

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Air

Pengertian Air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18, 2007)

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/IX/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri, air bersih adalah air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak. (Kepmenkes RI No. 1405, 2002)

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. (Permenkes RI No. 492, 2010)

2.2. Sumber-Sumber Air

Pada dasarnya jumlah air yang ada di bumi adalah tetap dan mengikuti suatu siklus (daur ulang) yang disebut dengan siklus hidrologi. Dengan adanya penyinaran matahari, maka air mengalami penguapan atau evaporasi dan akan membentuk uap air. Uap air ini kemudian akan menyatu ditempat tinggi, yang dikenal dengan awan. Oleh angin, awan ini akan terbawa semakin tinggi sehingga mencapai temperatur yang rendah, yang menyebabkan titik-titik air jatuh ke bumi sebagai hujan. Air hujan sebagian akan mengalir ke dalam tanah, jika air ini keluar pada permukaan bumi atau tanah maka air ini akan disebut mata air. Sedangkan air hujan yang jatuh ke bumi atau tanah lalu mengalir ke tempat yang rendah (cekung), maka air tersebut akan membentuk suatu danau atau telaga. Tetapi banyak diantaranya yang mengalir ke laut kembali. Berdasarkan sumbernya, air dapat digolongkan menjadi empat kelompok, yaitu:

1. Air Atmosfer

Air atmosfer terjadi dari proses evaporasi air permukaan dan evapotranspirasi dari tumbuh-tumbuhan oleh bantuan sinar matahari melalui proses kondensasi kemudian jatuh ke bumi dalam bentuk hujan, salju ataupun embun. Air atmosfer mempunyai sifat tanah (soft water) karena kurang mengandung garam-garam dan zat-zat mineral sehingga terasa kurang segar dan juga akan boros terhadap pemakaian sabun. Disamping itu, air atmosfer mempunyai sifat agresif terutama pada pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi.

2. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin karena mengandung garam NaCl. Kadar garam dalam air laut kurang lebih 3%. Dengan keadaan ini, maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum apabila belum diolah terlebih dahulu. Air laut jarang digunakan sebagai air baku untuk air minum karena pengolahan untuk menghilangkan kadar garamnya membutuhkan biaya yang cukup besar.

3. Air Permukaan

Air permukaan merupakan air hujan yang mengalir dipermukaan bumi. Pada umumnya air ini akan mengalami pengotoran selama pengalirannya. Beban pengotoran ini untuk masing-masing air permukaan akan berada tergantung daerah pengaliran air permukaan. Macam-macam air permukaan antara lain :

a. Air Sungai

Dalam penggunaannya sebagai air minum haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air mempunyai derajat pengotoran yang tinggi. Air sungai merupakan penampungan dari berbagai jenis limbah yang terdapat disekitarnya baik itu limbah domestik maupun limbah industri. Sungai yang telah tercemar oleh limbah industri yang berat akan sulit diolah serta membutuhkan proses yang lebih kompleks.

b. Air Rawa

Pada umumnya air rawa berwarna, karena adanya zat-zat organik yang telah membusuk. Dengan banyaknya zat organik menyebabkan kadar O_2 yang terlarut dalam air sedikit sehingga kadar Fe dan Mn yang terlarut dalam air menjadi tinggi. Pada permukaan air ini akan tumbuh algae (lumut) karena adanya sinar

matahari dan O_2 , maka untuk mengambil air ini sebaiknya pada bagian tengah agar endapan-endapan Fe dan Mn serta lumut tidak terbawa.

4. Air Tanah

Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. (Undang-undang RI No. 7, 2004) Air tanah berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi lalu meresap ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses-proses yang telah dialami air hujan tersebut, di dalam perjalanannya ke bawah tanah, membuat air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan. Air tanah terbagi atas :

- Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian juga dengan sebagian bakteri sehingga air tanah ini akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat-zat kimia karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Pengotoran juga masih terus berlangsung terutama pada permukaan air yang dekat permukaan tanah. Air tanah dangkal ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal.

- Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Untuk mengambil air ini diperlukan bor karena kedalamannya berkisar antara 100-300 meter. Jika tekanan air tanah ini besar maka air akan menyembur ke permukaan sumur. Sumur ini disebut sumur atesis. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya maka diperlukan pompa.

- Mata Air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruhi oleh musim dan kuantitas serta memiliki kualitas yang sama dengan air tanah dalam.

2.3. Pengertian Air Payau

Perairan payau adalah suatu badan air setengah tertutup yang berhubungan langsung dengan laut terbuka, dipengaruhi oleh gerakan pasang

surut, dimana air laut bercampur dengan air tawar dari buangan air daratan, perairan terbuka yang memiliki arus, serta masih terpengaruh oleh proses-proses yang terjadi di darat (Pangesti, 2013).

Air payau adalah larutan yang mengandung beberapa jenis zat terlarut, seperti garam-garam, yang jumlahnya rata-rata 3 sampai 4,5 % (Said, 2008). Air payau adalah campuran antara air tawar dan air laut (air payau). Jika kadar garam yang dikandung dalam satu liter air adalah antara 0,5 sampai 30 gram, maka air ini disebut air payau. Namun jika konsentrasi garam melebihi 30 gram dalam satu liter air disebut air asin (Suprayogi, dalam Darmawansa, 2014).

Air payau adalah campuran antara air tawar dan air laut. Air payau merupakan air yang terbentuk dari pertemuan antara air sungai dan air laut serta mempunyai ciri khusus secara fisik, kimia dan biologis. Dari ciri-ciri fisik air payau berwarna coklat kehitaman, dari segi kimia terutama sudah mengandung kadar garam dibanding air tawar, dari ciri biologis (Putra, 2013).

Air payau mempunyai ciri-ciri antara lain berwarna kuning, 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, dalam Meyriski, 2016).

2.4. Prinsip Sumber Air Bersih

Dalam merencanakan penyediaan air bersih harus memenuhi konsep 3K yaitu kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Kualitas yaitu menyangkut mutu air, baik air baku maupun air hasil pengolahan yang siap didistribusikan. Kuantitas yaitu menyangkut jumlah dan ketersediaan air yang akan diolah pada penyediaan air bersih yang dibutuhkan sesuai dengan banyaknya konsumen yang akan dilayani. Kontinuitas yaitu menyangkut kebutuhan air yang terus menerus. Artinya sumber air baku tersebut apakah dapat memasok kebutuhan air secara terus-menerus terutama ketika musim kemarau.

2.4.1 Kualitas Air

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum

aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. (Permenkes RI No. 492, 2010) Menurut Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 16 Tahun 2005 mengenai Peruntukan Air dan Baku Mutu Air Sungai, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 2.1. Kriteria Mutu Air Kelas 1

Parameter	Satuan	Kelas 1	Keterangan
Fisika			
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi temperatur dari keadaan alamiahnya
Residu Terlarut	mg/ L	1000	
Residu Tersuspensi	mg/ L	50	Bagi pengolahan air minumsecarakonvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/ L

Lanjutan Tabel 2.1.

Kimia Organik			
pH		6-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan keadaan alamiah
BOD	mg/ L	2	
COD	mg/ L	10	
Do	mg/ L	6	Angka batas minimum
Total Fosfat sebagai P	mg/ L	0,2	
NO ₃ sebagai N	mg/ L	10	
NH ₃ -N	mg/ L	0,5	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq$ 0,02 mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/ L	0,05	
Kobalt	mg/ L	0,2	
Barium	mg/ L	1	
Boron	mg/ L	1	
Selenium	mg/ L	0,01	
Kadmium	mg/ L	0,1	
Khrom (VI)	mg/ L	0,05	
Tembaga	mg/ L	0,02	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu $\leq$ 1 mg/L
Besi	mg/ L	0,3	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe $\leq$ 5 mg/L
Timbal	mg/ L	0,3	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb $\leq$ 0,1 mg/L
Mangan	mg/ L	0,1	
Air Raksa	mg/ L	0,001	
Seng	mg/ L	0,05	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn $\leq$ 5 mg/L

Lanjutan Tabel 2.1.

Khlorida	mg/ L	600	
Sianida	mg/ L	0,02	
Flourida	mg/ L	0,5	
Nitrit sebagai N	mg/ L	0,06	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{NO}_2\text{-N} \leq 1\text{mg/L}$
Sulfat	mg/ L	400	
Khlorin bebas	mg/ L	0,03	Bagi ABAM tidak Dipersyaratkan
Belerang sebagai H_2S	mg/ L	0,002	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, sebagai $\text{H}_2\text{S} \leq 0,1 \text{ mg/L}$
Mikrobiologi			
Fecal Coliform	Jml/100 ml	100	
-Total Coliform	Jml/100 ml	1000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100 ml
Radioaktivitas			
-Gros-A	Bq /L	0,1	
-Gros-B	Bq /L	1	
Kimia Organik			
Minyak dan Lemak	ug /L	17	
Detergen sebagai MBAS	ug /L	3	
Senyawa Fenol	ug /L	2	
Sebagai Fenol	ug /L		
BHC	ug /L	210	
Aldrin/ Dieldrin	ug /L	17	
Chlordane	ug /L	3	
DDT	ug /L	2	

Lanjutan Tabel 2.1.

Heptachlor dan	ug /L	18
Heptachlor epoxide	ug /L	
Lindane	ug /L	56
Methoxychlor	ug /L	35
Endrin	ug /L	1
Toxaphan	ug /L	5

Sumber: *Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 16 Tahun 2005 tentang Peruntukan Air dan Baku Mutu Air Sungai*

Keterangan :

mg = milligram

ug = mikrogram

ml = militer

l = liter

Bq = *Bequerel*

MBAS = *Methylene Blue ActiveSubstance*

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut. Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO. Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum. Nilai DO merupakan batas minimum. Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan. Tanda ($\leq$) adalah lebih kecil atau sama dengan. Tanda ($<$) adalah lebih kecil Persyaratan kualitas menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyaratan ini meliputi persyaratan fisik, kimia, biologis, dan radiologis.

Syarat-syarat tersebut berdasarkan permenkes No.416/MENKES/PER/IX/1990 tentang persyaratan kualitas air bersih adalah sebagai berikut:

1. Syarat-syarat fisik

Secara fisik air bersih harus jernih, tidak berbau dan tidak berasa. Selain itu juga suhu air bersih sebaiknya sama dengan suhu udara atau kurang lebih 25°C, dan apabila terjadi perbedaan maka batas yang diperbolehkan adalah $25^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

a. Bau

Bau air dapat memberi petunjuk akan kualitas air. Air yang berbau tidak akan disukai oleh masyarakat.

b. Rasa

Air yang bersih biasanya tidak memberi rasa/tawar. Air yang tidak tawar dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan.

c. Warna

Air sebaiknya tidak berwarna dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tanin dan asam humat yang terdapat secara alamiah di air rawa, berwarna kuning muda menyerupai urin, oleh karenanya orang tidak mau menggunakannya. Selain itu, zat organik ini bila terkena klor dapat membentuk senyawa-senyawa kloroform yang beracun. Warna pun dapat berasal dari buangan industri.

d. Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/pipa yang dapat membahayakan kesehatan, menghambat reaksi-reaksi biokimia di dalam saluran/pipa, mikroorganisme patogen tidak mudah berkembang biak dan bila diminum air dapat menghilangkan dahaga.

e. Jumlah zat padat terlarut

Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS) biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut. Bila TDS bertambah maka keadaan akan naik pula.

f. Kekeruhan

Kekeruhan air disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun yang organik. Zat organik, biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari lapukan tanaman atau hewan. Buangan industri dapat juga merupakan sumber kekeruhan.

2. Syarat-syarat kimia

Kandungan zat kimia dalam air bersih yang digunakan sehari-hari hendaknya tidak melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan seperti tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990.

Penggunaan air yang mengandung bahan kimia beracun dan zat-zat kimia lainnya yang melebihi ambang batas berakibat tidak baik bagi kesehatan dan material yang digunakan manusia, contohnya antara lain sebagai berikut :

a. Besi (Fe)

Kadar besi (Fe) yang melebihi ambang batas (1,0 mg/l) menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru dan menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan.

b. pH

Air sebaiknya tidak memiliki keasaman dan tidak basa untuk mencegah terjadinya pelarutan logam berat dan korosi jaringan distribusi air. pH yang dianjurkan untuk air bersih adalah 6,5 – 9.

c. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) sebenarnya diperlukan pada perkembangan tubuh manusia. Tetapi untuk dosis tinggi dapat menyebabkan gejala ginjal, hati, muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, dan lainnya bahkan dapat meninggal dunia.

d. Klorida

Klorida adalah senyawa halogen klor (Cl), dalam jumlah yang banyak klor (Cl) akan menimbulkan rasa asin, korosi pada pipa sistem penyediaan air panas. Sebagai desinfektan, residu klor (Cl) dalam penyediaan air sengaja dipelihara tetapi (Cl) ini dapat terikat pada senyawa organik dan membentuk halogen – hidrokarbon (Cl – HC) banyak diantaranya dikenal sebagai senyawa-senyawa karsinogenik. Kadar maksimum klorida yang diperbolehkan dalam air bersih adalah 600 mg/l.

e. Seng (Zn)

Seng (Zn) dapat menimbulkan warna air menjadi opalescent dan bila dimasak akan timbul endapan seperti pasir. Kadar maksimum seng (Zn) yang diperbolehkan di dalam air bersih adalah 15 mg/l

f. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) merupakan metal kelabu-kemerahan keracunan seringkali bersifat khronis sebagai akibat inhalasi debu dan uap logam.

3. Syarat-syarat mikrobiologis

Pada umumnya sumber-sumber air yang terdapat di alam bumi ini mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri bermacam-macam dan berbeda-beda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari haruslah bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan coli tidak merupakan bakteri golongan patogen, namun bakteri ini merupakan indikator dari pencemaran air oleh bakteri patogen.

4. Syarat-syarat radiokativitas

Apapun bentuk radioaktivitas efeknya adalah sama dilihat dari segi parameternya, yakni dapat menimbulkan kerusakan pada sel-sel yang terpapar. Kerusakan dapat berupa kematian, dan juga perubahan komposisi genetik. Kematian sel dapat diganti kembali apabila tidak seluruh sel mati. Perubahan genetis dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker dan mutasi.

5. Syarat – syarat bakteriologis

Air minum tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit dan juga tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit dan juga tidak boleh mengandung bakteri-bakteri coli yang telah melebihi batas tertentu yaitu 1 coliper 100 ml air. Bakteri golongan ini berasal dari usus besar dan tanah. Bakteri patogen yang mungkin terdapat didalam air, misalnya :

- a. Bakteri Typosium
- b. Vibrio Colerae
- c. Bakteri Dysentriae
- d. Entamoeba Hystolotica
- e. Bakteri Enteristis (penyakit perut)

2.5 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan antara padatan/koloid dengan suatu cairan. Penyaringan air olahan yang mengandung padatan dengan ukuran seragam dapat digunakan saringan medium tunggal, sedangkan untuk penyaringan air yang mengandung padatan dengan ukuran yang berbeda dapat digunakan tipe saringan multi medium. Media *filter* atau saringan digunakan karena merupakan alat filtrasi atau penyaring memisahkan campuran solida liquida dengan media porous atau

material porous lainnya guna memisahkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi yang paling halus. Bahan penyaring dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bahan alami dan bahan buatan. Bahan-bahan penyaring alami maupun buatan yang biasanya digunakan adalah ijuk, pasir silika, arang/*carbon active*, kerikil, pasir, zeolit, dan resin kation.

a. Mangan Zeolit

Menurut Said (2008:475), filter mangan zeolit berfungsi untuk menyerap zat besi atau mangan yang belum sempat teroksidasi. Media filter yang digunakan adalah mangan zeolit (manganese greensand) yang berdiameter sekitar 0,3 – 0,5 mm. Dengan menggunakan unit ini, maka kadar besi dan mangan, serta beberapa logam lain yang masih terlarut dalam air dapat dikurangi sampai $< 0,1$ mg/l.

b. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan bahan adsorpsi dengan permukaan lapisan yang luas dengan bentuk butiran (*granular*) atau serbuk (*powder*). Kontaminan dalam air terserap karena tarikan dari permukaan karbon aktif lebih kuat dibandingkan dengan daya kuat yang menahan di dalam larutan. Senyawa-senyawa yang mudah terserap karbon aktif umumnya memiliki nilai kelarutan yang lebih kecil dari karbon aktif. Kontaminan dapat masuk ke dalam pori karbon aktif dan terakumulasi didalamnya, apabila kontaminan terlarut di dalam air dan ukuran pori kontaminan lebih kecil dibandingkan dengan ukuran pori karbon aktif (Anggraini, 2014).

c. Pasir Silika

Pasir silika adalah pasir lepas berwarna bening sedikit kekuningan dengan bentuk rata-rata bersudut tanggung. Silika memiliki formula kimia SiO_2 dan ketahanan terhadap cuaca yang tinggi. Pasir silika digunakan sebagai bahan filter terutama untuk proses penyaringan oleh rongga-rongga antar butiran-butirannya (Rahmawati, 2009:6).

2.6. Elektrokoagulasi

2.6.1 Pengertian Elektrokoagulasi

Koagulasi dan flokulasi adalah metode tradisional pada pengolahan air limbah. Pada proses ini bahan koagulan seperti alum atau feri klorida dan bahan aditif lain seperti poli elektrolit ditambahkan dengan dosis tertentu untuk

menghasilkan persenyawaan yang berpartikel besar sehingga mudah dipisahkan secara fisika. Ini merupakan proses dengan tahap yang banyak sehingga memerlukan area lahan yang luas dan ketersediaan bahan kimia secara terus-menerus (*continous*). Sebuah metode yang lebih efisien dan murah untuk mengolah air limbah dengan jenis polutan yang bervariasi serta meminimisasi bahan aditif adalah diperlukan dalam manajemen keberlanjutan air. Elektrokoagulasi adalah metode pengolahan yang mampu menjawab permasalahan tersebut. (Peter,H.2006).

Proses elektrokoagulasi terbentuk melalui pelarutan logam dari anoda yang kemudian berinteraksi secara simultan dengan ion hidroksi dan gas hidrogen yang dihasilkan dari katoda. Elektrokoagulasi telah ada sejak tahun 1889 yang dikenalkan oleh Viketal dengan membuat suatu instalasi pengolahan untuk limbah rumah tangga (*sewage*). Tahun 1909 di *UnitedStated*, J.T.Harries telah mematenkan pengolahan air limbah dengan sistem elektrolisis menggunakan anoda aluminium dan besi. Matteson (1995), memperkenalkan “*Electronic Coagulator*” dimana arus listrik yang diberikan ke anoda akan melarutkan Aluminium ke dalam larutan yang kemudian bereaksi dengan ion hidroksi (dari katoda) membentuk aluminium hidroksi. Hidroksi mengflokulasi dan mengkoagulasi partikel tersuspensi sehingga terjadi proses pemisahan zat padat dari air limbah. Proses yang mirip juga telah dilakukan di Brittain tahun 1956 (Matteson,1995) hanya anoda yang digunakan adalah besi dan digunakan untuk mengolah air sungai.

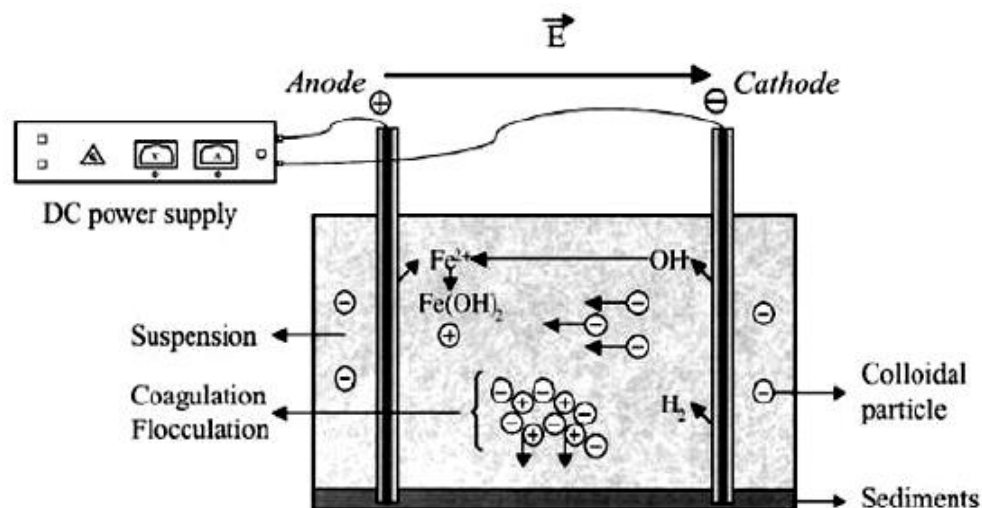
Elektrokoagulasi adalah suatu teknik pemisahan yang menggunakan sel elektrokimia yang biasa digunakan untuk menangani air (Gameissa, 2012). Proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses flokulasi-koagulasi. Ketiga proses dasar ini saling berinteraksi dan berhubungan untuk menjalankan elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi diduga dapat menjadi pilihan metode pengolahan limbah radioaktif dan limbah B3 cair fase air alternatif mendampingi metode-metode pengolahan yang lain yang telah dilaksanakan (Koparal, 2002).

Elektrokoagulasi adalah proses destabilisasi, ditanggihkan, emulsi zat kontaminasi dalam air dengan mengalirkan arus listrik ke medium. Dalam

bentuknya paling sederhana sebuah reactor koagulasi terdiri dari sel elektrolitik dengan satu anoda dan satu katoda. Lempeng sel yang biasa disebut dengan elektroda boleh terbuat dari bahan yang sama atau berbeda. Proses ini telah terbukti sangat efektif dalam menghilangkan kontaminan dari air, tidak menggunakan bahan kimia agresif, dan kemudahan operasi (Prasetyo, 2018).

2.6.2 Prinsip Kerja Elektrokoagulasi

Prinsip kerja dari sistem ini adalah dengan menggunakan dua buah lempeng elektroda yaitu Aluminium atau besi yang dimasukkan kedalam bejana yang 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. Dan pada akhirnya terbentuk flokulan yang akan mengikat kontaminan maupun partikel-partikel dari air baku tersebut (Gunawan, 2016). Selama proses elektrokoagulasi berjalan akan terjadi proses oksidasi pada anoda dimana logam dengan senyawa yang terdapat pada limbah membentuk flok-flok yang akan menempel pada plat elektroda sekaligus sebagai sumber aliran elektron dari *power supply*, sedangkan yang terjadi pada katoda adalah proses reduksi senyawa organik yang terdapat pada limbah (Putri, 2018). Gambar 2.1 menunjukkan mekanisme yang terjadi di dalam reaktor elektrokoagulasi.



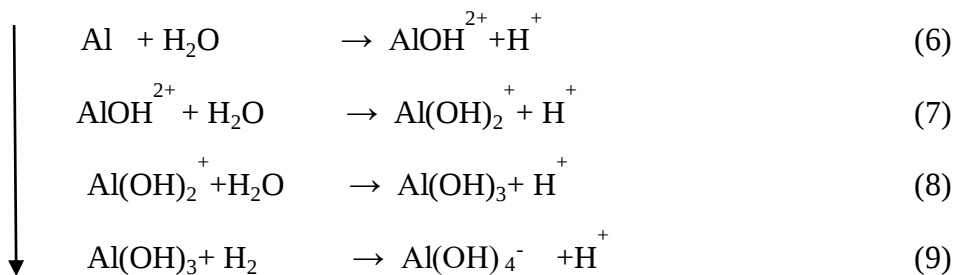
Gambar 2.1. Mekanisme Elektrokoagulasi (Ni'am dkk.2007)

Sekarang ini elektrokoagulasi telah dipasarkan oleh beberapa perusahaan di beberapa negara. Berbagai macam desain telah dibuat namun tak ada yang dominan. Seringnya unit elektrokoagulasi digunakan untuk menggantikan bahan kimia dan jarang yang memanfaatkan gas hidrogen untuk proses flotasi.

Sebuah arus yang dilewatkan ke elektroda logam maka akan mengoksidasi logam (M) tersebut menjadi logam kation (M^+), sedangkan air akan mengalami reduksi menghasilkan gas hidrogen (H_2) dan ion hidroksi (OH^-). Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



Kation menghidrolisis di dalam air membentuk sebuah hidroksi dengan spesies dominan yang tergantung pada kondisi pH larutan. Untuk kasus anoda aluminium maka reaksi yang terjadi adalah:



pH

(Huheey, J.E. 1978)

Kation bermuatan tinggi mendestabilisasi beberapa partikel koloid dengan membentuk polivalen polihidroksi kompleks. Senyawa kompleks ini mempunyai sisi yang mudah diadsorpsi, membentuk gumpalan (*aggregates*) dengan polutan. Pelepasan gas hidrogen akan membantu pencampuran dan pembentukan flok. Flok yang dihasilkan oleh gas hidrogen akan di flotasikan ke permukaan reaktor.

Ada beberapa macam interaksi spesies dalam larutan pada proses elektrokoagulasi, yaitu:

1. Migrasi ke elektroda yang bermuatan berlawanan (*electrophoresis*) dan penggabungan (*aggregation*) untuk membentuk senyawa netral.
2. Kation atau ionhidroksi (OH^-) membentuk endapan dengan polutan.

3. Logam kation berinteraksi dengan OH^- membentuk hidroksi, yang mempunyai sisi yang mengadsorpsi polutan (*bridgecoagulation*)
4. Hidroksi membentuk struktur besar dan membersihkan polutan (*sweep coagulation*)
5. Oksidasi polutan sehingga mengurangi toxicitinya.
6. Penghilangan melalui elektro flotasi dan adhesi gelembung udara.

Proses ini dapat mengambil lebih dari 99% kation beberapa logam berat dan dapat juga membunuh mikroorganisme dalam air. Proses ini juga dapat mengendapkan koloid-koloid yang bermuatan dan menghilangkan ion-ion lain, koloid-koloid, dan emulsi-emulsi dalam jumlah yang signifikan. (Renk dalam Syafitri, 2017).

Aplikasi yang potensial pada bidang pertanian dan perbaikan kualitas hidup masyarakat pedesaan adalah untuk menghilangkan bakteri patogen dalam air minum dan untuk dekontaminasi air pencuci pada pemrosesan makanan. Koagulasi adalah salah satu operasi fisiokimia terpenting yang digunakan dalam pengolahan air. Ini adalah sebuah proses yang digunakan untuk destabilisasi dan penggumpalan partikel-partikel kecil menjadi partikel yang lebih besar. Kontaminan-kontaminan air seperti ion-ion (logam berat) dan koloid (organik dan anorganik) terdapat dalam larutan utamanya disebabkan oleh muatan listrik. Molekul koloid dapat didestabilisasi dengan cara menambahkan ion-ion yang muatannya berlawanan dengan muatan koloid tersebut (Benefield dalam Niswita, 2016). Destabilisasi koloid tersebut akan menghasilkan flok dan kemudian dipisahkan dengan flotasi, sedimentasi dan/atau filtrasi.

Koagulasi dapat diperoleh dengan carakimia maupun listrik. Koagulasi kimiawi sekarang ini menjadikurang diminati karena biayapengolahan 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 (Benefield dalam Niswita, 2016)

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).

2.6.3 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 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 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 elektrostatisnya 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.

2.9.4 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.