

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Parameter-parameter Pencemar Air Limbah Rumah Tangga

Menurut Sugiharto (2005:19) untuk mengetahui lebih luas tentang air limbah maka perlu kiranya diketahui juga secara detail mengenai kandungan yang ada di dalam air limbah juga sifat-sifatnya. Air limbah mempunyai sifat yang dapat dibedakan menjadi tiga bagian besar diantaranya:

1. Sifat fisik

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau dan warna dan juga temperatur (Sugiharto, 2005:21)

2. Sifat kimia

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan beracun. (Sugiharto, 2005:23)

3. Sifat biologis

Organisme dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator pencemaran suatu lingkungan perairan, misalnya bakteri, ganggang, benthos, plankton, dan ikan tertentu. Menurut Sugiharto (2005:35), pemeriksaan biologis sangat diperlukan untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air.

Metcalf dan Eddy (1979) dalam Sugiharto (2005:20) mengelompokkan parameter dalam air limbah domestik berdasarkan sifat-sifat fisik, kimia, dan biologis beserta sumber asalnya yang disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Sifat-sifat Fisik, Kimia, Biologis Air Limbah Serta Sumber Asalnya

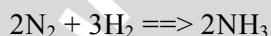
Sifat-sifat Air Limbah	Sumber Air Limbah
- Sifat fisik :	
Warna	Air buangan rumah tangga dan industri serta bangkai benda organis.
Bau	Pembusukan air limbah dan limbah industri.
Endapan	Penyediaan air minum, air limbah rumah tangga dan industri, erosi tanah, aliran air rembesan.
Temperatur	Air limbah rumah tangga dan industri.
- Sifat kimia	
a. Organik	
Karbohidrat	Air limbah rumah tangga, perdagangan serta limbah industri.
Minyak, lemak	Air limbah rumah tangga, perdagangan serta limbah industri.
Pestisida	Air limbah pertanian.
Fenol	Air limbah industri.
Protein	Air limbah rumah tangga, perdagangan.
Deterjen	Air limbah rumah tangga, industri.
Lain-lain	Bahan bangkai organik alamiah
b. Anorganik	
Kesadahan	Air limbah dan air minum rumah tangga serta rembesan air tanah.
Klorida	Air limbah dan air minum rumah tangga, rembesan air tanah dan pelunak air.
Logam berat	Air limbah industri.
Nitrogen	Air limbah rumah tangga dan pertanian.
pH	Air limbah industri.
Fosfor	Air limbah rumah tangga dan industri serta limpahan air hujan.
Belerang	Air limbah dan air minum rumah tangga, limbah industri.
c. Gas-gas	
Hidrogen sulfida	Pembusukan limbah rumah tangga
Metan	Pembusukan limbah rumah tangga
Oksigen	Penyediaan air minum rumah tangga serta perembesan air permukaan
- Sifat biologis	
Binatang	Saluran terbuka dan bangunan pengolah
Tumbuh-tumbuhan	Saluran terbuka dan bangunan pelimpah
Protista	Air limbah rumah tangga dan bangunan pengolah
Virus	Air limbah rumah tangga

Sumber: Sugiharto, 2005:20.

Berdasarkan survei lapangan yang telah dilakukan, diketahui limbah dari IPAL Tlogomas bersumber dari segala kegiatan rumah tangga diantaranya adalah dari toilet, kegiatan mencuci, dan dapur sehingga parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas air limbah rumah tangga dalam penelitian ini adalah Amonia (NH_3), Deterjen, Minyak dan lemak.

a. Amonia

Amonia adalah senyawa kimia dengan rumus NH_3 yang berasal dari nitrogen organik yang diuraikan oleh organisme heterotrop, yaitu organisme yang membutuhkan nutriennya dalam bentuk senyawa organik dan memperoleh energi dengan cara mengoksidasi senyawa organik tersebut. senyawa organik yang berupa N_2 berasal dari urea dan protein dikonversi menjadi NH_3 saat proses pembusukan dengan reaksi:



Tinja dari biota akuatik yang merupakan limbah aktivitas metabolisme juga banyak mengeluarkan amonia. Sumber amonia yang lain adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri, dan domestik. (Soeparman & Suparmin, 2002:9). Kandungan Ammonia yang tinggi dalam air limbah akan menyebabkan meningkatnya pertumbuhan alga dan tumbuhan air (Agustiani).

Dari sembilan senyawa yang berbahaya bagi manusia, ammonia termasuk dalam urutan ke enam. Walaupun amonia memiliki sumbangan penting bagi keberadaan nutrisi di bumi, amonia sendiri adalah senyawa kaustik dan dapat merusak kesehatan. Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Pekerjaan Amerika Serikat memberikan batas 15 menit bagi kontak dengan amonia dalam gas berkonsentrasi 35 ppm volum, atau 8 jam untuk 25 ppm volume. Kontak dengan gas amonia berkonsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan paru-paru dan bahkan kematian. Menghirup senyawa ini pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan pembengkakan saluran pernafasan dan sesak nafas. Terkena amonia pada konsentrasi 0.5% (v/v) selama 30 menit dapat menyebabkan kebutaan (Muklis, 2011). Sumber NH_3 dalam air limbah rumah tangga berasal dari kamar mandi (Ihsan, 2009:29).

b. Minyak dan Lemak

Kandungan minyak dan lemak yang terkandung dalam limbah bersumber dari instalasi yang mengolah bahan baku mengandung minyak. Air limbah dari

dapur (*Kitchen*) banyak mengandung minyak dan lemak dalam mentega. Minyak dan lemak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan bakteri. Limbah ini membuat lapisan pada permukaan air sehingga membentuk selaput (Dewi, 2009).

Sedangkan menurut Sugiharto (1987), minyak dan lemak tergolong benda organik yang relatif tidak mudah teruraikan oleh bakteri. Terbentuknya emulsi air dalam minyak dan lemak akan membuat lapisan yang menutup permukaan air dan dapat merugikan, karena penetrasi sinar matahari ke dalam air berkurang serta lapisan minyak menghambat pengambilan oksigen dari udara sehingga oksigen terlarut menurun.

c. Deterjen

Deterjen adalah golongan dari molekul organik yang dipergunakan sebagai pengganti sabun untuk pembersih supaya mendapatkan hasil yang baik. Di dalam air zat ini menimbulkan buih dan selama proses aerasi buih tersebut berada di atas permukaan gelembung udara dan biasanya relatif tetap. Sebelum tahun 1965 deterjen ini disebut ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*) yang merupakan penyebab busa karena tahan terhadap proses penguraian biologis. Setelah dikeluarkannya larangan penggunaan ABS, maka diganti dengan jenis lain dan dikenal dengan LAS (*Linear Alkyl Sulfonate*) di mana masalah busa dapat diatasi (Sugiharto, 2005:30)

Air limbah dari ruang cuci mengandung deterjen yang dapat dikurangi konsentrasinya pada sistem pre-treatment untuk air limbah (Ginting, 2007:107). Dalam deterjen terkandung komponen utamanya, yaitu surfaktan, baik bersifat kationik, anionik maupun non-ionik. Dengan makin luasnya pemakaian surfaktan sebagai bahan utama pembersih maka risiko bagi kesehatan dan lingkungan pun makin rentan (Ihsan, 2009:9)

2.1.1. Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel parameter yang akan dikaji diperlukan untuk mendukung proses uji laboratorium sehingga dapat diketahui kualitas air limbah sebelum dan sesudah memasuki IPAL. Ada beberapa metode dalam pengambilan sampel air limbah diantaranya adalah.

1. sampel sesaat (*grab sample*), air limbah yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu.

2. sampel gabungan waktu, campuran sampel yang diambil dari satu titik pada waktu yang berbeda, dengan volume yang sama.
3. sampel gabungan tempat, campuran sampel yang diambil dari titik yang berbeda pada waktu yang sama, dengan volume yang sama.
4. sampel gabungan waktu dan tempat campuran, sampel yang diambil dari beberapa titik dalam satu lokasi pada waktu yang berbeda, dengan volume yang sama.
5. sampel duplikat, sampel yang diambil dari titik pengambilan yang sama dengan rentang waktu antar pengambilan yang sekecil mungkin, duplikat sampel digunakan untuk menguji ketelitian tata kerja pengambilan sampel.
6. sampel yang diperkaya (*spike sample*), sampel yang ditambah dengan standar yang bersertifikat dalam jumlah tertentu untuk keperluan pengendalian mutu.
7. sampel yang terbelah (*split sample*), contoh dikumpulkan dalam satu wadah, dihomogenkan dan dibagi menjadi dua atau lebih sub contoh dan diperlakukan seperti contoh, selanjutnya dikirim ke beberapa laboratorium yang berbeda.

(SNI 6989.59:2008)

2.2. Kualitas Air Limbah

Kualitas suatu air limbah akan dapat terindikasi dari kualitas parameter kunci, di mana konsentrasi parameter kunci tidak melebihi dari standar baku mutu yang ada sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Pada penelitian ini, baku mutu untuk kadar parameter yang diteliti mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, hal ini dikarenakan belum ada peraturan mengenai baku mutu limbah rumah tangga untuk parameter deterjen dan ammonia khususnya untuk wilayah Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, terkait dengan parameter-parameter yang akan diteliti maka dapat dinyatakan bahwa batas maksimum untuk:

- Amonia (NH_3) $\leq 0,5$ mg/L
- Deterjen ≤ 200 ug/L
- Minyak dan lemak ≤ 1000 ug/L

Untuk selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Menurut Peraturan pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alamiahnya
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi \leq 5000 mg/L
KIMIA ANORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	6-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan kandungan ammonia bebas untuk ikan yang peka \leq 0,02 mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu \leq 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe \leq 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb \leq 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	

Sumber: Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001

Tabel 2.2 Lanjutan

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Klorida	mg/L	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ , N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H ₂ S < 0,1 mg/L
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	jml/ 100ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 10000 jml/ 100ml
Total coliform	jml/ 100ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)	
Senyawa fenol	ug/L	1	1	1	(-)	
BHC	ug/L	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug/L	2	2	2	2	
Heptachlor dan heptachlor epoxide	ug/L	18	(-)	(-)	(-)	
Lindane	ug/L	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxychlor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)	

Sumber: Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001

Keterangan :

- Mg = milligram
- ug = mikrogram
- ml = militer
- L = liter
- Bq = Bequerel

- MBAS = Methylene Blue Active Substance
- ABAM = Air Baku untuk Air Minum
- Logam berat merupakan logam terlarut
- Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO. Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.
- Nilai DO merupakan batas minimum.
- Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan
- Tanda \leq adalah lebih kecil atau sama dengan
- Tanda $<$ adalah lebih kecil

2.3. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, COD, partikel terlarut, membunuh mikroorganisme yang bersifat patogen serta menetralkan atau meminimalkan zat kimia yang bersifat racun. Selain itu, diperlukan juga tambahan pengolahan untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasikan agar konsentrasi yang ada menjadi rendah. Untuk itu diperlukan pengolahan secara bertahap agar bahan tersebut di atas dapat dikurangi. (Sugiharto, 2005:95). Adapun secara garis besar kegiatan pengolahan air limbah dapat dikelompokkan menjadi 4 (empat) bagian antara lain:

1. Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Sebelum mengalami proses pengolahan perlu kiranya dilakukan pembersihan-pembersihan agar mempercepat dan memperlancar proses pengolahan selanjutnya. Adapun kegiatan tersebut berupa pengambilan benda terapung dan pengambilan benda yang mengendap seperti pasir. (Sugiharto, 2005:96)

2. Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Jika di dalam pengolahan pendahuluan bertujuan untuk mensortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, memisahkan lemak, maka pada pengolahan pertama bertujuan untuk menghilangkan zat padat yang tercampur melalui pengendapan atau pengapungan. Pengendapan adalah kegiatan utama pada tahap ini dan pengendapan yang dihasilkan terjadi karena adanya kondisi yang sangat tenang. Bahan kimia juga dapat ditambahkan untuk menetralkan keadaan atau meningkatkan pengurangan dari partikel kecil yang tercampur. Dengan adanya pengendapan ini, maka akan mengurangi kebutuhan oksigen pada pengolahan

biologis berikutnya dan pengendapan terjadi adalah pengendapan secara gravitasi (Sugiharto, 2005:102).

3. Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

Pengolahan kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada proses ini sangat dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kekotoran yang ada dan sebagainya. Reaktor pengolah lumpur aktif dan saringan penjernihan biasanya digunakan dalam tahap ini. Pada proses penggunaan lumpur aktif (*activated sludge*), maka air limbah yang telah lama ditambahkan pada tangki aerasi dengan tujuan untuk memperbanyak jumlah bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat (Sugiharto, 2005:113)

4. Pengolahan Ketiga (*Tertiari Treatment*)

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan-pengolahan terdahulu. Oleh karena itu, pengolahan jenis ini baru akan dipergunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Terdapat beberapa jenis pengolahan yang sering dipergunakan (Sugiharto, 2005:120) antara lain:

- a. Saringan pasir
- b. Saringan multimedia
- c. *Precoal filter*
- d. *Microstaining*
- e. *Vacum filter*
- f. Penyerapan/*adsorbtion*
- g. Pengurangan besi dan mangan
- h. Perubahan CN-
- i. Osmosis bolak-balik

2.4. Sarana Pendukung IPAL

Berdasarkan tahapan kegiatan pengolahan air limbah yang telah diuraikan sebelumnya, sarana pendukung IPAL yang terdapat pada setiap tahap pengolahan dapat disederhanakan lagi berdasarkan karakteristik pengolahannya, pengelompokkan tersebut antara lain:

- Pengolahan secara fisika

pengolahan ini umumnya ditempatkan dalam pengolahan pendahuluan dan pertama.

- Pengolahan secara biologis

Pengolahan ini terdapat dalam pengolahan tahap kedua

- Pengolahan secara kimia

Pengolahan ini ditempatkan pada tahap akhir

Berikut adalah beberapa sarana pendukung menurut karakteristik pengolahannya yang dapat digunakan pada IPAL rumah tangga dalam kaitannya untuk mengatasi masalah Amonia, Deterjen, Minyak dan lemak.

2.4.1. Pengolahan Secara Fisika

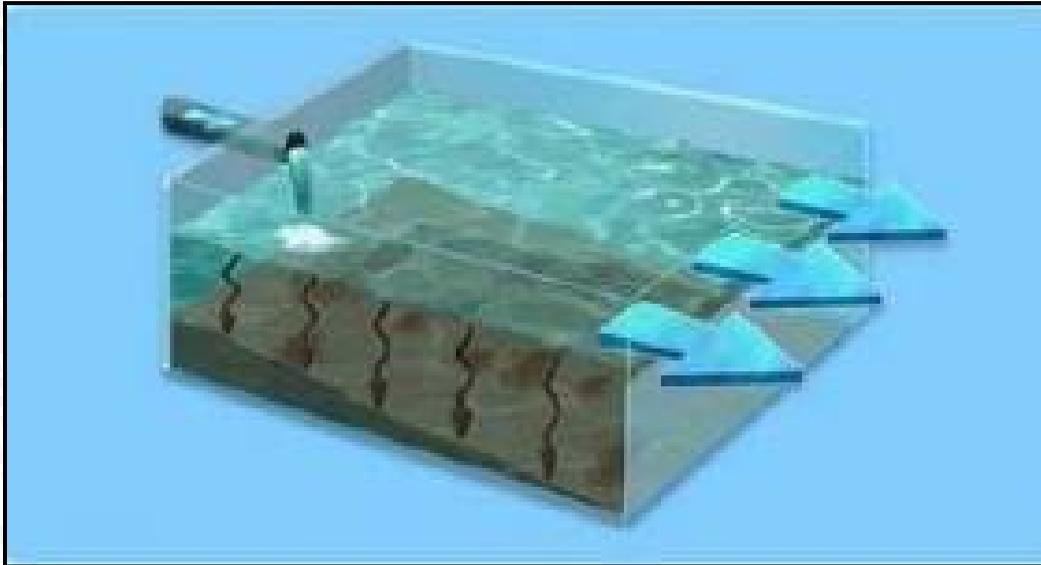
a. Penyaringan (*Screening*)

Sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. Penyaringan (*Screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar (Anonim, 2011).

Pada umumnya proses penyaringan ini dapat dilakukan dengan jalan melewatkan air limbah melalui para-para atau saringan kasar untuk menghilangkan benda yang besar (Sugiharto, 2005:98). Bangunan umumnya ini diletakkan pada pengolahan tahap pendahuluan.

b. Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan partikel dari air dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Proses ini terutama bertujuan untuk memperoleh air buangan yang jernih dan mempermudah proses penanganan lumpur. Dalam proses sedimentasi hanya partikel-partikel yang lebih berat dari air yang dapat dipisah. Misalnya: kerikil dan pasir, padatan pada tangki pengendapan sekunder, *floc* hasil pengolahan secara kimia, dan lumpur (pada pengentalan lumpur) (Siregar 2005:35). Proses ini terdapat pada pengolahan tahap pertama. Contoh bak sedimentasi dapat dilihat pada Gambar 2.1.

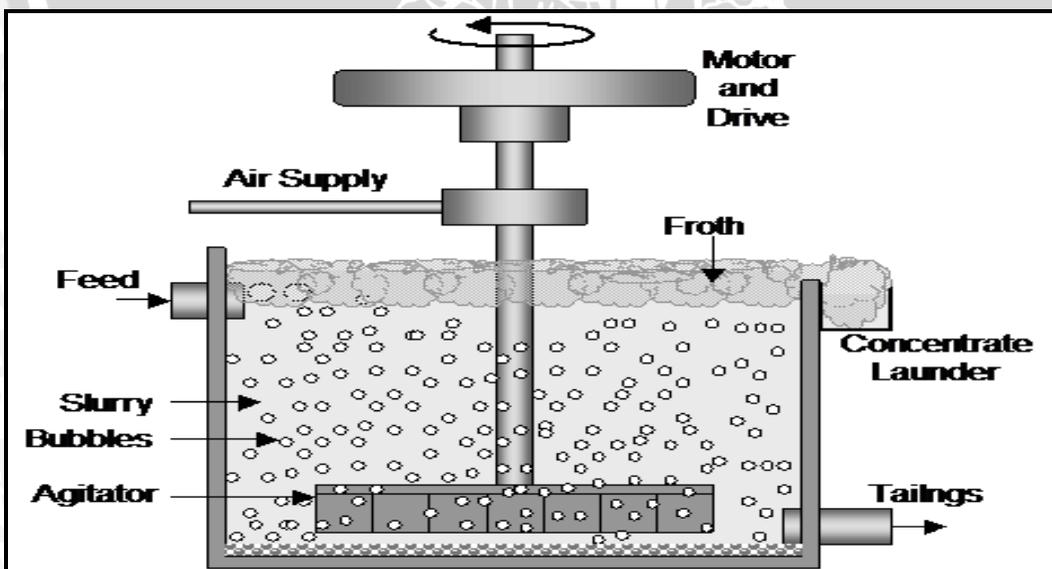


Gambar 2.1 Contoh Bak Sedimentasi

Sumber: Anonim, 2011

c. Flotasi

Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisahkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. Flotasi juga dapat digunakan sebagai cara penyisihan bahan-bahan tersuspensi (*clarification*) atau pemekatan lumpur endapan (*sludge thickening*) dengan memberikan aliran udara ke atas (*air flotation*) (Anonim, 2011). Contoh alat Flotasi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



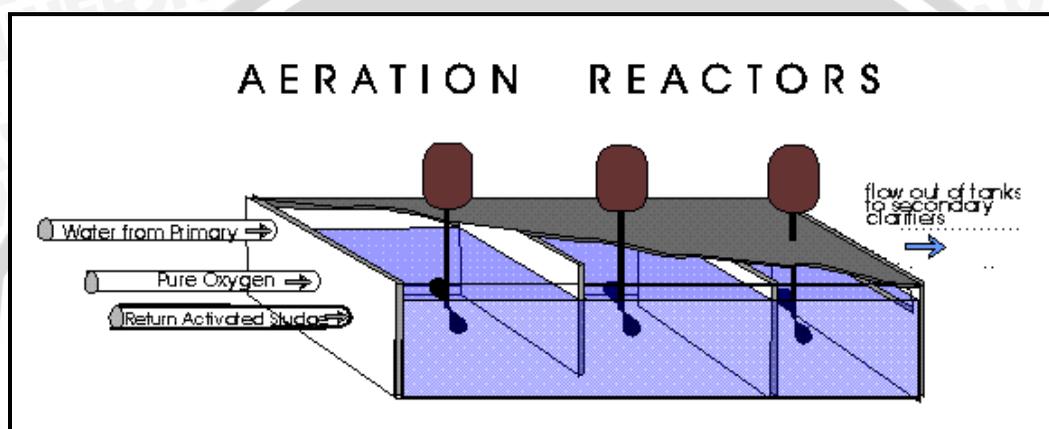
Gambar 2.2 Contoh Alat untuk Proses Flotasi

Sumber: Anonim, 2010

2.4.2. Pengolahan Secara Biologis

a. Penambahan Oksigen (Aerasi)

Pengambilan zat pencemar yang terkandung di dalam air limbah merupakan tujuan pengolahan air limbah. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahkan tercampur (Sugiharto, 2005:114). Contoh reaktor aerasi dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh Alat untuk Proses Aerasi

Sumber: Anonim, 2010

b. Pertumbuhan Bakteri dalam Bak Reaktor

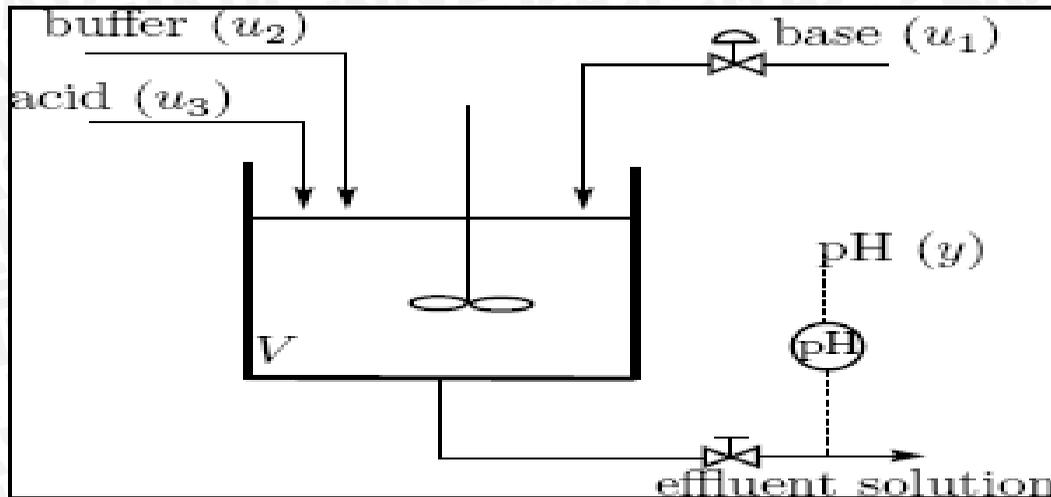
Bakteri diperlukan untuk menguraikan zat organik yang ada di dalam air limbah. Oleh karena itu, diperlukan jumlah bakteri yang cukup untuk menguraikan zat-zat tersebut. Bakteri itu sendiri akan berkembang biak apabila jumlah makanan yang terkandung di dalamnya cukup tersedia, sehingga pertumbuhan bakteri dapat dipertahankan secara konstan (Sugiharto, 2005:115)

2.4.3. Pengolahan Secara Kimia

a. Netralisasi

Netralisasi adalah reaksi antara asam dan basa menghasilkan air dan garam. Proses netralisasi yang digunakan adalah netralisasi antara air asam dan air basa, penambahn bahan-bahan kimia yang diperlukan, dan filtrasi melalui zat-zat untuk netralisasi, misalnya CaCO_3 . Netralisasi air limbah yang bersifat asam dapat dilakukan dengan penambahan Ca(OH)_2 (*slaked limed*) atau NaOH (natrium hidroksida); sedangkan netralisasi air limbah yang bersifat basa dapat dilakukan dengan penambahan H_2SO_4 (asam sulfat), HCl (asam klorida), HNO_3

(asam nitrat), H_3PO_4 (asam fosforat) atau CO_2 yang bersumber dari *flue gas* (Siregar, 2005:43). Contoh proses netralisasi dapat dilihat pada Gambar 2.4.

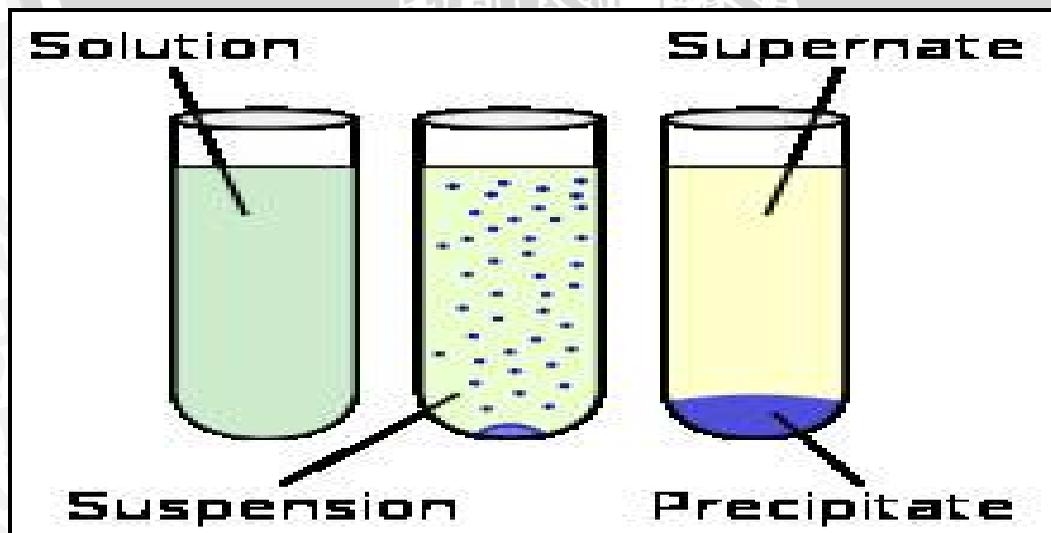


Gambar 2.4 Salah Satu Contoh Proses Netralisasi

Sumber: E. Baeyens, J.C Gomez, 2003

b. Presipitasi

Presipitasi adalah pengurangan bahan-bahan terlarut (kebanyakan bahan anorganik) dengan cara penambahan bahan-bahan kimia terlarut yang menyebabkan terjadinya padatan-padatan (*floc* atau lumpur). Dalam pengolahan air limbah, presipitasi digunakan untuk menghilangkan *heavy metal* (logam berat), sulfat, fluorida, dan fosfat (Siregar, 2005:44). Contoh proses presipitasi dapat dilihat pada Gambar 2.5.

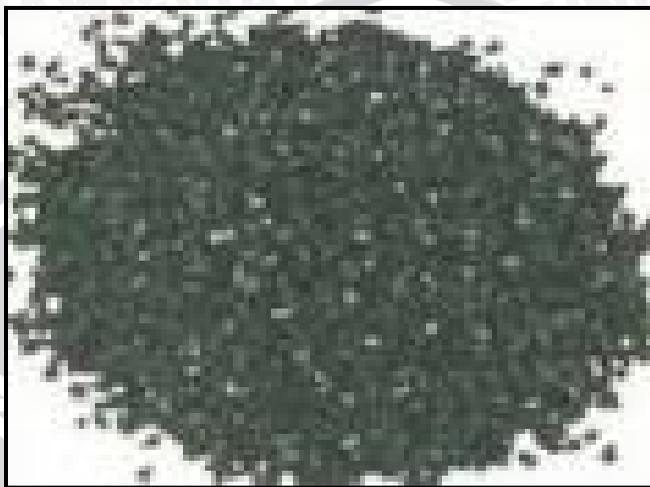


Gambar 2.5 Proses Presipitasi

Sumber: Anonim, 2011

c. Adsorbsi

Proses adsorbsi, biasanya dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisihkan senyawa aromatik (misalnya: fenol) dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut (Anonim, 2011). Contoh karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Karbon Aktif yang Digunakan dalam Proses Adsorbsi

Sumber: Anonim, 2010

Karbon aktif diaktifkan dengan cara membuat arang dari bahan-bahan organik seperti kacang, kelapa, kayu, tulang dan batu bara. Arang dihasilkan dengan memanaskan bahan-bahan tersebut sampai 700°C untuk menghilangkan hidrokarbon yang terkandung di dalamnya. Proses karbonisasi dalam pembuatan arang biasa disebut proses pyrolisis. Partikel arang kemudian diaktifkan dengan cara didiamkan agar mengoksidasi gas seperti panas dan CO_2 pada temperatur tinggi yaitu pada suhu antara $800\text{-}900^{\circ}\text{C}$.

Setelah diaktifkan, karbon dapat dibagi atau disiapkan dengan ukuran yang berbeda dan kapasitas adsorbsi yang berbeda. Klasifikasi ukuran karbon ada dua macam, yaitu *powdered activated carbon* (PAC) yang mempunyai diameter lebih kecil dari 0.074 mm , dan *granular activated carbon* (GAC), yang mempunyai diameter lebih dari 0.1 mm . Pada umumnya GAC lebih sering digunakan daripada PAC karena bahannya lebih mudah didapat serta lebih ekonomis. Salah satu contoh tabung GAC dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.7 Tabung GAC (*Granular Activated Carbon*)

Sumber: Anonim, 2009

Adsorpsi karbon digunakan untuk menghilangkan komponen organik dan komponen anorganik seperti nitrogen, sulfide, deterjen dan logam berat. Penghilangan rasa dan bau dari komponen air limbah adalah salah satu aplikasi yang penting dari penggunaan karbon aktif, terutama untuk air baku.

Pengolahan menggunakan GAC dilakukan melalui sebuah bak karbon aktif yang ditampung dalam sebuah kontaktor. Ukuran kontaktor karbon tergantung dari empat faktor yaitu, waktu kontak, kecepatan hidrolis, kedalaman karbon, dan jumlah kontaktor. Untuk menghitung kemampuan kontaktor GAC, langkah perhitungan yang telah dikembangkan dan seringkali digunakan antara lain,

1. Penggunaan GAC (*Granular activated carbon*) (Metcalf dan Eddy, 2003:1155)

$$M_{GAC}/Qt = \frac{(C_0 - C_d)}{q_e} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$M_{GAC}/Qt = \frac{(C_0 - C_d)}{(kf \times C_0)^{\frac{1}{n}}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Di mana:

M_{GAC}/Qt = Penggunaan GAC (gram/liter)

C_0 = kadar outlet (mg/liter)

C_d = kadar yang diijinkan (mg/liter)

q_e = fase konsentrasi adsorben setelah reaksi kesetimbangan

kf = kapasitas faktor freundlich

$1/n$ = Intensitas parameter freundlich

Tetapan k_f digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi, sedangkan nilai $1/n$ merupakan energi yang dikeluarkan oleh permukaan karbon aktif ketika mengadsorpsi adsorbat. Untuk menentukan besarnya nilai k_f dan $1/n$ dapat ditentukan dari besarnya pH air limbah. Akan tetapi jika pH air limbah tidak diketahui, maka dapat menggunakan karakteristik air limbah rumah tangga menurut PD PAL JAYA 1995 sebagai acuan untuk menentukan nilai pH seperti yang tertera pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga

No.	Parameter	Konsentrasi
1	BOD – mg/liter	27,61 - 190,59
2	COD – mg/liter	138,68 - 591,24
3	Angka Permanganat (KMnO_4) – mg/liter	64,6 - 256,49
4	Ammonia (NH_3) – mg/liter	12,5 - 63,62
5	Nitrit (NO_2^-) – mg/liter	0,017 - 0,031
6	Nitrat (NO_3^-) - mg/liter	3,27 - 27,64
7	Klorida (Cl^-) - mg/liter	32,52 - 57,94
8	Sulfat (SO_4^{2-}) - mg/liter	65,04 - 144,99
9	pH	6,06 - 6,99
10	Zat padat tersuspensi (SS) mg/liter	17 - 239,5
11	Deterjen (MBAS) - mg/liter	0,18 - 29,99
12	Minyak/lemak - mg/liter	0,8 - 12,7
13	Cadmium (Cd) - mg/liter	nil
14	Timbal (Pb)	nil – 0,01
15	Tembaga (Cu) - mg/liter	nil
16	Besi (Fe) - mg/liter	0,29 – 1,15
17	Warna - (Skala Pt-Co)	40 - 500
18	Phenol - mg/liter	0,11 – 1,84

Sumber: PD PAL JAYA 1995

Setelah nilai pH diketahui maka dapat menentukan besarnya nilai k_f dan $1/n$ dengan menggunakan tabel persamaan isoterm freundlich yang dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai Tetapan k_f dan $1/n$ Menggunakan Persamaan Isoterm Freundlich

No.	pH	k_f	$1/n$
1	3	2,6565	5,7398
2	6	1,6963	2,9488
3	7	0,6080	1,5540
4	12	0,4479	2,1567

Sumber: Kemala dkk

2. Karbon yang Dibutuhkan dalam 15 menit EBCT (Metcalf dan Eddy, 2003:1154)

$$V_b \rho_{GAC} = EBCT \times Q \times \rho_{GAC} \dots\dots\dots (2.3)$$

Di mana:

- $V_b \rho_{GAC}$ = Volume kepadatan GAC (L)
- EBCT = *Empty-bed contact time* (menit)
- ρ_{GAC} = kepadatan GAC (kg/m³)
- Q = Debit per jam (m³/jam)

3. Menentukan volume air yang diolah dalam 15 menit EBCT (Metcalf dan Eddy, 2003:1155)

$$V = \frac{V_b \rho_{GAC}}{M_{GAC} / Qt} \dots\dots\dots (2.4)$$

Di mana:

- $V_b \rho_{GAC}$ = Volume kepadatan GAC (L)
- M_{GAC}/Qt = Penggunaan GAC (gram/liter)

4. Menentukan lama kemampuan bak (Metcalf dan Eddy, 2003:1155)

$$\text{Lama kemampuan bak} = \frac{\text{Volume air yg diolah}}{Q} \dots\dots\dots (2.5)$$

Beberapa parameter pada perhitungan di atas yang tidak diketahui nilainya dapat ditentukan dengan nilai tipikal untuk kontraktor GAC seperti dalam tabel 2.5 berikut.

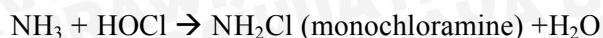
Tabel 2.5 Nilai Tipikal Untuk Kontraktor GAC

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
1	Kepadatan GAC	ρ	Kg/m ³	350-550
2	Empty Bed Contact Time	EBCT	menit	5-15
3	Waktu Operasi	t	hari	100 - 600
4	Waktu Kontak Efektif	t	menit	2 - 10

Sumber: Metcalf dan Eddy, 2003:1152

d. Klorinasi

Klorin adalah salah satu disinfektan yang paling umum digunakan. Pertama kali digunakan di Amerika Serikat, klorin mengalami dua reaksi saat berada di dalam air, yaitu hidrolisis dan ionisasi. Klorin juga bereaksi pada amoniak, seperti pada reaksi kimia berikut:



Yang dimaksud dengan klorin tidak hanya Cl_2 saja akan tetapi termasuk pula asam hipoklorit ($HOCl$) dan ion hipoklorit (OCl^-), juga beberapa jenis kloramin seperti monokloramin (NH_2Cl) dan dikloramin ($NHCl_2$) termasuk di dalamnya. Klorin dapat diperoleh dari gas Cl_2 atau dari garam-garam $NaOCl$ dan $Ca(OCl)_2$. Kloramin terbentuk karena adanya reaksi antara amoniak (NH_3) baik anorganik maupun organik aminoak di dalam air dengan klorin. Bentuk desinfektan yang ditambahkan akan mempengaruhi kualitas yang didesinfeksi. Penambahan klorin dalam bentuk gas akan menyebabkan turunnya pH air, karena terjadi pembentukan asam kuat. Akan tetapi penambahan klorin dalam bentuk natrium hipoklorit akan menaikkan alkalinitas air tersebut sehingga pH akan lebih besar. Sedangkan kalsium hipoklorit akan menaikkan pH dan kesadahan total air yang didesinfeksi (Sumber: Metcalf dan Eddy, 2003). Rumus perhitungan kebutuhan klorin adalah sebagai berikut.

$$\text{Kg } Cl_2/\text{hari} = Q \times (NH_{3\text{Outlet}} - NH_{3\text{dijinkan}}) \times (\text{mass ratio klorin}) \dots\dots\dots (2.6)$$

Di mana:

- Q = Debit Limbah (m^3/detik)
- $NH_{3\text{Outlet}}$ = Nilai NH_3 Effluent (mg/liter)
- $NH_{3\text{dijinkan}}$ = Nilai NH_3 baku mutu (mg/liter)

Sedangkan rumus penentuan dimensi bak klorinasi (Metcalf dan Eddy, 2003:763) adalah sebagai berikut.

$$V = \tau \times Q \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\tau = \frac{\text{waktu detensi}}{24 \text{ jam/hari}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

- V = Volume air limbah (m^3)
- τ = Waktu tinggal air limbah (Hari)
- Q = Debit air limbah (m^3/hari)

Nilai untuk waktu detensi dapat diperoleh dari SNI 6774:2008 mengenai tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air. Selanjutnya kriteria mengenai waktu detensi pada unit pengendap dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Kriteria Waktu Detensi Pada Unit Pengendap

No.	Jenis Bak Pengendap	Waktu Detensi (Jam)
1	Bak persegi aliran horizontal	1,5 - 3
2	Bak persegi aliran vertikal (menggunakan tabung pengendap)	0,07*)
3	Bak bundar aliran vertikal radial	1 - 3
4	Bak bundar (kontak padatan)	1 - 2
5	Clarifier	2 - 2,5

Sumber: SNI 6774:2008

CATATAN: *) waktu retensi pada tabung pengendap

2.5 Analisis Debit Operasional

Dalam kajian ini debit operasional yang masuk ke dalam instalasi berasal dari air buangan hasil aktivitas rumah tangga. Analisis karakteristik data debit dibutuhkan untuk keperluan perancangan dari instalasi pengolah air limbah. Data debit air limbah bervariasi baik secara jam-jaman, harian, maupun musiman tergantung pada keadaan dari sistem pengumpulan (Metcalf&Eddy, 2003). Akan tetapi seringkali ditemukan suatu instalasi pengolahan air limbah yang tidak memiliki alat ukur debit. Hal tersebut dapat diatasi dengan cara menggunakan perhitungan rata-rata per orang dalam membuang air limbah berdasarkan penggunaan gedung yang selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7. Rata-rata Aliran Air Limbah Berdasarkan Penggunaan Gedung

No.	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air	Satuan
1	Rumah Tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah susun	100	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Rumah sakit	500	Liter/tempat tidur pasien/hari
5	Sekolah Dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SM/SMK dan lebih tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	Liter/penghuni dan pegawai/hari
9	Kantor/Pabrik	50	Liter/pegawai/hari
10	Toserba, toko pengecer	5	Liter/m ²
11	Restoran	15	Liter/kursi
12	Hotel Berbintang	250	Liter/tempat tidur/hari
13	Hotel Melati/ Penginapan	150	Liter/tempat tidur/hari
14	Gedung Pertunjukan Bioskop	10	Liter/kursi
15	Gedung Serba Guna	25	Liter/kursi
16	Stasiun, Terminal	3	Liter/penumpang tiba dan pergi
17	Peribadatan	5	Liter/orang

Sumber: SNI-0307065-2005