

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Air limbah

Air limbah adalah air buangan yang terdiri dari suatu kombinasi dari cairan dan sampah bawaan air yang berasal dari tempat tinggal, bangunan-bangunan, perdagangan, industri, dan institusi (Reynolds, 1982).

Air limbah domestik adalah air limbah yang terutama dari daerah tempat tinggal, daerah perdagangan, dan fasilitas-fasilitas rekreasi (Metcalf and Eddy, 1991).

##### 2.1.1 Pengolahan Air Buangan

Berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisahkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum ada tiga metoda pengolahan, yaitu :

- a) Pengolahan secara fisika
- b) Pengolahan secara kimia
- c) Pengolahan secara biologi

Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metoda pengolahan tersebut dapat dipisahkan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi (Djajadiningrat, 1992).

Pengolahan secara fisika seperti *screen*, *filtrasi*, *pengendapan* dan *flotasi* dapat merupakan proses pendahuluan untuk menyisahkan bahan tersuspensi atau

melayang dari dalam air buangan, sedangkan proses adsorpsi dan osmosa merupakan proses pengolahan sekunder tersier (Djajadiningrat, 1992).

Pengolahan secara kimia memerlukan perubahan bahan kimia agar terjadi reaksi kimia untuk menyisahkan bahan polutan. Hasil akhir proses pengolahan biasanya merupakan endapan yang kemudian dipisahkan secara fisika (pengendapan atau filtrasi) (Djajadiningrat, 1992).

Pengolahan secara biologi memanfaatkan mikroorganisme yang berada di dalam air untuk menguraikan bahan-bahan polutan. Dalam hal ini terjadi konversi bahan polutan menjadi sel mikroorganisme sebagai hasil pertumbuhan dan menjadi gas-gas. Sel mikroorganisme yang terbentuk kemudian dipisahkan secara fisika, yaitu dengan pengendapan dan atau filtrasi.

#### **a. Pengolahan Secara Fisika**

Pada umumnya sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan didinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang sudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisahkan terlebih dahulu. *Screening* merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisahkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang sudah mengendap dapat dipisahkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap (Djajadiningrat, 1992).

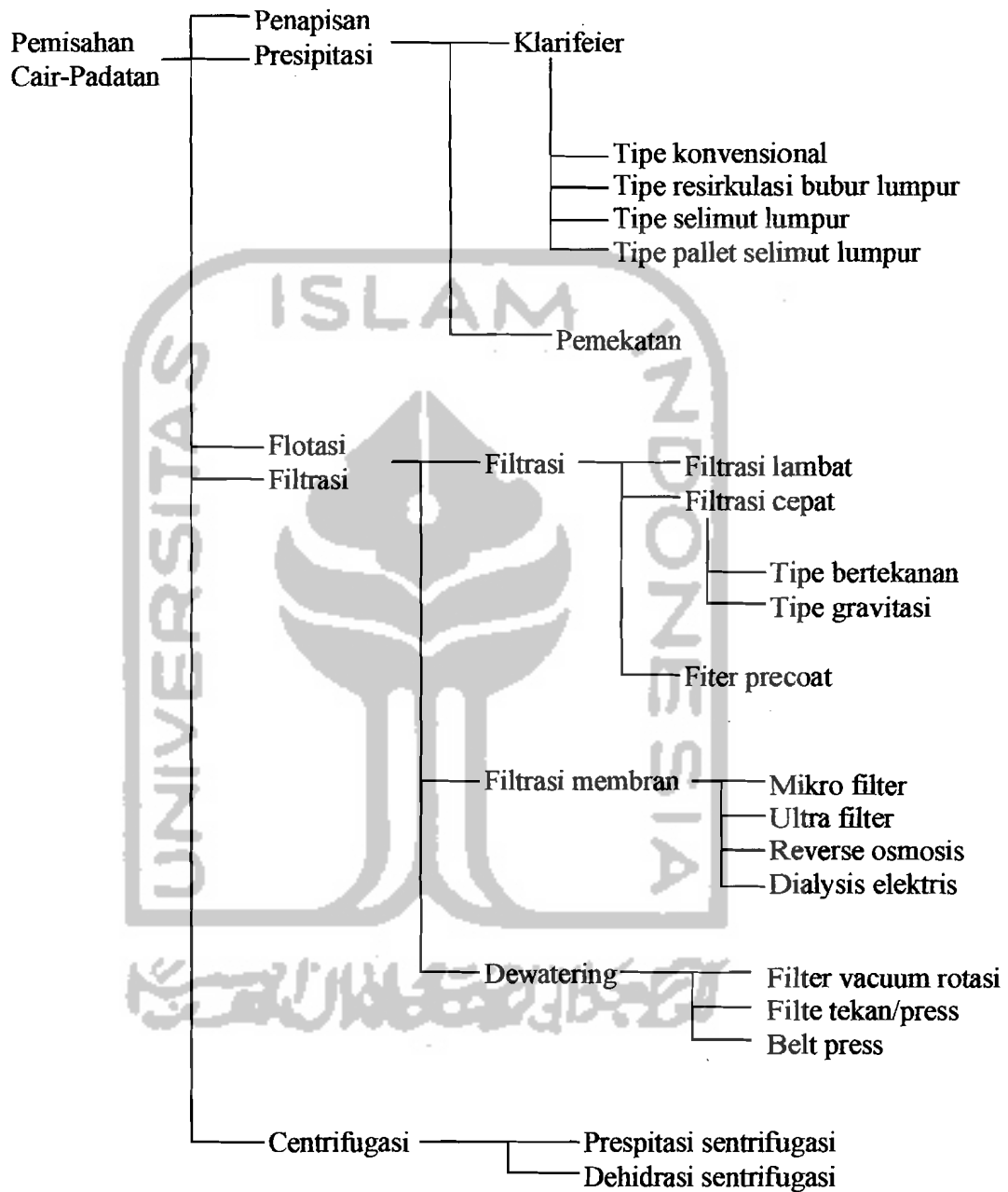
Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisahkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan

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*).

Proses *filtrasi* di dalam pengolahan air buangan biasanya dilakukan untuk mendahului proses *adsorpsi* atau proses *reverse osmosis* yang akan dilakukan, yaitu untuk menyisihkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses *adsorpsi* atau menyumbat membran yang dipergunakan dalam proses *osmosa*.

Proses *adsorpsi* biasanya dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisihkan senyawa *aromatik* (misalnya phenol) dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut.

Teknologi membran (*reverse osmosis*) dapat diaplikasikan untuk unit-unit pengolahan berkapasitas besar, terutama jika pengolahan ditujukan untuk menggunakan kembali air yang diolah. Biaya instalasi dan operasinya cukup tinggi.



**Gambar 2.1. Diagran Skematis Pengolahan Fisik (Djajadiningrat, 1992)**

## b. Pengolahan Secara Kimia

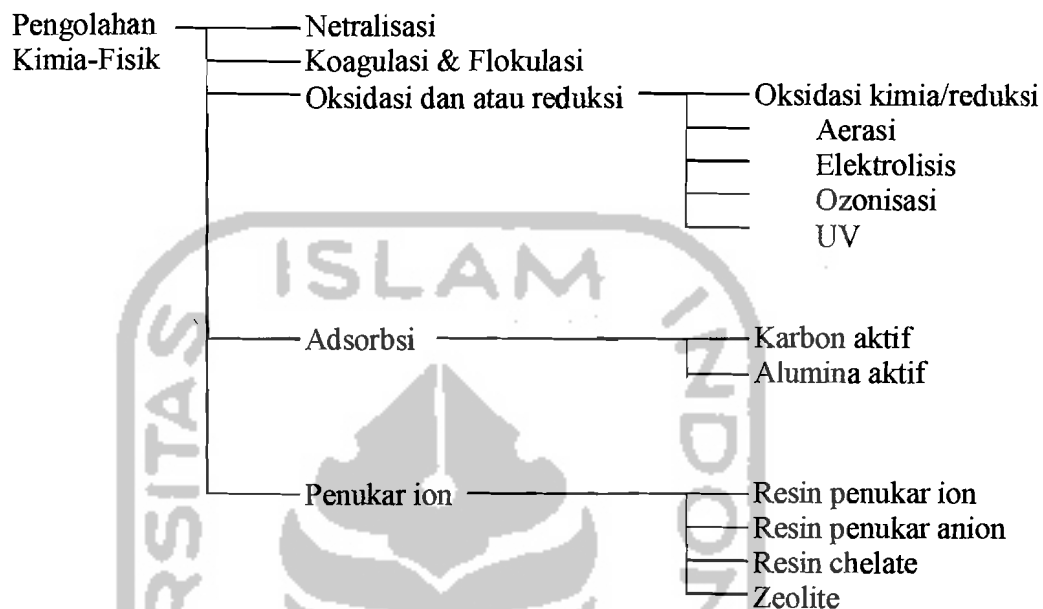
Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (*koloid*). Logam-logam berat, senyawa fosfor dan zat organik beracun, dengan menumbuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan (Djajadiningrat, 1992).

Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat dari bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (*flokulasi-koagulasi*), baik dengan atau tanpa reaksi *oksidasi-reduksi*, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi *oksidasi*. Pengendapan bahan tersuspensi yang tak mudah larut dilakukan dengan menumbuhkan elektrolit yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan muatan koloidnya agar terjadi netralisasi muatan pada koloid tersebut, sehingga akhirnya dapat diendapkan.

Penyisihan logam berat dan senyawa fosfor dilakukan dengan menumbuhkan larutan *alkali* (misalnya air kapur) sehingga terbentuk endapan *hidroksida* logam-logam tersebut atau endapan *hidroksipati*  $\text{Ca}_3\text{OH}(\text{PO}_4)_2$ . Endapan logam tersebut akan lebih stabil jika pH air  $> 10,5$  dan untuk hidroksipati pada pH  $> 9,5$ . Khusus untuk *Khrom hexavalen*, sebelum diendapkan sebagai *Khrom hidroksida*  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , terlebih dahulu direduksi menjadi *Khrom trivalen* dengan menumbuhkan *reduktor* ( $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{SO}_2$  atau  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ).

Penyisihan bahan-bahan organik beracun seperti *phenol* dan *cianida* pada konsentrasi rendah dapat dilakukan dengan mengoksidasinya dengan *klor* ( $\text{Cl}_2$ ), *kalsium permanganat*, *aerasi*, *ozon* *hidrogen peroksida* (Djajadiningrat, 1992).

Pada dasarnya kita dapat memperoleh efisiensi yang tinggi dengan pengolahan secara kimia, akan tetapi biaya pengolahan menjadi mahal karena memerlukan bahan kimia (Djajadiningrat, 1992).



**Gambar 2.2. Diagram Skematis Pengolahan Kimiawi (Djajadiningrat, 1992)**

### c. Pengolahan Secara Biologi

Semua air buangan yang biodegradabel dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang beberapa metoda pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

Pada dasarnya reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu :

- a) Reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reactor*)
- b) Reaktor pertumbuhan lekat (*attached growth reactor*)

Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi (Djajadiningrat, 1992).

Kolam oksidasi dan lagoon, baik yang diaerasi maupun yang tidak, juga termasuk dalam jenis reaktor pertumbuhan tersuspensi. Untuk iklim tropis seperti Indonesia, waktu detensi hidrolis selama 12 – 18 hari dalam kolam maupun dalam lagoon yang tidak diaerasi, cukup untuk mencapai kualitas efluent yang dapat memenuhi standar yang ditetapkan. Dalam lagoon yang diaerasi cukup dengan waktu detensi 3-5 hari saja (Djajadiningrat, 1992).

Di dalam reaktor pertumbuhan lekat, mikroorganisme tumbuh di atas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya. Oleh karenanya reaktor ini disebut juga sebagai bioreaktor film tetap. Beberapa modifikasi telah banyak dikembangkan selama ini, antara lain :

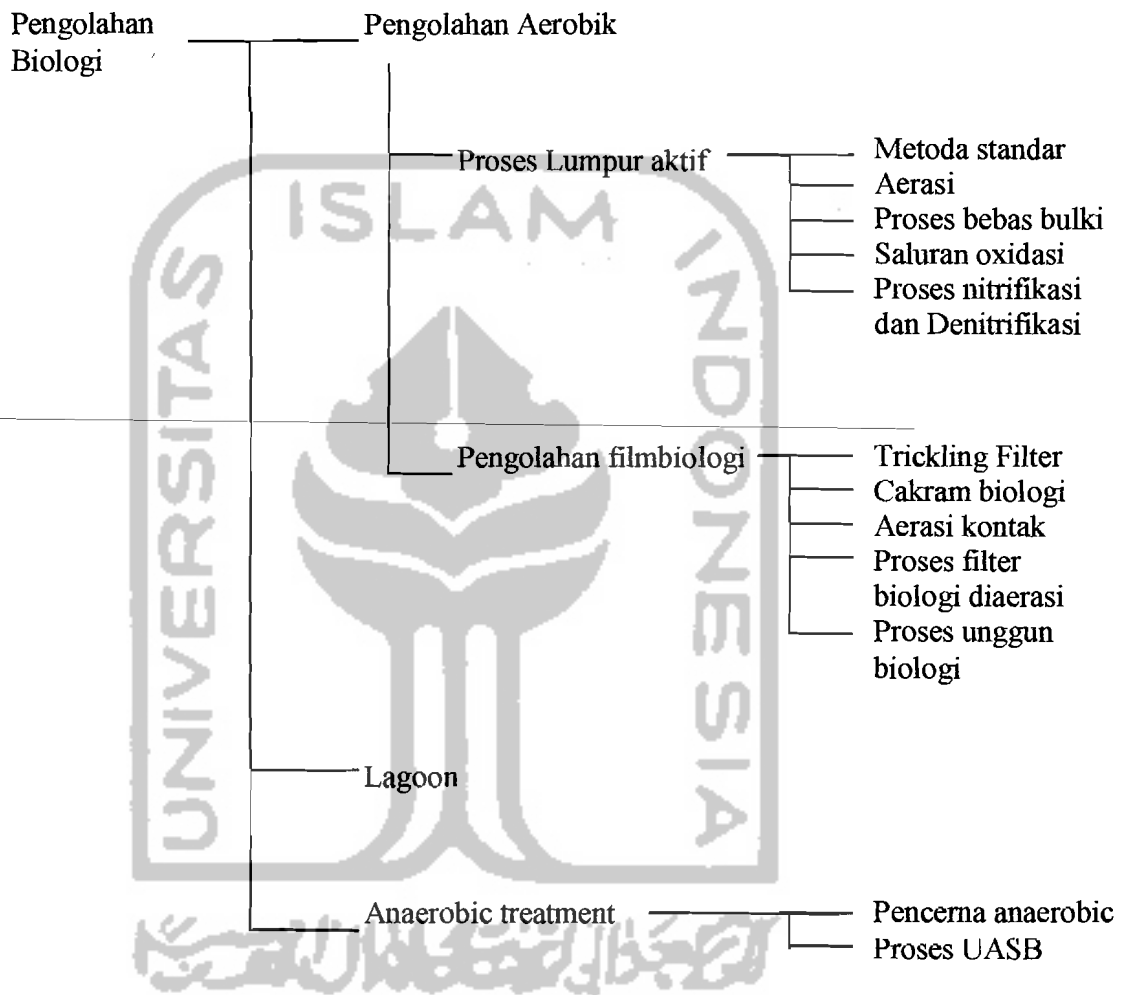
- a) Trickling filter
- b) Cakram biologi
- c) Filter terendam
- d) Reaktor fluidisasi

Seluruh modifikasi ini dapat menghasilkan efisiensi penurunan BOD sekitar 80-90% (Djajadiningrat, 1992).

Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan dalam dua jenis, yaitu :

- a) Proses aerob, yang berlangsung dengan hadirnya oksigen.
- b) Proses anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen.

Apabila BOD air buangan tidak melebihi 4000 mg/l, proses aerob masih dapat dianggap ekonomis dari anaerob. Pada BOD lebih tinggi dari 4000 mg/l, proses anaerob menjadi lebih ekonomis (Djajadiningrat, 1992).



**Gambar 2.3. Diagram Skematis Pengolahan Biologi (Djajadiningrat, 1992)**



## 2.2. Gambaran Umum Daerah Perencanaan

Tingkat pertumbuhan penduduk diwilayah perkotaan di Pulau Jawa mengalami peningkatan yang pesat. Peningkatan jumlah penduduk itu diikuti juga akan meningkatkan berbagai kebutuhan. Termasuk didalamnya kebutuhan pangan, papan dan kebutuhan lainnya. Secara sinergi, pertumbuhan industri dan permukiman juga semakin meningkat.

Di Daerah Istimewa Yogyakarta, pertumbuhan penduduk perkotaan pada tahun 2004 diperkirakan menjadi 70% dari total penduduk propinsi yang semula hanya berkisar 40% pada tahun 1990. peningkatan yang pesat ini akan menghasilkan berbagai ragam implikasi, diantaranya adalah masalah sarana sanitasi serta penanganan limbah cair.

Fasilitas perkotaan, salah satunya adalah pengolahan limbah cair tidak progresif mengikuti pertambahan jumlah penduduk. Akibatnya timbul kompleksitas permasalahan sanitasi diwilayah perkotaan.

Limbah cair rumah tangga dan industri yang tidak diolah dengan benar akan menjadi penyebab terjadinya pencemaran air permukaan. Kontribusi pencemaran bahan organik dari air limbah cair badan air Yogyakarta di perkirakan mencapai 25% hingga 50%. Disisi lain, kesadaran masyarakat mengenai bahaya yang ditimbulkan oleh limbah cair serta akibatnya terhadap permukiman masih rendah.

Study mengenai limbah rumah tangga telah dilakukan oleh pemerintah daerah dengan bekerjasama dengan berbagai pihak, diantaranya adalah proyek YUDP (Yogyakarta Urban Development Program). Tetapi informasi mengenai

limbah cair yang dihasilkan dari industri masih terbatas. Inilah salah satu hal yang melatar belakangi perlunya dilakukan studi ulang mengenai limbah cair industri dan perkotaan di Yogyakarta.

Menurut laporan Dinas perindustrian DIY dan YDD (Yayasan Dian Desa) yang ada menunjukkan bahwa pada tahun 1989 jumlah unit usaha yang masuk kelompok industri menengah ada sekitar 163 buah, sedangkan industri kecil mencapai 70.663 buah. Industri -industri tersebut adalah :

- a. Industri Penyamakan Kulit
- b. Pencelupan Batik
- c. Industri Makanan
- d. Rumah Sakit
- e. Perhotelan
- f. Tekstil

Untuk limbah cair rumah tangga pada umumnya buangan dari WC. Bebannya dipengaruhi oleh jumlah penduduk. Karena itu masalah tersedia atau tidaknya WC merupakan salah satu indikasi mengenai baik dan tidaknya sanitasi yang bersumber limbah cair rumah tangga.

### **2.2.1 Karakteristik Air Buangan**

Berdasarkan survei yang dilakukan, kondisi umum limbah cair domestik kota Yogyakarta dapat digambarkan sebagai berikut :

a. Industri Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit di Yogyakarta mempunyai sejarah cukup panjang. Industri ini berkembang cukup pesat hingga menjadi satu andalan ekspor. Di DIY ada 60 usaha kerajinan kulit, 40% dikota, 53% di Bantul, 7% sisanya di Sleman. Biasanya lokasi penyamakan kulit ini berada didekat sungai, hal ini untuk memudahkan mendapatkan air dan membuang limbahnya.

b. Pencelupan Batik

Industri pencelupan batik merupakan usaha kerajinan yang ada sejak dulu dan mempunyai kaitan erat dengan karya seni kraton. Usaha batik banyak terdapat di daerah sekitar kraton. Diperkirakan sekitar 5 kelompok usaha batik membuang limbah sekitar 375.2 m<sup>3</sup>/hari ke drainase terdekat.

c. Industri Makanan

Limbah industri ini lokasinya tersebar dan melayani pasar-pasar lokal letaknya relatif dekat dengan usaha tersebut. Limbah industri ini sering mengakibatkan konflik antar tetangga, karena limbah mereka tidak diolah tapi langsung dibuang ke badan air.

d. Rumah Sakit

Beban BOD yang dihasilkan limbah rumah sakit di wilayah perkotaan Yogyakarta sebesar 482.33 kg/hari dan beban COD mencapai 1368.01 kg/hari. Pada umumnya limbah cair dibuang langsung baik lewat resapan maupun saluran air yang menuju ke sungai. Rumah sakit yang sudah mempunyai treatment hanya RSUD Dr. Sarjito, Panti Rapih dan Bethesda.

Berikut ini typical karakteristik limbah rumah sakit yang umum dijumpai di Kota Yogyakarta

**Tabel 2.1. Karakteristik limbah cair rumah sakit di Kota Yogyakarta**

Item	Unit	Typical Value
PH		6-8
BOD	mg/l	400
COD	mg/l	800
SS	mg/l	250
Lemak	mg/l	100
TN	mg/l	70
TP	mg/l	10
<i>Microbiologi</i>		
Total coliform	Jumlah/ml	105 ~106
Salmonella	Jumlah/ml	10 ~102
Fecal coliform	Jumlah/ml	104 ~105
Fecal Sterptococci	Jumlah/ml	103 ~ 104
Enteris virus	Jumlah/ml	101 ~ 102
Helminth ova	Jumlah/ml	
<i>Quantity</i>		
Flow rate	Lt/bed.hari	150

e. Perhotelan

Perkembangan hotel tidak hanya pada jumlah, tetapi juga dalam hal fasilitas. Limbah cair hotel tidak beda dengan limbah rumah tangga biasanya, hanya konsentrasi dan volumenya lebih tinggi. Limbah cair dari WC biasanya dibuat septic tank dan diserapkan lewat *percollation well*. Pada lokasi yang terlewati saluran drainase, biasanya limbahnya dialirkan lewat sarana tersebut dan atau dibuang ke sungai langsung. DIY juga sudah ada progaram kali bersih merupakan kerja sama dari Bapeldalda DIY dengan semua industri yang ada. Bahkan standard baku mutu limbah cair secara khusus sudah ditetapkan oleh Gubernur DIY.

Karakteristik air buangan merupakan suatu faktor penting dalam menentukan :

- a) Desain dan operasi pengumpulan air buangan

- b) Sistem dan tingkat pengolahan air buangan
- c) Teknik pengolahan kualitas air buangan

Secara umum karakteristik air buangan dapat dikelompokkan atas :

#### 2.2.1.1 Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik secara umum menurut Sumekar (1994), adalah karakteristik yang dapat dideteksi oleh panca indera, yaitu :

##### a. Kekeruhan

Kekeruhan yang terjadi pada air buangan akibat adanya partikel-partikel zat padat dalam air buangan yang berasal dari aktivitas rumah sakit. Partikel-partikel zat padat itu berupa Total Solid.

Total Solid terdiri dari :

1. *Dissolved Solid* (zat terlarut)
2. *Suspended Solid* (tersuspensi), dimana *suspended solid* terdiri atas *settleable solid* (mengendap) dan *non settleable solid* (koloid).

Total Solid menurut komposisi kimianya dapat dibedakan menjadi :

1. *Fix solid*, yaitu zat padat yang tidak mengalami perubahan bentuk baik yang disebabkan oleh perubahan temperatur atau oleh aktivitas mikroba.
2. *Volatile solid*, yaitu zat padat yang mengalami perubahan bentuk baik yang disebabkan oleh perubahan temperatur maupun disebabkan oleh adanya aktivitas mikroba.

##### b. Warna

Warna air dipengaruhi oleh komposisi zat yang terkandung dalam air buangan. *True color* disebabkan oleh zat padat yang terlarut, sedangkan

*Apparent colour* (warna tampak) disebabkan oleh zat padat tersuspensi (*presipitat kimiawi*). Air buangan yang masih baru biasanya berwarna kelabu seperti warna sabun, coklat dan jika sudah lama (mulai membusuk) berubah menjadi abu-abu kemudian menghitam.

c. Bau

Bau disebabkan oleh adanya gas-gas yang timbul karena adanya penguraian zat-zat organik oleh mikroba terutama bakteri anaerobik. Bau yang khas dari air buangan berasal dari gas  $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$ .

d. Temperatur

Air buangan memiliki temperatur paling tinggi dicapai saat penguraian aktif oleh mikroba (lebih tinggi dari suhu normal) dan temperaturnya lebih tinggi dari temperatur air minum. Temperatur mempengaruhi waktu penguraian, kecepatan penguraian dan perkembangan mikroorganisme.

### 2.2.1.2 Karakteristik Kimia

a. Zat Organik

Zat organik berasal dari tumbuhan, hewan dan hasil metabolisme manusia yang tersusun dalam ikatan karbon, hidrogen dan nitrogen. Unsur-unsur lain yang biasanya terdapat dalam air buangan adalah sulfur besi dan fosfat (Sumekar, 1994).

1. Zat organik alamiah, banyak terdapat dalam air buangan domestik yang merupakan sisa metabolisme dari kehidupan manusia sehari-hari.
2. Zat organik buatan, berasal dari air buangan laboratorium dan apabila mengandung zat *toxic*, air buangan ini harus diolah secara khusus.

Pada umumnya kandungan bahan organik yang dijumpai dalam air buangan, 70 % terdiri dari *hidrat arang*, 40-60 % protein, lemak/minyak 10%. Kehadiran nitrogen dalam air buangan, akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen dalam air tersebut. Hal ini disebabkan oksigen akan dimanfaatkan oleh bakteri untuk proses *nitrifikasi* dan *denitrifikasi*, yaitu untuk menguraikan  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$  dan  $\text{N}_2$  (Sumekar, 1994).

b. Zat Anorganik

Zat anorganik dalam air buangan sangat penting dalam penentuan dan pemeriksaan kualitas air. Konsentrasi zat anorganik dalam air buangan tergantung dari jenis air buangan itu berasal. Pemeriksaan zat anorganik biasanya dilakukan terhadap nilai-nilai (Sumekar, 1994) :

1. pH untuk air buangan mula-mula bersifat alkali lalu asam dan netral kembali. pH air buangan yang bersifat ekstrem, misalnya : air buangan industri dan air buangan tekstil
2. *Salinitas* (kadar garam) yang tinggi dapat mengganggu kahidupan bakteri.
3. *Alkalinity* yang berbentuk *hidroksil karbonat* dan elemen-elemen lain seperti : *Kalsium, Magnesium, Sodium dan Amoniak*.
4. *Nitrogen, Phospor*, merupakan nutrien bagi pertumbuhan *protista* dan tumbuhan air.

c. Gas

Dalam aktivitas biologi dan kimia yang terjadi dalam air buangan banyak dihasilkan gas-gas seperti  $\text{H}_2\text{s}$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{CH}_4$  yang merupakan hasil dekomposisi dari zat organik dan  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  serta  $\text{CH}_4$  yang berasal dari atmosfer

(Sumestri, 1994). Kandungan bahan mineral dalam air buangan rumah tangga dapat dilihat dalam tabel 2.1

**Tabel 2.2. Kandungan bahan mineral air buangan rumah tangga**

Bahan mineral yang ada	Konsentrasi (mg/l)
Zat padat terlarut	100 – 300
Boron (B)	0,1 – 0,4
Sodium (Persen)	1 – 5
Sodium (N)	40 – 70
Potassium (K)	7 – 15
Magnesium ( $MgCO_3$ )	15 – 40
Kalsium ( $CaCO_3$ )	15 – 40
Nitrogen total (N)	20 – 40
Fosfat ( $PO_4$ )	20 – 40
Sulfat ( $SO_4$ )	13 – 30
Klorida (Cl)	20 – 50
Kesadahan total ( $CaCO_3$ )	100 – 150

Sumber : P. Walton Purdom, 1980.

### 2.2.1.3 Karakteristik Biologis

Secara biologis, dalam air buangan terdapat mikroorganisme yang dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

- a. Protista : bakteri, fungi, protozoa dan algae
- b. Tumbuhan : macam-macam lumut pakis
- c. Hewan : invertebrata dan vertebrata, tetapi kebanyakan jenis hewan lunak seperti cacing.

Komposisi air buangan dapat dilihat pada tabel 2.1



Tabel 2.3. Komposisi air buangan

Konstituant	Konsentrasi		
	Kuat	Medium	Lemah
Solid total	1200	720	350
Disolved total	850	500	250
Fixed	525	300	145
Volatile	325	200	105
Suspended total	352	220	100
Fixed	75	55	20
Volatile	275	165	80
Seteeable solid (Ml/l)	20	10	5
BOD <sub>5</sub> , 200	400	220	110
TOC	290	160	80
COD	1000	500	250
Nitrogen (total as N)	85	40	20
Organik	35	15	8
Free Ammonie	50	20	15
Nitries	0	0	0
Nitrates	0	0	0
Phosporus	15	8	4
Organik	5	3	1
Chlorides	10	5	1
Inorganik	100	50	30
Alkalinity (as CaCo <sub>3</sub> )	200	100	50
Lemak	150	100	50

Sumber : Tchobanoglous, *Waste Water Engineering*, 1991.

Secara garis besar karakteristik parameter air buangan ditentukan oleh :

1. Kadar Suspended Solid (SS), yaitu partikel-partikel zat padat yang tersuspensi dalam air buangan. Kadar SS diukur untuk menentukan kapasitas runag lumpur pada bak pengendap dan banyaknya lumpur yang harus diolah.
2. Kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri aerobik untuk menguraikan semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat tersuspensi dalam air (Sumesteri, 1987). Semakin banyak zat organik yang terkandung dalam air buangan, semakin besar kebutuhan oksigen sehingga nilai BOD semakin besar. Jadi BOD dapat

dijadikan indikator terhadap banyaknya zat organik dalam air buangan sehingga merupakan pula indikator pencemaran (Mara, 1976). Banyaknya oksigen yang dibutuhkan sampai bio oksidasi selesai diuraikan oleh mikroorganisme disebut BOD<sub>5</sub>, 20<sup>0</sup> C ultimate yang artinya banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikrobia untuk menguraikan zat organik dalam waktu 5 hari pada temperatur 20<sup>0</sup> C.

3. *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik secara kimia menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Sebagai indikator dipergunakan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. pada reaksi oksidasi ini semua zat organik dapat tereduksi menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.
4. pH (*Potensial Hidrogen*), berguna untuk menentukan dosis bahan kimia dalam instalasi pengolahan, sehingga konsentrasi ion hidrogen merupakan ukuran kualitas air maupun air buangan. Adapun kadar yang baik adalah kadar dimana kehidupan biologis di dalam air bersih dapat berjalan dengan baik.
5. Daya Pengikat Chlor (DPC) adalah chlor yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua zat kimia organik yang terdapat dalam air buangan. Kadar chlor yang dibutuhkan tidak ditentukan berdasarkan DPC, melainkan berdasarkan BOD yang harus diturunkan pada effluent pengolahan tingkat II.

Dari kelima faktor di atas, dalam pelaksanaannya hanya dua faktor yang umum dipergunakan yaitu BOD dan SS. Keduanya sangat penting untuk menentukan tingkat dan macam unit instalasi yang dipergunakan dalam pengolahan air buangan.

### 2.3 Kuantitas Air Limbah Cair Domestik Kota Yogyakarta

Kuantitas air limbah adalah volume debit air yang berasal dari air buangan domestik Kota Yogyakarta. Kuantitas air buangan dikumpulkan dalam jaringan penyalur air buangan berupa saluran bawah tanah dibawah badan jalan, untuk selanjutnya dialirkan menuju bangunan pengolahan berupa IPAL yang terletak di Sewon, Bantul.

Debit air buangan domestik Kota Yogyakarta diperhitungkan berdasarkan jumlah rata-rata pemakaian air bersih untuk kegiatan sehari-hari penduduk setempat dan industri tersebut. Jumlah rata-rata pemakaian air bersih dilihat dari meteran air PDAM dan atau sumber air bersih lainnya yang ada di sekitar penduduk, seperti sumur artesis. Di Kota Yogyakarta rata-rata penduduk setempat menggunakan PDAM dan Sumur setiap sumur memberikan suplay dengan debit air 16,9 lt/dt (asumsi). 70 % dari pemakaian rata-rata air bersih akan menjadi air buangan (Sugiharto, 1987).

Cara pengukuran yang lain yaitu pengukuran debit secara langsung dengan menggunakan sekat ukur Thomson. Sekat ini berbentuk segitiga sama kaki dengan sudut  $90^0$  dan dapat dipindah-pindahkan karena bentuknya yang sangat sederhana.

Penggunaan alat ini dengan memperhatikan rumus :

$$Q = 0,0138 \cdot h^{5/2}$$

Dimana :  $Q$  = Debit air limbah ( $m^3$ )

$H$  = Tinggi muka air (Cm) (Tchobanoglous, 1991)

Pemakaian air bersih untuk kegiatan sehari-hari di Kota Yogyakarta dapat dibedakan menjadi tiga kegiatan yaitu untuk kegiatan sehari-hari penduduk (mencuci, mandi, WC dll) dan kegiatan operasional industri. Total keperluan air bersih untuk kegiatan tersebut diambil rata-rata debit 250 lt/hari untuk operasional penduduk dan operasional industri 500 lt/detik (asumsi).

#### 2.4 Pengolahan Air Buangan Berdasarkan Tahap Pengolahannya

Air buangan dapat diolah dalam beberapa tahap pengolahan, tergantung dari komposisi zat yang terkandung di dalamnya. Menurut Bamayi (1995), tahap pengolahan air limbah terdiri dari :

- a. Pengolahan Primer (pengolahan tingkat I)
- b. Pengolahan Sekunder (pengolahan tingkat II)
- c. Pengolahan Tertier (pengolahan tingkat III)
- d. Pengolahan Lanjutan

Pengolahan Primer meliputi pengolahan pendahuluan (*preliminary treatment*) yang terdiri dari operasi pemisahan secara mekanis untuk memisahkan benda-benda terapung yang berukuran relatif besar seperti gabus, plastik, potongan kayu dan sebagainya. Pemisahan dilakukan dengan *Bar Screen*. Jika masih ada benda terapung yang berukuran lebih kecil, diracik dengan *Communitor*. Untuk pemisahan zat padat anorganik yang berukuran relatif lebih kecil, yaitu pasir atau kerikil halus dan bahan kasar lainnya seperti kaca, senga atau besi, digunakan *Grit Chamber*. Setelah air limbah melewati unit-unit pra pengolahan, kemudian masuk ke unit pengolahan pertama yaitu tangki

sedimentasi pertama. Di sini air limbah mengalami pemisahan secara fisik (mekanik) dari kandungan zat organik yang ringan, mudah membusuk, berukuran relatif lebih besar. Prinsip proses pemisahan secara gravitasi berdasarkan perbedaan berat jenis antara zat padat dengan zat cair. Bila pengolahan primer ini dilakukan secara optimal maka dapat mereduksi BOD 30 % dan SS 60 % (Bamayi, 1995).

Pengolahan Sekunder berfungsi untuk mereduksi zat organik yang terkandung dalam air limbah dari pengolahan primer serta menurunkan kandungan zat padat tersuspensi (SS). Bila dalam Pengolahan Primer reduksi BOD tidak cukup tinggi, maka diharapkan setelah melalui Pengolahan Sekunder, BOD effluent akan memenuhi standar baku mutu yang berlaku (Bamayi, 1995). Pengolahan Sekunder biasanya menggunakan proses oksidasi secara aerobik yang terdiri dari unit pengolahan biologis serta dilengkapi unit tangki sedimentasi sekunder. Proses biologis ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- 1) Proses perkembangan mikroorganisme yang disuspensikan (*Suspended Growth Process*).
- 2) Proses perkembangan mikroorganisme yang dilekatkan (*Attached Growth Process*)

Kedua jenis proses tersebut memanfaatkan populasi mikroorganisme yang dapat mereduksi zat organik dan unsur lainnya (nutrien) dalam suasana aerobik agar dapat berkembang biak dalam keadaan tersuspensi (Bamayi, 1995). Hal ini juga terjadi pada proses *Activated Sludge*, *Aerated Lagoon*, dan *Oxidation Pond*. Sedangkan pada proses mikroorganisme yang dilekatkan, mikroorganisme

tersebut melekat pada suatu media lembab. Media tersebut dapat berupa batu, keramik yang dirancang khusus atau bahan plastik. Proses ini terdapat pada *Trickling Filter* dan RBC (*Rotating Biological Contractor*). Effluent dari kedua proses biologis tersebut masih mengandung zat padat biologis tersuspensi. Untuk itu perlu pengolahan berikutnya yaitu pemisahan mekanis dan sedimentasi yang disebut tangki sedimentasi II (*Final Clarifier*) agar effluent akhir dapat memenuhi standar baku mutu. Endapan yang dihasilkan disebut lumpur sekunder (*secondary sludge*). Lumpur ini harus diolah lagi dengan pengolahan yang hampir sama dengan pengolahan lumpur primer (Bamayi, 1995).

Pengolahan Tertier diaplikasikan hanya bila diperlukan. Fungsinya adalah mereduksi kandungan anorganik dan organik dari effluent hasil pengolahan primer dan sekunder. Dengan kata lain untuk mencapai kualitas BOD dan SS yang lebih baik. Proses pengolahan tertier dapat bersifat fisis, kimiawi, biologis atau kombinasi dari ketiganya, tergantung pada hasil akhir yang diinginkan. Proses yang bersifat fisis adalah pemisahan zat padat tersuspensi yang biasanya dilakukan dengan salah satu dari cara utama yaitu (Bamayi, 1995) :

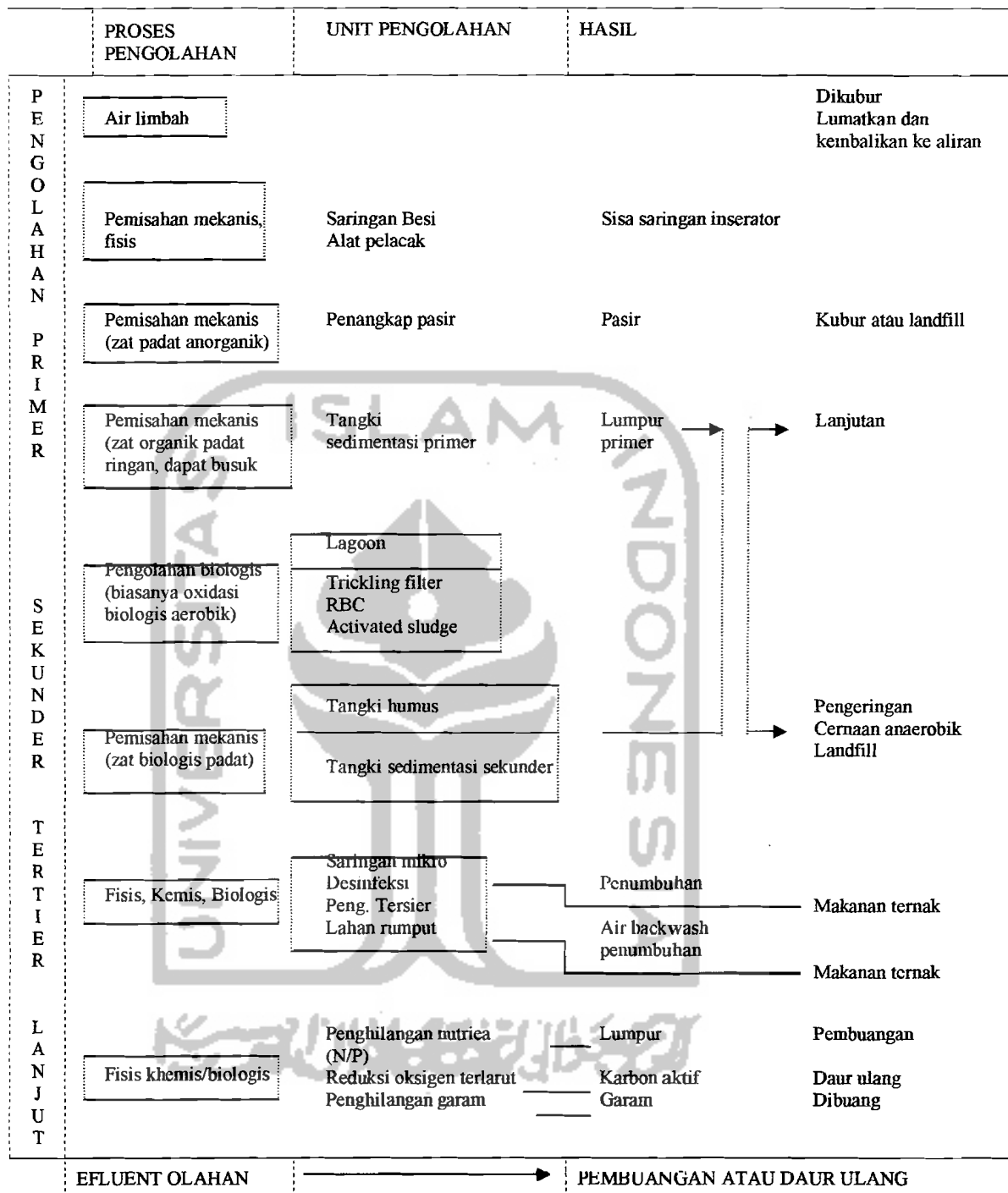
- 1) Sedimentasi dengan waktu yang panjang, menggunakan saringan halus (*micro stainer*), saringan dengan butir media, saringan rumput (effluent pengolahan sekunder diperlakukan mengalir di rumput).
- 2) Desinfeksi untuk membunuh bakteri patogenik. Kebutuhan desinfeksi dan derajat pengaruhnya pada setiap sistem pengolahan air limbah rumah sakit amat ditekankan. Pengolahan ini biasanya menggunakan zat kimia seperti chlor, ozon atau dengan penyinaran ultraviolet.

Proses pengolahan tertier sangat kecil pengaruhnya terhadap bahan-bahan seperti senyawa-senyawa organik ion *biodegradable*, *surfaktan* (detergen), garam organik terlarut dan nutria terlarut khususnya nitrogen dan fosforus (N/P). Untuk itu perlu adanya pengolahan lanjutan (Bamayi, 1995). Kandungan bahan tersebut dalam effluent pengolahan tertier lazimnya :

- a. Nutria, seperti berbagai bentuk nitrogen anorganik (30 – 60 mg/lit)
- b. Senyawa organik terlarut residu (15-30 mg/lit sebagai karbon organik).
- c. *Surfactant* (0,5-5 mg/lit)
- d. Garam anorganik terlarut (400-800 mg/lit zat padat terlarut total, TDS)

Oleh karena proses ini akan menambah biaya pengolahan air yang tidak sedikit, maka penggunaannya hanyalah dalam keadaan luar biasa. Diantara proses itu adalah penghilangan nitrogen dapat dengan cara *destilasi amonia*, *chlorinasi breakpoint*, pertukaran ion atau *denitrification*. Penghilangan fosfor terutama dengan pengendapan secara kimia dan metode biologis. Untuk menghilangkan organik residu dapat dengan *adsorpsi* karbon aktif. Karbon aktif juga dapat dipergunakan untuk menghilangkan zat padat terlarut organik serta digunakan dalam proses *desalination* dan reduksi zat organik rendah. Untuk menghilangkan detergen dapat digunakan pemecah busa, sedangkan untuk mengontrol garam dapat dengan cara *desalination*, *reverse osmosis* atau *destilasi* (Bamayi, 1995).

Instalasi pengolahan yang merupakan gabungan dari tahap-tahap di atas dalam suatu fasilitas disebut Instalasi Pengolahan Konvensional yang bagan alirnya dapat dilihat pada gambar 2.3



**Gambar 2.4. Bagan alir instalasi pengolahan konvensional**

(Sumber : Barnes et al, Water and Wastewater Engineering System,

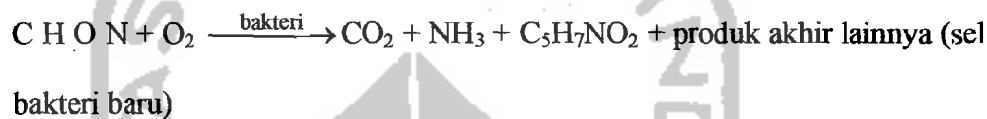


## 2.5 Proses Pengolahan Biologi

Proses pengolahan air buangan secara biologi terbagi menjadi lima kelompok utama yaitu proses aerobik, proses *anoxic*, proses anaerobik, aerobik kombinasi dan proses *pond*. Pembagian lebih lanjut dari proses-proses individual tersebut adalah sistem pertumbuhan lekat atau kombinasi keduanya (Davis, 1991).

Aplikasi dari proses tersebut adalah untuk :

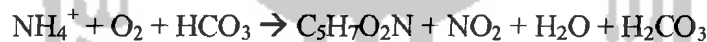
1. Mengolah materi organik karbon pada air buangan, sebagai ukuran biasanya digunakan BOD, TOC, atau COD. Reaksinya adalah sebagai berikut :



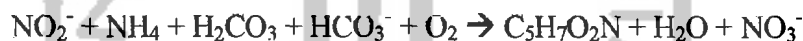
2. *Nitrifikasi*

Adalah proses perombakan amoniak menjadi nitrit. Reaksinya adalah :

- a. Reaksi *Nitrosomonas*



- b. Reaksi *Nitrobakter*



3. *Denitrifikasi*

Adalah reaksi perubahan dari nitrit menjadi gas nitrogen dengan proses biologi tanpa ketersediaan oksigen. Reaksinya adalah :



4. Pengolahan Fosfor

Fosfor pada air limbah dapat berupa *orthophosphate* ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), *polyphosphate* ( $\text{P}_2\text{O}_7$ ) dan zat organik yang tersusun oleh fosfor. Mikroorganisme pengurai adalah *Acinetobakter*.

## 5. Stabilisasi air buangan

Stabilisasi air buangan digunakan untuk memperbaiki pengolahan sekunder.

Proses ini dapat mereduksi mikroorganisme patogen pada air limbah.

### 2.6 RBC (Rotating Biological Contractor)

RBC merupakan alat pengolahan air limbah secara biologis yang termasuk dalam komponen aerobic attached-growth treatment process.

*Rotating Biological Contactors* (RBC) merupakan pengolah limbah cair dengan proses aerobik yang memiliki banyak keistimewaannya. Keistimewaan tersebut antara lain : operasionalnya mudah, konsumsi energi sedikit dan menghasilkan lumpur sedikit. Oleh karena itu RBC termasuk teknologi pengolahan limbah cair yang penting dan bisa digunakan dinegara Asia secara luas.(Nao Tanaka,2002)

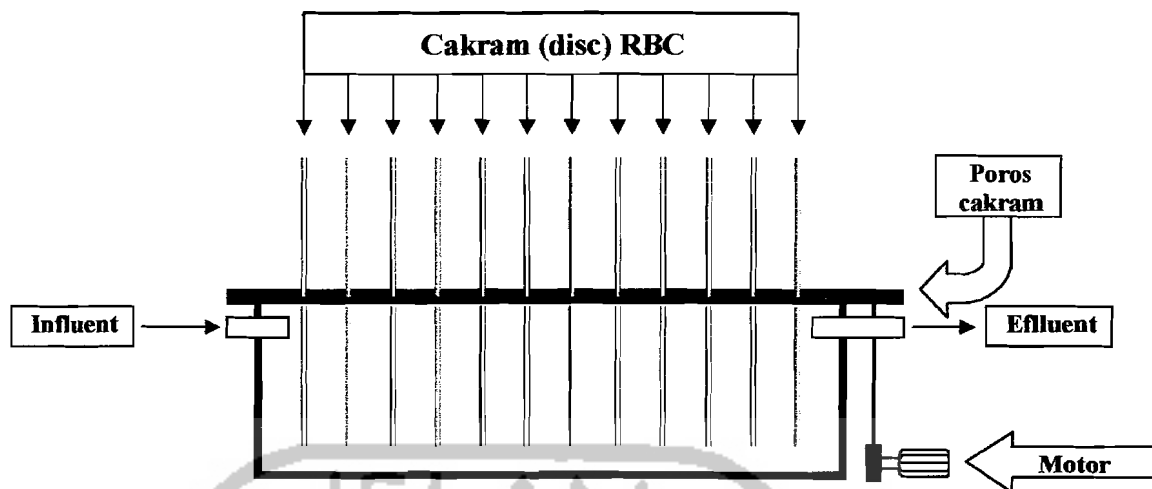
Kalau dibandingkan dengan proses biasa seperti lumpur aktif, RBC mempunyai beberapa keistimewaan. Berikut ini tabel yang menunjukkan kelebihan dan kekurangan RBC dibandingkan *Activated Sludge*.

**Tabel 2.4. Kelebihan dan kekurangan RBC dengan Activated Sludge**

Item of Comparison	RBC	Activated Sludge
Existence Form of Microorganism	Fixed Film	Suspended
Microbial Biota	Diverse	Simple
Energy Consumption	Relatively Small	Relatively Large
Amount of Excess Sludge	Small	Large
Stability for Load Fluctuation	Stable	Unstable
Treated Water Quality	Suitable for Moderate Quality Requirement	Responsible for high Quality Requirement
Operation/Maintenance	Easy	Difficult
Biomass Concentration	Uncontrollable	Controllable
Problems Often Faced	Clogging	Bulking
Flexibility for Expansion	Large	Small
Initial Investment	Advantageous for Small/Medium Plant	Advantageous for large Plant

**Sumber : Seminar Teknologi Tepat Guna Pengolahan Limbah Cair, Yayasan Dian Desa, 2002**

Pertama, pengoperasiannya mudah, yaitu dengan memutar saja. Karena itu siapa pun bisa mengoperasikannya. Sedangkan pada proses lumpur aktif, konsentrasi mikroorganisme dalam tangki harus selalu diawasi dan dikontrol, juga kadang-kadang terjadi yang disebut "*Bulking*" (penumpukan yang dapat menyebabkan operasi alat tidak berjalan) dan harus ditangani dengan keahlian tertentu. Selain mudah dioperasikan RBC punya keunggulan yang lain, yaitu dengan sedikit listrik, RBC cukup efisien memberikan oksigen lebih banyak pada organisme bila dibandingkan dengan proses lumpur aktif. Lagi pula, RBC menghasilkan lumpur sedikit karena jenis mikroorganismenya lebih beraneka ragam dibandingkan pada proses proses lumpur aktif, sehingga pertumbuhan mikroorganisme lambat atau mikroorganisme memakan mikroorganisme yang lain.



Gambar 2.5. Gambar Sket aliran air dalam chamber

Berbeda dengan anaerobic filter, pada sistem RBC mikroorganisme memerlukan suplai oksigen untuk mengurai. Untuk itu cakram-cakram RBC diputar agar terjadi kontak dengan udara. Untuk memutar cakram-cakram tersebut, diperlukan sebuah motor penggerak. Pada konstruksi RBC, motor yang diperlukan untuk memutar cakram mini pada tahap awal (starting) adalah sebesar 3 pK; tetapi setelah berputar hanya diperlukan power secara kontinue sebesar 550 watt.

Dimensi RBC sebesar 3 m (panjang) x 1,5 m (lebar), diameter cakram 1,2 m. Konstruksi menggunakan beton bertulang (ukuran lapangan).

Akan tetapi untuk kualitas efluent (buangan) RBC pada umumnya lebih rendah dari pada efluent lumpur aktif yang dioperasikan dengan baik. Untuk fasilitas skala agak besar, memang RBC menjadi kurang ekonomis. Kalau kita melihat keistimewaan dan kekurangan RBC diatas, maka RBC boleh dikatakan sebagai teknologi yang penting dan memiliki harapan di negara-negara Asia, khususnya untuk pengolahan skala kecil, menengah dan besar.

## **Aerobik**

Istilah aerobik yang digunakan dalam proses penanganan biologis berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor elektron terakhir adalah proses utama yang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah mikroorganisme aerobik.

## **Pertumbuhan Melekat**

Pertumbuhan mikroba akan melekat bila mikroorganisme tumbuh pada medium padat sebagai pendukung dan aliran kontak dengan organisme. Media pendukung dapat berupa batu-batu besar, karang, lembaran plastik bergelombang, atau cakram yang berputar. Contoh pertumbuhan melekat pada filter penetes (*Trickling Filter*), filter anaerobik, dan cakram biologis berputar (*Rotating Biological Contactor*).

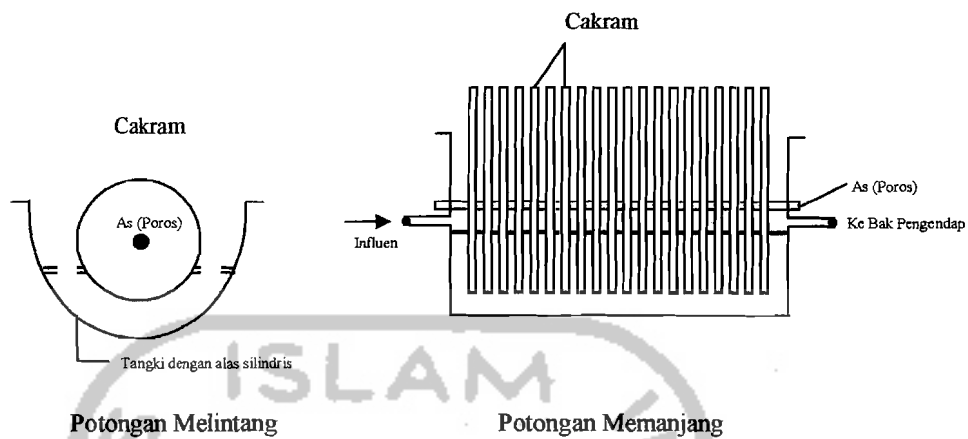
### **2.6.1 Beberapa Pengertian dan Prinsip Dasar RBC**

RBC adalah suatu kotaktor biologis yang terdiri dari cakram-cakram bundar yang terpasang pada as (sumbu) yang berputar. Pertumbuhan biologis menempel pada cakram-cakram dimana sebagian luas dari cakram-cakram tersebut tercelup dalam tangki yang berisi air limbah. Saat cakram-cakram berputar pertumbuhan biologis yang menempel menyerap bahan-bahan organik dan mengoksidasi bahan tersebut secara biologis. Oksigen tersedia melalui *absorpsi*

dari atmosfer ketika cakram-cakram terpapar udara selama perputarannya (Reynolds, 1982).

Ditinjau dari pola hidup mikroorganisme RBC mirip dengan *trickling filter* dimana mikroorganismenya melekat pada *disk* (cakram) sedang pada *trickling filter* mikroorganismenya hidup pada batu. Dalam RBC ini cakram tempat mikroorganisme hidup terus berputar antara air dan udara, ketika cakram ini tercelup dalam air mikroorganisme menyerap zat organik didalam air dan ketika cakram di udara mikroorganisme menyerap oksigen sehingga lengkaplah proses metabolisme untuk menguraikan zat organik terkandung dalam air sehingga zat organik dipisahkan dari air dengan hasil ideal, air bersih yang tidak mengandung bahan organik lagi (Utami Choliq, 1993).

RBC analog dengan penyaring penetes berputar (*Rotating Trickling Filter*). Cakram dihubungkan dengan suatu tangkai (as) dan diberi jarak yang pendek dari satu cakram ke cakram lain, diputar dalam tangki *semisirkuler* dimana limbah cair mengalir. Lapisan biologis terbentuk pada permukaan cakram dengan cara yang serupa pada permukaan penyaring penetes. Bila direndam dalam air lapisan mikroba akan menyerap bahan organik. Pada saat berputar cakram membawa lapisan mikroba menyerap oksigen. Organisme pada permukaan cakram menggunakan oksigen dari bahan organik untuk pertumbuhan, sehingga mengurangi kebutuhan oksigen dalam air limbah. Kecepatan cakram dapat beragam dan umumnya dalam kisaran 2-5 rpm. Kriteria penampilan untuk RBC umumnya berdasarkan pada efisiensi penghilangan, yaitu persen *reduksi*

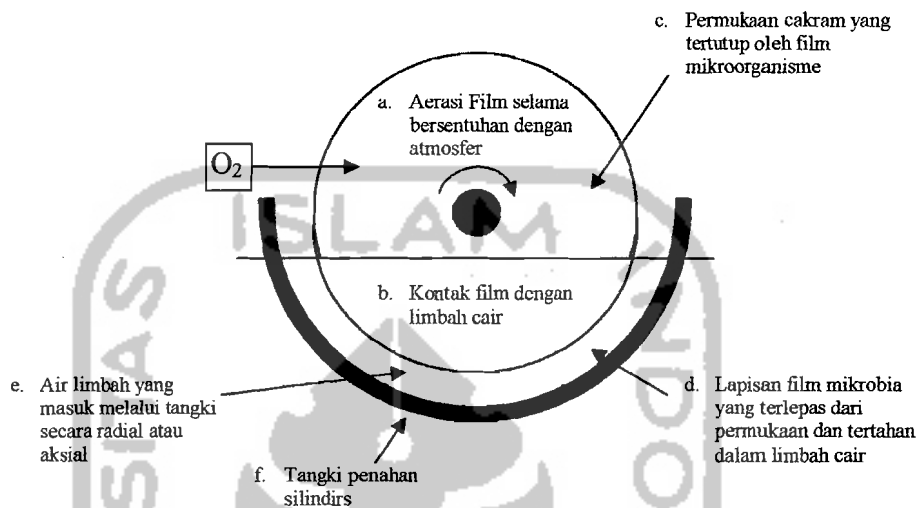


**Gambar 2.6. Kontaktor biologis Cakram Berputar (Rao and Datta,1987)**

RBC dapat berupa pengolah satu tahap atau multi tahap terdiri dari tahap atau lebih yang tersusun dalam satu rangkaian untuk mencapai penurunan parameter BOD yang lebih besar dibanding yang terjadi pada tahap tunggal (Reynolds, 1982).

## 2.6.2 Prinsip-Prinsip Operasi RBC

Dalam unit RBC ini pada permukaan cakram terdapat lapisan film yang tebalnya beberapa milimeter. Prinsip operasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.7. Prinsip Operasi RBC (Benfield and Randall, 1980)**

Diameter cakram biasanya sepanjang 20-30 cm dalam skala laboratorium dan dirotasikan dengan kecepatan 1-2 rpm. Tingkat rotasi konstan, secara perlahan-lahan dalam hal ini dapat menghindari masalah-masalah yang berkaitan dengan pengeringan film mikrobial dari bahan-bahan absorpsi bersifat aerobik. Karena meningkatnya ketebalan film, kondisi anaerobik dapat mengalami hubungan dengan permukaan cakram, dan meningkatnya ketebalan film (2-3 mm) menyebabkan bidang biomassa menurun. Film yang melekat pada cakram kemudian menjadi aerobik dan siklus tersebut kembali berulang sehingga efisiensi proses oksidasi hampir menjadi konstan apabila cakram berputar, maka pertumbuhan biologis pada cakram melewati air limbah dan menyerap bahan-



bahan organik untuk pertumbuhan. Jika pertumbuhan biologis melalui udara maka terseraplah oksigen yang digunakan untuk menjaga supaya pertumbuhan biologis sedapat mungkin dalam kondisi aerobik.

### 2.6.3 Kriteria Desain Proses RBC

Kriteria desain dalam proses RBC terdiri dari :

Criteria	Satuan
Organic loading (OL)	0.5-1.0 kg/m <sup>3</sup> .hr (tanpa nitrifikasi) 0.25-0.30 kg/m <sup>3</sup> .hr (dgn nitrifikasi)
Hidrolik loading (HL)	0.03-0.06 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hr (tanpa nitrifikasi) 0.015-0.03 (dgn nitrifikasi)
Kecepatan rotasi	60 ft/menit atau 1-5 rpm
Ratio surface area	65-82 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> disc
Volume bak	5 x 10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> luas disc
Waktu detensi	40-120 menit (tanpa nitrifikasi) 90-250 (dgn nitrifikasi) (pada 5 x 10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> luas disc)
Surface loading pada clarifier	500-800 gal/ft <sup>2</sup> .hari
Tenaga Power	3.0-5.0 HP/25 ft shaft
Diameter disc	1-5 m
Jarak antar disc	1-5 cm
Jumlah disc	20-50 disc/stage

Sumber : Pusteklim Yayasan Dian Desa

- a. Diameter cakram : 1-5 meter (skala lapangan)  
20-40 cm (skala laboratorium)
- b. Kecepatan putaran : 15-20 rpm
- c. Ketebalan cakram : 1-5 cm
- d. Jarak antar cakram : 5-15 cm
- e. Permukaan cakram yang terendam : 40-60%
- f. Jumlah cakram : 9 buah (skala laboratorium)

Konfigurasi proses RBC sering kali menggunakan pola konvensional yaitu tangki pengendapan primer yang diikuti oleh unit RBC, kemudian sebuah tangki pengendapan sekunder tersebut paling tidak akan menghilangkan 50% dari bahan padat tersuspensi, tetapi hanya sekitar 25% dari BOD<sub>5</sub>.

Pengendapan sekunder diperlukan untuk menghilangkan film yang terlepas pada tahap RBC. Biomassa film ada dalam suatu bentuk yang dapat mengendap dengan baik, sehingga tingkat aliran atau limpahan konvensional dapat digunakan (Barnes, *et al.*, 1981).

Dalam merancang sistem RBC ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan antara lain, penahapan unit RBC, kriteria pembebanan, karakteristik efluen, persyaratan bak pengendap. Sistem RBC dapat dirancang untuk mengatasi pengolahan sekunder atau pengolahan lanjutan. Karakteristik efluen BOD<sub>5</sub> untuk pengolahan sekunder sebanding dengan proses lumpur aktif yang beroperasi dengan baik. kisaran tipe-tipe karakteristik efluen dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Informasi Desain Tipikal Untuk RBC

Item	Tingkat Pengolahan		
	Sekunder	Nitrifikasi Gabungan	Nitrifikasi Terpisah
Beban hidrolis, gal/ft <sup>2</sup> . hari	2.0 – 4.0	0.75 – 2.0	1.0 – 2.5
Beban organik	-	-	-
Ib SBODs/10 <sup>3</sup> ft <sup>2</sup> . hari <sup>a,b</sup>	0.75 – 2.0	0.5 – 1.5	0.1 – 0.3
Ib TBODs/10 <sup>3</sup> ft <sup>2</sup> . hari <sup>a,c</sup>	2.0 – 3.5	1.5 – 3.0	0.2 – 0.6
Beban maksimum pada tahap awal	-	-	-
Ib SBODs/10 <sup>3</sup> ft <sup>2</sup> . hari <sup>a,b</sup>	4 – 6	4 – 6	-
Ib TBODs/10 <sup>3</sup> ft <sup>2</sup> . hari <sup>a,c</sup>	8 – 12	8 – 12	-
Beban NH <sub>3</sub> , Ib/10 <sup>3</sup> ft <sup>2</sup> . hari <sup>a,b</sup>	-	0.15 – 0.3	0.2 – 0.4
Waktu retensi hidrolis, 0, jam	0.75 – 1.5	1.5 – 4	1.0 – 2.9
Efluen BODs mg/l	15 – 30	7 – 15	7 – 15
Efluen NH <sub>3</sub> mg/l	-	< 2	1 – 2

Sumber : MetCalf and Eddy, 1991.

Keterangan : <sup>a</sup> Temperatur air limbah di atas 55<sup>0</sup> F (13<sup>0</sup> C)

<sup>b</sup> SBOD = BOD terlarut

<sup>c</sup> TBOD = BOD total

#### 2.6.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Penguraian Substrat dalam RBC

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sistem RBC dalam fungsinya menguraikan substrat dalam air buangan, yaitu :

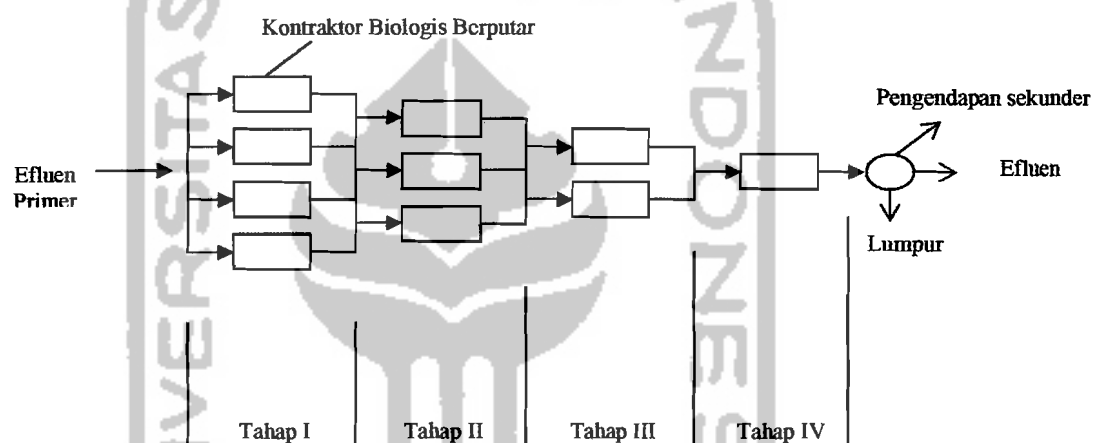
##### a. Rotasi media pendukung

Gerak rotasi media pendukung RBC merupakan mekanisme utama dalam proses bioksidasi yang terjadi antara biomassa dan oksigen. Media pendukung mempunyai fungsi sebagai tempat terjadinya semua mekanisme pengurai substrat dalam RBC. Mekanisme yang dipengaruhi oleh faktor ini antara lain kontak yang kontinyu antara limbah dengan biomassa, memberikan oksigen

yang cukup bagi proses oksidasi. Jenis bahan yang dapat digunakan untuk media pertumbuhan biofilm yaitu kayu, plastik, PVC, polyethylene, dan polystyrene.

**b. Staging (tahap pengolahan)**

Staging adalah metode pengaturan pembagian luas total reaktor yang dibutuhkan suatu tingkat pemisahan tertentu dari substrat kedalam beberapa tahap pengolahan. Dalam merencanakan sistem RBC, model yang digunakan tergantung kondisi awal air limbah.



**Gambar 2.8. Diagram Skematis Tahap pengolahan Pada RBC (Metcalf and Eddy, 1991)**

**c. Pembelian hidrolis dan organik**

Air limbah dengan beban hidrolis dan organik yang tinggi, maka kombinasi seri dan paralel baik untuk digunakan, tetapi untuk air limbah dengan beban hidrolis dan organik yang tinggi dapat digunakan model seri saja.

**d. Kecepatan rotasi**

Kecepatan rotasi berkisar antara 2-6 rpm atau dapat juga setinggi 12 rpm (Rao and Datta, 1987).

Kecepatan yang terlalu tinggi akan mengakibatkan bakteri yang melekat pada cakram akan terlepas dan kecepatan yang terlalu rendah akan mengakibatkan bakteri yang melekat pada cakram menjadi terlalu tebal dan lembek sehingga tidak efektif dan memungkinkan terjadinya proses anaerobik yang tidak diharapkan terjadi pada RBC.

**e. Arah aliran**

Arah aliran air (influen) yang tegak lurus terhadap posisi cakram memberikan efisiensi yang lebih tinggi dibanding arah sejajar.

**f. Posisi cakram dalam air**

Persentase kedalaman cakram yang tercelup dalam air ternyata merupakan parameter penting dalam operasi RBC. Umumnya 40%-60% dari diameter cakram tercelup dalam air dan sisanya dalam udara bebas.

**g. Temperatur (suhu)**

Suhu air limbah diharapkan lebih dari 55<sup>0</sup>F (13<sup>0</sup>C). Temperatur ideal adalah 20-30<sup>0</sup>C, karena itu RBC dianggap cocok untuk daerah tropis seperti indonesia.

**h. Derajat keasaman**

Organisme yang merombak senyawa-senyawa organik akan menyesuaikan dari pada kisaran pH yang sempit biasanya antara 6,5 sampai dengan 8,5.

Derajat keasaman yang terlalu rendah atau tinggi dari kisaran tersebut akan dapat menghambat proses perombakan senyawa organik limbah.

#### **i. Proses aklimasi dan pertumbuhan mikroorganisme**

Proses *aklimasi* dimaksudkan untuk mendapatkan suatu kultur yang mantap dari mikroorganisme dan dapat beradaptasi dengan air limbah. Untuk mendapatkan lapisan film yang baik diusahakan RBC beroperasi selama 24 jam dalam 1 hari, tahap awal untuk mendapatkan lapisan film yang baik RBC harus dioperasikan selama kurang lebih 16 hari secara kontinyu (Anonim, 1980).

### **2.7 Mikroorganisme Pengurai Komponen Organik Air Limbah**

Mikroorganisme yang berperan dalam penguraian komponen organik air limbah meliputi *bakteri, fungi, algae, dan protozoa*. Terdapat juga hewan-hewan tingkat lebih tinggi seperti cacing serangga, larva serangga, dan juga bekicot (Metcxalf and Eddy, 1991).

#### **a. Bakteri**

Kebanyakan bakteri adalah *kemoheterotrofik* yang menggunakan bahan organik sebagai sumber energi dan karbon. Beberapa spesies mengoksidasi senyawa tereduksi seperti  $\text{NH}_3$  untuk energi dan menggunakan  $\text{CO}_2$  sebagai sumber karbon. Bakteri ini disebut *kemoautotrof*. Sebagian besar bakteri bersifat fotosintetik dan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi dan  $\text{CO}_2$  sebagai sumber karbon. Bakteri *kemoheterotrofik* merupakan bakteri terpenting dalam penanganan air limbah karena bakteri ini akan memecah bahan organik. Bakteri *kemoautotrof* juga memegang peranan penting dalam penanganan air

limbah, terutama bakteri nitrifikasi yang mengoksidasi amonia nitrogen nitrat (Jenie and Rahayu, 1993).

Beberapa bakteri *kemoheterotrofik* yang berperan dalam penguraian bahan organik adalah spesies *Achromobacter*, *flaflobakterium*, *Pseudomonas*, dan *Alcaligenes*. Bakteri *kemoautotrof* yang berperan adalah *Nitrosomonas* dan *Strobacter* (Metcalf and Eddy, 1991).

#### **b. Fungi**

Fungi yang berperan dalam penanganan air limbah adalah *Fuzarium*, *Mucor*, *Penicillum*, *Sporaticum*, dan berbagai *ragi*.

#### **c. Algae**

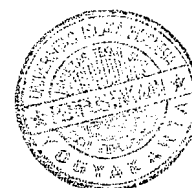
Algae hanya dapat tumbuh pada lapisan atas dari media filter dimana masih ada cahaya matahari. Beberapa spesise algae yang terdapat dalam RBC adalah *Phomidium*, *Chlorella*, dan *Ulothrix*. Umumnya algae tidal langsung mengambil bagian dalam pendegradasian limbah, tetapi selama jam-jam siang hari algae menambahkan oksigen pada air limbah (Metcalf and Eddy, 1991).

#### **d. Protozoa**

Protozoa dalam RBC yang paling menonjol adalah dari kelompok *silata* meliputi *Vorticella*, dan *Epistylis*. Fungi protozoa tidak menyetabilkan air limbah tetapi untuk mengendalikan populasi bakteri.

#### **e. Hewan-Hewan Tingkat Lebih Tinggi**

Hewan-hewan tingkat lebih tinggi seprti bekicot , cacing, dan serangga, makan dari film biologis dan akibatnya, membantu memelihara populasi bakteri dalam keadaan tingginya pertumbuhan ataupun cepatnya pemanfaatan makanan.



## 2.8 Tanaman Aren Penghasil Ijuk

Aren, dengan nama lain ilmiah *Arenga pinnata* termasuk suku arecaceae (pinang-pinangan), merupakan tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae). Tanaman Aren banyak terdapat mulai dari pantai timur India sampai ke Asia Tenggara. Tanaman ini terdapat hampir diseluruh wilayah Indonesia.

Pohon aren dapat menghasilkan ijuk setelah berumur lebih dari 5 tahun. Produksi ijuk yang kualitasnya baik berasal dari pohon aren yang tidak terlalu tua (4 sampai 5 tahun, sebelum pohon aren berbunga). Karena kekuatan dan keawetannya ijuk banyak dimanfaatkan oleh masyarakat kita, umumnya di pedesaan. Serat-serat ijuk dapat digunakan untuk pembuatan berbagai peralatan rumah tangga, atap rumah, dan sebagai media penyaring air untuk keperluan minum.

Beberapa informasi tentang pemanfaatan atau penggunaan ijuk dapat diketengahkan sebagai berikut:

### a. Peralatan rumah tangga

Agaknya ijuk yang digunakan sebagai peralatan rumah tangga belum ada pengganti yang dapat menyaingi kekuatan dan keawetannya. Peralatan rumah tangga tersebut dapat berupa sapu, sikat, dan alat pembersih lainnya.

### b. Tali ijuk

Tali ijuk memiliki keunggulan yang tidak dimiliki oleh tali-tali dari bahan lain. Di samping kualitasnya yang baik dan wulet, tali ijuk itu tidak akan rapuh atau rusak oleh panas matahari atau terkena hujan. Tali ijuk ini biasanya digunakan untuk mengikat bambu pagar pekarangan atau untuk mengikat atap rumah dari



bambu. Dalam hal ini tali ijuk lebih kuat dan tahan lama dibandingkan dengan paku logam.

Di luar egeri tali ijuk sering digunakan sebagai tali jangkar kapal. Tali ijuk itu tidak akan rapuh walaupun selalu terendam dalam air garam

### **c. Atap ijuk**

Atap dari bahan ijuk banyak dipakai pada rumah dengan tata artistik tertentu contohnya atap rumah adat Minang Kabau di Sumatera Barat.

### **d. Pemanfaatan lainnya**

Di luar negeri penggunaan ijuk tidak hanya terbatas pada alat-alat rumah tangga tetapi suah meluas ke industri besar. Ijuk selain digunakan sebagai pembungkus kabel bawah laut juga digunakan sebagai tali penyerap minyak yang dipakai di pelabuhan-pelabuhan.

Limbah ijuk, berupa ijuk yang berukuran pendek, dapat digunakan sebagai bahan bangunan. Pada pembangunan tanggul atau dinding saluran pengairan, limbah ini digunakan sebagai penyaring air irigasi, pembangunan septick tank pada WC (kakus) sering menggunakan limbah ini untuk menyaring kotoran dan membuat kedap air pada dinding baknya.

Limbah ijuk juga dapat di gunakan sebagai bahan pengisi tembok (dinding) penangkis ombak laut karena sangat tahan terhadap air garam. Dapat pula limbah ini untuk membalut pangkal tiang kayu bangunan agar tidak di serang rayap.

Di daerah Jawa Barat limbah ijuk ini banyak digunakan sebagai tempat penempelan telur induk ikan mas dalam kolam pemijahan (Sunarto, 1993)

## 2.9 Landasan Teori

Pada operasi RBC, pertumbuhan biologis setebal hingga 4 mm menjadi terlekat pada permukaan cakram-cakram dan akhirnya membentuk lapisan lumpur diatas seluruh permukaan basah. Rotasi cakram-cakram tersebut secara bergantian berkontak dengan biomassa dan dengan bahan organik didalam air limbah dan kemudian dengan atmosfer atau adsorpsi oksigen. Rotasi cakram mempengaruhi transfer oksigen dengan biomassa dalam kondisi aerobik. Rotasi itu juga merupakan mekanisme untuk menghilangkan benda-benda padat yang berlebihan dari cakram-cakram itu, dengan daya cukurnya ia membuat dan menjaga benda-benda padat ini dapat terbawa dari unit RBC ke bak pengendap (Metcalf and eddy, 1991).

Berbagai penelitian RBC menunjukkan bahwa ketercelupan cakram dapat mempengaruhi besarnya efisiensi penurunan kandungan bahan organik air limbah yang diolah. Beberapa ahli berpendapat bahwa efisiensi penurunan kandungan bahan organik tertinggi dapat diperoleh pada ketercelupan cakram 40%-60% (Rao and Datta, 1987), kira-kira 40% (Benefield and Randall, 1980), dan 30%-50% (Metcalf and Eddy, 1991).

### a. Parameter RBC

Parameter RBC yang berhubungan dengan *performance* RBC antara lain :

#### 1) BOD Surface loading

BOD surface loading diartikan berapa gram komponen BOD dimuatkan perhari perluas permukaan seluruh kontaktors.

$$L_{\text{BOD}} = (Q \times C_0) / A$$

$$L \text{ BOD} = \text{BOD Surface Loading (g/m}^2\text{/hari)}$$

$Q$  = Debit Limbah ( $m^3$ /hari)

$C_0$  = BOD influent (ppm)

$A$  = Luas Permukaan Contactors RBC

*BOD Surface Loading* yang biasa dipakai adalah 5-20  $g/m^2$  /hari, rata-rata 10  $g/m^2$ /hari

## 2) *Hydraulic Loading*

*Hydraulic loading* adalah parameter yang menunjukkan berapa volume limbah cair perhari perluas permukaan seluruh kontaktor yang diolah dengan sarana RBC ( $l/m^2/day$ ). Karena parameter *BOD surface loading* lebih penting dan utama, maka parameter *Hydraulic loading* tidak begitu diprioritaskan atau prioritasnya lebih rendah. Akan tetapi kalau *Hydraulic loading*-nya terlalu besar, akan mempengaruhi pembentukan mikroorganisme yang lebih sesuai.

## 3) *Stage Number*

Apabila wadah RBC bersama rotor RBC dibagikan ke beberapa *stage*, karena kualitas limbah dalam setiap *stage* dihilir, maka jenis mikroorganisme muncul dalam setiap *stage* juga akan berbeda. Keanekaragaman mikroorganisme ini akan mengakibatkan efisiensi RBC lebih tinggi sebetulnya, ada kalanya dalam sewadah pun ada perbedaan jenis dari posisi hulu ke posisi hilir tergantung pada jenis media dan *hydraulic loadingnya*

## 4. *G Value*

*G value* menunjukkan kepadatan media yang dihitung sebagai volume wadah RBC per luas permukaan kontaktor ( $L/m^2$ ). *G value* biasa dipakai adalah 5-9  $L/m^2$ .

## 5. Diameter

Diameter RBC biasa dipakai adalah 1-3,6 m. Pada umumnya, kalau surface area dibutuhkan cukup luas, itu RBC dengan diameter besar lebih murah dari pada beberapa RBC skala kecil, akan tetapi strukturnya harus cukup kuat. Sedangkan dari aspek "Stage Number", kalau surface areanya sama, RBC dengan diameter lebih kecil dan panjang lebih efisien dari pada RBC dengan diameter lebih besar dan pendek.

## 6. Kecepatan Putaran

Kalau kita memutar rotor RBC lebih cepat, lebih banyak oksigen akan dipindahkan ke limbah cair dalam wadah RBC dari udara dan oksigen tersebut dipromosikan reaksi mikroorganisme. Sedangkan putaran yang lebih cepat akan membutuhkan listrik lebih banyak. Selain itu apabila kita memutar rotor terlalu cepat, pembentukan lapisan mikroorganisme akan menjadi sulit. Kecepatan putaran rotor RBC pada umumnya ditetapkan oleh *peripheral speed* yang biasa dipakai adalah 15-20 m/menit.

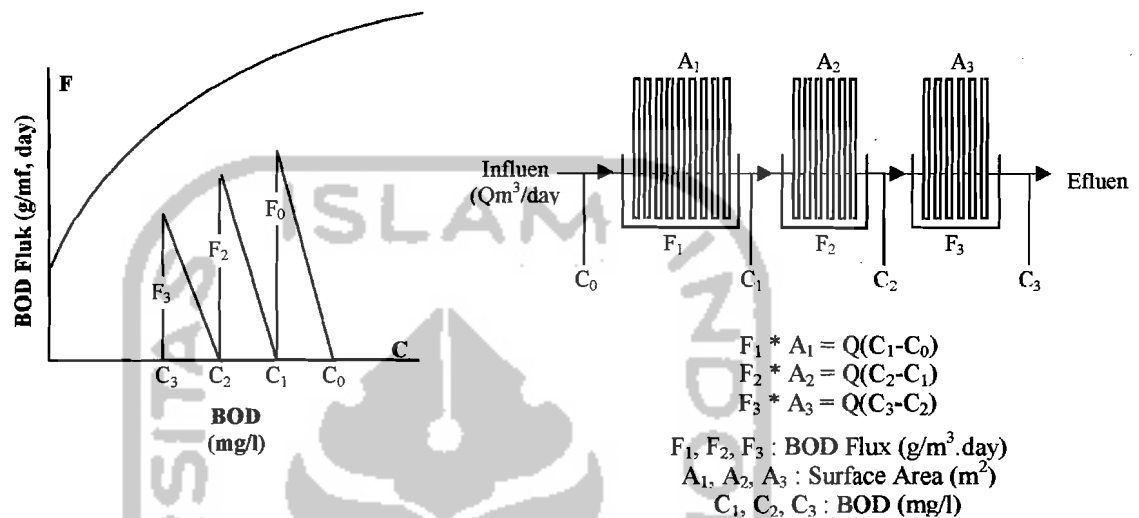
## 7. Temperatur

Reaksi mikroorganisme dipengaruhi oleh temperatur. Temperatur RBC bisa dioperasikan dengan baik diperkirakan 15-40 °C.

### b. Prosedur Desain RBC

Parameter desain utama yang biasa dipakai untuk proses RBC adalah *BOD surface loading*. Parameter *BOD Surface Loading* bisa dipakai sebagai desain kasar, tetapi kalau kita ingin mendesain RBC dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi, kita bisa pakai metode grafik.

Ada hubungan antara BOD efluen dari RBC dan *BOD Flux*. Berdasarkan hubungan tersebut, kita bisa mengetahui hubungan antara BOD efluen, *surface area* dan *BOD Flux* untuk setiap satage dengan metode grafik seperti gambar.



**Gambar 2.9. Grafik Metode Desain RBC**

Dari aspek mekanik, perhatian khusus perlu diberikan pada desain  $A_s$  sedemikian hingga  $A_s$  RBC benar-benar cukup kuat. Dalam hal ini beban tidak sentris (hentakan yang diakibatkan oleh kondisi yang tidak mungkin 100 % balance) hal ini sangat perlu diperhatikan. Pada periode-periode tertentu dimana terjadi reputasi RBC yang mengakibatkan terjadinya kehausan (Pengikisan) pada  $A_s$  sehingga sering terjadi kasus dimana  $A_s$  RBC patah karena kesalahan desain.

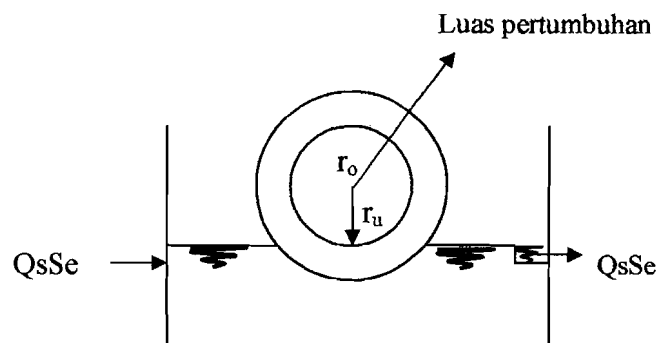
Rumus-rumus berikut merupakan rumus untuk RBC satu tahap yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian, yaitu :

$$Q(S_o - S_e) = PA \frac{S_e}{K_s + S_e}$$

$$Q(S_o - S_e) = PA \frac{(\mu_{\max})AX_r d}{Y_A}$$

$$A = 2N\pi m (r_0^2 - r_u^2)$$





**Gambar 2.9. Kontraktor Biologis Berputar  
(Benefield and Randall, 1980)**

Keterangan :

- $Q$  = Volume aliran air limbah, volume/waktu  
 $S_o$  = Konsentrasi substrat influen, massa/volume  
 $S_e$  = Konsentrasi substrat efluen, massa/volume  
 $P$  = Daya perlakuan, massa/volume  
 $A$  = Total luas basah cakram, massa/volume  
 $N$  = Jumlah cakram  
 $r_o$  = Radius total cakram  
 $r_u$  = radius cakram yang tidak tercelup  
 $K_a$  = Konsentrasi tingkat pemakaian substrat, massa/volume  
 $(\pi_{max})$  = Pertumbuhan maksimal biomassa melekat  
 $X_f$  = Biomassa aktif dari pertumbuhan melekat  
 $d$  = Ketebalan biofilm  
 $Y_a$  = Koefisien hasil teoritis untuk pertumbuhan melekat  
 (Benefield and Randall, 1980)

## 2.10 Hipotesis

Berdasarkan uraian pada bab pendahuluan dan tinjauan pustaka, maka diajukan hipotesa sebagai berikut:

- a. RBC, dengan ijuk sebagai media pertumbuhan mikroorganisme pengurai, dapat menurunkan kandungan bahan organik yang ada dalam air limbah domestik kota Yogyakarta.
- b. Variasi persentase bagian cakram yang terkontak dalam air limbah dapat mempengaruhi persentase penurunan kandungan bahan organik yang dinyatakan dalam parameter BOD dan COD.

