

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Di mana masyarakat bermukim, di sanalah berbagai jenis limbah akan dihasilkan. Ada sampah, ada air kakus (black water), dan ada air buangan dari berbagai aktivitas domestik lainnya (grey water). Beberapa pengertian limbah :

1. Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang kehadirannya pada saat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena menurunkan kualitas lingkungan (Deden Abdurahman)
2. Berdasarkan keputusan mempridag RI NO. 231/MPP/KEP/7/1997 PASAL 1 Limbah adalah bahan / barang sisa atau bekas dari suatu kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah dari aslinya, kecuali yang dapat dimakan oleh manusia atau hewan
3. Limbah adalah suatu benda atau zat yang emngandung berbagai bahan yang membayakan kehidupan manusia, hewan, serta mahluk hidup lainnya (Diah Aryulina)
4. Limbah adalah suatu bahan yang terbangun atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia atau proses-proses alam, dan tidak atau belum mempunyai nilai ekonomi, bahkan dapat mempunyai nilai ekonomi yang negatif (IR. Hieronymus Budi Santoso)

2.1.2 Karakteristik Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga).Limbah yang mempunyai karakteristik secara umum sebagai berikut:

1. Berukuran mikro
2. Dinamis
3. Penyebarannya berdampak luas

4. Berdampak jangka panjang (antargenerasi)

Kualitas limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor yang mempengaruhi kualitas limbah adalah sebagai berikut:

1. Volume limbah, banyak sedikitnya limbah mempengaruhi kualitas limbah.
2. Kandungan limbah, kualitas limbah dipengaruhi oleh kandungan bahan pencemar.
3. Frekuensi pembuangan limbah, pembuangan limbah dengan frekuensi yang sering akan menimbulkan masalah.

1. Karakteristik Fisik

- a. Zat padat
- b. Bau
- c. Suhu
- d. Warna
- e. Kekeruhan

2. Karakteristik Kimia

- a. Bahan organik
- b. BOD (Biological Oxygen Demand)
- c. DO (Dissolved Oxygen)
- d. COD (Chemical Oxygen Demand)
- e. pH (Puissance d'Hydrogen Scale)
- f. Logam berat

3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi digunakan untuk mengukur kualitas air terutama air yang dikonsumsi sebagai air minum dan air bersih

2.2 Limbah Air *laundry*

Limbah *laundry* yang dominan berasal dari pelembut pakaian dan deterjen, umumnya langsung dibuang begitu saja ke saluran yang menuju badan air tanpa adanya pengelolaan yang memadai. Bahan aktif yang banyak terkandung pada pelembut pakaian dan deterjen adalah kwaterner ammonium klorida, LAS, sodium dodecyl benzene sulfonate, natrium karbonat, natrium fosfat, alkilbenzena bahan-bahan tersebut merupakan bahan yang ramah lingkungan dan *biodegradable* (Puspitasari dan Bambang, 2012).

Tectona (2011) menyatakan bahwa bila keberadaannya di badan air berlebihan, limbah *laundry* berpotensi mencemari badan air. Karena selain mengandung bahan-bahan aktif tersebut, limbah *laundry* juga kaya kandungan fosfat yang mencapai 253,03 mg/L sebagai *P* total. Fosfat yang jumlahnya berlebihan akan menimbulkan bahaya eutrofikasi dan ledakan alga di laut (dalam Puspitasari dan Bambang, 2012).

Masalah yang timbul adalah limbah cair yang dihasilkan oleh IRT *laundry* yang dibuang kelingkungan. Limbah *laundry* itu sendiri berasal dari deterjen, pelembut serta pewangi pakaian. Limbah cair yang dibuang ke lingkungan bercampur, kotoran, deterjen dan zat kimia yang berpotensi mencemari lingkungan dengan kadar tertentu. Hal ini diperparah usaha laundry belum memiliki Saluran Pembuangan Air Limbah (SPAL) yang baik dan memenuhi syarat air sisa pencucian pakaian langsung dibuang atau dialirkan kelingkungan tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Dengan adanya laundry ini dampak yang mulai dirasakan yaitu lingkungan yang mulai tercemar, tanah menjadi becek dan berbau akibat buangan air sisa pencucian yang menyebabkan masyarakat terganggu yang berpengaruh terhadap estetika lingkungan. Tanah yang mulai becek, bau menjadi tempat vektor lalat dan tikus yang dapat menyebabkan penyakit. Warga sekitar tempat IRT laundry itu juga mulai mengeluh karena kondisi lingkungan IRT laundry yang belum memiliki SPAL yang baik, bak penampung air limbah dan sejenisnya sehingga warga merasa terganggu dengan limbah yang dihasilkan yang dibuang atau dialirkan begitu saja kelingkungan. Menjadi suatu masalah apabila terjadi pencemaran terhadap alam atau lingkungan misalnya sawah, tanah, tempat umum, drainase umum, sungai dan danau. Jika limbah cair yang dibuang kelingkungan tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu maka akan berdampak buruk terhadap kesehatan dan lingkungan diantaranya dapat mencemari sumber air dan bila dikonsumsi atau diminum oleh masyarakat dapat menimbulkan gatal-gatal pada kulit atau sakit saluran pencernaan. Begitu juga dengan tanah yang telah tercemar dapat mencemari sumber air yang didekatnya.

Table I. Standar Mutu Limbah Cair industri *Laundry*

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (Kg/Ton)
BOD	75	1,5
COD	150	3
TSS	100	2
TDS	2.000	40
DETERGEN	5	0,1
SUHU	± 3°C terhadap suhu udara 6,0 –9,0	
PH		
Debit Limbah Paling Banyak (L/kg)	20	

Sumber : Peraturan Daerah NO 7. 2016

2.2.1 Deterjen

Secara umum istilah dari deterjen digunakan untuk bahan atau produk yang mempunyai fungsi meningkatkan kemampuan pemisahan suatu materi dari permukaan benda, misalnya kotoran dari pakaian, sisa makanan dari piring atau buih sabun dari permukaan benda serta mendispersi dan menstabilisasi dalam matriks seperti suspensi butiran minyak dalam fase seperti air (Showell, 2006).

Kemampuan deterjen tersebut tergantung kepada komposisi dari formulanya, persyaratan penggunaan, sifat alami dari permukaan yang akan dibersihkan, sifat dari bahan yang akan dipisahkan. Oleh karena itu, penentuan formula deterjen merupakan proses yang rumit karena harus memperhitungkan beberapa hal, seperti kebutuhan pengguna, nilai ekonomi, pertimbangan lingkungan dan kemampuan spesifik yang dibutuhkan supaya fungsi deterjen menjadi efektif.

2.2.2 Kandungan Deterjen

Deterjen yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan industri menggunakan formula yang sangat kompleks yaitu lebih dari 25 bahan. Namun secara umum

penyusun deterjen dikelompokkan menjadi empat, yaitu surfaktan, *builders*, *bleaching agent* dan bahan aditif (Smulders, 2002).

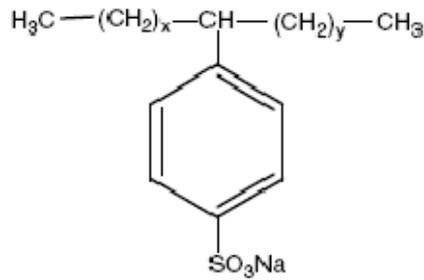
Surfaktan berfungsi untuk mengangkat kotoran pada pakaian baik yang larut dalam air maupun yang tak larut dalam air. Setelah surfaktan, kandungan lain yang penting adalah penguat (*builders*) yang meningkatkan efisiensi surfaktan. *Builders* digunakan untuk melunakkan air sadah dengan cara mengikat mineral- mineral yang terlarut, sehingga surfaktan dapat berfungsi dengan lebih baik. Selain itu, *builders* juga membantu menciptakan kondisi keasaman yang tepat agar proses pembersihan dapat berlangsung dengan lebih baik serta membantu mendispersikan dan mensuspensikan kotoran yang telah lepas. Senyawa kompleks fosfat, natrium sitrat, natrium karbonat, natrium silikat atau zeolit dan fluorescent sering digunakan dalam *builders*.

Senyawa fosfat dapat mencegah menempelnya kembali kotoran pada bahan yang sedang dicuci. Senyawa fosfat yang digunakan oleh semua merk deterjen memberikan andil yang cukup besar terhadap terjadinya proses eutrofikasi yang menyebabkan alga blooming (meledaknya populasi tanaman air). Formulasi yang tepat antara kompleks fosfat dengan surfaktan menjadi kunci utama kehebatan daya cuci deterjen.

Menurut Connell (1995) berdasarkan sifat ionisasi senyawa aktifnya, surfaktan diklasifikasikan ke dalam 3 kelompok, yaitu :

1. Surfaktan anionik

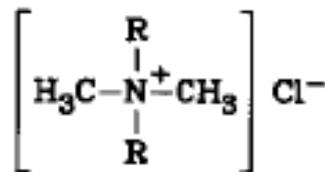
Jenis ini memiliki sisi permukaan aktif negatif. Secara umum gugusnya adalah sulfat dan sulfonat yang dapat larut dalam air. Surfaktan yang tergolong ke dalam kelompok ini adalah *sodium dodecylbenzene sulphonate* (SDS). Surfaktan anionik banyak digunakan dalam produk pembersih pakaian dan peralatan rumah tangga, serta produk pembersih pribadi. Surfaktan jenis ini merupakan produk terbesar hingga saat ini.



Gambar I. Struktur dari SDS

2. Surfaktan kationik

Jenis ini memiliki sisi permukaan positif. Senyawa utamanya yaitu alkil dengan gugus utama ammonium. Surfaktan yang tergolong jenis ini adalah dialkyldimethylammonium chlorides .



Gambar 2. Struktur dari *Dialkyldimethylammonium chlorides*

3. Surfaktan nonionik

Jenis ini merupakan produk kondensasi alkilfenol atau alkohol lemak dengan etilenoksida. Surfaktan jenis nonionik banyak pula digunakan sebagai pembersih pakaian.

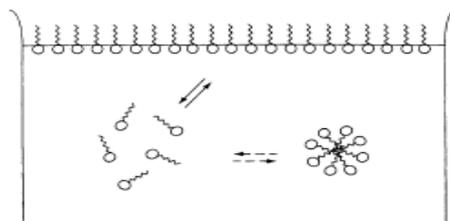


Gambar II.3. Struktur dari Ethylated Alkohol

Pada awalnya surfaktan (senyawa aktif) yang digunakan dalam komposisi deterjen yaitu dari jenis BAS (*Branched Alkylbenzene Sulphonate*) yang memiliki rantai karbon bercabang. BAS ini dikenal sebagai sebagai *hard detergent* karena sifatnya yang tahan penguraian biologis. Rantai cabang BAS inilah yang membuat BAS tidak

terurai sehingga peningkatan konsentrasinya berjalan cepat. Oleh karena itu BAS dikenal sebagai senyawa pencemar yang toksik terhadap biota perairan (Connell, 1995).

Para ahli terus berusaha menemukan bahan aktif deterjen sintesis baru yang mudah terurai, akhirnya pada tahun 1965 mulai dikenal LAS (*Linear Alkylbenzene Sulphonate*). Seperti halnya BAS, senyawa ini pun dibuat dari senyawa hidrokarbon minyak bumi. Senyawa aktif LAS termasuk ke dalam kriteria surfaktan anionik yang memiliki rantai alkil lurus. Dengan struktur demikian LAS ini bila tidak segera terurai seluruhnya akibat akumulasi yang terus-menerus maka akan bersifat lebih toksik dibandingkan BAS. Struktur rantai alkilnya yang lurus membuat senyawa LAS ini lebih bersifat lipofilik sehingga menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada membran sel. Sebagai surfaktan, LAS dapat menurunkan tegangan permukaan dan mengemulsi lemak sehingga dimanfaatkan sebagai pelarut lemak dan denaturasi protein. Dengan sifat ini LAS berpotensi merusak membran sel organisme dan mematikan bakteri-bakteri yang berguna di perairan. Mekanisme Deterjen sebagai Pembersih Sebagai bahan aktif deterjen, surfaktan yang juga disebut zat aktif permukaan (*surface active agent*) memiliki kemampuan menurunkan tegangan permukaan cairan khususnya air dari sekitar 73 dyne/cm menjadi 30 dyne/cm. Selain itu kemampuan surfaktan membentuk gelembung serta pengaruh permukaan lainnya membuat surfaktan bertindak sebagai zat pembersih dan pengemulsi dalam industri dan rumah tangga. Secara struktur, surfaktan memiliki polaritas lipofilik dan hidrofilik. Kutub lipofilik terletak pada rantai alkil yang bersifat larut dalam minyak atau lemak, sedangkan kutub hidrofilik terletak pada gugus aril (yang mengandung garam) yang larut dalam air.



Gambar 3. Kondisi gugus surfaktan dalam air

Kutub lipofilik cenderung muncul keluar dari fase air menghadap ke udara, sedangkan kutub hidrofilik menghadap ke fase air (Gambar II.3), yaitu tempat ion bermigrasi menuju batas antara air-udara yang bekerja mengurangi energi bebas permukaan sehingga tegangan permukaan berkurang. Pada konsentrasi surfaktan yang cukup tinggi di air, gugus lipofilik saling tarik menarik dan membentuk agregat atau micelle, sedangkan gugus hidrofilik terdapat disebelah luar micelle. Dengan demikian zat yang lipofil dapat tertimbun dalam inti lipofilik dari micelle dan dengan cara inilah kotoran dilarutkan (disolubilisasi). Mekanisme tersebut di atas memungkinkan surfaktan bertindak sebagai pembersih kotoran. Proses pembersihan oleh surfaktan terdiri atas tiga tahap, yaitu :

1. Pembahasan (wetting) kotoran oleh larutan deterjen
2. Lepasnya kotoran dari permukaan bahan
3. Pembentukan suspensi kotoran yang stabil.

Menurut Showell, 2006 mekanisme pembersihan kotoran (umumnya berupa tanah) terdiri beberapa tahapan, yaitu :

1. Perpindahan surfaktan ke interfase. Hal ini terjadi pada kondisi surfaktan dalam bentuk monomer, dimana kinetika perpindahannya sangat cepat ($10\text{-}5\text{ cm}^2/\text{detik}$) atau juga terjadi pada kondisi surfaktan berbetuk agregat atau micelle dimana kinetika perpindahannya relatif lambat ($10\text{-}7\text{ cm}^2/\text{detik}$). Kinetika perpindahan surfaktan dan adsorpsi pada permukaan dapat diukur dengan tegangan permukaan dinamik.
2. Adsorpsi surfaktan pada interfase air-tanah, interfase air-udara, dan interfase permukaan-air. Tahapan ini terjadi dengan menurunkan tegangan permukaan pada masing-masing interfase tersebut.
3. Membentuk kompleks surfaktan-tanah. Hal ini menunjukkan bahwa surfaktan akan menyelimuti tanah yang akan dipisahkan dalam satu lapisan atau pada konsentrasi surfaktan yang tinggi akan menghasilkan dua lapisan. Pada tahapan ini surfaktan dapat mendorong padatan tanah menjadi lunak dan berbentuk cairan. Tahapan ini merupakan tahapan yang kritis untuk menuju proses emulsi yang dapat terjadi jika tanah berbentuk cairan.
4. Desorpsi kompleks surfaktan-tanah. Untuk tanah yang berminyak, proses ini

dapat terjadi melalui mekanisme penggulungan atau melalui pelarutan minyak menjadi agregat micelle dari surfaktan.

5. Perpindahan kompleks surfaktan-tanah menjauh dari permukaan. Pada tahapan ini tanah yang mengandung minyak dengan massa jenis yang lebih rendah dari air akan mengapung di permukaan. Padahal dibutuhkan energi mekanik atau pengadukan untuk menjauhkan kompleks surfaktan- tanah dari permukaan.
6. Stabilisasi tanah yang terdispersi untuk mencegah terjadinya redeposisi

2.2.3 Proses Laundry

Laundry merupakan proses kompleks yang melibatkan interaksi antara beberapa faktor fisik dan kimiawi. Pada proses ini kotoran yang melekat pada pakaian dibersihkan dengan mempergunakan air dan deterjen. Tahapan yang terjadi pada proses ini adalah kotoran yang melekat pada pakaian akan dilepaskan oleh larutan deterjen dan dilanjutkan dengan stabilisasi air yang berisi kotoran supaya kotoran tersebut tidak menempel kembali pada permukaan pakaian. Kemampuan membersihkan pakaian dalam proses *laundry* sangatlah tergantung pada beberapa faktor seperti jenis bahan pakaian, jenis kotoran, kualitas air, peralatan mencuci, dan komposisi deterjen (Smulders, 2002). Diantara faktor tersebut yang memegang peranan penting adalah komposisi deterjen.

Air pada proses *laundry* berfungsi sebagai pelarut bagi deterjen dan kotoran yang menempel di pakaian. Air juga berfungsi sebagai media perpindahan untuk komponen tanah yang terlarut maupun terdispersi. Proses *laundry* dimulai dengan membasahi dan penetrasi larutan deterjen pada pakaian yang kotor. Air mempunyai tegangan permukaan yang sangat tinggi yaitu 72 mN/m padahal proses pembasahan pakaian dapat berjalan lebih cepat dan efektif jika tegangan permukaannya berkurang sampai 30 mN/m. Pada proses inilah peranan dari surfaktan sebagai bahan baku deterjen untuk menurunkan tegangan permukaan. Kualitas air yang jelek dapat mempengaruhi proses pencucian dan menimbulkan masalah pada mesin cuci. Ion kalsium dan magnesium yang bertanggung jawab terhadap kesadahan air dapat menimbulkan terbentuknya endapan. Endapan ini disebabkan oleh terbentuknya residu pada proses *laundry* dan dapat membentuk kerak pada mesin cuci sehingga

berakibat pada terganggunya fungsi dari elemen pemanas dan komponen mesin cuci yang lain. Kandungan kalsium yang tinggi dalam air dapat menghalangi proses menghilangkan partikel tanah pada kotoran yang melekat pada pakaian. Selain itu, keberadaan ion logam seperti besi, tembaga dan mangan dapat merugikan proses *laundry*. Ion-ion tersebut dapat menjadi katalis dari dekomposisi agen pemutih (*bleaching agents*) sehingga fungsinya menjadi terganggu. Kotoran yang melekat pada pakaian dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu : debu dari udara, kotoran yang dihasilkan badan (misalnya keringat), pengotor yang berasal dari aktifitas domestik, komersial dan industri. Menurut Smulders, 2002 jenis kotoran tersebut dapat digolongkan menjadi :

- a. Bahan yang mudah larut, seperti : garam, gula, urea, dan keringat
- b. Partikel, seperti : oksida logam, karbonat, silika, humus, dan arang
- c. Minyak dan lemak, seperti : minyak hewani, minyak nabati, pelembab
- d. Protein yang berasal dari : darah, telur, susu dan keratin dari kulit
- e. Karbohidrat, seperti : kanji
- f. Zat pewarna dari : buah-buahan, sayuran, anggur, kopi dan teh.

2.3 Elektrokoagulasi

2.3.1 Defisi Elektrokoagulan

Menurut Susetyaningsih, proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses koagulasi – flokulasi dan elektrokimia. Proses ini diduga dapat menjadi pilihan metode pengolahan limbah radioaktif dan limbah B3 cair fase air alternatif mendamping metode pengolahan yang lain (Retno, dkk 2008). Elektrokoagulasi adalah proses destabilisasi suspensi, emulsi dan larutan yang mengandung kontaminan dengan cara mengalirkan arus listrik melalui air, menyebabkan terbentuknya gumpalan yang mudah dipisahkan.

Menurut Mollah, 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 butuh peralatan sederhana dan mudah untuk diopeasikan.

2. Air limbah yang diolah dengan elektrokoagulasi menghasilkan *effluent* yang jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.
3. 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.
4. Keuntungan dari elektrokoagulasi ini lebih cepat mereduksi kandungan koloid yang paling kecil, hal ini disebabkan menggunakan medan listrik dalam air sehingga mempercepat pergerakan yang demikian rupa agar memudahkan proses koagulasi.
5. Elektrokoagulasi menghasilkan *effluent* yang mengandung *Total Dissolved Solid* (TDS) dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan pengolahan kimiawi. TDS yang rendah akan mengurangi biaya *recovery*.
6. Proses elektrokoagulasi tidak memerlukan penggunaan bahan kimia sehingga tidak bermasalah dengan netralisasi.
7. Gelembung gas yang dihasilkan pada proses elektrokoagulasi ini dapat membawa polutan ke permukaan air sehingga mudah dibersihkan.
8. Dapat memberikan efisiensi proses yang cukup tinggi untuk berbagai kondisi dikarenakan tidak dipengaruhi temperatur.
9. Pemeliharaan lebih mudah karena menggunakan sel elektrolisis yang tidak bergerak

Sedangkan kelemahan dalam proses elektrokoagulasi ialah :

1. Tidak dapat digunakan untuk mengolah limbah cair yang mempunyai sifat elektrolit cukup tinggi dikarenakan 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 antar elektroda.

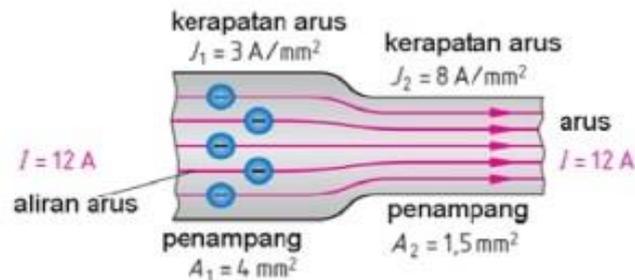
3. Elektroda yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi harus diganti secara teratur.
4. Terbentuknya lapisan di elektroda dapat mengurangi efisiensi pengolahan.

Adapun factor-faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi ialah kerapatan arus listrik, pH, waktu, jarak antar elektroda.

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.

Kerapatan arus adalah besarnya arus yang mengalir tiap satuan luas penghantar mm². Arus listrik mengalir dalam kawat penghantar secara merata menurut luas penampangnya. Arus listrik 12 A mengalir dalam kawat berpenampang 4mm², maka kerapatan arusnya 3A/mm² (12A/4 mm²), ketika penampang penghantar mengecil 1,5 mm² maka kerapatan arusnya menjadi 8A/mm² (12A/1,5 mm²).



Sumber : zoniaelektro.net 2016

Gambar 4. Daya Antar Kerapatan Arus Listrik

Kemampuan/Daya Hantar Arus Sebuah Kabel Listrik

Penampang penghantar mm ²	Kemampuan Hantar Arus (A)			
	kelompok B2		kelompok C	
	Jumlah penghantar			
	2	3	2	3
1,5	16,5	15	19,5	17,5
2,5	23	20	27	24
4	30	27	36	32
6	38	34	46	41
10	52	46	63	57
16	69	62	85	76
25	90	80	112	96

Sumber : zonaelektro.net 2016

Tabel 2. Tabel Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Kerapatan arus berpengaruh pada kenaikan temperatur. Suhu penghantar dipertahankan sekitar 300C, dimana kemampuan hantar arus kabel sudah ditetapkan dalam tabel Kemampuan Hantar Arus (KHA). Berdasarkan tabel KHA kabel pada tabel diatas, kabel berpenampang 4 mm², 2 inti kabel memiliki KHA 30A, memiliki kerapatan arus 8,5A/mm². Dengan melihat grafik kerapatan arus berbanding terbalik dengan penampang penghantar, semakin besar penampang penghantar kerapatan arusnya mengecil. Kerapatan arus listrik berpengaruh pada pemanasan kabel

2. Ph

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi terjadinya proses koagulasi, hal ini dinyatakan karena jika proses koagulasi tidak dilakukan pada rentang pH yang optimum maka akan berakibat kegagalan pada proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan penggunaan rentang pH yang sesuai dengan koagulan yg digunakan pada proses koagulasi akan memberikan hasil yang optimal yaitu air keruh yang menjadi jernih karena keberhasilan dalam proses koagulasi , Karena pada proses elektrokoagulasi terjadi proses elektrolisis air yang

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

3. 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. Jarak

Jarak mempengaruhi hambatan listrik yang terbentuk, semakin besar jarak maka semakin besar hambatan listrik yang terbentuk (Evy, 2011).

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. . Ketebalan plat

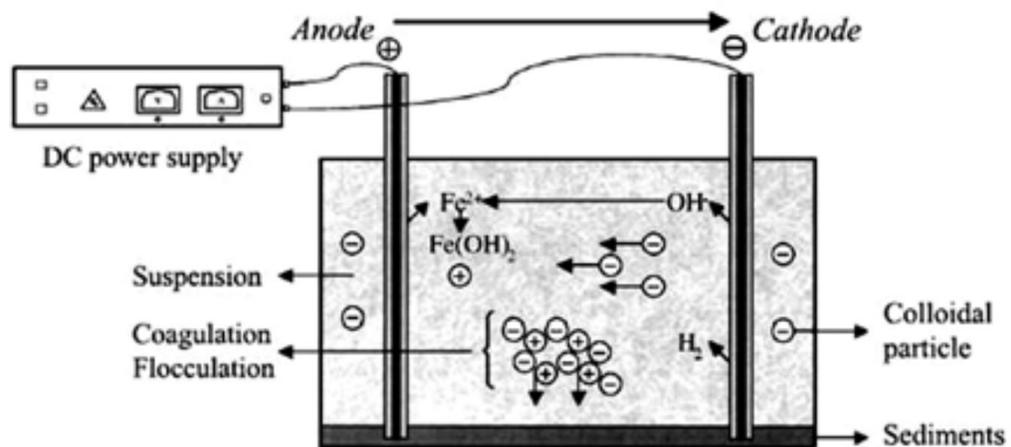
Semakin tebal plat elektroda yang digunakan, daya tarik elektrostatisnya dalam mereduksi dan mengoksidasi ion logam dalam larutan akan semakin besar.

5. Jarak antar elektroda

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

2.3.2 Proses Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi dikenal juga sebagai elektrolisis gelombang pendek. Elektrokoagulasi merupakan suatu proses yang melewatkan arus listrik ke dalam air. Itu dapat digunakan menjadi sebuah uji nyata dengan proses yang sangat efektif untuk pemindahan bahan pengkontaminasi yang terdapat 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^-) (M_{n+}). Selanjutnya air akan menjadi gas hidrogen dan juga ion hidroksil (OH^-). Adapun prinsip kerja dari sistem ini adalah dengan menggunakan dua buah lempeng elektroda yang dimasukkan ke dalam bejana yang telah diisi dengan air yang akan dijernihkan. Selanjutnya kedua elektroda dialiri arus listrik searah sehingga terjadilah proses elektrokimia yang menyebabkan kation bergerak menuju katoda dan anion bergerak menuju anoda. Dan pada akhirnya akan terbentuk suatu flokulan yang akan mengikat kontaminan maupun partikel-partikel dari air baku tersebut



Sumber : Purwaningsih, 2009

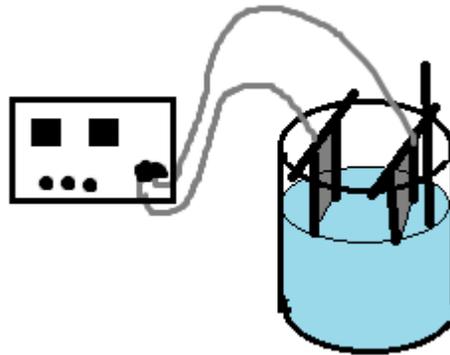
Gambar 5. Proses Elektrokoagulasi

Interaksi-interaksi yang terjadi dalam larutan yaitu:

1. Migrasi menuju muatan elektroda yang berlawanan (elektroporesis) dan netralisasi muatan.
2. Kation ataupun ion hidroksil membentuk sebuah endapan dengan pengotor.

3. Interaksi kation logam dengan OH membentuk sebuah hidroksida dengan sifat adsorpsi yang tinggi selanjutnya berikatan dengan polutan (bridge coagulation).
4. Senyawa hidroksida yang terbentuk membentuk gumpalan (flok) yang lebih besar.
5. Gas hidrogen membantu flotasi dengan membawa polutan kelapisan bulk flokdi permukaan cairan (Holt P, 2006).

2.3.3 Mekanisme Elektrokoagulasi

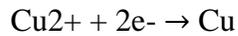


Sumber : Ni'am, et.al, 2007

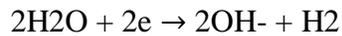
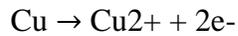
Gambar 6. Elektrokoagulasi Sistem Batch

Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi oksidasi-reduksi. plikasi proses ini dilakukan dengan menginjeksikan oksigen ke dalam air, sedangkan pada proses reduksi dilakukan dengan penambahan reduktor. Proses ini timbul karena adanya reaksi pada elektroda, reaksi yang timbul diakibatkan oleh masuknya aliran arus listrik searah dengan tegangan tertentu. Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia, yaitu dekomposisi elektrolit berat ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi. Pada intinya mekanisme proses oksidasi-reduksi yaitu untuk melakukan destabilisasi ion sehingga mudah untuk dilakukan proses pengendapan serta dapat mengurangi sifat racun dari ion tersebut.

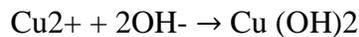
Terjadi reaksi reduksi di katoda (elektroda negatif) :



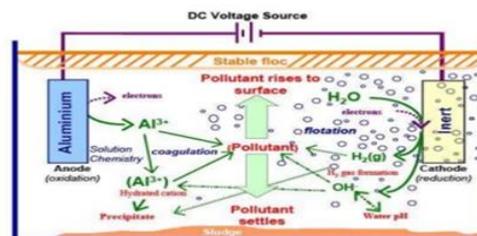
Terjadi reaksi reduksi di anoda (elektroda positif)



Reaksi reduksi dari ion Cu^{2+} akan berjalan jika dalam sel elektrokoagulasi dialirkan listrik searah (*Direct Current*). Pada anoda yang merupakan tembaga akan mengalami terjadinya oksidasi air menjadi gas oksigen (O_2). Sedangkan di katoda akan terjadi reduksi air menjadi gas hidrogen (H_2). Ion Cu^{2+} berasal dari pelarutan anoda akan direduksi dengan ion OH^- membentuk *Cuprum Hidroksida* $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dengan reaksi :



Dari reaksi tersebut, pada anoda akan dihasilkan gas, buih dan flok $\text{Cu}(\text{OH})_2$ yang akan menggumpalkan padatan tersuspensi sehingga air menjadi jernih. Sedangkan gelembung gas O_2 dan H_2 yang terjadi selama proses akan membantu mendorong polutan sehingga mengapung ke permukaan. Pengapungan gumpalan polutan karena gelembung gas yang terbentuk pada proses elektrolisis disebut dengan elektroflotasi.



Sumber : erlina arikawati 2016

Gambar 7. Mekanisme didalam elektrokoagulasi

2.3.4 Plat Elektroda

Pada dasarnya, proses elektrokoagulasi merupakan pengembangan dari proses elektrolisis yang menggunakan elektroda sebagai titik tumpu pengendali prinsip kerja sistem ini. Elektrolisis merupakan penguraian elektrolit oleh arus listrik searah dengan menggunakan dua macam elektroda. Adapun elektroda yang digunakan yaitu berupa katoda dan anoda.

Dalam prosesnya, katoda bertindak sebagai kutub negatif. Pada katoda terjadi reaksi reduksi, yaitu kation (ion positif) yang ditarik oleh katoda dan akan menerima tambahan elektron, sehingga bilangan oksidasinya berkurang. Dalam prakteknya, katoda akan menghasilkan ion hidrogen yang mengangkat berbagai flokulan yang terbentuk pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung, sehingga setelah proses elektrokoagulasi selesai, maka akan terlihat bercak–bercak putih yang terdapat pada katoda tanda dari keluarnya ion 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 anion (ion negatif) ditarik oleh anoda dan jumlah elektronnya akan berkurang sehingga oksidasinya bertambah. Maka hal inilah yang menyebabkan bahwa pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung, flokulan–flokulan yang terbentuk akan banyak menempel pada anoda sebagai agen koagulan.

2.4 Logam Stainless

12-14% kromium(Cr), di mana sifat mekanik bajanya sangat tergantung dari kandungan unsur karbon (C). Baja dengan pengerasan lanjut, 10-12% Kromium(Cr), 0.12% Karbon (C) dengan sedikit tambahan unsur-unsur Mo, V, Nb, Ni dengan kekuatan tekanan mencapai 927 Mpa dipergunakan untuk bilah turbin gas. Baja kromium tinggi, 17%Cr, 2,5% Ni. Memiliki ketahanan korosi yang sangat tinggi. Dipergunakan untuk poros pompa, katup dan fitting yang bekerja pada tekanan dan temperatur tinggi tetapi tidak cocok untuk kondisi asam. Magnet tidak dapat menempel pada bahan stainless steel. Sifat stainless steel antara lain :

1. Stainless steel adalah zat keras dan kuat.
2. Stainless steel bukan konduktor yang baik (panas dan listrik).
3. Stainless steel memiliki kekuatan ulet tinggi. Ini berarti dapat dengan mudah dibentuk atau bengkok atau digambar dalam bentuk kabel.
4. Sebagian varietas dari stainless steel memiliki permeabilitas magnetis. Mereka sangat tertarik terhadap magnet.
5. Tahan terhadap korosi.

6. Tidak bisa teroksidasi dengan mudah.
7. Stainless steel dapat mempertahankan ujung tombak untuk suatu jangka .
8. Bahkan pada suhu yang sangat tinggi, stainless steel mampu mempertahankan kekuatan dan tahanan terhadap oksidasi dan korosi. Pada temperatur cryogenic

2.4.1 Reaksi di Elektroda

Seperti disebutkan diatas 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. Dari berbagai penelitian yang ada telah didesain berbagai macam konfigurasi elektroda seperti pemakaian pellet aluminium dengan reaktor fluidized bed (Barkley et al., 1993), elektroda aluminium *bipolar* (Mameri et al., 1998), elektroda mesh (Matteson et al., 1995), baja *bipolar* berbentuk lingkaran Ogutveren et al., 1992) dan juga elektroda sederhana berbentuk lempengan (Vik et al., 1984; mameri et al., 1998; Holt et al., 2001). Selain itu berbagai jenis elektroda telah dicoba seperti aluminium, besi, baja dan platinum. Bahan elektroda digunakan untuk mengetahui jenis koagulan yang timbul.

Proses Koagulasi

Proses koagulasi merupakan faktor kunci dalam elektrokoagulasi, proses ini menggambarkan interaksi antara koagulan dengan bahan polutan yang hendak diolah. Prinsip dari koagulasi adalah destabilisasi partikel koloid dengan cara mengurangi semua gaya yang mengikat, kemudian menurunkan energi penghalang dan membuat partikel menjadi bentuk flok. Proses ini tergantung pada karakteristik fisik dan kimia dari larutan, jenis polutan dan koagulan, jenis mekanisme koagulasi yang terjadi. Pada reaktor elektrokoagulasi, mekanisme koagulasi yang dominan terjadi akan bervariasi tergantung kondisi pengoperasian reaktor, jenis dan konsentrasi polutan dan konsentrasi koagulan.

Elektrokoagulasi dapat dibandingkan dengan koagulasi kimiawi untuk menunjukkan efisiensi dan keuntungannya. Pada koagulasi kimiawi, bahan kimia yang ditambahkan sebagai koagulan yang berbentuk garam dan di dalam larutan akan mengalami disosiasi melalui hidrolisis dari kation aluminium (dan berhubungan dengan anion larutan) yang diukur dengan kondisi larutan dan nilai pH. Penambahan aluminium sulfat pada koagulasi kimiawi akan membuat air menjadi asam sedangkan pada penambahan aluminium pada elektrokoagulasi yang tidak menyebabkan disosiasi pada anion garam di larutan, akan menyebabkan nilai pH relatif stabil dalam kisaran basa (Koparal and Ogutveren, 2002). Namun menurut Donini et al. (1994) dan Musquere et al. (1983) menyatakan bahwa mekanisme koagulasi antara elektrokoagulasi dengan koagulasi kimiawi relatif sama, walaupun pernyataan ini tidak didukung dengan data penelitian yang memadai. Pada elektrokoagulasi, stabilitas polutan diukur dari karakteristik fisik kimia dari polutan tersebut. Polutan tersusun atas partikel bermuatan yang sama yang terikat satu dengan lainnya dan dengan gaya repulsive menyebabkan menjadi stabil. Proses perubahan ion yang berlawanan menjadi polutan yang bermuatan akan membentuk lapisan ganda elektrik (*electric double layer*) yang disebut lapisan diffuse dan Stern (Letterman et al., 1999; Thomas et al., 1999; Hunter, 1993; Lyklema, 1978 dalam Holt, 2002). Repulsif elektrostatik diantara lapisan ganda elektrik akan membuat partikel terpisah, sedangkan gaya van der Waals akan menyatukan partikel tersebut. Untuk memperoleh pemisahan yang kecil, terlebih dahulu dibutuhkan energi barrier yang repulsif. Zeta potensial dapat digunakan untuk mengukur secara eksperimen muatan efektif dari partikel untuk bergerak dalam larutan, hal ini merupakan indikator langsung dari stabilitas larutan (Letterman et al., 1999). Sedangkan Holt et al., (2002) melaporkan pada pengukuran di reaktor yang batch nilai titik isoelektrik berkaitan dengan tingkat removal polutan yang tinggi. Oleh sebab itu, pengukuran zeta potensial dapat menunjukkan karakteristik penting dari sistem elektrokoagulasi (Clemens, 1981; Ramirez, 1982) dan juga menunjukkan indikasi dari stabilitas dan indikasi kemungkinan mekanisme koagulasi yang terjadi. Aluminium merupakan logam yang sering digunakan sebagai anoda dalam proses elektrokoagulasi. Ion positif (kation) aluminium yang terlepas (tergantung pada kondisi polutan, pH dan

konsentrasi larutan) secara langsung akan berinteraksi dengan polutan dan akan terjadi hidrolisa membentuk kompleks hidro-aluminium atau juga terjadi presipitasi. Proses pembentukan kation ini sangat penting untuk dapat memahami mekanisme elektrokoagulasi.

2.3 Analisa Limbah Cair

2.5.1 Derajat keasaman (pH)

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan, yang dimaksudkan “keasaman” di sini adalah konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam pelarut air. Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa (Barus, 2002). Nilai pH perairan dapat berfluktuasi karena dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis, respirasi organisme akuatik, suhu dan keberadaan ion-ion di perairan tersebut. Penentuan pH merupakan tes yang paling penting dan paling sering digunakan pada kimia air. pH digunakan pada penentuan alkalinitas, CO_2 , serta dalam kesetimbangan asam basa. Pada temperatur yang diberikan, intensitas asam atau karakter dasar suatu larutan diindikasikan oleh pH dan aktivitas ion hidrogen. Perubahan pH air dapat menyebabkan berubahnya bau, rasa, dan warna. Pada proses pengolahan air seperti koagulasi, desinfeksi, dan pelunakan air, nilai pH harus dijaga sampai rentang dimana organisme partikulat terlibat. Skala pH berkisar antara 0 – 14. Klasifikasi nilai pH adalah sebagai berikut:

- a. pH 7 menunjukkan keadaan netral,
- b. $0 < pH < 7$ menunjukkan keadaan asam,
- c. $7 < pH < 14$ menunjukkan keadaan basa (alkalis).

Pengukuran pH dapat dilakukan menggunakan kertas lakmus, kertas pH universal, larutan indikator universal (metode *Calorimeter*) dan *pHmeter* (metode18 Elektroda

Potensiometri). Pengukuran pH penting untuk mengetahui keadaan serta pengendapan materi yang menyangkut reaksi asam basa (Effendi, 2003). Elektroda hidrogen merupakan *absolut standard* dalam penghitungan pH. Karena elektroda hidrogen mengalami kerumitan dalam penggunaannya, ditemukanlah elektroda yang dapat dibuat dari gelas yang memberikan potensial yang berhubungan dengan aktivitas ion hidrogen tanpa gangguan dari ion-ion lain. Penggunaannya menjadi metode *standard* dari pengukuran pH. Pengukuran pH di atas 10 dan pada temperatur tinggi sebaiknya menggunakan elektroda gelas spesial. Alat-alat yang digunakan pada umumnya distandarisasi dengan larutan *buffer*, dimana nilai pH nya diketahui dan lebih baik digunakan larutan *buffer* dengan pH 1–2 unit yang mendekati nilai pH contoh air, pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Larutan yang bersifat asam (pH rendah) bersifat korosif. pH juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia.

2.3.2 Turbiditas (kekeruhan)

Turbiditas merupakan suatu ukuran yang menyatakan sampai seberapa cahaya mampu menembus air, dimana cahaya yang menembus air akan mengalami "pemantulan" oleh bahan-bahan tersuspensi dan bahan koloidal. kekeruhan adalah Ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala NTU (*nephelometric turbidity unit*) atau JTU (*jackson turbidity unit*) atau FTU (*formazin turbidity unit*), kekeruhan ini disebabkan oleh adanya benda tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas itu sendiri. Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan anorganik dan organik yang terkandung dalam air seperti lumpur dan bahan yang dihasilkan oleh buangan industri. Dan akibatnya bagi budidaya perairan adalah dapat mengganggu masuknya sinar matahari, membahayakan bagi ikan maupun bagi 19 organisme makanan ikan dan juga dapat mempengaruhi corak dan sifat optis dari suatu perairan. Peningkatan konsentrasi padatan tersuspensi sebanding dengan peningkatan konsentrasi kekeruhan dan berbanding terbalik dengan kecerahan. Keberadaan total padatan tersuspensi di perairan mempengaruhi intensitas

cahaya matahari yang masuk ke dalam badan air. Dan dampaknya bagi budidaya perairan adalah adanya absorpsi cahaya oleh air dan bahan–bahan terlarut, pembiasan cahaya yang di sebabkan oleh bahan–bahan yang melayang. Nilai kecerahan suatu perairan berhubungan erat dengan penetrasi cahaya matahari ke dalam badan air.

2.3.3 TDS (*Total Dissolved Solid*)

Total Dissolve Solid (TDS) yaitu ukuran zat terlarut (baik itu zat organik maupun anorganik) yang terdapat pada sebuah larutan. TDS menggambarkan jumlah zat terlarut dalam *part per million* (ppm) atau sama dengan milligram per liter (mg/L). Umumnya berdasarkan definisi di atas seharusnya zat yang terlarut dalam air (larutan) harus dapat melewati saringan yang berdiameter 2 mikrometer (2×10^{-6} meter). Aplikasi yang umum digunakan adalah untuk mengukur kualitas cairan pada pengairan, pemeliharaan aquarium, kolam renang, proses kimia, pembuatan air mineral, dan lain-lain (Misnani, 2010). Total padatan terlarut dapat pula merupakan konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Analisa total padatan terlarut merupakan pengukuran kualitatif dari jumlah ion terlarut, tetapi tidak menjelaskan pada sifat atau hubungan ion. Selain itu, pengujian tidak memberikan wawasan dalam masalah kualitas air yang spesifik. Oleh karena itu, analisa total padatan terlarut digunakan sebagai uji indikator untuk menentukan kualitas umum dari air. Sumber padatan terlarut total dapat mencakup semua kation dan anion terlarut (Oram B, 2010). Sumber utama untuk TDS dalam perairan adalah limbah dari pertanian, limbah rumah tangga, dan industri. Unsur kimia yang paling umum adalah kalsium, fosfat, nitrat, natrium, kalium dan klorida. Bahan kimia dapat berupa 20 kation, anion, molekul atau aglomerasi dari ribuan molekul. Kandungan TDS yang berbahaya adalah pestisida yang timbul dari aliran permukaan. Beberapa padatan total terlarut alami berasal dari pelapukan dan pelarutan batu dan tanah (Anonymous, 2010). Batas ambang dari TDS yang diperbolehkan di sungai adalah 1000 mg/L. Peningkatan padatan terlarut dapat membunuh ikan secara langsung, meningkatkan penyakit dan menurunkan tingkat pertumbuhan ikan serta perubahan tingkah laku dan penurunan

reproduksi ikan. Selain itu, kuantitas makanan alami ikan akan semakin berkurang (Alabaster dan Lloyd, 1982).

2.3.4 DO (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut (*dissolved oxygen*, disingkat DO) atau sering juga disebut dengan kebutuhan oksigen (*Oxygen demand*) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air. Nilai DO yang biasanya diukur dalam bentuk konsentrasi ini menunjukkan jumlah oksigen (O_2) yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar. Pengukuran DO juga bertujuan melihat sejauh mana badan air mampu menampung biota air seperti ikan dan mikroorganisme. Selain itu kemampuan air untuk membersihkan pencemaran juga ditentukan oleh banyaknya oksigen dalam air.

2.3.5 Konduktivitas

Menurut Mc Neely *et al*, (1979) Daya Hantar Listrik (DHL) menunjukkan kemampuan air untuk menghantarkan aliran listrik. Konduktivitas air tergantung dari konsentrasi ion dan suhu air, oleh karena itu kenaikan padatan terlarut akan mempengaruhi kenaikan DHL (Wardhani, 2002). DHL adalah bilangan yang menyatakan kemampuan larutan cair untuk menghantarkan arus listrik. Kemampuan ini tergantung keberadaan ion, total konsentrasi ion, valensi konsentrasi relatif ion dan suhu saat pengukuran. Biasanya makin tinggi konduktivitas dalam air, maka air akan terasa payau sampai asin. Walaupun dalam baku mutu air tidak ada batasnya, tetapi untuk nilai-nilai yang ekstrim perlu diwaspadai (Mahida, 1984). Konduktivitas air ditetapkan dengan mengukur tahanan listrik antara dua elektroda dan membandingkan tahanan ini dengan tahanan suatu larutan potasium klorida pada suhu 25oC. Bagi kebanyakan air, konsentrasi bahan padat terlarut dalam miligram per liter sama dengan 0,55 sampai 0,7 kali hantaran dalam mikroumhos per sentimeter pada suhu 25oC. Nilai yang pasti dari koefisien ini tergantung pada jenis garam yang ada di dalam air (Linsley, 1995).

