

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Air Limbah

Air Limbah merupakan air bersih yang sudah tercemar kualitasnya sehingga memiliki kandungan yang berbeda dengan air murni. Air limbah terbentuk akibat buangan dari hasil kerja baik industri, agrikultur, maupun air buangan rumah tangga. Tingkat kontaminasi yang terjadi pada air limbah sangat bervariasi untuk setiap buangan dari setiap sumber berbeda dalam kontaminan dan konsentrasinya (Patterson, 1997).

Air limbah yang tidak ditampung dan diolah dengan benar dapat mencemarkan lingkungan yang berimbas kepada kesehatan makhluk hidup di sekitarnya. Efek yang mungkin terjadi kepada makhluk hidup tidak dapat disepelekan karena memungkinkan terjadi akumulasi pada ekosistem, sehingga kontaminasi yang terjadi akan terus menumpuk dan bertambah kadarnya dalam ekosistem sedikit demi sedikit.

2.1.1 Karakter Air Limbah

- Karakteristik fisika air limbah:

1. Zat Padat

Pertama dalam karakteristik fisik air limbah, zat yang paling bisa dideteksi adalah zat padat. Dimana total zat atau biasa disebut sebagai zat solid yakni seluruh zat padat yang tetap ada sebagai residu setelah proses pemanasan pada suhu 103°C sampai 105°C dalam laboratorium, sehingga tidak akan hancur dengan suhu panas yang rendah. Partikel padat didefinisikan sebagai suspended solid yang dapat menembus kertas saring dengan diameter minimal 1 mikro dan cukup sulit dihancurkan.

2. Bau

Bau merupakan efek yang ditimbulkan dengan adanya limbah. Dinamakan sisa maka memiliki bau yang tidak sedap. Bau tersebut

dihasilkan oleh adanya gas-gas hasil dekomposisi atau penguraian zat organik dalam air limbah (jika limbah khusus mencemari air). Gas-gas yang dapat menimbulkan bau dalam air limbah antara lain, amonia dan senyawa organik sulfida. Sulfida akan anda temukan jika berada di perairan yang kotor sebagai dekomposisi senyawa organik dan sampah industri. Sulfida biasanya ditemukan sebagai sulfat, jika terdapat dalam air kotor dan akan mengalami oksidasi dengan udara dan membentuk sulfida yang menimbulkan bau tidak sedap. Sehingga anda mungkin akan mencium bau yang tidak sedap jika melewati sungai yang tercemar. Dalam kondisi asam, air yang mengandung ion sulfida dapat menghasilkan hydrogen sulfida yang sangat beracun meskipun dalam konsentarsi yang rendah (0,2 ppm) dan berbahaya meskipun hanya digunakan untuk membasuh kulit.

3. Suhu

Suhu air limbah biasanya lebih tinggi dari pada suhu disekitarnya, suhu yang cukup tinggi ini juga menurunkan kadar DO (Dissolved Oxygen). Anda bisa mendeteksinya dengan menggunakan termometer biasa.

4. Warna

Warna adalah karakteristik fisik paling mudah dilihat. Air limbah memiliki warna tertentu tergantung dari kandungan air limbahnya. Seringkali air limbah yang baru saja dibuang berwarna abu-abu ataupun akan berubah menjadi hitam. Warna ini dikarenakan adanya proses dekomposisi bahan organik dan menurunnya jumlah oksigen sampai menjadi nol dan memudarkan warnanya. Sayangnya air yang tidak berwarna bukan berarti tidak berbahaya.

5. Kekeruhan

Air limbah terlihat keruh disebabkan zat organik, lumpur, tanah liat, serta organisme lainnya yang mengapung dan membutuhkan waktu mengendap yang lama. Semakin keruh air limbah dapat dikatakan semakin besar kandungan limbahnya yang bisa diidentifikasi sekilas

saja.

- Karakteristik kimia air limbah:

1. Bahan Organik

Karakteristik Limbah dilihat dari bahan kimianya adalah berupa bahan organik. Air limbah terdapat beberapa kandungan bahan organik berupa protein 65%, karbohidrat 25% dan lemak ataupun minyak 10%. Lemak dalam limbah domestik bisa berasal dari sisa makanan, yang jika dibuang ke sungai akan mengapung dan menutupi permukaan air sehingga termasuk kedalam bahan organik. Minyak dan lemak memang tidak dapat terdegradasi dalam waktu yang singkat, karena membutuhkan waktu cukup lama maka keberadaannya akan mengganggu aktivitas organisme didalamnya dan ekosistem yang ada dalam tempat tercemar limbah.

2. BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD atau Biological Oxygen Demand merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikro organisme dalam lingkungan air untuk mengubah bahan organik yang ada didalam lingkungan air terkait. Air buangan yang mengandung BOD akan berbahaya jika dibuang langsung.

3. DO (Dissolved Oxygen)

Dissolved Oxygen atau oksigen terlarut yaitu sebuah kebutuhan dasar yang menyokong kehidupan tanaman dan hewan didalam air. Air memiliki kemampuan untuk menyediakan oksigen untuk kelangsungan makhluk hidup yang ada didalamnya seperti halnya di laut. Air mengandung kira-kira 8 ppm oksigen terlarut, standar minimum oksigen terlarut yang diperlukan untuk kehidupan ikan adalah 5 ppm, apabila dibawah jumlah ini maka ikan dan biota air lainnya tidak dapat melangsungkan kehidupan dan mati. Oksigen terlarut yang terdapat dalam air berasal dari fotosintesis tumbuhan air dan juga oksigen dari atmosfer yang masuk kedalam air. Meskipun ikan dan hewan lainnya di dalam air bernafas menggunakan alat

pernafasan khusus, namun mereka tetap membutuhkan kandungan oksigen terlarut dalam air. Sayangnya oksigen ini akan rusak dan hilang jika adanya limbah dan juga berbagai pembuangan yang merusak oksigen terlarut tersebut.

4. COD (Chemical Oxygen Demand)

COD yaitu jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik dilihat secara kimiawi yang terdapat didalam air dengan sempurna agar bahan tersebut bisa berubah menjadi bentuk lainnya dengan cara alami.

5. pH

pH atau pun derajat keasaman adalah ukuran yang menunjukkan kadar asam dan juga basa dalam suatu larutan. Larutan bersifat netral jika memiliki $pH = 7$, sedangkan larutan bersifat basa jika $pH > 7$ dan bersifat asam jika < 7 . Air limbah memiliki pH netral yang disebabkan karena adanya buffer air. Ketika air limbah memiliki pH yang tidak netral maka akan menjadi limbah yang membahayakan. Apabila terjadi perubahan keasaman pada air limbah menjadi pH naik (alkali) maupun menjadi pH turun (asam), dapat mengganggu ekosistem air. Sedangkan pH air limbah yang sangat rendah bersifat korosif terhadap logam seperti baja serta dapat mengakibatkan perkaratan pada pipa besi.

- Karakteristik biologi air limbah:

Setelah Kimia dan Fisik maka karakteristik akan dilihat dari Biologi Limbah, limbah juga mempengaruhi benda tak hidup dan juga benda hidup yang bisa menimbulkan penyakit yang membahayakan. Bakteri yang digunakan sebagai indikator adalah *Escherichia coli* dimana bakteri yang hidup dalam kotoran manusia dan hewan ini bisa ditemukan juga dalam limbah yang dianggap membahayakan dan mencemari.

2.1.2 Parameter Air Limbah

Kontaminasi air limbah yang terjadi memiliki parameter yang beragam. Dalam hal toksisitas, kontaminan berupa logam berat memiliki toksisitas yang paling tinggi yang dapat menyebabkan metabolisme makhluk hidup terganggu dan masuk terakumulasi dalam rantai makanan. Kadar logam berat di dalam tubuh manusia merupakan hal yang harus dicermati tingkatnya. Kadar logam berat yang berlebihan dapat menyebabkan disfungsi pada metabolisme dan menyebabkan keracunan. Hal ini bahkan dapat menyebabkan kematian bagi manusia dan sulit untuk menanganinya jika sudah terjadi dalam dosis yang sangat tinggi.

Tingkat pencemaran air limbah juga dapat dilihat dari parameter BOD dan CODnya, dimana jika kadar oksigen terlarut dalam air rendah akibat kontaminasi dapat menyebabkan makhluk air tidak dapat bertahan hidup. Kematian makhluk air ini akan berpengaruh besar terhadap biodegradasi yang mungkin terjadi dan merusak rantai makanan sehingga dapat berakibat pada ekosistem secara keseluruhan (Niebor and Richardson, 1972).

Standart Baku mutu air limbah berbagai kegiatan atau industri telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2014, dan untuk limbah laboratorium mengikuti baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan. Berikut adalah baku mutu air limbah laboratorium:

Tabel 2.1 : Baku Mutu Air Limbah Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup 2014

LAMPIRAN XLVII
 PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP
 REPUBLIK INDONESIA
 NOMOR 5 TAHUN 2014
 TENTANG
 BAKU MUTU AIR LIMBAH

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN
 YANG BELUM MEMILIKI BAKU MUTU AIR LIMBAH YANG DITETAPKAN

Parameter	Satuan	GOLONGAN	
		I	II
Temperatur	°C	38	40
Zat padat larut (TDS)	mg/L	2.000	4.000
Zat padat suspensi (TSS)	mg/L	200	400
pH	-	6,0-9,0	6,0-9,0
Besi terlarut (Fe)	mg/L	5	10
Mangan terlarut (Mn)	mg/L	2	5
Barium (Ba)	mg/L	2	3
Tembaga (Cu)	mg/L	2	3
Seng (Zn)	mg/L	5	10
Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,1	0,5
Krom Total (Cr)	mg/L	0,5	1
Cadmium (Cd)	mg/L	0,05	0,1
Air Raksa (Hg)	mg/L	0,002	0,005
Timbal (Pb)	mg/L	0,1	1
Stanum (Sn)	mg/L	2	3
Arsen (As)	mg/L	0,1	0,5
Selenium (Se)	mg/L	0,05	0,5
Nikel (Ni)	mg/L	0,2	0,5
Kobalt (Co)	mg/L	0,4	0,6
Sianida (CN)	mg/L	0,05	0,5
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,5	1
Fluorida (F)	mg/L	2	3
Klorin bebas (Cl ₂)	mg/L	1	2
Amonia-Nitrogen (NH ₃ -N)	mg/L	5	10
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	20	30
Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	1	3
Total Nitrogen	mg/L	30	60
BOD ₅	mg/L	50	150
COD	mg/L	100	300
Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5	10
Fenol	mg/L	0,5	1
Minyak & Lemak	mg/L	10	20
Total Bakteri Koliform	MPN/100 mL	10.000	

2.2 Limbah Laboratorium Teknik Kimia

Pada Laboratorium, Adanya bahan kimia yang digunakan untuk setiap percobaan yang dilakukan dimulai dari pemberian bahan yang diperlukan dari gudang bahan kimia kepada pekerja atau mahasiswa yang melakukan proses kimia dalam laboratorium. Bahan tersebut digunakan untuk sintesis maupun analisis. Karena tujuan penggunaannya maka terbentuk bahan awal, produk samping, pelarut yang digunakan dan bahan kimia yang terkontaminasi, dimana bahan ini harus dievaluasi kualitasnya sebelum dapat dibuang ke lingkungan (Lasut, 2006).

Limbah laboratorium Teknik kimia diperoleh dari beberap kegiatan praktikum yaitu:

- Praktikum Kimia Analisa
- Praktikum Kimia Organik
- Praktikum Kimia Fisika
- Praktikum Industri Bioproses
- Praktikum Unit Operasi
- Praktikum Unit proses

2.2.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah setiap bahan yang karena sifat atau konsentersasi, jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta mahluk hidup lain. Zat kimia B3 dapat berupa senyawa logam (anorganik) atau senyawa organik, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai B3 biologis, B3 logam dan B3 organik (Sudarmaji, 2006)

Didalam Peraturan Pemerintah R.I. Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, yang dimaksud dengan B3 dapat diartikan “Semua bahan/senyawa baik padat, cair, ataupun gas yang mempunyai potensi merusak terhadap kesehatan manusia serta lingkungan akibat sifat-sifat yang dimiliki senyawa tersebut” (Wijanto, 2004).

Karakteristik Limbah B3 :

a) Mudah meledak

Suatu limbah dianggap sebagai limbah B3 jika mudah meledak pada temperature dan tekanan standart (25°C dan 760 mmHg) atau melalui reaksi kimia dan atau fisika dapat menghasilkan gas yang dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitar

b) Mudah terbakar

Suatu limbah dikatakan mudah terbakar jika memenuhi salah satu keadaan berikut:

1. Jika cairan mengandung dari 24% volume dan /atau pada apabila terjadi kontak dengan api pada titik nyala tidak lebih dari 60°C akan menyala atau sumber nyala lain pada tekanan udara 760 mmHG.
2. Limbah bertekanan tinggi yang mudah terbakar
3. Jika suatu cairan dapat menyebabkan kebakaran melalui gesekan dengan mudah, penjerapan uap air atau perubahan kimia secara spontan dan apabila terbakar dapat menyebabkan kebakaran yang terus menerus apabila berada pada temperature dan tekanan standar (25°C,760mmHg)
4. Limbah pengoksidasi

c) Reaktif

Suatu limbah dikatakan memiliki sifat reaktif jika limbah tersebut tidak stabil di kondisi normal

d) Infeksius

Infeksius adalah salah satu karakter limbah B3 yang berasal dari kegiatan medis yang dapat menimbulkan infeksi. Umumnya limbah jenis ini dihasilkan dari fasilitas kesehatan

e) Korosif

Suatu limbah dianggap memiliki karakteristik korosif jika asam memiliki pH sama dengan atau kurang dari 2 dan basa dengan nilai pH

sama dengan atau diatas 12.5 dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan dapat menyebabkan baja berkarat

f) Beracun

Limbah yang memiliki karakteristik ini dapat menjadi sangat fatal jika mencapai jaringan target dan terakumulasi dalam konsentrasi tertentu di dalam tubuh manusia maupun makhluk hidup lain jika masuk ke dalam tubuh melalui organ pernafasan, kulit maupun mulut. Buku mutu konsentrasi TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) pencemar organik dan anorganik dalam limbah dapat digunakan untuk menentukan sifat racun pada suatu limbah seperti yang tercantum pada Lampiran II Peraturan Pemerintah nomor 18 Tahun 1999.

2.3 Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah ialah sebuah proses menghilangkan kontaminan dari air limbah yang dapat berupa proses biologi, kimia maupun fisika untuk menghilangkan kontaminan biologis, kimia, maupun fisika sehingga dapat dihasilkan air hasil olahan yang ramah lingkungan dan bahkan dapat digunakan. Sebuah sistem pengolahan limbah yang baik selalu bertujuan untuk mengurangi pencemar yang terdapat dalam limbah. Pengolahan ini dapat berupa pengolahan secara kimia, fisika, biologi ataupun ketiganya dilakukan secara bertahap.

2.3.1 Pengolahan Primer

Pada pengolahan ini sering pula didahului dengan pratreatment dikarenakan banyak bahan-bahan terapung ikut bersama dengan limbah, seperti : kertas-kertas, plastik, dan kayu-kayu yang sulit dihindarkan. Proses pra pengolahan dilakukan dengan sederhana, yaitu menyaring bahan kasar, mengendapkan pasir dan tanah, serta memisahkan minyak.

Metode pengolahan primer dilakukan, karena jenis padatan halus seperti suspense, padatan terlarut, dan zat warna tidak tersaring pada proses pra treatment. Oleh karena itu, diperlukan bahan kimia yang direaksikan

agar terjadi pengikatan senyawa pencemar baik dalam gumpalan (koagulasi) atau pengapungan.

Pengolahan primer bertujuan untuk menghilangkan zat padat tercampur melalui pengendapan atau pengapungan. Sedangkan, penambahan bahan kimia digunakan agar senyawa-senyawa pencemar dalam limbah diikat melalui reaksi kimia dan akan menghilangkan atau mengurangi bahan kimia pencemar dalam air limbah. Berikut adalah macam-macam pengolahan limbah primer:

1. Screening

Pada umumnya setiap sistem pengolahan limbah cair mempunyai unit alat penyaring awal/pendahuluan. Proses penyaringan awal ini disebut screening dan tujuannya adalah untuk menyaring atau menghilangkan sampah/benda padat yang besar agar proses berikutnya dapat lebih mudah lagi menanganinya. Dengan hilangnya sampah-sampah padat besar maka transportasi limbah cair pasti tidak akan terganggu, misalnya bila proses transportasi limbah cair diakomodasikan dalam sebuah saluran terbuka atau pun tertutup yang mengalir secara gravitasi, maka tidak akan dijumpai penyumbatan di sepanjang jaringan saluran. Disamping itu, bila limbah cair perlu dipindahkan dengan menggunakan pompa, maka proses screening sungguh berfungsi menghilangkan bahan atau benda-benda yang dapat membahayakan atau merusak pompa limbah cair tersebut. Jadi proses screening melindungi pompa dan peralatan lainnya. Perangkat pemroses penyaringan kasar yang biasa digunakan dikenal pula dengan sebutan bar screen atau bar racks. Alat ini biasanya diletakkan pada intake bak penampung limbah cair untuk mencegah masuknya material besar seperti kayu atau daun-daunan. Umumnya jarak antara bar yang tersusun pada rack bervariasi antara 20 mm hingga 75 mm, bergantung pada tingkat kapasitas dan performance unit pompa yang dipakai. Pada keadaan tertentu biasa digunakan pula microstrainer dengan ukuran 15 hingga 64 micrometer dengan tujuan untuk menyaring organisme plankton. *Microstrainer* biasa digunakan

untuk limbah cair dari reservoir pertama (awal). *Microstrainer* terdiri dari bingkai berbentuk silinder yang ditutup dengan jala terbuat dari kawat tahan karat. Pada saat silinder berputar partikel tersuspensi menempel pada bagian dalam dari permukaan silinder yang kemudian dibersihkan dengan semburan jet air.

2. Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu unit operasi untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Proses sedimentasi pada pengolahan air limbah umumnya untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukan proses pengolahan selanjutnya. Gumpalan padatan yang terbentuk pada proses koagulasi masih berukuran kecil. Gumpalan-gumpalan kecil ini akan terus saling bergabung menjadi gumpalan yang lebih besar dalam proses flokulasi. Dengan terbentuknya gumpalan-gumpalan besar, maka beratnya akan bertambah, sehingga karena gaya beratnya gumpalan-gumpalan tersebut akan bergerak ke bawah dan mengendap pada bagian dasar tangki sedimentasi.

Bak sedimentasi dapat berbentuk segi empat atau lingkaran. Pada bak ini aliran air limbah sangat tenang untuk memberi kesempatan padatan/suspensi untuk mengendap. Kriteria-kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah : surface loading (beban permukaan), kedalaman bak dan waktu tinggal. Waktu tinggal mempunyai satuan jam, cara perhitungannya adalah volume tangki dibagi dengan laju alir per hari.

Pada umumnya aliran air pada tangki sedimentasi mempunyai sistem up-flow yaitu air mengalir dari bawah ke atas secara vertikal menuju ke tempat pengeluaran yang berada di bagian atas. Partikel-partikel akan mengendap ke bawah berlawanan arah dengan aliran air. Partikel yang mempunyai kecepatan pengendapan lebih besar dari laju pelimpahan (Q/A), akan mengendap dan dapat dipisahkan. Sementara partikel yang lebih ringan yang kecepatannya lebih kecil akan terbawa ke pintu

pengeluaran air. Tangki sedimentasi dapat berbentuk empat persegi panjang, lingkaran atau bujur sangkar. Pada prinsipnya tangki ini didesain agar air bergerak secara perlahan dan seragam dengan seminimal mungkin terjadi aliran pendek. Ada pula proses pre-sedimentasi dengan tujuan untuk mengendapkan lumpur. Pada umumnya bentuk tangki adalah lingkaran dengan penampung di bagian bawah yang dilengkapi pengeruk lumpur.

3. Koagulasi

Koagulasi adalah proses destabilisasi partikel koloid dengan cara penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan. Koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya tarik menarik antara partikel lebih kecil daripada gaya tolak menolak akibat muatan listrik. Pada kondisi stabil ini penggumpalan partikel tidak terjadi dan gerakan Brown menyebabkan partikel tetap berada sebagai suspensi. Melalui proses koagulasi terjadi destabilisasi, sehingga partikel-partikel koloid bersatu dan menjadi besar. Dengan demikian partikel-partikel koloid yang pada awalnya sukar dipisahkan dari air, setelah proses koagulasi akan menjadi kumpulan partikel yang lebih besar sehingga mudah dipisahkan dengan cara sedimentasi, filtrasi atau proses pemisahan lainnya.

Bahan kimia yang sering digunakan untuk proses koagulasi umumnya diklasifikasikan menjadi tiga golongan, yakni zat koagulan, zat alkali dan zat pembantu koagulan. Zat koagulan digunakan untuk mengumpulkan partikel-partikel padat tersuspensi, zat warna, koloid dan lain-lain agar membentuk gumpalan partikel yang besar (flok). Sedangkan zat alkali dan zat pembantu koagulan berfungsi untuk mengatur pH agar kondisi air baku dapat menunjang proses flokulasi serta membantu agar pembentukan flok dapat berjalan dengan lebih cepat dan baik.

4. Filtrasi (Penyaringan)

Tujuan penyaringan adalah untuk memisahkan padatan tersuspensi dari dalam air yang diolah. Pada penerapannya filtrasi digunakan untuk

menghilangkan sisa padatan tersuspensi yang tidak terendapkan pada proses sedimentasi. Pada pengolahan air buangan, filtrasi dilakukan setelah pengolahan kimia-fisika atau pengolahan biologi. Ada dua jenis proses penyaringan yang digunakan yaitu penyaringan lambat dan penyaringan cepat. Penyaringan lambat adalah penyaringan dengan memanfaatkan energi potensial air itu sendiri., artinya hanya melalui gaya gravitasi. Penyaringan ini dilakukan secara terbuka dengan tekanan atmosferik. Sedangkan penyaringan cepat adalah penyaringan dengan menggunakan tekanan yang melebihi tekanan atmosfer.

Berdasarkan jenis media filter yang digunakan, penyaringan dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu filter media granular (butiran) dan filter permukaan. Pada jenis media granular, media yang paling baik mempunyai karakteristik sebagai berikut: ukuran butiran membentuk pori-pori yang cukup besar agar partikel besar dapat tertahan dalam media, sementara butiran tersebut juga dapat membentuk pori yang cukup halus sehingga dapat menahan suspensi.

5. Desinfeksi

Proses desinfeksi merupakan metode untuk membunuh mikroorganisme yang tidak dikehendaki berada dalam air minum, seperti bakteri patogen sebagai penyebab berbagai penyakit, (Hadi. 2005, Said 2011). Desinfeksi merupakan benteng manusia terhadap paparan mikroorganisme patogen penyebab penyakit seperti bakteri, virus, dan protozoa. Untuk memenuhi pertimbangan praktis desinfeksi harus memenuhi persyaratan, diantaranya : 1) dapat membunuh berbagai jenis dan semua patogen yang ada di dalam air minum dalam waktu dan suhu tertentu, 2) desinfektan yang digunakan tidak beracun, 3) biaya pengadaannya murah, penyimpanannya aman, 4) kadar dalam air minum mudah dianalisis, 5) masih menyisakan sejumlah konsentrasi tertentu sebelum air dikonsumsi, (Fair, 1971). Bahan kimia yang digunakan dalam proses desinfeksi adalah senyawa kelompok halogen. Faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas proses desinfeksi adalah :

1) jenis desinfektan, 2) jenis mikroorganisme, 3) konsentrasi dan lama waktu, 4) pH, dan 5) temperatur.

2.3.2 Pengolahan Sekunder

Metode pengolahan dengan secondary treatment umumnya mencakup proses biologi untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya, yaitu melakukan kontak perlakuan limbah cair dengan mikroba agar terjadi biodegradasi senyawa organik dalam limbah cair menjadi produk tanpa pencemar, seperti air, karbon dioksida, dan lumpur. Agar proses biologi dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat. Terdapat dua hal yang penting dalam proses biologi ini, yaitu proses penambahan oksigen dan proses pertumbuhan bakteri. Berikut adalah macam-macam pengolahan limbah sekunder:

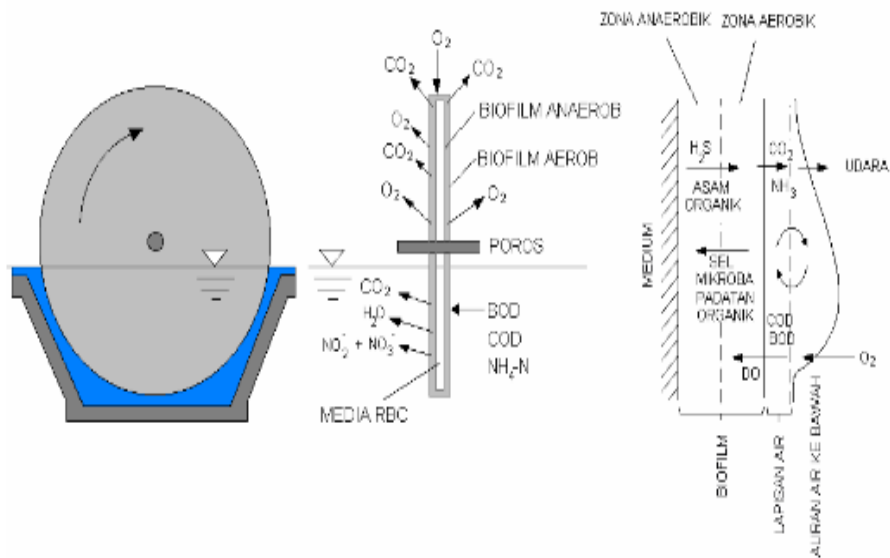
1. *Rotating Biological Contactor*

Rotating Biological Contactor disingkat RBC adalah salah satu teknologi pengolahan air limbah yang mengandung polutan organik secara biologis dengan sistem biakan melekat (*attached culture*). Prinsip kerja pengolahan air limbah dengan RBC yakni air limbah yang mengandung polutan organik dikontakkan dengan lapisan mikroorganisme (*microbial film*) yang melekat pada permukaan media di dalam suatu reaktor. Media tempat melekatnya film biologis ini berupa piringan (disk) dari bahan polimer atau plastik yang ringan dan disusun dari berjajar-jajar pada suatu poros sehingga membentuk suatu modul atau paket, selanjutnya modul tersebut diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian ke dalam air limbah yang mengalir secara kontinyu ke dalam reaktor tersebut. Dengan cara seperti ini mikroorganisme misalnya bakteri, alga, protozoa, fungi, dan lainnya tumbuh melekat pada permukaan media yang berputar tersebut membentuk suatu lapisan yang terdiri dari mikro-organisme yang disebut biofilm (lapisan biologis). Mikro-organisme akan menguraikan atau mengambil senyawa organik yang ada dalam air serta mengambil oksigen yang

larut dalam air atau dari udara untuk proses metabolismenya, sehingga kandungan senyawa organik dalam air limbah berkurang.

Pada saat biofilm yang melekat pada media yang berupa piringan tipis tersebut tercelup ke dalam air limbah, mikro-organisme menyerap senyawa organik yang ada dalam air limbah yang mengalir pada permukaan biofilm, dan pada saat biofilm berada di atas permukaan air, mikro-organisme menyerap oksigen dari udara atau oksigen yang terlarut dalam air untuk menguraikan senyawa organik. Energi hasil penguraian senyawa organik tersebut digunakan oleh mikro-organisme untuk proses perkembang-biakan atau metabolisme. Senyawa hasil proses metabolisme mikro-organisme tersebut akan keluar dari biofilm dan terbawa oleh aliran air atau yang berupa gas akan tersebar ke udara melalui rongga-rongga yang ada pada mediumnya, sedangkan untuk padatan tersuspensi akan tertahan pada permukaan lapisan biologis (biofilm) dan akan terurai menjadi bentuk yang larut dalam air.

Pertumbuhan mikro-organisme atau biofilm tersebut makin lama semakin tebal, sampai akhirnya karena gaya beratnya sebagian akan mengelupas dari mediumnya dan terbawa aliran air keluar. Selanjutnya, mikro-organisme pada permukaan medium akan tumbuh lagi dengan sendirinya hingga terjadi kesetimbangan sesuai dengan kandungan senyawa organik yang ada dalam air limbah. Secara sederhana proses penguraian senyawa organik oleh mikro-organisme di dalam RBC dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.1



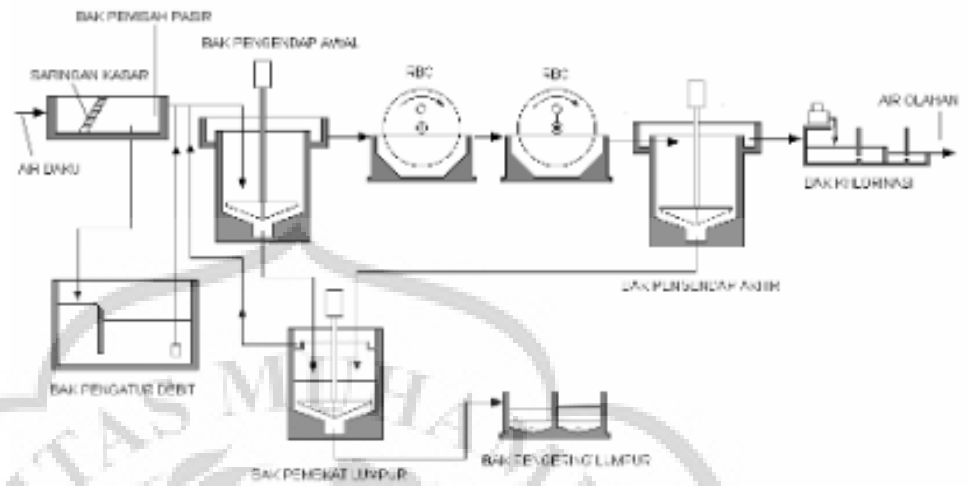
Gambar 2.1 : Mekanisme Proses Penguraian Senyawa Organik Oleh Mikro-Organisme Di Dalam RBC.

Keunggulan dari sistem RBC yakni proses operasi maupun konstruksinya sederhana, kebutuhan energi relatif lebih kecil, tidak memerlukan udara dalam jumlah yang besar, lumpur yang terjadi relatif kecil dibandingkan dengan proses lumpur aktif, serta relatif tidak menimbulkan buih. Sedangkan kekurangan dari sistem RBC yakni sensitif terhadap temperatur. Dibandingkan dengan sisten lumpur aktif, sistem sistem RBC mempunyai beberapa kelebihan seperti pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 : Perbandingan Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem RBC Dan Sistem Lumpur Aktif.

No	ITEM	RBC	Lumpur Aktif
1	Tipe biakan	Unggun tetap (fixed film)	Tersuspensi
2	Jenis mikroba	Bervariasi	simple
3	Konsumsi energi	Relatif Kecil	Lebih besar
4	Stabilitas terhadap fluktuasi beban	Stabil	Tidak Stabil
5	Kualitas air olahan	Kurang baik	Baik
6	Operasional dan perawatan	Mudah	Sulit
7	Konsentrasi Biomasa	Tidak terkontrol	Dapat dikontrol
8	Permasalahan yang sering terjadi	Penyumbatan (clogging)	Bulking (pertumbuhan tidak normal)
9	Fleksibilitas pengembangan	Fleksibel	Kurang fleksibel
10	Investasi awal	Relatif menguntungkan untuk kapasitas kecil atau medium	Menguntungkan untuk kapasitas besar

Secara garis besar proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC terdiri dari bak pemisah pasir, bak pengendap awal, bak kontrol aliran, reaktor/kontaktor biologis putar (RBC), Bak pengendap akhir, bak khlorinasi, serta unit pengolahan lumpur. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC adalah seperti pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 : Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem RBC.

2. *Activated Sludge* (sistem lumpur aktif)

Pada metode *activated sludge* atau lumpur aktif, limbah cair disalurkan ke sebuah tangki dan didalamnya limbah dicampur dengan lumpur yang kaya akan bakteri aerob. Proses degradasi berlangsung didalam tangki tersebut selama beberapa jam, dibantu dengan pemberian gelembung udara aerasi (pemberian oksigen). Aerasi dapat mempercepat kerja bakteri dalam mendegradasi limbah. Selanjutnya, limbah disalurkan ke tangki pengendapan untuk mengalami proses pengendapan, sementara lumpur yang mengandung bakteri disalurkan kembali ke tangki aerasi.

Tujuan dari penanganan dengan proses lumpur aktif diantaranya adalah penghilangan BOD, nitrifikasi, serta denitrifikasi. Pada penghilangan BOD, umpan limbah dimetabolisme oleh mikroba pada lumpur aktif sebagai substrat sehingga terkonversi menjadi biomassa, air, karbon dioksida, dan gas lainnya. Pada proses nitrifikasi, terjadi oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat oleh bakteri. Sedangkan proses denitrifikasi, nitrit dan nitrat terkonversi menjadi gas, khususnya adalah gas nitrogen. Biomassa terpisah pada tangki sedimentasi

sekunder sehingga mengalami flokulasi dan pengendapan. Hal ini menyebabkan bakteri, protozoa, dan mikroorganisme lain membentuk flok makroskopis sehingga dapat tersedimentasi.

Terdapat empat proses utama yang terjadi pada sistem lumpur aktif, diantaranya adalah tangki aerasi, tangki pengendapan, resirkulasi lumpur, serta penghilangan lumpur sisa. Reaksi biokimia dengan komponen organik lumpur berada di biological reactor (*aeration tank*). Biomassa terbentuk karena adanya substrat dalam lumpur. Pengendapan biomassa terjadi dalam tangki pengendapan sekunder. Bagian solid dalam tangki tersebut kemudian disirkulasi ke dalam tangki aerasi untuk mempertahankan konsentrasi biomassa dalam reaktor sehingga berpengaruh terhadap efisiensi sistem. Lumpur sisa dari pengolahan ini kemudian diarahkan menuju tempat pengolahan lumpur. Sehingga dapat diketahui bahwa terdapat tiga jenis lumpur yang terlibat dalam proses ini, yaitu lumpur sisa, lumpur biomassa yang berada pada bak aerasi, serta lumpur sekunder yang berada pada tangki pengendapan.

3. Metode *Treatment Ponds/ Lagoons*

Metode *treatment ponds/lagoons* atau kolam perlakuan merupakan metode yang murah namun prosesnya berlangsung relatif lambat. Pada metode ini, limbah cair ditempatkan dalam kolam-kolam terbuka. Algae yang tumbuh dipermukaan kolam akan berfotosintesis menghasilkan oksigen. Oksigen tersebut kemudian digunakan oleh bakteri aero untuk proses penguraian/degradasi bahan organik dalam limbah. Pada metode ini, terkadang kolam juga diaerasi. Selama proses degradasi di kolam, limbah juga akan mengalami proses pengendapan. Setelah limbah terdegradasi dan terbentuk endapan didasar kolam, air limbah dapat disalurkan untuk dibuang ke lingkungan atau diolah lebih lanjut.

2.3.3 Pengolahan Tersier

Pengolahan tersier dilakukan jika setelah pengolahan primer dan sekunder masih terdapat zat tertentu dalam limbah cair yang dapat berbahaya bagi lingkungan atau masyarakat. Pengolahan tersier bersifat khusus, artinya pengolahan ini disesuaikan dengan kandungan zat yang tersisa dalam limbah cair / air limbah. Umumnya zat yang tidak dapat dihilangkan sepenuhnya melalui proses pengolahan primer maupun sekunder adalah zat-zat anorganik terlarut, seperti nitrat, fosfat, dan garam-garaman.

Pengolahan tersier sering disebut juga pengolahan lanjutan (advanced treatment). Pengolahan ini meliputi berbagai rangkaian proses kimia dan fisika. Contoh metode pengolahan tersier yang dapat digunakan adalah metode saringan pasir, saringan multimedia, precoal filter, microstaining, vacum filter, penyerapan dengan karbon aktif, pengurangan besi dan mangan, dan osmosis bolak-balik. Metode pengolahan tersier jarang diaplikasikan pada fasilitas pengolahan limbah. Hal ini disebabkan biaya yang diperlukan untuk melakukan proses pengolahan tersier cenderung tinggi sehingga tidak ekonomis.

Metode ini digunakan pada pengolahan limbah dengan konsentrasi bahan pencemar tinggi atau limbah dengan jenis parameter bervariasi dengan volume yang relative besar serta masih terdapat bahan berbahaya yang terkandung dalam limbah dari hasil pengolahan primer dan sekunder. Salah satu cara yang sering digunakan adalah penambahan karbon aktif, karbon aktif biasanya digunakan sebagai penyerap untuk mengurangi kekeruhan dari suatu cairan karena memiliki luas permukaan yang cukup besar pada setiap unitnya. Selain itu mempunyai rongga-rongga sehingga akan menyaring partikel-partikel kecil yang masih terdapat di dalam limbah cair. Penggunaan karbon diperuntukkan mengurangi kadar dari senyawa organik terlarut dalam limbah cair. Dalam prakteknya, proses-proses yang dilakukan dalam sebuah pengolahan limbah selalu disesuaikan dengan kandungan dalam limbah yang hendak diolah, sehingga pengolahan limbah

dapat berlangsung dengan baik dan efisien. Berikut maca-macam pengolahan limbah tersier:

1. Adsorpsi

Metode Adsorpsi merupakan proses pemisahan air dari pengotorannya dengan cara penyerapan pengotor, seperti partikel-partikel halus, kation-kation terlarut atau bau yang terkandung dalam air. Media adsorpsi yang biasa digunakan dalam pengolahan air adalah karbon aktif atau mineral zeolite. Karbon aktif atau zeolite memiliki sifat sebagai adsorben sehingga mampu menyerap partikel-partikel atau kation-kation dan bau yang terlarut atau tercampur dalam air.

Dengan metode tersebut, maka air yang sudah menjadi limbah akan menjadi air yang sudah tidak memiliki zat yang beracun dapat digunakan kembali, namun tidak untuk dikonsumsi. Dengan kata lain air limbah tersebut tidak menyebabkan pencemaran bagi lingkungan sekitarnya. Peralatan yang digunakan sederhana, mudah untuk dirancang atau direalisasikan, dan membutuhkan lahan yang relatif kecil. Proses pengolahannya adalah Air limbah dialirkan menuju bak penyangkutan partikulat sehingga partikel dengan massa lebih berat akan mengendap dan limbah cair akan menuju pompa influen dan dialirkan menuju tabung reaktor yang mengandung karbon aktif. Dan selanjutnya limbah akan dibiarkan bereaksi dengan karbon aktif. Setelah itu proses treatment, air limbah (efluen) akan dialirkan keluar dari tabung reaktor.

Karbon aktif dapat digunakan untuk membersihkan air yang terkena kontaminan seperti zat mineral, senyawa organik, dan garam. Dikarenakan karbon aktif mempunyai pori-pori yang sangat besar, sehingga karbon aktif dapat menyerap apapun yang melewatinya. Yang menjadi masalah pada saat ini adalah semakin banyaknya air limbah, yang membuat pencemaran pada air disekitarnya. Misalnya, air limbah rumah tangga (air sisa cuci piring dan cuci pakaian) dan industri besar lainnya. Maka dari itu, karbon aktif bubuk dan series butular sering digunakan untuk pengolahan limbah, dan biasanya teknik pengolahan

dilakukan dengan teknik biologis, flokulasi, dan filtrasi mekanis. Karbon bertindak untuk menyerap COD residu atau organik terlarut dan bahan beracun sebelum dibuang.

2. *Reverse Osmosis* (Osmosis bolak-balik)

Reverse osmosis atau Osmosis bolak-balik adalah suatu metode penyaringan yang dapat menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari suatu larutan dengan cara memberi tekanan pada larutan ketika larutan itu berada di salah satu sisi membran seleksi (lapisan penyaring). Proses tersebut menjadikan zat terlarut terendap di lapisan yang dialiri tekanan sehingga zat pelarut murni bisa mengalir ke lapisan berikutnya. Membran seleksi itu harus bersifat selektif atau bisa memilah yang artinya bisa dilewati zat pelarutnya (atau bagian lebih kecil dari larutan) tetapi tidak bisa dilewati zat terlarut seperti molekul berukuran besar dan ion-ion. *Osmosis* adalah sebuah fenomena alam yang terjadi dalam sel makhluk hidup dimana molekul pelarut (biasanya air) akan mengalir dari daerah berkonsentrasi rendah ke daerah Berkonsentrasi tinggi melalui sebuah membran semipermeabel. Membran semipermeabel ini menunjuk ke membran sel atau membran apa pun yang memiliki struktur yang mirip atau bagian dari membran sel. Gerakan dari pelarut berlanjut sampai sebuah konsentrasi yang seimbang tercapai di kedua sisi membran.

2.4 Koagulasi

Koagulasi adalah proses destabilisasi partikel senyawa koloid dalam limbah cair. Proses penggumpalan atau pengendapan dilakukan dengan menambahkan bahan koagulan ke dalam limbah cair sehingga terjadi endapan pada dasar tangki pengendapan.

Flokulasi adalah proses pengendapan pencemar dalam limbah cair dengan penambahan bahan koagulan utama dan koagulan pendukung

sehingga terjadi gumpalan sebelum mencapai dasar tangki pengendap. Flokulasi dikenal pula sebagai pencampuran (*mixing*), namun kecepatan pencampuran sangat lambat dan tangki flokulasi dilengkapi dengan pengaduk bentuk pedal di dinding tangki flokulasi. Limbah cair yang diberi koagulan dengan dosis tertentu diaduk dalam tangki flokulasi kemudian pengaduk dimatikan dan didiamkan, maka akan terbentuk endapan di bagian bawah (Suharto, 2011).

Faktor-faktor yang dapat memengaruhi proses koagulasi, diantaranya :

1. pH

Nilai pH harus diperhatikan, misal garam-garam besi bekerja pada nilai antara 4,50-5,50. Sebaliknya, garam alumunium bekerja pada nilai pH antara 5,5-6,30. Hal ini dikarenakan, proses koagulasi dapat berlangsung dengan baik pada kondisi optimumnya.

2. Suhu

Suhu berpengaruh pada proses koagulasi dan flokulasi dikarenakan, terjadi peningkatan viskositas dan perubahan struktur agregat menjadi lebih kecil sehingga dapat lolos dari proses penyaringan dan peningkatan kecepatan menghidrolisis dan mengendap pada suhu rendah. Selain itu, terjadi kerapatan yang lebih kecil dan akan menyebabkan konveksi dan merusak timbunan lumpur pada suhu tinggi. Dengan demikian, diperlukan suhu optimum pada proses pengolahan limbah.

3. Konsentrasi Koagulan

Konsentrasi koagulan akan berpengaruh pada banyaknya jumlah bahan kimia (koagulan) yang ditambahkan sehingga proses pengendapan dari tiap konsentrasi akan bervariasi. Selain itu, hal ini akan berpengaruh terhadap tumbukan antar partikel yang akan membentuk flok-flok.

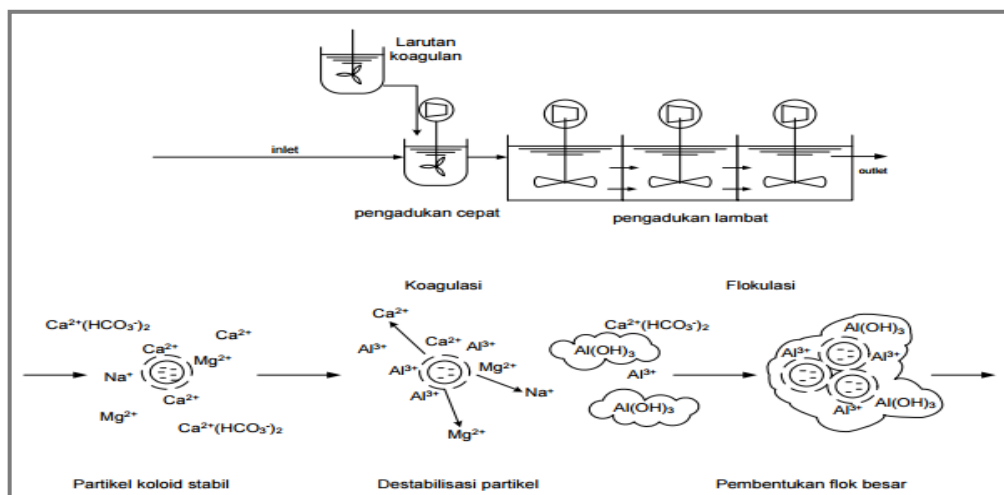
4. Pengadukan

Pembentukan flok sangat dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan.

Jika pengadukan lambat, maka pembentukan flok juga akan berlangsung lama. Namun, jika pengadukan terlalu cepat akan mengakibatkan flok-flok yang telah terbentuk menjadi pecah. Dengan demikian, proses pengadukan harus merata dan sesuai agar koagulan dan flokulan yang ditambahkan dapat bereaksi dengan baik dalam larutan (Lilis, 2006).

2.4.1 Mekanisme Koagulasi

Mekanisme koagulasi dapat diterangkan melalui jembatan kimia, misalnya molekul polimer akan mengikat partikel koloid dan ekor polimer yang telah diserap dapat mengikat partikel lain pada permukaan partikel membentuk jembatan kimia. suatu koloid ketika diberikan bahan koagulan akan mengalami destabilisasi koloid lalu terjadi penggabungan (agregasi) partikel dan terbentuk flok. Ada dua jenis mekanisme koagulasi, yaitu *sweep coagulation* dan *adsorption coagulation*. *Sweep coagulation* ialah partikel koloid yang tidak terlarut membentuk flok-flok yang ternetralkan oleh koagulan, sedangkan *adsorption coagulation* ialah muatan elektrik partikel koloid diubah oleh molekul koagulan yang menempel pada permukaan koloid (Lilis, 2006).



Gambar 2.3 mekanisme proses koagulasi

Pengadukan cepat pada proses koagulasi bertujuan untuk destabilisasi partikel koloid, sehingga ikatan antar ion pada limbah saling lepas, kemudian ditambahkan koagulan menyebabkan ikatan antar ion limbah dengan koagulan membentuk flok-flok kecil. Selanjutnya dilakukan pengadukan lambat dengan tujuan agar flok-flok kecil yang sudah terbentuk saling bertumbukan sehingga terbentuk flok yang lebih besar. Flok besar tersebut akan mengendap dibawah permukaan secara gravity.

Kegunaan koagulasi/flokulasi yaitu memudahkan partikel-partikel yang tersuspensi dengan ukuran yang sangat lembut dan bahan-bahan koloidal di dalam air membentuk flok dalam air, sehingga dapat dipisahkan dengan proses sedimentasi (pengendapan) selain itu koagulasi dapat juga berfungsi menghilangkan beberapa jenis organisme (patogen) dari dalam air

2.4.2 Jenis-Jenis Koagulan

Bahan koagulan yang digunakan dalam proses pengendapan limbah cair adalah bahan koagulan utama dan koagulan pendukung. Bahan koagulan utama termasuk tawas, ferrosulfat, ferisulfat, feriklorida, dan bahan koagulan pendukung termasuk air kapur, soda abu, dan polialuminium klorida (Droste, R.L., 1975; Kiely, G., 1997).

Adapun bahan Koagulan yang sering dipergunakan yaitu :

1. Tawas ($Al_2(SO_4)_3$),
2. Ferro Sulfat ($FeSO_4$)
3. Polyelectrolyte
4. Ferri Chlorida ($FeCl_3$)
5. PolyAluminium Chlorida (PAC)

Menurut Davis dan Cornwell (1991) dalam Yuliati (2006), ada tiga hal penting yang harus diperhatikan ketika memilih suatu koagulan, yaitu:

- kation bervalensi tiga (trivalen) merupakan kation yang paling efektif untuk menetralkan muatan listrik koloid,

- tidak beracun,
- tidak larut dalam kisaran pH netral (Koagulan yang ditambahkan harus terendapkan dari larutan sehingga ion-ion tersebut tidak tertinggal dalam air)

Dosis koagulan yang berlebihan maupun yang kurang dapat menurunkan efisiensi penyisihan padatan. Kondisi tersebut dapat dikoreksi dengan percobaan Jar- Test dan memverifikasi kinerja proses setelah melakukan perubahan dalam operasi proses koagulasi. Hal serupa juga kemungkinan perlu dilakukan jika terjadi perubahan kualitas atau karakteristik air yang akan diolah.

1. Tawas ($Al_2(SO_4)_3$)

Tawas merupakan jenis koagulan yang paling lama dikenal dan paling lama digunakan. Tawas dapat dibeli dalam bentuk liquid dengan konsentrasi 8,3% atau dalam bentuk kering (bisa berupa balok, granula, atau bubuk) dengan konsentrasi 17%. Tawas padat akan langsung larut dalam air tetapi larutannya bersifat korosif terhadap aluminium, besi, dan beton sehingga tangki-tangki dari bahan-bahan tersebut membutuhkan lapisan pelindung.

Tawas merupakan bahan koagulan yang banyak dipakai untuk pengolahan air karena harganya murah. Flok yang dihasilkan stabil serta cara pengerjaannya murah. Garam *Aluminium Sulfat* jika ditambahkan kedalam air dengan mudah akan bereaksi dengan HCO_3^- menghasilkan *Aluminium Hidroksida* yang mempunyai muatan positif. Sementara itu partikel-partikel koloid yang terdapat dalam air baku biasanya bermuatan negatif dan sukar mengendap karena adanya gaya tolak menolak antar partikel koloid tersebut. Dengan adanya *Aluminium Hidroksida* yang bermuatan positif akan terjadi gaya tarik menarik antara partikel koloid yang bermuatan negatif dengan partikel *Aluminium Hidroksida* yang bermuatan positif sehingga terbentuk gumpalan partikel yang semakin lama semakin besar dan berat serta cepat mengendap. Selain partikel-partikel

koloid juga partikel zat organik tersuspensi, zat anorganik, bakteri dan mikroorganisme yang lain dapat bersama-sama membentuk gumpalan partikel(flok) yang akan mengendap secara bersama. Jika alkalinitas air baku tidak cukup untuk dapat beraksi dengan tawas, maka dapat ditambahkan kapur atau soda abu agar reaksi dapat berjalan dengan baik

2. Ferro Sulfat (FeSO₄)

Ferro Sulfat disebut juga *copperas* atau *iron sulphate* atau gula besi, merupakan garam termurah yang dapat digunakan untuk koagulasi. Ferro Sulfat bersifat positif sehingga dapat melemahkan gaya tolak-menolak antar partikel koloid yang bermuatan negatif. Ketika elektrolit diserap partikel koloid dalam air, Ferro Sulfat dapat menurunkan bahkan menghilangkan kekokohan partikel koloid dan menetralkan muatannya. Penetralkan muatan partikel oleh koagulan hanya mungkin terjadi jika muatan partikel mempunyai konsentrasi yang cukup untuk mengadakan gaya tarik-menarik antar partikel koloid (Bhaskar Sen Gupta 2005 dalam Risdianto 2007).

3. Polyelectrolyte

Larutan dari polyelectrolyte bersifat sangat viskos dan sering kali dibutuhkan hanya dalam dosis yang sangat kecil. Oleh karenanya turbulensi yang cukup harus tersedia pada titik pengumpanan untuk memastikan pencampuran yang cepat dan menyeluruh. Larutan polyelectrolyte yang encer lebih mudah terdispersi ke dalam aliran dibandingkan larutan terkonsentrasi. Polyelectrolyte organik alami seperti sodium alginate dan sebagian produk pati yang larut dalam air telah lama digunakan dalam pengolahan air. Saat ini tersedia secara luas polyelectrolyte sintetis yang lebih baru. Koagulan bermerk yang berupa larutan polyelectrolyte sintetis dan garam-garam logam juga tersedia di pasaran.

4. Ferri Chlorida (FeCl₃)

Ferri Chlorida tersedia dalam bentuk yang tidak mengandung H₂O berupa bubuk hijau-hitam dengan rumus kimia FeCl₃, dan dalam bentuk likuid dengan rumus kimia FeCl₃.6H₂O berupa sirup berwarna coklat

gelap. Bentuk padatnya bersifat higroskopik dan tidak sesuai untuk pengumpanan kering. Larutannya bersifat sangat korosif dan menyerang hampir semua logam dan beton.

5. Poly Aluminium Chlorida (PAC)

PAC memiliki rumus kimia umum $Al_m(OH)_nCl_{(3m-n)}$ banyak digunakan karena memiliki rentang pH yang lebar sesuai nilai n dan m pada rumus kimianya. PAC digunakan untuk mengurangi kebutuhan akan penyesuaian pH untuk pengolahan, dan digunakan jika pH badan air penerima lebih tinggi dari 7,5. Dalam reaksi hidrolisis PAC, 3 molekul H^+ akan terbentuk. Hidrolisis tersebut terjadi pada koagulasi pada pH 5,8-7,5. Dalam rentang pH ini, warna dan zat koloid disisihkan melalui adsorpsi ke dalam hidroksida logam hasil hidrolisis yang terbentuk (Gebbie 2005).

Bahan-bahan pembantu koagulan:

- a. Penambahan alkalinitas, biasanya menggunakan kapur dan soda abu
- b. Polielektrolit, untuk memperoleh koagulasi yang optimum seperti anionic, kationik dan poliamfolit.
- c. Penambahan kekeruhan, dilakukan dengan meresirkulasikan lumpur endapan sehingga konsentrasi partikulat yang diperlukan untuk menghasilkan koagulasi tumbuh dengan cepat, contohnya tanah liat.

2.5 Polyaluminium Chlorida (PAC)

PAC adalah suatu persenyawaan anorganik kompleks, ion hidroksil serta ion aluminium bertarap klorinasi yang berlainan sebagai pembentuk *polynuclear* mempunyai rumus umum $Al_m(OH)_nCl_{(3m-n)}$.

Beberapa keunggulan yang dimiliki PAC dibanding koagulan lainnya adalah :

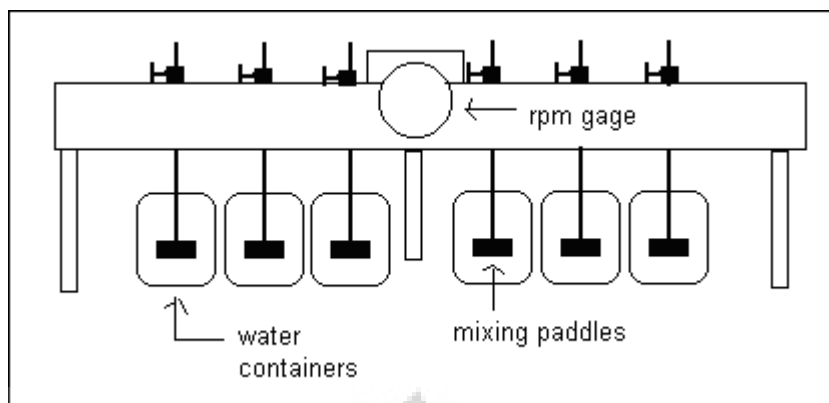
1. PAC dapat bekerja di tingkat pH yang lebih luas, dengan demikian tidak diperlukan pengoreksian terhadap pH, terkecuali bagi air tertentu.
2. Kandungan belerang dengan dosis cukup akan mengoksidasi senyawa karboksilat rantai siklik membentuk alifatik dan gugusan rantai hidrokarbon yang lebih pendek dan sederhana sehingga mudah untuk diikat membentuk flok.
3. Kadar khlorida yang optimal dalam fasa cair yang bermuatan negatif akan cepat bereaksi dan merusak ikatan zat organik terutama ikatan karbon nitrogen yang umumnya dalam truktur ekuatik membentuk suatu makromolekul terutama gugusan protein, amina, amida dan penyusun minyak dan lipida.
4. PAC tidak menjadi keruh bila pemakaiannya berlebihan, sedangkan koagulan yang lain (seperti alumunium sulfat, besi klorida dan fero sulfat) bila dosis berlebihan bagi air yang mempunyai kekeruhan yang rendah akan bertambah keruh. Jika digambarkan dengan suatu grafik untuk PAC adalah membentuk garis linier artinya jika dosis berlebih maka akan didapatkan hasil kekeruhan yang relatif sama dengan dosis optimum sehingga penghematan bahan kimia dapat dilakukan. Sedangkan untuk koagulan selain PAC memberikan grafik parabola terbuka artinya jika kelebihan atau kekurangan dosis akan menaikkan kekeruhan hasil akhir, hal ini perlu ketepatan dosis.
5. PAC mengandung suatu polimer khusus dengan struktur polielektrolite yang dapat mengurangi atau tidak perlu sama sekali dalam pemakaian bahan pembantu, ini berarti disamping penyederhanaan juga penghematan untuk penjernihan air.
6. Kandungan basa yang cukup akan menambah gugus hidroksil dalam air sehingga penurunan pH tidak terlalu ekstrim sehingga penghematan dalam penggunaan bahan untuk netralisasi dapat dilakukan.

7. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa ini diakibatkan dari gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolite sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil kedalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul, dengan demikian walaupun ukuran kolam pengendapan lebih kecil atau terjadi overload bagi instalasi yang ada, kapasitas produksi relatif tidak terpengaruh.

2.6 *Jar Test*

Jar test atau uji jar merupakan metode standar yang digunakan untuk menguji proses koagulasi. Data yang didapat dengan melakukan jar test antara lain dosis optimum penambahan koagulan, lama pengendapan serta endapan yang terbentuk. *Jar test* yang dilakukan adalah untuk membandingkan kinerja koagulan yang digunakan untuk mendapatkan padatan yang tersuspensi. Metode ini dapat dilakukan untuk menentukan PH optimum, variasi dosis koagulan, alternative kecepatan pengadukan atau menguji jenis koagulan yang berbeda (hardina.,2012).

Pelaksanaan *jar test* ini dilakukan agar diketahui titik kekeruhan akhir pada penambahan kedua koagulan yang sesuai dengan baku mutu air bersih yang ditetapkan oleh Kep Menkes RI No.416/Menkes/Per/XI/1990. Konsentrasi koagulan yang optimum dapat ditentukan berdasarkan hasil *jar test*, yaitu konsentrasi yang memberikan kekeruhan akhir tepat dibawah 5 NTU, bukan kekeruhan terendah (SOP Lab PDAM Tirta Pakuan, 2011). Jar test dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2.4. *Jar Test*

Faktor-faktor yang mempengaruhi percobaan dengan *Jar Test*, adalah:

- b. Bahan kimia yang dipakai untuk menurunkan kadar logam berat
- c. Penambahan dosis Presipitan
- d. PH
- e. Kecepatan pengadukan
- f. Waktu pengendapan

2.7 Penelitian Yang Telah Dilakukan

Penelitian yang telah dilakukan oleh Umi Uswatun pada tahun 2017, dengan metode koagulasi menggunakan koagulan kitosan bahwa penyerapan kadar logam berat tembaga (Cu) yang paling optimal adalah 2,504 ppm pada dosis kitosan 750 ppm dan pH 7. Kemudian untuk penyerapan logam berat besi (Fe) yang paling optimum didapatkan sebesar 8,423 ppm pada dosis kitosan 250 ppm dan pH 9.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Nurul Fajri dan Mochtar Hadiwidodo pada tahun 2017 dengan metode koagulasi menggunakan koagulan Tawas bahwa Dosis optimum koagulan alumunium sulfat (Tawas) untuk pengolahan lindi TPA Jatibarang adalah 16g/L, dengan efisiensi penyisihan parameter BOD sebesar 57%, COD sebesar 61% dan TSS sebesar 16%.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Yunita Pertiwi dan Suprihanto pada tahun 2014 dengan metode koagulasi menggunakan Tawas dari limbah Buffing pada air baku pengolahan air minum bahwa dosis tawas paling optimum adalah 20 g/L (dosis terkecil) dengan TSS <0,1 mg/L dengan tingkat penyisihan 99,29%