

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

2.1.1 Pengertian Limbah

Definisi limbah menurut Peraturan Pemerintah No. 18/1999 Jo. PP 85/1999, adalah sisa atau buangan dari suatu usaha dan/atau kegiatan manusia. Limbah adalah bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Air limbah industri maupun rumah tangga (domestik) apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan.

Limbah cair industri adalah buangan hasil proses/sisa dari suatu kegiatan/usaha yang berwujud cair dimana kehadirannya pada suatu saat dan tempat tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang (Asmadi, 2012).

2.1.2 Limbah Cair

2.1.2.1 Pengertian Air Limbah

Menurut Peraturan Pemerintah RI No.82 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri. Air limbah atau yang lebih dikenal dengan air buangan ini merupakan:

- a. Limbah cair atau air buangan (*wastewater*) adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan atau kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup.
- b. Kombinasi dari cairan atau air yang membawa buangan dari perumahan, institusi, komersial, dan industri bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan.
- c. Kotoran dari masyarakat dan rumah tangga, industri, air tanah/permukaan serta buangan lainnya (kotoran umum).

- d. Cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan/kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup.
- e. Semua air/zat cair yang tidak lagi dipergunakan, sekalipun kualitasnya mungkin baik.

2.1.2.2 Sumber Limbah Cair

Berdasarkan sumber atau asal limbah, maka limbah dapat dibagi kedalam beberapa golongan yaitu:

1. Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik adalah hasil buangan dari perumahan, bangunan perdagangan, perkantoran, dan sarana sejenisnya. Volume limbah cair dari daerah perumahan bervariasi, dari 200 sampai 400 liter per orang per hari, tergantung pada tipe rumah. Aliran terbesar berasal dari rumah keluarga tunggal yang mempunyai beberapa kamar mandi, mesin cuci otomatis, dan peralatan lain yang menggunakan air. Angka volume limbah cair sebesar 400 liter/orang/hari bisa digunakan untuk limbah cair dari perumahan dan perdagangan, ditambah dengan rembesan air tanah (*infiltration*). Air limbah rumah tangga sebagian besar mengandung bahan organik sehingga memudahkan di dalam pengelolaannya.

2. Limbah cair industri

Limbah cair industri adalah buangan hasil proses/sisa dari suatu kegiatan/usaha yang berwujud cair dimana kehadirannya pada suatu saat dan tempat tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang (Asmadi, 2012). Contoh: air limbah dari pabrik baja, pabrik tinta, pabrik cat, dan dari pabrik karet. Limbah industri lebih sulit pengolahannya karena mengandung pelarut mineral, logam berat, dan zat-zat organik lain yang bersifat toksik.

2.1.2.3 Pemantauan Kualitas Air

Peraturan pemerintah No.20 tahun 1990 mengelompokkan kualitas air menjadi beberapa golongan menurut peruntukannya. Adapun penggolongan air menurut peruntukannya adalah sebagai berikut:

- a. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.
- b. Golongan B, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
- c. Golongan C, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
- d. Golongan D, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, usaha di perkotaan, industri, dan pembangkit listrik tenaga air.

Pemantauan kualitas air suatu perairan memiliki tiga tujuan utama sebagai berikut:

- a) *Environmental surveillance* yakni tujuan untuk mendeteksi dan mengukur pengaruh yang ditimbulkan oleh suatu pencemar terhadap kualitas lingkungan dan mengetahui perbaikan kualitas lingkungan setelah pencemar tersebut dihilangkan.
- b) *Establishing water-quality criteria* yakni tujuan untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara perubahan variabel-variabel ekologi perairan dengan parameter fisika dan kimia, untuk mendapatkan baku mutu kualitas air.
- c) *Appraisal of resources* yakni tujuan untuk mengetahui gambaran kualitas air pada suatu tempat secara umum.

Pemantauan kualitas air pada saluran pembuangan limbah industri dan badan air penerima limbah industri pada dasarnya memiliki tujuan sebagai berikut:

- a) Mengetahui karakteristik kualitas limbah cair yang dihasilkan
- b) Membandingkan kualitas limbah cair dengan baku mutu kualitas limbah industri, dan menentukan beban pencemaran menurut Kep.No.51/MEN-LH/10/1995
- c) Menilai efektivitas instalasi pengolahan limbah industri yang dioperasikan
- d) Memprediksi pengaruh yang mungkin ditimbulkan oleh limbah cair tersebut terhadap komponen lingkungan lainnya (Kencanawati, 2016).

2.1.2.4 Karakteristik Limbah Cair

Dalam menentukan karakteristik limbah maka ada tiga jenis sifat yang harus diketahui yaitu:

1. Sifat Fisik

Sifat fisik suatu limbah ditentukan berdasarkan jumlah padatan terlarut, tersuspensi dan total padatan, alkalinitas, kekeruhan, warna, salinitas, daya hantar

listrik, bau dan temperature. Sifat fisik ini beberapa diantaranya dapat dikenali secara visual tapi untuk mengetahui secara pasti maka digunakan analisis laboratorium.

a. Padatan

Limbah ditemukan terkandung zat padat yang secara umum diklasifikasikan kedalam dua golongan besar yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa. Jenis partikel dapat dibedakan berdasarkan diameternya. Jenis padatan terlarut maupun tersuspensi dapat bersifat organik maupun sifat anorganik tergantung dari mana sumber limbah. Disamping kedua jenis padatan ini ada lagi padatan yang dapat terendap karena mempunyai diameter yang lebih besar dan dalam keadaan tenang dalam beberapa waktu akan mengendap sendiri karena beratnya.

b. Kekeruhan

Sifat keruh air dapat dilihat dengan mata secara langsung karena ada partikel koloidal yang terdiri dari kwartz, tanah liat, sisa bahan- bahan, protein dan ganggang yang terdapat dalam limbah kekeruhan merupakan sifat optis larutan. Sifat keruh membuat hilang nilai estetikanya.

c. Bau

Sifat bau limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfida atau amoniak yang menimbulkan penciuman tidak enak bagi penciuman disebabkan adanya campuran nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung limbah. Timbulnya bau yang diakibatkan limbah merupakan suatu indikator bahwa terjadi proses alamiah. Dengan adanya bau ini akan lebih mudah menghindarkan tingkat bahaya yang ditimbulkannya dibandingkan dengan limbah yang tidak menghasilkan bau.

d. Temperatur

Limbah yang mempunyai temperatur panas yang akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Temperatur yang dikeluarkan suatu limbah cair harus merupakan temperature alami. Suhu berfungsi memperlihatkan aktifitas kimiawi dan biologis. Pada suhu tinggi pengentalan cairan berkurang dan mengurangi

sedimentasi. Tingkat zat oksidasi lebih besar pada suhu tinggi dan pembusukan jarang terjadi pada suhu rendah.

e. Warna

Warna dalam air disebabkan adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), humus, plankton, tanaman, air dan buangan industri. Warna berkaitan dengan kekeruhan, dan dengan menghilangkan kekeruhan kelihatan warna nyata. Demikian juga warna dapat disebabkan zat-zat terlarut dan zat tersuspensi. Warna menimbulkan pemandangan yang jelek dalam air limbah meskipun warna tidak menimbulkan sifat racun.

2. Sifat Kimia

Karakteristik kimia air limbah ditentukan oleh BOD, COD, dan logam-logam berat yang terkandung dalam air limbah.

a. BOD

Pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organik dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena ada sejumlah bakteri. BOD adalah kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) semua zat-zat organik yang terlarut maupun sebagai tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana. Nilai ini hanya merupakan jumlah bahan organik yang dikonsumsi bakteri. Penguraian zat-zat organik ini terjadi secara alami. Aktifnya bakteri-bakteri menguraikan bahan-bahan organik bersamaan dengannya habis pula dikonsumsi oksigen.

b. COD

Pengukuran kekuatan limbah dengan COD adalah bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam limbah. Metode ini lebih singkat waktunya dibandingkan dengan analisa BOD. Pengukuran ini menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Adanya racun atau logam tertentu dalam limbah pertumbuhan bakteri akan terhalang dan pengukuran BOD menjadi tidak realistis. Untuk mengatasinya lebih tepat menggunakan analisa COD. COD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganik dan organik sebagaimana pada BOD. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat anorganik.

c. Methan

Gas methan terbentuk akibat penguraian zat-zat organik dalam kondisi anaerob pada air limbah. Gas ini dihasilkan lumpur yang membusuk pada dasar kolam, tidak berdebu, tidak berwarna dan mudah terbakar. Methan juga ditemukan pada rawa-rawa dan sawah.

d. Keasaman air

Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Air buangan yang mempunyai pH tinggi atau rendah menjadikan air steril dan sebagai akibatnya membunuh mikroorganisme air yang diperlukan untuk keperluan biota tertentu. Limbah air dengan keasaman tinggi bersumber dari buangan yang mengandung asam seperti air pembilas pada pabrik pembuatan kawat atau seng.

e. Alkalinitas

Tinggi rendahnya alkalinitas air ditentukan air senyawa karbonat, garam garam hidrokisda, magnesium dan natrium dalam air. Tingginya kandungan zat tersebut mengakibatkan kesadahan dalam air. Semakin tinggi kesadahan suatu air semakin sulit air berbuih.

f. Lemak dan minyak

Kandungan lemak dan minyak yang terdapat dalam limbah bersumber dari industri yang mengolah bahan baku mengandung minyak bersumber dari proses klasifikasi dan proses perebusan. Limbah ini membuat lapisan pada permukaan air sehingga membentuk selaput.

g. Oksigen terlarut

Keadaan oksigen terlarut berlawanan dengan keadaan BOD. Semakin tinggi BOD semakin rendah oksigen terlarut. Keadaan oksigen terlarut dalam air dapat menunjukkan tanda-tanda kehidupan ikan dan biota dalam perairan. Semakin banyak ganggang dalam air semakin tinggi kandungan oksigennya.

h. Logam-logam berat dan beracun

Logam berat pada umumnya adalah metal-metal seperti copper, selter pada cadmium, air raksa, lead, chromium, iron dan nikel. Metal lain yang juga termasuk metal berat adalah arsen, selenium, cobalt, mangan, dan aluminium. Logam-logam ini dalam konsentrasi tertentu membahayakan bagi manusia.

3. Sifat Biologis

Bahan-bahan organik dalam air terdiri dari berbagai macam senyawa. Protein adalah salah satu senyawa kimia organik yang membentuk rantai kompleks, mudah terurai menjadi senyawa-senyawa lain seperti asam amino. Bahan yang mudah larut dalam air akan terurai menjadi enzim dan bakteri tertentu. Bahan ragi akan terfermentasi menghasilkan alkohol. Pati sukar larut dalam air, akan tetapi dapat diubah menjadi gula oleh aktifitas mikrobiologi. Bahan-bahan ini dalam limbah akan diubah oleh mikroorganisme menjadi senyawa kimia yang sederhana seperti karbon dioksida dan air serta amoniak (Kencanawati, 2016).

2.1.2.5 Dampak Limbah Cair

Berikut ini adalah dampak/efek yang ditimbulkan dari limbah:

a. Gangguan terhadap kesehatan

Air limbah sangat berbahaya bagi manusia karena terdapat banyak bakteri pathogen dan dapat menjadi media penular penyakit. Selain itu air limbah juga dapat mengandung bahan beracun, penyebab iritasi, bau, suhu yang tinggi serta bahan yang mudah terbakar.

b. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Banyak zat yang terkandung didalam air limbah menyebabkan kadar oksigen terlarut dalam air menurun sehingga kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu. Temperatur limbah yang tinggi juga dapat menyebabkan kematian organisme air. Kematian bakteri akan menyebabkan penjernihan air limbah menjadi terhambat dan sukar diuraikan.

c. Gangguan terhadap keindahan

Limbah yang mengandung ampas, lemak, dan minyak akan menimbulkan bau, wilayah sekitar akan licin oleh minyak, tumpukan ampas yang mengganggu, dan gangguan pemandangan.

2.1.3 Limbah Cair Industri Tekstil

Keberadaan industri tekstil di Indonesia tidak hanya dalam kategori industri skala besar dan menengah tetapi juga dalam skala kecil bahkan ada yang dalam skala rumah tangga seperti industri kain jumputan yang ada di Kota Palembang. Pembuatan kain jumputan membutuhkan proses pewarnaan yang umumnya menggunakan pewarna sintetis. Penggunaan zat pewarna sintetis pada kegiatan

industri akan membawa dampak pada peningkatan jumlah bahan pencemar dan limbah yang dihasilkannya. Setelah proses pewarnaan selesai akan dihasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat yang selain mengandung zat warna juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau diuraikan (Atikah, 2016).

Umumnya industri kain jumputan ini dilakukan oleh perajin yang berada di Kawasan perkampungan padat penduduk. Jika industri tersebut membuang limbah cair maka aliran limbah tersebut akan melalui perairan di sekitar pemukiman yang menuju ke Sungai Musi. Kondisi yang ada di lapangan menunjukkan sebagian besar limbah tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke aliran sungai. Kalaupun ada pengolahan hanyalah pengendapan biasa dengan demikian mutu lingkungan perairan sungai dikhawatirkan menjadi turun. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan limbah lebih lanjut agar limbah ini aman bagi lingkungan perairan Sungai Musi sebagai badan penerima cemaran (Atikah, 2016).

Proses pewarnaan dan pembilasan menghasilkan air limbah yang berwarna dengan COD tinggi dan bahan-bahan lain dari zat warna yang dipakai, seperti fenol dan logam. Zat warna ini berasal dari sisa-sisa zat warna yang tak larut dan juga dari kotoran yang berasal dari serat alam. Zat warna selain mengganggu keindahan, beberapa juga dapat bersifat racun dan sukar dihilangkan selain itu resisten terhadap degradasi saat nantinya sudah memasuki perairan

Meningkatnya kekeruhan air karena adanya polusi zat warna, nantinya akan menghalangi masuknya cahaya matahari ke dasar perairan dan mengganggu keseimbangan proses fotosintesis, ditambah lagi adanya efek mutagenik dan karsinogen dari zat warna tersebut, membuatnya menjadi masalah yang serius (Atikah, 2016)

Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair Industri Tekstil

Parameter	Unit	Baku Mutu
COD	mg/L	150
BOD	mg/L	60
TSS	mg/L	50
pH	-	6,0 – 9,0
Fenol	mg/L	0,5
Minyak dan Lemak	mg/L	3,0
Warna	-	-

Sumber: Peraturan Gubernur Sumatera Selatan N0. 8 Tahun 2012 Mengenai Baku Mutu Limbah Cair Industri Tekstil.

2.2. Karakteristik Limbah Cair Industri Tekstil

1. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air, dimana pengoksidanya adalah $K_2Cr_2O_7$ atau $KMnO_4$. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$ dalam keadaan asam yang mendidih optimum (Muhajir, 2013).

2. TSS (*Total Suspended Solid*)

Total Suspended Solids (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Bagian yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan kontribusi untuk kekeruhan (*turbidity*) dengan membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di perairan sehingga nilai kekeruhan tidak dapat dikonversi ke nilai TSS (Muhajir, 2013).

3. TDS (*Total Dissolved Solid*)

TDS (*Total Dissolved Solid*) adalah suatu padatan yang terurai dan terlarut di dalam air. TDS adalah benda padat yang terlarut yaitu semua mineral, garam, logam, serta kation-anion yang terlarut di air. Termasuk semua yang terlarut diluar molekul air murni (H_2O). Secara umum, konsentrasi benda-benda padat terlarut merupakan jumlah antara kation dan anion didalam air. TDS terukur dalam satuan parts per million (ppm) atau perbandingan rasio berat ion terhadap air, nutrien penting dalam sistem biologis.

4. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH merupakan parameter kimia yang menunjukkan konsentrasi ion hidrogen di perairan. Konsentrasi ion hidrogen tersebut dapat mempengaruhi reaksi kimia yang terjadi di lingkungan perairan. Larutan dengan harga pH rendah dinamakan asam, sedangkan harga pH yang tinggi dinamakan

basa. Skala pH terentang dari 0 (asam kuat) sampai 14 (basa kuat) dengan 7 adalah harga tengah (netral) mewakili air murni (Juniar, 2012).

5. Warna

Limbah memiliki intensitas warna yang sangat tinggi, sehingga kalau air limbah itu dibuang ke badan air akan merusak estetika badan air penerima dan badan air yang berwarna pekat akan menyebabkan tembusnya sinar matahari berkurang sehingga proses fotosintesis dalam air akan terhalangi. Hal ini akan menyebabkan kehidupan air terancam punah serta apabila zat warna yang digunakan mengandung logam berat, biota air akan teracuni dan dalam jangka lama akan meresap ke sumur-sumur penduduk yang akhirnya akan mencemari sumur sekitar (Juniar, 2012).

2.2.1 Dampak Limbah Cair Industri Tekstil

Beberapa masalah yang dapat ditimbulkan dari limbah cair industri tekstil apabila langsung dibuang ke lingkungan yaitu:

1. Menurunkan kualitas lingkungan.
2. Meningkatnya kekeruhan air karena adanya polusi zat warna.
3. Merusak estetika dengan adanya bau serta matinya organisme di perairan.
4. Membahayakan kesehatan manusia.
5. Bersifat racun, karsinogen dan menimbulkan efek mutagenik pada biota air.
6. Karakter kimia dan fisika dari sumber daya air berubah.

2.2.2 Metode Pengolahan Limbah Cair Tekstil

Maksud dan tujuan pengolahan limbah cair industri tekstil adalah bagaimana menghilangkan atau menurunkan unsur-unsur dan senyawa pencemar dari limbah tekstil untuk mendapatkan effluent dari pengolahan yang mempunyai kualitas yang dapat diterima oleh badan air penerima buangan tanpa gangguan fisik, kimia dan biologis. Menurut Hari dan Bambang (2010), ada tiga cara pengolahan air limbah tekstil berdasarkan karakteristiknya, yaitu:

1. Pengolahan limbah cair secara fisik

Bertujuan untuk menyisahkan atau memisahkan bahan pencemar tersuspensi atau melayang yang berupa padatan dari dalam air limbah. Pengolahan limbah cair secara fisik pada industri tekstil, misalnya penyaringan dan pengendapan. Aerasi adalah proses awal yang selalu dilakukan secara terbuka maupun dengan paksa

(injeksi udara). Proses penyaringan dimaksudkan untuk memisahkan padatan tersuspensi atau padatan terapung yang relatif besar seperti zat-zat warna, zat-zat kimia yang tidak larut dan kotoran-kotoran pada limbah cair. Proses penyaringan ini dilakukan sebelum limbah tersebut mendapatkan pengolahan lebih lanjut. Sedangkan proses pengendapan ditujukan untuk memisahkan padatan yang dapat mengendap dengan gaya gravitasi.

2. Pengolahan limbah cair secara kimia

Bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), menetralkan limbah cair dengan cara menambahkan bahan kimia tertentu agar terjadi reaksi kimia untuk menyisahkan bahan polutan. Penambahan zat pengendap disertai dengan pengadukan cepat menyebabkan terjadinya penggumpalan, hasil akhir proses pengolahan biasanya merupakan endapan yang kemudian dipisahkan secara fisika. Zat-zat pengendap yang ditambahkan biasanya adalah kapur, fero sulfat, feri sulfat, aluminium sulfat, feri klorida dan sebagainya.

3. Pengolahan limbah cair secara biologi

Pengolahan secara biologi ini memanfaatkan mikroorganisme yang berada di dalam air untuk menguraikan bahan-bahan polutan. Pengolahan limbah cair secara biologi ini dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Pengolahan ini digunakan untuk mengolah air limbah yang *biodegradable*. Selain itu pengolahan limbah cair tekstil berdasarkan karakteristiknya, limbah tersebut juga dapat diolah dengan berbagai macam metode yang inovatif. Berikut ini merupakan beberapa metode inovatif yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair tekstil:

1) Elektrokoagulasi

Metode elektrokoagulasi dapat digunakan untuk mengolah limbah cair tekstil dan memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan koagulasi dengan menggunakan bahan kimia. Elektrokoagulasi bukan merupakan teknologi yang baru, akan tetapi teknologi ini belum digunakan secara luas oleh industri disebabkan oleh mahalnya investasi awal untuk membangun instalasi pengolahan tersebut dibandingkan dengan terhadap teknologi pengolahan limbah cair yang lainnya.

Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinyu dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia, yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satu elektrodanya adalah aluminium ataupun besi. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi dimana logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutub negatif, sedangkan elektroda positif (Fe) akan teroksidasi menjadi $(Fe(OH)_3)$ yang berfungsi sebagai koagulan. Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi, sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif (disebut kation) yang bergerak pada katoda yang bermuatan negatif. Sedangkan ion-ion negatif bergerak menuju anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan sebagai anion (bermuatan negatif) (Hari dan Bambang, 2010).

2) Lumpur Aktif

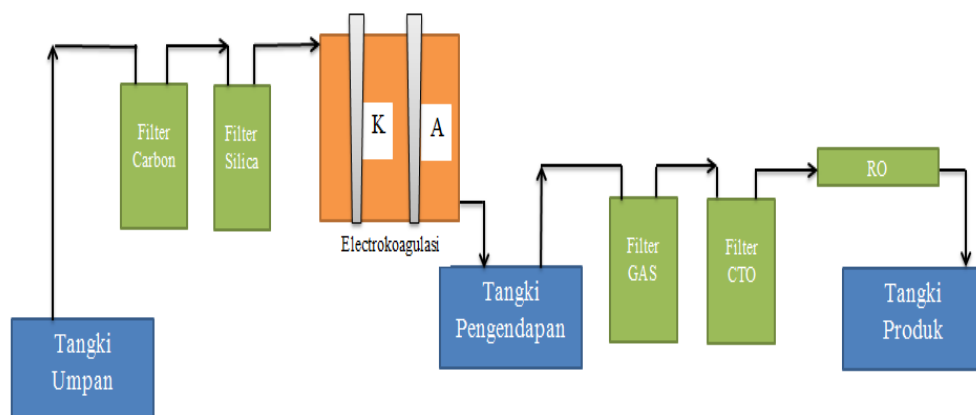
Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair industri tekstil adalah metode lumpur aktif. Senyawa organik akan diuraikan secara biologis oleh aktivitas mikroba yang tumbuh tersuspensi di seluruh kedalaman cairan di dalam bioreaktor. Mekanisme yang terjadi melalui dua tahap, yaitu penyerapan secara fisika-kimiawi dan interaksi antar partikel-partikel terlarut menjadi suspensi yang kemudian terpisahkan dari air limbah. Selanjutnya adalah tahap stabilisasi yang dapat berlangsung secara paralel melalui penyerapan polutan organik ke dalam partikel biomassa yang diuraikan menjadi gas CO_2 dan H_2O oleh aktivitas mikroba. Proses lumpur aktif sangat sensitif terhadap perubahan kondisi dan lonjakan beban polutan (Moertinah et al, 2010).

2.3 Elektrokoagulasi

2.3.1 Definisi Elektrokoagulasi

Metode elektrokoagulasi dapat digunakan untuk mengolah limbah cair tekstil dan memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan koagulasi dengan menggunakan bahan kimia. Elektrokoagulasi bukan merupakan teknologi yang baru, akan tetapi teknologi ini belum digunakan secara luas oleh industri disebabkan oleh mahalnya investasi awal untuk membangun instalasi pengolahan tersebut dibandingkan dengan terhadap teknologi pengolahan limbah cair yang lainnya.

Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinyu dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia, yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satu elektrodanya adalah aluminium ataupun besi. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi dimana logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutub negatif, sedangkan elektroda positif (Fe) akan teroksidasi menjadi $(Fe(OH)_3)$ yang berfungsi sebagai koagulan. Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi, sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif (disebut kation) yang bergerak pada katoda yang bermuatan negatif. Sedangkan ion-ion negatif bergerak menuju anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan sebagai anion (bermuatan negatif) (Hari dan Bambang, 2010). Diagram alir proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Elektrokoagulasi

2.3.2 Proses Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat katoda dan anoda sebagai penghantar arus listrik searah yang disebut elektroda, yang tercelup dalam larutan limbah sebagai elektrolit. Karena dalam proses elektrokoagulasi ini menghasilkan gas yang berupa gelembung-gelembung gas, maka kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada dalam air akan

terangkat ke atas permukaan air. Flok-flok terbentuk ternyata mempunyai ukuran yang relative kecil, sehingga flok-flok yang terbentuk tadi lama-kelamaan akan bertambah besar ukurannya. Setelah air mengalami elektrokoagulasi, kemudian dilakukan proses pengendapan, yaitu berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel atau flok yang terbentuk tadi. Kemudian efluen yang dihasilkan akan dianalisis di laboratorium. Elektroda dalam proses elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda, sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda.) Reaksi yang terjadi pada elektroda tersebut sebagai berikut:

a) Reaksi pada Katoda

Pada katoda akan terjadi reaksi-reaksi reduksi terhadap kation, yang termasuk dalam kation ini adalah ion H^+ dan ion ion logam.

1. Ion H^+ dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.



2. 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.

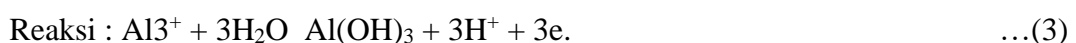


Dari daftar Eo (deret potensial logam/deret volta), maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air). K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

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

b) Reaksi pada Anoda

1. Anoda yang digunakan logam Aluminium akan teroksidasi:



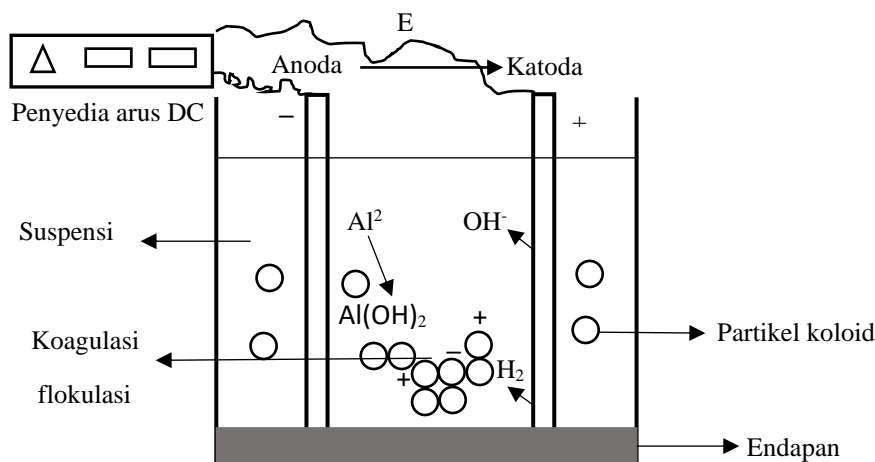
2. Ion OH^- dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O_2):



3. Anion-anion lain (SO_4^- , SO_3^-) tidak dapat dioksidasi dari larutan, yang akan mengalami oksidasi adalah pelarutnya (H_2O) membentuk gas oksigen (O_2) pada anoda:



Dari reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi, maka pada katoda akan dihasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya. Sedang pada anoda akan dihasilkan gas halogen dan pengendapan flok-flok yang terbentuk. Proses elektrokoagulasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. proses elektrokoagulasi

2.3.3 Plat Elektroda

Pada dasarnya, proses elektrokoagulasi merupakan pengembangan dari proses elektrolisis yang menggunakan metode elektroda sebagai titik tumpu pengendali prinsip kerja sistem ini. Elektrolisis merupakan penguraian elektrolit oleh arus listrik searah dengan menggunakan dua macam elektroda. Dalam prakteknya, katoda akan menghasilkan ion hidrogen yang mengangkat berbagai flokulan yang terbentuk pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung, sehingga setelah proses elektrokoagulasi selesai, maka akan terlihat bercak-bercak putih yang terdapat pada katoda tanda dari keluarnya ion hidrogen pada bagian tersebut.

Berbeda dengan katoda, pada proses elektrolisis maupun elektrokoagulasi, anoda berperan sebagai kutub negatif. Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi, yaitu anion ditarik oleh anoda dan jumlah elektronnya akan berkurang sehingga oksidasinya bertambah. Maka hal inilah yang menyebabkan bahwa pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung, flokulan-flokulan yang terbentuk akan banyak

menempel pada anoda sebagai agen koagulan (Agung, 2012).

2.3.4 Plat Alumunium

Aluminium (Al) adalah logam yang ringan, mengkilap, konduktor, serta mudah dibengkokkan dan ditempa. Aluminium dikenal memiliki daya tahan yang bagus terhadap korosi dan asam encer, kecuali asam klorida. Kekurangannya ketahanan logam ini terhadap basa dan air garam cukup buruk. Aluminium juga mempunyai potensial elektroda sekitar $-1,67$ volt sehingga cukup reaktif untuk bereaksi dengan air dan menghasilkan H_2 . Alumunium sangat ringan, hampir seperempat berat tembaga, titik cair mencapai 657 °C dan titik didihnya sekitar 1800 °C. Untuk penghantar listrik kemurnian aluminium tercapai $99,5\%$, setengah persen yang lain terdiri dari unsur besi, silicon, tembaga, aluminium bekas yang dicairkan kembali maka dari itu aluminium merupakan konduktor yang baik. Pemilihan Alumunium sebagai elektroda pada penelitian ini berdasarkan hal diatas serta harga yang lebih murah dibandingkan bahan besi lainnya akan menekan biaya produksi semaksimal mungkin dengan kualitas bahan yang terbaik.

2.3.5 Spektrofotometer

Spektrofotometri adalah suatu metode analisa yang didasarkan pada pengukuran serapan sinar monokromatis oleh suatu lajur larutan berwarna pada Panjang gelombang spesifik dengan menggunakan monokromator prisa atau kisi difraksi dengan detektor fototube, dimana spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif sebagai fungsi dari panjang gelombang. Spektrofotometer merupakan alat untuk mengukur transmitan atau absorban suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Pengukuran menggunakan spektrofotometer ini, metode yang digunakan sering disebut dengan spektrofotometri. Spektrofotometer tersusun dari beberapa bagian yaitu sebagai berikut:

- a. Sumber cahaya: sumber cahaya yang biasa digunakan pada spektroskopi absorpsi adalah lampu wolfram. Dimana arus cahaya tergantung pada tegangan lampu.

- b. Monokromator: berfungsi untuk merubah sinar polikromatis menjadi sinar monokromatis sesuai yang dibutuhkan oleh pengukuran.
- c. Sel absorpsi: pada pengukuran di daerah tampak kuvet kaca atau kuvet kaca corex dapat digunakan, tetapi untuk pengukuran pada daerah UV harus menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini.
- d. Ditektor: untuk memberikan respon cahaya terhadap berbagai panjang gelombang atau merubah sinar menjadi energi listrik yang sebanding dengan besaran yang dapat diukur (Gustiningsih, 2018).

2.3.6 Faktor-faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi antara lain:

1. Suhu

Semakin tinggi suhu dalam cairan, maka semakin besar energi aktifasinya, sehingga kecepatan reaksi akan semakin besar, sehingga kemungkinan proses oksidasi akan semakin cepat.

2. Waktu Kontak

Faktor yang sangat berpengaruh dalam proses elektrokoagulasi, maka semakin lama waktu kontak penempelan ion-ion logam pada elektroda semakin banyak.

3. Kuat Arus Listrik

Dalam proses elektrokoagulasi arus yang digunakan yaitu arus searah yang dicari sampai optimum, besarnya arus dapat menyebabkan pembentukan gas H_2 yang terlalu besar dan cepat bisa memecahkan flok yang sudah terbentuk.

4. Tegangan

Arus listrik yang menghasilkan perubahan kimia yang mengalir melalui medium (logam atau elektrolit) disebabkan adanya beda potensial, karena tahanan listrik pada medium lebih besar dari logam, maka perlu diperhatikan adalah mediumnya dan batas antar logam dengan medium.

5. Kadar keasaman (pH)

Pada proses elektrokoagulasi terjadi proses elektrolisis air yang menghasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida, dengan semakin lama waktu kontak yang digunakan, maka semakin cepat pembentukan gas hidrogen dan ion

hidroksida, apabila ion hidroksida yang dihasilkan lebih banyak maka akan menaikkan pH dalam larutan.

2.3.7 Kelebihan dan kekurangan proses elektrokoagulasi

Dalam penggunaan proses elektrokoagulasi harus diberikan gambaran tentang kelebihan dan kerugian dalam mengolah limbah cair.

2.3.7.1 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 temperatur.
9. Pemeliharaan lebih mudah karena menggunakan sel elektrolisis yang tidak bergerak

2.3.7.2 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.