

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

2.1.1 Definisi Air

Air merupakan materi esensial di dalam kehidupan dan merupakan substansi kimia dengan rumus kimia H_2O : satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Ditinjau dari sifat fisiknya terdapat tiga macam bentuk air, yaitu air sebagai benda cair, air sebagai benda padat dan air sebagai benda gas atau uap (Suryanta, 2012).

Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

Air merupakan salah satu materi yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan manusia dengan segala aktivitasnya, sehingga merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia. Apabila kebutuhan akan air tersebut belum tercukupi dapat memberikan dampak yang besar terhadap kerawanan kesehatan maupun sosial.

Air dapat berupa air tawar (*fresh water*), air payau dan air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi. Air laut merupakan air yang berasal dari laut, memiliki rasa asin, dan memiliki kadar garam (salinitas) yang tinggi, dimana rata-rata air laut di lautan dunia memiliki salinitas sebesar 35. Hal ini berarti untuk setiap satu liter air laut terdapat 35 gram garam yang terlarut di dalamnya. Kandungan garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut antara lain klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%), dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium,

dan florida, sedangkan air tawar merupakan air dengan kadar garam dibawah 0,5 ppt (Zefrina, 2015).

2.1.2 Air Bersih

Air bersih dan sehat tidak hanya memiliki karakteristik air yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa, tetapi juga bebas kontaminan kimiawi atau mikrobiologi (Dewi et al. 2011). Standar persyaratan yang harus dimiliki oleh air bersih, yaitu persyaratan fisika, kimia, dan biologi. Syarat tersebut merupakan satu kesatuan. Jika ada salah satu parameter yang tidak memenuhi syarat maka air tersebut tidak layak untuk digunakan atau dikonsumsi (Suriawiria, C.T. 1991). Air bersih yang tidak memenuhi standar kualitas dapat menimbulkan beragam gangguan kesehatan, baik secara langsung maupun tidak langsung (secara perlahan-lahan) (Diarex Water Filtration System, 2009).

2.1.3 Karakteristik Air Payau

Menurut Soedjono (dalam Yusuf dkk, 2009), air payau terjadi karena intrusi air asin ke air tawar. Hal ini dikarenakan adanya degradasi lingkungan. Pencemaran air tawar juga dapat terjadi karena fenomena air pasang naik. Saat air laut meluap, masuk ke median sungai. Kemudian terjadi pendangkalan di sekitar sungai sehingga air asin ini masuk ke dalam air tanah dangkal dan menjadi payau.

Air payau adalah air yang salinitasnya lebih rendah dari pada salinitas rata-rata air laut normal (<35 ppm) dan lebih tinggi dari pada 0,5 ppm yang terjadi karena pencampuran antara air laut dengan air tawar baik secara alamiah maupun buatan. Banyak sumur-sumur di daerah payau yang airnya masih mengandung ion-ion besi (Fe^{2+}), natrium (Na^+), zink (Zn^{2+}), sulfat (SO_4^{2-}), dan clorida (Cl^-) yang cukup tinggi (Suci et al, 2010).

Air payau mengandung kadar chlorida sebesar 500–5.000 mg/l dan memberikan rasa asin pada air. Baku mutu untuk air bersih, kadar klorida maksimum yang diperbolehkan adalah 600 mg/l (Kusumahati, 1998).

Air payau mempunyai ciri-ciri antara lain berwarna kuning, derajat keasaman (pH) 7-9, salinitas 0,5-30 ppm, kesadahan lebih dari 500 mg/l, zat padat terlarut (TDS) 1500 – 6000 ppm, kandungan logam Fe 2 – 5 ppm dan kandungan

Mn 2 – 3 ppm. Air payau memiliki kadar air 95,5 % - 96,5 % dimana sisanya 3,3 % - 4,5 % terdiri dari berbagai macam mineral yang melarut (Mudiat, 1996).

2.1.4 Parameter Uji Air Payau

1. Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas air payau menggambarkan kandungan garam dalam suatu air payau. Garam yang dimaksud adalah berbagai ion yang terlarut dalam air termasuk garam dapur (NaCl). Pada umumnya salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu: natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-). Salinitas dinyatakan dalam satuan gram/kg atau promil (‰) (Yusuf E, 2009). Air dikategorikan sebagai air payau bila konsentrasi garamnya 0,05 sampai 3% atau menjadi saline bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5% disebut *brine* (Apriani, 2010). Air payau yang mengandung Na melebihi batas, misalnya lebih besar dari 200 ppm, jika dikonsumsi dalam waktu yang lama dapat mengganggu kesehatan. Demikian pula jika air tersebut digunakan untuk menyiram tanaman misalnya sayuran, maka hasil panen yang diperoleh berkurang jika dibandingkan dengan hasil penyiraman air tawar. Jumlah penurunan hasil panen tergantung dari besaran salinitas air dan jenis tanaman. Untuk keperluan industri, adanya NaCl dan MgCl_2 dalam air yang melebihi batas akan menyebabkan korosi pada pipa-pipa dan peralatan proses.

2. Besi

Besi merupakan elemen kimiawi yang dapat ditemukan hampir di setiap tempat di bumi pada semua lapisan-lapisan, namun besi juga merupakan salah satu logam berat yang berbahaya apabila kadarnya melebihi ambang batas besi. Pada umumnya besi yang ada di dalam air dapat bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} atau Fe^{3+} . Besi terlarut dalam air dapat berbentuk kation ferro (Fe^{2+}) atau kation ferri (Fe^{3+}). Hal ini tergantung kondisi pH dan oksigen terlarut dalam air. Besi terlarut dapat berbentuk senyawa tersuspensi, sebagai butir koloidal seperti $\text{Fe}(\text{OH})_3$, FeO , dan Fe_2O_3 . Dalam air besi juga dapat bergabung dengan zat organik atau zat padat anorganik, seperti tanah liat. Konsentrasi

besi terlarut yang diperbolehkan dalam air bersih sesuai standar permenkes Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 adalah 1 mg/l. Jika dalam jumlah besar Fe dapat menyebabkan:

- a. Merusak dinding usus.
- b. Rasa tidak enak dalam air, pada konsentrasi lebih dari 2 mg/l
- c. Menimbulkan bau dan warna dalam air (Diba, 2015)

3. Sulfat

Sulfat didalam lingkungan (air) dapat berada secara ilmiah dan atau dari aktivitas manusia, misalnya dari limbah industry dan limbah laboratorium. Secara ilmiah ion sulfat biasanya berasal dari pelarutan mineral yang mengandung S, misalnya gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan kalsium sulfat anhidrat (CaSO_4). Selain itu dapat juga berasal dari oksidasi senyawa organik yang mengandung sulfat adalah antara lain industri kertas, tekstil dan industri logam. Ion sulfat adalah salah satu anion utama yang muncul di air alami atau alam. Sulfat adalah salah satu ion penting dalam ketersediaan air karena efek pentingnya bagi manusia saat ketersediaannya dalam jumlah besar. Konsentrasi maksimum sulfat yang diperbolehkan dalam air adalah 400 mg/l (Permenkes Republik Indonesia No.32 Tahun 2017). Sulfat dikenal sangat larut dalam air kecuali di dalam kalsium sulfat, stronsium sulfat. barium sulfat sangat berguna dalam proses gravimetri sulfat. Senyawa sulfat bersifat iritasi pada saluran pencernaan (saluran gastro intestinal), apabila dalam bentuk campuran magnesium atau natrium pada dosis yang tidak sesuai aturan. Sebagai contoh bentuk magnesium sulfat yang biasa ditambahkan ke dalam air minum untuk membantu pengendapan (penjernihan air) setelah penambahan klorin (Widowati, 2008). Permasalahan yang diakibatkan oleh adanya sulfat dalam air adalah bau dan masalah korosi pada perpipaan yang diakibatkan dari reduksi sulfat menjadi hidrogen sulfida dalam kondisi anaerobik. Efek laksatif pada sulfat ditimbulkan pada konsentrasi 600-1000 mg/l, apabila Mg^{2+} dan Na^+ merupakan kation yang bergabung dengan SO_4^{2-} , yang akan menimbulkan rasa mual dan ingin muntah (Diba, 2015).

4. Zat Organik

Zat organik adalah zat yang pada umumnya merupakan bagian dari binatang atau tumbuh-tumbuhan dengan komponen utamanya adalah karbon, protein, dan lemak lipid. Zat organik ini mudah sekali mengalami pembusukan oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlarut. Adanya zat organik dalam air menunjukkan bahwa air tersebut telah tercemar oleh kotoran manusia, hewan atau oleh sumber lain. Zat organik merupakan bahan makanan bakteri atau mikroorganisme lainnya. Semakin tinggi kandungan zat organik didalam air, maka semakin jelas bahwa air tersebut telah tercemar (Asmadi, 2012). Zat organik diidentifikasi sebagai Angka permanganat yaitu banyaknya jumlah mg/l KMnO_4 yang diperlukan untuk mengoksidasi zat organik yang terkandung dalam satu liter sampel air dengan di didihkan selama 10 menit. Kandungan zat organik dalam air erat hubungannya dengan terjadinya perubahan fisika air, terutama dengan warna, bau, rasa dan kekeruhan yang tidak diinginkan. Maksimum kandungan zat organik dalam air bersih sesuai standar Peraturan Kementrian Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 adalah 10 mg/l.

2.1.5 Standar Kualitas Air

Standar kualitas air merupakan suatu persyaratan kualitas air untuk perlindungan dan pemanfaatan air yang bersangkutan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum. Adapun syarat-syarat kesehatan air bersih adalah:

Dari segi kualitas air bersih harus memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 diantaranya :

1. Syarat Fisik

Daftar parameter wajib untuk parameter fisik yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan pada Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat Padat Terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>)	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	Suhu Udara $\pm$ 3
5.	Rasa		Tidak Berasa
6.	Bau		Tidak Berbau

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017

2. Syarat kimia

Daftar parameter wajib untuk parameter kimia yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan pada Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
Wajib			
1.	pH	mg/l	6,5 – 8,5
2.	Besi	mg/l	1
3.	Flourida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan (CaCO_3)	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7.	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8.	Sianida	mg/l	0,1
9.	Zat Organik	mg/l	10
10.	Sulfat	mg/l	400

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017

3. Syarat Biologi

Daftar parameter wajib untuk parameter fisik yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan pada Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100ml	50
2.	E. coli	CFU/100ml	0

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017

2.2 Metode Desalinasi

Desalinasi (penghilangan kadar garam) air asin atau payau menjadi air tawar adalah cara lain untuk memperoleh air tawar. Dua metode yang paling banyak dilakukan adalah Distilasi (*distillation*) yakni memanaskan air laut sampai menguap lalu dikondensasi untuk mendapatkan air tawar, dan Osmosis Balik (*reverse osmosis*) yakni dengan melewati air laut pada tekanan tinggi melalui membran tipis untuk melewati molekul air (Soegianto, 2005).

Ada sekitar 11.000 instalasi desalinasi tersebar di negara Timur Tengah dan Afrika Utara, yang menyumbang sekitar 0,15% kebutuhan air tawar dunia. Kelemahan cara ini adalah tergolong mahal, menghasilkan limbah air dengan salinitas tinggi, yang dapat mengancam biota laut bila pembuangannya dilakukan di perairan sekitar instalasi, dan mengkontaminasi air tanah atau air permukaan bila pembuangan limbahnya dilakukan di darat (Soegianto, 2005).

2.2.1 Distilasi

Pada proses distilasi, air laut dipanaskan untuk menguapkan air laut dan kemudian uap air yang dihasilkan dikondensasi untuk memperoleh air tawar. Proses ini menghasilkan air tawar yang sangat tinggi tingkat kemurniannya dibandingkan dengan proses lain. Air laut mendidih pada 100°C pada tekanan atmosfer, namun dapat mendidih di bawah 100°C apabila tekanan diturunkan. Penguapan air memerlukan panas penguapan yang tertahan pada uap air yang terjadi sebagai panas laten. Apabila uap air dikondensasi maka panas laten akan dilepaskan yang dapat dimanfaatkan untuk pemanasan awal air laut.

Korosi (karat) sudah tentu akan merusak peralatan dan perpipaan, yang dapat mengakibatkan sistem pengolahan tidak dapat beroperasi, yang kemudian akan menghabiskan biaya dan waktu yang tidak sedikit pada saat perbaikan. Produksi air akan terhenti pada periode itu.

Masalah yang biasa timbul pada semua jenis sistem distilasi adalah kerak dan karat pada peralatan. Apabila terjadi kerak pada *tube* penukar panas evaporator maka efisiensi panas dan produksi air tawar akan berkurang. Pengolahan desalinasi harus dihentikan untuk pembersihan tube dengan asam.

2.2.2 *Reverse Osmosis*

Proses *reverse osmosis* (RO) menggunakan membran selektif yang dapat ditembus oleh air dari kadar garam rendah (tawar) ke kadar garam yang lebih tinggi. Dalam proses osmosis terbalik, kadar garam rendah (tawar) dipaksa mengalir menembus membran dari air dengan kadar garam tinggi menggunakan tekanan buatan. Tekanan yang diperlukan kira-kira 1500 psi (10.000 kN/m²) dan sekarang teknik ini sudah berkembang pesat.

Alat pengolah air sistem RO mempunyai banyak keuntungan, tetapi dalam pengoperasiannya harus memperhatikan petunjuk operasional dan maintenance (perawatannya). Hal ini dimaksudkan agar alat tersebut dapat digunakan secara baik dan awet. Untuk menunjang operasional sistem RO diperlukan biaya perawatan. Biaya tersebut diperlukan antara lain untuk biaya bahan, penggantian media penyaring, *service*, dan biaya operator. Dana tersebut diharapkan didapat dari hasil penjualan produk air bersih/minum yang dihasilkan.

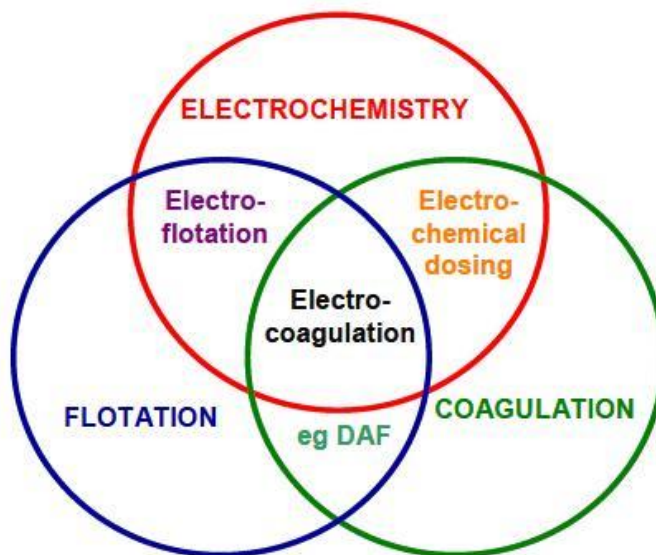
2.3 **Elektrokoagulasi**

2.3.1 **Pengertian Elektrokoagulasi**

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, 2005). Sedangkan menurut Mollah (2004), elektrokoagulasi adalah proses kompleks yang melibatkan fenomena kimia dan fisik dengan menggunakan elektroda untuk menghasilkan ion yang digunakan untuk mengolah air.

Diidentifikasi terdapat tiga proses mendasar yang terjadi dalam elektrokoagulasi yaitu elektrokimia, koagulasi dan flotasi. Ketiga proses ini dapat digambarkan dengan diagram venn dimana kombinasi dari ketiganya

menghasilkan teknologi elektrokoagulasi, sedangkan kombinasi yang lain menghasilkan teknologi yang berbeda. Diagram Venn dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Sumber : (Holt et al., 2005b).

Gambar 2.1 Diagram Venn Elektrokoagulasi

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, 2005), sedangkan menurut Mollah (2004), elektrokoagulasi adalah proses kompleks yang melibatkan fenomena kimia dan fisika dengan menggunakan elektroda untuk menghasilkan ion yang digunakan untuk mengolah air.

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 *Total Dissolved Solid* (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).

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).

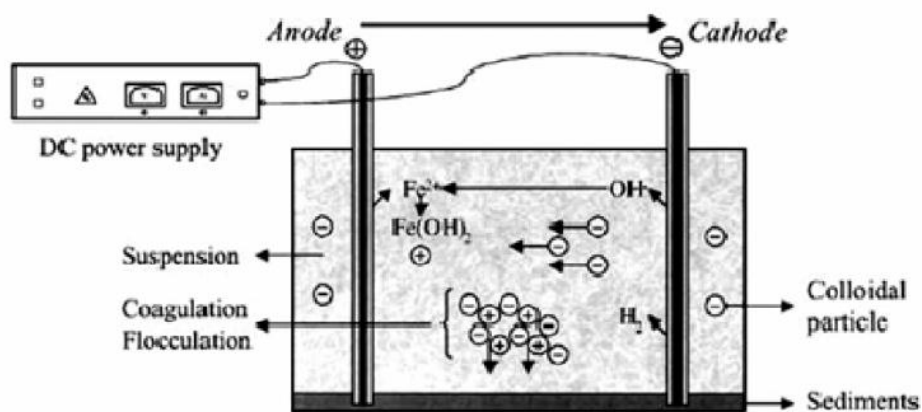
2.3.2 Proses Elektrokoagulasi

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^-).

Seperti diketahui bahwa reaktor elektrokoagulasi merupakan sel elektrokimia, dimana dalam reaktor tersebut disusun elektroda-elektroda yang

akan kontak dengan air yang akan diolah. Untuk menghasilkan koagulan diperlukan beda potensial diantara elektroda, Perbedaan potensial ini diperlukan untuk menimbulkan reaksi elektrokimia pada masing-masing elektroda.

Prinsip kerja dari sistem ini 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, sehingga pada akhirnya akan terbentuk suatu flokulan yang akan mengikat kontaminan maupun partikel partikel dari air baku tersebut. Proses elektrokoagulasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Sumber : Purwaningsih, 2008

Gambar 2.2 Proses Elektrokoagulasi

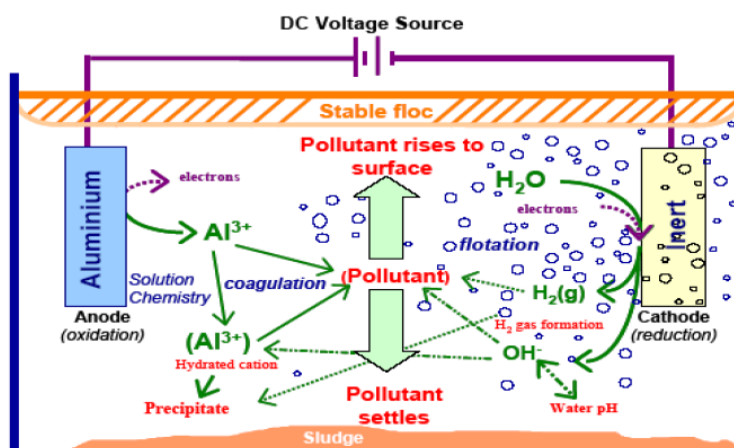
Interaksi-interaksi yang terjadi dalam larutan yaitu:

- 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, 2004).

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 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 (OH^-). Elektrokoagulasi memasukkan kation logam in situ, secara elektrokimia, dengan menggunakan anoda yang digunakan (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 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-floam* pada permukaan cairan. Mekanisme elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Sumber : Holt, 2005

Gambar 2.3 Mekanisme Elektrokoagulasi

2.3.4 Reaksi pada Elektrokoagulasi

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.



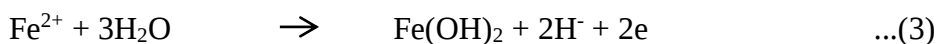
Dari daftar E^0 (deret potensial logam/deret volta), maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air).

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

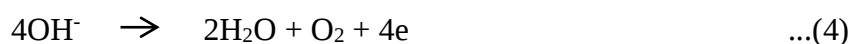
- c. Jika larutan mengandung ion-ion logam lain, maka ion-ion logam akan direduksi menjadi logamnya dan terdapat pada batang katoda.

2. Reaksi pada Anoda

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



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



- Anion-anion lain (SO_4^{4-} , SO_3^{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. Sedang pada anoda akan dihasilkan gas halogen dan pengendapan flok-flok yang terbentuk.

2.3.5 Faktor yang mempengaruhi Elektrokoagulasi

Beberapa 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. Tegangan

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.

3. Kadar Keasaman (pH)

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.

4. Ketebalan Plat

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

5. Jarak antar Elektroda

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

6. Jenis Elektroda

Setiap jenis elektroda memberikan pengaruh yang berbeda-beda. Penggunaan jenis elektroda ini dipengaruhi kereaktifan logam serta pembentukan koagulan untuk mengikat kotoran yang ada.

7. Waktu

Dalam elektrokoagulasi semakin lama waktu proses maka penurunan parameter pencemaran akan semakin baik. Ini juga sesuai hukum Faraday yang menyatakan semakin lama waktu proses maka akan semakin banyak koagulan yang terbentuk. Semakin banyak koagulan yang terbentuk maka semakin baik penurunan parameter pencemaran.

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.

2.5 Logam *Stainless Steel*

Stainless Steel adalah material yang mengandung senyawa besi dan setidaknya mengandung 10,5% kromium untuk mencegah proses korosi (pengaratn logam). Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida kromium yang menghalangi proses oksidasi besi (ferum).

2.6 Arus pada Elektroda

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir tiap satuan waktu. Muatan listrik bisa mengalir melalui kabel atau penghantar listrik lainnya. Arus konvensional didefinisikan sebagai aliran muatan positif, walaupun arus listrik itu dihasilkan dari aliran elektron yang bermuatan negatif ke arah yang sebaliknya. Satuan SI untuk arus listrik adalah ampere (A). Arus listrik adalah besaran skalar karena baik muatan maupun waktu merupakan besaran skalar. Arus listrik merupakan gerakan kelompok partikel bermuatan listrik dalam arah tertentu. Arah arus listrik yang mengalir dalam suatu konduktor adalah dari potensial tinggi ke potensial rendah (berlawanan arah dengan gerak elektron). Secara matematis, nilai arus listrik dapat dicari dengan cara membandingkan nilai beda potensial yang terdapat rangkaian dengan nilai hambatan yang terjadi.

2.7 Keuntungan dan Kerugian Elektrokoagulasi

Mollah (2001) telah memberikan gambaran tentang keuntungan dan kerugian dari penggunaan elektrokoagulasi. Beberapa keuntungan dari proses elektrokoagulasi adalah sebagai berikut:

1. Peralatan yang dibutuhkan sederhana dan mudah dioperasikan.
2. Flok yang terbentuk pada elektrokoagulasi memiliki kesamaan dengan flok yang berasal dari koagulasi kimia. Perbedaannya adalah flok dari elektrokoagulasi berukuran lebih besar dengan kandungan air yang sedikit, lebih stabil dan mudah dipisahkan secara cepat dengan filtrasi.
3. Elektrokoagulasi dapat mengolah partikel koloid yang sangat kecil karena penggunaan arus listrik menyebabkan proses koagulasi lebih mudah terjadi dan lebih cepat.
4. Gelembung gas yang dihasilkan selama proses elektrolisis dan membawa polutan yang diolah untuk naik ke permukaan (flotasi) dimana flok tersebut mudah dikumpulkan dan dipisahkan.
5. Perawatan reaktor elektrokoagulasi lebih mudah karena proses elektrolisis yang terjadi cukup dikendalikan dari penggunaan listrik tanpa perlu memindahkan bagian dalamnya.
6. Teknologi elektrokoagulasi dapat dengan mudah diaplikasikan di daerah yang tidak terjangkau layanan listrik yakni dengan menggunakan panel matahari yang cukup untuk terjadinya proses pengolahan.

Kerugian dari penggunaan elektrokoagulasi adalah :

1. Elektroda yang digunakan dalam proses pengolahan ini harus diganti secara teratur.
2. Terbentuknya lapisan di elektroda dapat mengurangi efisiensi pengolahan.

2.8 Hukum Faraday

Elektrolisis sangat erat kaitannya dengan Hukum Faraday yang dikemukakan oleh Michael Faraday yang mengkaji perubahan energi listrik dari atau ke energi kimia. Hukum Faraday I berbunyi “jumlah massa dari zat kimia yang dihasilkan pada elektroda selama elektrolisis adalah sebanding dengan kuat

arus listrik yang mengalir pada arus listrik tersebut.” Dari Hukum Faraday I tersebut diperoleh rumus:

$$w = \frac{e \cdot i \cdot t}{F} \quad \dots(6)$$

Di mana: w = massa zat (gram)

e = massa ekivalen (M/valensi)

i = kuat arus (Ampere)

t = waktu (detik)

F = tetapan Faraday = 96500 Coulumb