : Efisiensi Arus
- W_d : Berat logam yang terelektrolisis
- W_t : Berat logam yang terelektrolisis secara teoritis

2.3.8 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi

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

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 hidoksida, 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.

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

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

2.3.9 Kelebihan dan Kekurangan 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.