

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumah Sakit

Secara umum beberapa pengertian limbah cair yang dikemukakan oleh para ahli antara lain sebagai berikut:

- a. Salvato (1982) : air limbah (*waste water*) adalah air bekas dari masyarakat, rumah tangga, dan berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya.
- b. Tchobanoglaus (1972) : air limbah adalah air yang berasal dari air bersih masyarakat sesudah dicemari berbagai macam penggunaannya.
- c. Metcalf dan Eddy (1991) menyebutkan sebagai berikut : air limbah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari pemukiman, perkantoran, dan industri, bersama-sama dengan air tanah, serta air hujan yang mungkin ada.
- d. Menurut Bell (1977) sumber limbah cair berasal:
 1. Air limbah domestik, berasal dari rumah tangga, perkantoran, pusat perdagangan, rumah sakit dan mengandung berbagai bahan antara lain: kototan, urine dan air bekas cucian yang mengandung detergen, bakteri dan virus.
 2. Air limbah industri, banyak mengandung bahan pelarut, mineral, logam berat, zat pewarna, nitrogen, sulfida, fosfat, dan zat lain yang bersifat toxic.
 3. Air limbah dari daerah pertanian, banyak mengandung kotoran hewan, herbisida, pestisida.

Pengertian limbah cair rumah sakit secara umum adalah seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan rumah sakit yang meliputi : limbah cair domestik yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian; limbah cair klinis yakni limbah cair yang berasal dari kegiatan klinis rumah sakit misalnya air bekas cucian luka, cucian darah, dan lain-lainnya; air limbah laboratorium dan lainnya. (Bakti Husada, 1995)

Mengingat arti akan Rumah sakit adalah fasilitas sosial yang tak mungkin dapat dipisahkan dengan masyarakat dan keberadaanya pun sangat diharapkan. Rumah sakit digolongkan menjadi beberapa kelas. Antara lain kelas A, B, C. Dengan berjalannya waktu dan kemajuan teknologi maka perkembangan penduduk yang pesat harus diimbangi dengan fasilitas kesehatan yang memadai. Akan tetapi semuanya itu tidak disertai dengan perkembangan dan kemajuan fasilitas pengolahan limbah yang baik. Hal ini tidak dapat dipungkiri bahwa dengan naiknya kelas dan semakin canggihnya peralatan di suatu rumah sakit maka semakin kompleks pula jenis dan kandungan limbah rumah sakit. Limbah rumah sakit merupakan salah satu penyumbang terjadinya pencemaran lingkungan, sehingga masalah ini baik berupa limbah padat maupun limbah cair sering menjadi pencetus konflik antara pihak rumah sakit dengan masyarakat dan lingkungan alam yang ada disekitarnya. (Kusnoputranto, Hartoyo, 1993).

Air limbah yang berasal dari rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran air yang potensial. Hal ini disebabkan karena air limbah rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi juga kemungkinan mengandung senyawa-senyawa kimia lain serta mikro-organisme pathogen yang dapat menyebabkan penyakit terhadap masyarakat disekitarnya. (Kusnoputranto, Hartoyo, 1993)

Selain hal diatas limbah cair dari rumah sakit merupakan limbah yang dominan. Pembuangan limbah cair rumah sakit yang begitu saja ke lingkungan tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu akan menimbulkan dampak negatif yang antara lain (Kusnopranto, Hartoyo, 1993):

a. Gangguan terhadap kesehatan masyarakat.

Adanya mikrobiologis patogen maupun bahan kimia beracun dalam limbah yang ikut ke dalam air limbah kemungkinan akan menyebabkan penyakit terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya yang menggunakan, menganalisis, hidup disekitar badan air, baik itu air tanah, air permukaan, air laut yang telah tercemar oleh limbah tersebut. Contoh:

- 1 *Mycobacterium Tuberculosis* yang menyebabkan penyakit TBC yang kemungkinan penyebarannya melalui air limbah.
- 2 Virus yang menyebabkan penyakit polio yang biasanya terdapat dalam effluent pengolahan secara kaportisasi.
- 3 *Ascaris SP.* Menyebabkan penyakit cacingan yang terdapat di air buangan dan lumpur.

b. Gangguan terhadap kehidupan biotik.

Adanya polutan yang berlebihan terhadap fisik air permukaan/ bahan air dapat mengganggu proses *self purification* karena kadar air *Disolved Oksigen* (DO) yaitu oksigen yang terlarut dalam air berkurang terhadap air tanah mikroba patogen dapat menginfiltrasi ke tanah sampai jarak 10-15 meter kearah aliran air tanah. Sedangkan bahan kimia berbahaya dan beracun dapat menginfiltrasi ke tanah mencapai jarak 95 m.

c. Gangguan terhadap estetika

Aspek bau dan warna sering menimbulkan masalah hal ini tergantung dari sumber limbah, contoh:

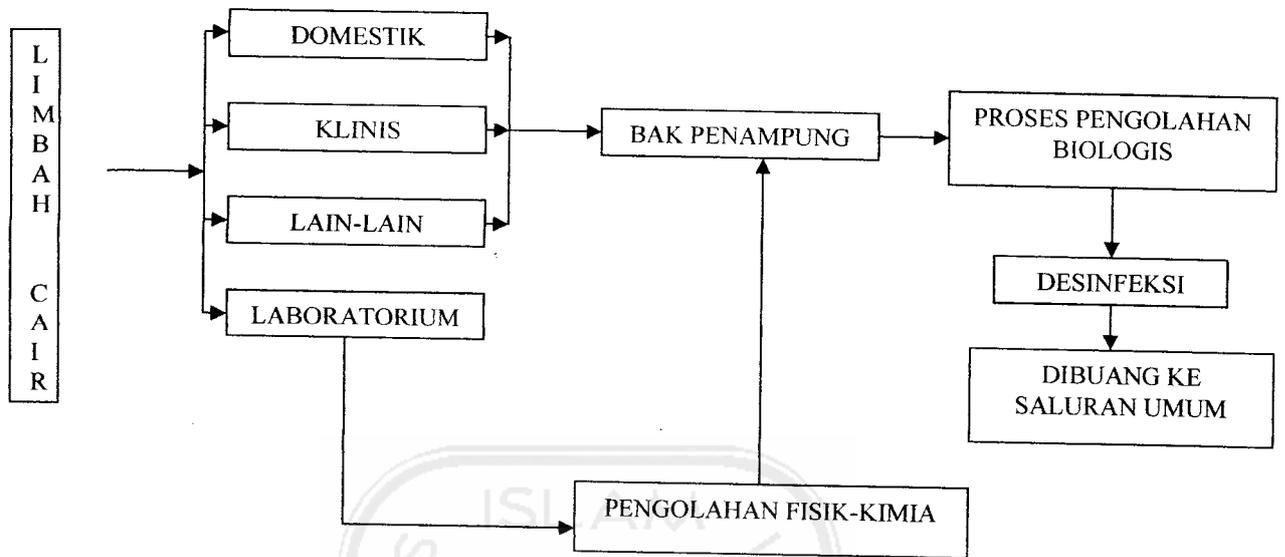
1. Limbah cair dari laundry berbau detergen dan amis, karena adanya fraksi darah, warnanya keruh kadang berwarna merah kecoklatan.
2. Limbah cair dari dapur berwarna keruh keputihan dan kehijauan dan berbau menyengat.

Oleh karena itu limbah cair rumah sakit perlu diperlakukan secara benar agar tidak mengganggu keseimbangan ekosistem.

Dengan adanya peraturan yang mengharuskan setiap rumah sakit harus dapat mengolah dan mengelola limbah sampai standart yang diijinkan, maka kebutuhan akan teknologi pengolahan air limbah rumah sakit khususnya yang murah dan hasilnya baik perlu dikembangkan. Hal ini mengingat bahwa kendala yang sering dijumpai adalah biaya pengadaan alat dan biaya perawatan alat. Teknologi yang ada saat ini masih cukup mahal, sedangkan dilain pihak dana yang tersedia untuk membangun unit alat pengolahan air limbah tersebut sangat terbatas sekali. (Rumah sakit Islam Jakarta,1997)

Di dalam pengolahan air limbah rumah sakit, maka yang perlu diperhatikan adalah sistem saluran pembuangan air. Saluran air limbah dan saluran air hujan harus dibuat secara terpisah. Air limbah rumah sakit dikumpulkan ke bak control dengan saluran atau pipa tertutup, selanjutnya dialirkan ke unit pengolahan. Setelah dilakukan pengolahan, air hasil olahannya dibuang ke saluran umum. Untuk air hujan dapat langsung dibuang ke saluran umum melalui saluran terbuka. (Bakti Husada, 1995)

Berikut adalah diagram alir proses pengolahan limbah rumah sakit :



Gambar 2.1 :Diagram Pengelolaan Air Limbah Rumah Sakit
(Sistem Standar Oprasional Rumah Sakit,1984)

Beberapa tolak ukur pencemaran air oleh rumah sakit adalah warna, pH, COD, BOD, zat organik dan logam – logam berat (Fe, Cu, Zn, Cd, Pb). (Anonim, 1978).

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit

No	Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
1.	pH	-	5.8	6 – 9
2.	BOD	mg/L	1260	30 – 300
3.	COD	mg/L	3039.7	60 – 600
4.	TSS	mg/L	855	100 – 400
5.	Minyak / Lemak	mg/L	60.0	1.0 – 20.0
6.	Phenol	mg/L	0.926	0.1 – 2.0
7.	Warna	PtCo	185	50
8.	Nitrat	mg/L	82.17	0.06 – 5.0
9.	Fosphate	mg/L	0.0	2.0
10.	Amonia	mg/L	-	0.06 – 5.0

(Sumber: Anonim, 1997)

Pada penelitian ini parameter yang akan diteliti meliputi Amoniak dan *Phosphate*.

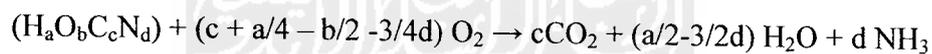
2.2 Amonia (NH₃-N)

Amonia (NH₃-N) pada rumah sakit berasal dari bagian perawatan medis dan termasuk limbah medis, pengertian dari ammonia itu sendiri adalah suatu zat atau senyawa kimia yang mempunyai sifat asam dan berbau menyengat serta bila dalam perairan akan menyebabkan penurunan kualitas hidup dan kehidupan organisme di perairan. Zat ini biasanya berasal dari larutan pembersih atau desinfektan yang digunakan untuk membersihkan ruangan dan alat operasi/bedah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi selain itu perlu juga pengontrolan terhadap kadar amonia yang rutin dilakukan.

Amoniak merupakan nitrogen yang menjadi NH₄⁺ pada Ph rendah dan disebut Amonium. Amoniak sendiri berada dalam keadaan tereduksi (-3). Keseimbangan ion NH₄⁺ dengan gas Aminia di dalam air, dinyatakan sebagai berikut:



Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni dan tinja juga dari oksidasi zat organik (H_aO_bC_cN_d) secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau buangan industri dan penduduk (Alaerts,1984). Sesuai reaksi sebagai berikut:

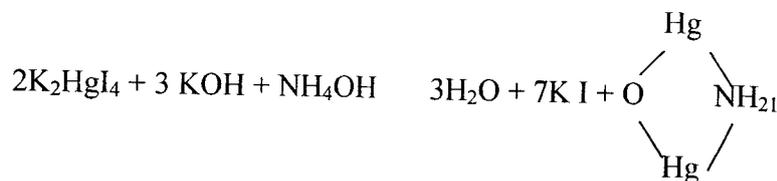


(Persamaan 3.2)

(Satmoko Wicaksono, 2001)

2.2.1. Sifat-Sifat Amonia

1. Amoniak adalah suatu zat kimia yang tidak menunjukkan adanya warna, ini merupakan suatu karakteristik. Dan jika diberi cahaya kemampuan warna akan sedikit nampak berupa gas yang terlarut dalam air, tetapi gas yang tercampur mempunyai ikatan lebih dari 16 berupa Amoniak (Tchobanoglous, 1979).
2. Merupakan gas yang mudah menguap, berbau busuk (menyengat) dan tidak berwarna, mudah dicirikan dan sangat mudah larut dalam air, kira-kira 700 liter gas ini melarut dalam 1 liter zat pada tekanan kamar. Kelarutan dalam air menghasilkan alkali lemah, titik leleh $77,8^{\circ}\text{C}$ dan titik didih $33,4^{\circ}\text{C}$ (Hadyana, 1986).
3. Bersifat basa karena dapat membirukan lakmus merah.
4. Amoniak apabila dilarutkan dalam air akan membentuk Amonium hidroksida pada derajat asam ± 7 (Tchobanoglous, 1979).
5. Amoniak dalam keadaan basa apabila ditambah reagen nessler (suatu larutan K_2HgI_4 yang alkalis) akan terbentuk senyawa koloid berwarna merah kecoklatan yang mempunyai rumus empiris $(\text{NH}_2\text{Hg}_2\text{I}_3)$, kalau terdapat banyak Amoniak akan terjadi endapan coklat (Hendardji, 1953), dengan reaksi seperti berikut:





(Manahan, 1975)

2.2.2 Sumber Amonia

Amoniak dalam air permukaan dapat berasal dari:

1. Air seni

Kandungan amoniak dalam air seni sebesar 27,40 mg/l (Hari, Tome, 2005).

2. Tinja.

Kandungan amoniak dalam tinja sebesar 3,84 mg/l (Hari, Tome, 2005).

3. Oksidasi zat organik secara mikrobiologi yang berasal dari air alam.

4. Dipengaruhi oleh bentuk teroksidasi dan tereduksi unsur-senyawa dalam wetlands pada potensial Redoks Transformator.

2.2.3 Pengaruh Amonia terhadap Lingkungan

Pengaruh buruk amoniak terhadap lingkungan dalam konsentrasi 50 ppm yang tanpa menggunakan proteksi akan menyebabkan iritasi pada mata dan menyebabkan gangguan pada membran pernapasan (Mantell, 1974).

Dalam konsentrasi yang rendah yaitu 0,037 mg/l menimbulkan bau yang menyengat dan mengurangi estetika (Ariens, 1978).

Hal lain adanya Amoniak dalam air buangan yang langsung dibuang dalam badan air akan menimbulkan tumbuhan air yang kemudian akan menutupi permukaan air, sehingga transmisi sinar matahari terhalang dan fotosintesis tidak dapat berjalan, sehingga mematikan kehidupan air (Slamet Riyadi, 1984)

2.3 Phospate

Tingginya busa yang terdapat di dalam pengolahan limbah tidak hanya timbul dari *Surface Active Agent* pada detergen. Sulfatan atau bahan tambahan pada detergen mendukung adanya kerusakan lingkungan, selain itu bahan itu tidak dapat terurai secara sempurna. Salah satunya adalah *Polifospat.Fosphate* pada detergen dianggap sumber utama parameter *fosfat* dalam air .

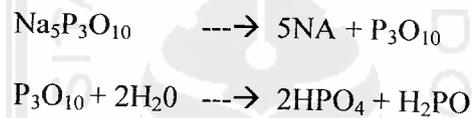
Kehadiran *Fosphate* dalam air limbah berbentuk *Orthophofat* (seperti $\text{HPO}_4, \text{PO}_4$). Kandungan *Fosphate* dalam air limbah dipakai dalam penentuan perencanaan perlakuan air limbah secara biologi dalam hubungannya dengan kebutuhan untuk mendukung pertumbuhan mikroba (Hammer, 1997).

Fospate dalam air dapat berbentuk *Orthofosphat*, *Polifosphat* dan *Fosphat* organis. Berikut adalah bentuk dari Fosfat yang terdapat dalam air :

1. *Orthofosphat* adalah senyawa monomer seperti $\text{H}_2\text{PO}_4, \text{HPO}_4$ dan PO_4
2. *Polifhosphat / Condensed Phosphates* merupakan senyawa polimer seperti $(\text{PO}_3)_6$ (*Heksameta phosat*), P_3O_{10} (*Tripolifosphat*)
3. *Fosphate* organis adalah fosfor yang terikat dengan senyawa-senyawa organis, sehingga tidak berada dalam larutan secara terlepas (Alaerts, 1987)

Bila parameter *fosphate* pada air sangat rendah (0.01 mg P/l), pertumbuhan tanaman dan alga akan terhalang. Keadaan ini dinamakan *Oligotrop*. Bila kadar nutrisi dan fosfat tinggi, maka pertumbuhan tanaman dan alga tidak terendalik lagi, sehingga tanaman tersebut dapat menghabiskan oksigen dalam perairan pada malam hari atau bila tanaman tersebut mati dan dalam keadaan sedang dicerna (*digest*). Keadaan ini disebut *eutrop* (Alaerts, 1987).

Bahan pembentuk utama didalam detergen adalah *natrium tripolifosfat* ($\text{Na}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$). Senyawa ini tidak merupakan masalah dalam dekomposisinya di lingkungan, sebab ion P_3O_{10} akan mengalami reaksi hidrolisis perlahan didalam lingkungan untuk memproduksi *orthofosfat* yang tidak beracun, dengan reaksi sebagai berikut :



Fosphate mempunyai keuntungan :

1. Phosphate tidak beracun terhadap hewan air dan tidak mengganggu kesehatan manusia.
2. Phospat bersifat aman digunakan dalam berbagai pewarna serat kain.
3. Phospat bersifat aman digunakan dalam mesin cuci, tidak bersifat korosif dan tidak mudah terbakar (Srikandi, 1992)

2.3.1 Sumber Phosphate

Sumber Phosphate pada air limbah adalah berasal dari :

1. Pemakaian detergen

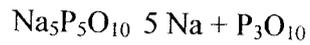
Bahan-bahan penyusun detergen antara lain:

- a. Bahan penurun tegangan permukaan

b. Bahan penunjang

Untuk penunjang kerjanya bahan penurun tegangan permukaan

Contoh : $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ (Natrium Tripolifosfat)



Jika mencuci dengan air sadah Ca^{2+} diikat oleh P_3O_{10} membentuk senyawa kompleks sehingga kesadahan air berkurang. Jadi air sudah tidak bisa dipakai untuk mencuci dengan detergen.

c. Bahan pengisi

Untuk menurunkan harga, seperti Na_2CO_3 (Natrium Karbonat)

d. Bahan Pengikat air

Untuk menjaga antara air dan sabun terjadi daya tarik menarik, sehingga air pada sabun dapat bekerja

e. Bahan Tambahan

Untuk menambah daya guna detergen agar kotoran yang diberi detergen tidak kembali lagi ke bahan cucian. Contoh : Karboksimetil Selulosa (cmc)

f. Wangi-wangian

2. Air seni, kandungan Phosphate dalam air seni adalah sebesar 2,47 mg/hari

(Hary, Tome, 2005)

3. Tinja, kandungan Phosphate dalam tinja adalah sebesar 1.37 mg/hari

(Hary, Tome, 2005)

4. Sisa makanan

2.4 Penanggulangan Masalah Air

2.4.1 Pengendalian Bahaya Limbah

Berbagai limbah yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia meningkat dengan meningkatnya standar hidup, meningkatnya populasi, serta meningkatnya konsentrasi (kepadatan) populasi (Gutherie, 1972). Indonesia sebagai negara berkembang mengalami ketiga hal tersebut. Sehingga secara otomatis pencemaran akan terus terjadi dan meningkat dari tahun ke tahun berikutnya baik itu secara kuantitas maupun secara kualitas.

Dengan demikian, perlu adanya usaha pengendalian limbah. Menurut kasmidjo (1991), usaha untuk mengendalikan usaha limbah meliputi tiga kemungkinan tahapan, yaitu memodifikasi proses agar usaha produksi tersebut tidak atau sangat mengurangi timbulnya limbah. Jika modifikasi proses memang tidak dapat lagi diterapkan barulah diambil usaha berikutnya, ialah mengambil manfaat atas limbah yang timbul (reuse) sebagai bahan mentah baru, bahan bakar, makanan, atau pupuk. Usaha kedua ini dimaksudkan agar limbah masih memiliki nilai ekonomis dan mampu memberi nilai keuntungan tambahan terhadap perusahaan, atau setidaknya agar biaya untuk mengeleminasi bahaya pencemaran oleh limbah dapat didanai dari limbah itu sendiri. Sedangkan yang ketiga merupakan alternatif yang terakhir, pemberian perlakuan dibuang terhadap limbah agar limbah semata-mata dapat dibuang dalam keadaan bebas bahaya pencemaran, tanpa mengambil manfaat daripadanya (kecuali manfaat tidak langsung jangka panjang, berupa kelestarian lingkungan). Alternatif yang terakhir ini dapat dilakukan bila bahaya pencemaran limbah memang harus diselenggarakan dengan dana tambahan yang memang sudah tidak dapat dihindarkan.

2.4.2 Penanggulangan Pencemaran Air

Pengolahan limbah yang dilakukan terlebih dahulu sebelum limbah dibuang ke perairan bebas, dapat mencegah terjadinya pencemaran dan mengurangi toksisitas limbah tersebut terhadap lingkungan. Tujuan utama pengolahan limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Mahida (1981), menyatakan bahwa pada prinsipnya pengolahan limbah adalah membuang zat pencemar yang terdapat dalam air limbah atau merubah bentuknya menjadi tidak berbahaya bagi kehidupan organisme.

Secara umum pengolahan limbah dapat dilakukan dengan tiga cara (Mahida, 1984), yaitu:

1. Pengolahan secara kimia

Proses pengolahan secara kimia, didasarkan kepada proses pengendapan zat pencemar dengan menggunakan tambahan zat kimia yang dapat mengkoagulasikan zat-zat organik didalam air buangan tersebut. Setelah itu dilakukan proses flokulasi yang dilanjutkan dengan proses netralisasi dan dibantu dengan cara fisik yaitu pengendapan (Sutamiharja dan Takuputra, 1978).

2. Pengolahan secara biologi

Proses pengolahan secara biologi dilakukan pada zat pencemar yang mudah diuraikan secara biologi (*Biodegradable*), proses-proses pengolahan tersebut dilakukan oleh mikroorganisme.

3. Pengolahan secara fisik

Pengolahan limbah secara fisik bertujuan untuk menyaring benda-benda atau sisa-sisa bahan yang digunakan dalam produksi yang ikut bersama aliran limbah.

2.5 Peranan Aerasi, Karbonaktif, dan Filter Pasir dalam Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit.

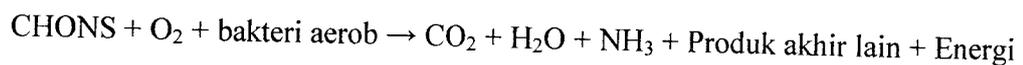
2.5.1 Pengolahan Secara Aerob

Proses pengolahan secara aerob didefinisikan sebagai pengelolaan dengan kondisi ada oksigen, tempat dimana mikroorganisme akan menguraikan air limbah.

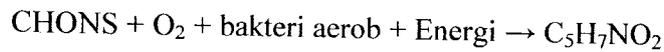
Dengan penyediaan udara yang cukup dan keadaan lingkungan yang seimbang maka air limbah yang mengandung bahan organik akan diuraikan oleh mikroorganisme aerob menjadi CO_2 , H_2O dan sel-sel baru dalam keadaan ada oksigen: penguraian ini terjadi dalam tiga tahap, yaitu:

1. Oksidasi sebagian limbah menjadi produk akhir untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel serta pembentukan serat-serat sel baru.
2. Sebagian limbah diubah menjadi serat sel baru dengan mempergunakan sebagian energi yang dilepaskan selama oksidasi.
3. Sel-sel baru akhirnya memakan selnya sendiri untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel.

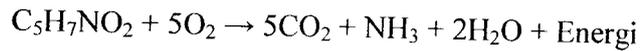
1. Oksidasi



2. Persenyawaan



3. Respirasi Endogen



Penguraian dilakukan oleh sejumlah bakteri. Proses metabolisme oleh bakteri dipengaruhi oleh faktor sumber nutrisi dan oksigen. Kedua faktor ini saling berkaitan didalam membantu pertumbuhan bakteri. Selama sumber nutrisi cukup dan oksigen tidak berkurang maka bakteri akan berkembang dengan baik dan akan menghasilkan energi yang cukup untuk menguraikan senyawa organik.

2.5.2 Aerasi

Adalah fenomena fisik dimana terjadi pertukaran molekul-molekul gas di udara dengan cairan pada gas-liquid interface. Pertukaran tersebut menyebabkan konsentrasi molekul gas di dalam cairan mencapai titik jenuh. Karena pertukaran gas hanya terjadi pada permukaan (interface), maka proses tersebut harus dilakukan dengan kontak sebanyak-banyaknya antara ke dua permukaan tersebut. Atau dengan kata lain aerasi adalah proses pengolahan air dengan mengontakkannya dengan udara. Sasaran yang utama adalah memaksimalkan luas dari permukaan air ke udara. Dengan maksud perpindahan efisien terbesar dari satu medium ke medium yang lain. Hal ini sangat penting agar dalam proses ini cukup berlangsung percampuran antara air dengan udara (Walker, 1978).

a) Tujuan Aerasi

Aerasi bertujuan untuk (Agustjik, 1991) :

- a. Penambahan jumlah oksigen
- b. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO_2)
- c. Menghilangkan hidrogen sulfida (H_2S), metana (CH_4) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Pengambilan zat pencemar yang terkandung di dalam air merupakan tujuan pengolahan air. 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 bahan tercampur.

b) Jenis dan Tipe-tipe Aerasi

Jenis-jenis aerasi

1. Memasukkan udara ke dalam air

Adalah proses memasukkan udara atau oksigen murni kedalam air melalui benda porous atau *nozzle*. Apabila *nozzle* diletakkan di tengah-tengah, maka akan meningkatkan kecepatan berkontaknya gelembung udara tersebut dengan air. sehingga proses pemberian oksigen akan berjalan lebih cepat. Oleh karena itu, biasanya *nozzle* adalah berasal dari udara luar yang dipompakan ke dalam air limbah oleh pompa tekan. (Agustjik, 1991)

2. Memaksakan air ke atas untuk berkontak dengan oksigen

Adalah cara mengontakkan air dengan oksigen melalui pemutaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air. Akibat dari pemutaran ini, air akan

terangkat ke atas dan dengan terangkatnya maka air akan mengadakan kontak langsung dengan udara sekitarnya. Pengalaman menunjukkan bahwa 43-123 m³ udara diperlukan untuk menguraikan 1 kg BOD atau bila dalam pengolahan air limbah dengan menggunakan aerator mekanis diperlukan 0,7-0,9 kg oksigen/jam untuk dimasukkan ke dalam Lumpur aktif. (Agustjik,1991)

Tipe-tipe aerator :

1) *Gravity aerator:*

- *Cascade*
- *Incline plane*
- *Vertical stack*

2) *Spray aerator*

- *Amsterdam nozzle*
- *Dresden nozzle*
- *Talford nozzle, dll*

3) *Bubble aerator*

4) *Mechanical aerator*

c) **Aspek Teoritis dari Aerasi**

Kelarutan molekul gas ke dalam cairan tergantung pada :

- a. Sifat gas yang bersangkutan
- b. Konsentrasi gas pada fase gas, dimana tergantung pada tekanan relatif 'p' pada fase gas
- c. Temperatur
- d. *Impurities*

Rumus Aerasi

$$(C_s - C_e) = (C_s - C_o)e^{-KLa \cdot t}$$

Dimana :

KLa = Koefisien mass transfer, l/s

C_s = Konsentrasi jenuh, mg/l

C_e = Konsentrasi pada saat t, mg/l

C_o = Konsentrasi pada saat t=0, mg/l

Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan unit aerasi adalah :

1. Kecepatan gas transfer berbanding langsung dengan luas kontak per unit volume. Peralatan aerasi yang ideal akan memaksimumkan luas kontak. Misal untuk aerator cascade, terjunan yang lebih tinggi akan meningkatkan luas kontak. Untuk spray aerator, nozle yang menghasilkan butiran yang lebih kecil memberikan luas kontak yang lebih besar.
2. Kecepatan transfer gas juga berbanding langsung dengan waktu kontak, sehingga unit aerator harus memperbesar waktu kontak.
3. Kecepatan transfer gas terhadap perbedaan antara konsentrasi jenuh dan konsentrasi awal dari gas ($C_s - C_o$). Konsentrasi jenuh tergantung pada faktor-faktor yang telah disebutkan diatas. (Agustjik,1991)

2.5.3 Jenis-Jenis Media Penyaring

Ada berbagai macam cara untuk menjernihkan air. Namun, yang paling banyak dikenal adalah teknik penyaringan, pengendapan, dan penyerapan. Bahan yang dipakai untuk ketiga teknik tersebut juga beraneka ragam. Pasir, ijuk, arang batok, kerikil, tawas,

bubuk kapur, kaporit, dan bahkan batu bisa dimanfaatkan secara efektif untuk menjernihkan air kotor. Biasanya bahan-bahan itu dipakai secara bersamaan. Jarang sekali orang bisa memperoleh air jernih dengan hanya memakai satu media penyaring. Kecuali tawas, bubuk kapur, dan kaporit, seluruh media penyaring tersebut bersifat mengendapkan dan menyerap bahan pencemar yang ada di dalam air. Pasir, kerikil, dan ijuk merupakan media pengendap; arang aktif dan pecahan genteng merupakan penyerap. dibandingkan kerikil dan ijuk, pasir, arang batok dan pecahan genteng memiliki fungsi lebih besar.

2.5.4 Adsorpsi

a) Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap. Karena keduanya sering muncul bersamaan dalam suatu proses maka ada yang menyebut sorpsi, baik adsorpsi sebagai sorpsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi. (Guntoro, 2004)

Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua:

1. Adsorpsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya van der Waals dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben.

2. Adsorpsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik.

b) Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982).

Pada proses adsorpsi terhadap air limbah mempunyai empat tahapan antara lain (Benefil, 1982):

1. Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorben (*pore diffusion*).
4. Adsorpsi adsorbat pada dinding kapiler atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya), (Reynolds, 1982).

Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar.

Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu:

1. Mempunyai luas permukaan yang besar.
2. Berpori-pori

3. Aktif dan murni
4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi sorpsi. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi misalnya: bentonit, tuff, pumice, zeolit, dan silika gel. Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi.

Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu:

1. Luas permukaan adsorben.

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2. Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0.1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglous, 1991).

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontakannya cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk kedalam partikel adsorben.

Adapun untuk kebutuhan adsorben dapat dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan:

1. Persamaan *Freundlich*, yaitu:

$$X/M = KC_e^{1/n}$$

X = Jumlah massa zat teradsorpsi (mg)

M = Jumlah massa adsorben (g)

C_e = Konsentrasi zat polutan yang tertinggal dalam larutan (mg/l)

K, n = Konstanta eksperimen $n: 4.55$ $k: 0.198$ (Reynolds, 1982)

2. Persamaan *Langmuir*, yaitu:

$$X/M = K_b C_e / 1 + C_e$$

X = Jumlah massa zat teradsorpsi (mg)

M = Jumlah massa adsorben (g)

C_e = Konsentrasi zat polutan yang tertinggal dalam larutan (mg/l)

K = Konstanta eksperimen (Reynolds, 1982)

b = Massa adsorbat terlarut yang dibutuhkan untuk menjenuhkan massa adsorben.

Menurut *Reynolds* (1982), kriteria adsorpsi karbonaktif adalah sebagai berikut:

Tipe reaktor

- Carbon contrktor : *Gravity flow* atau *presurried flow*
- Sistem kontak : *Fixed bed columns*

- Sistem operasi : *Up flow* dan *down flow*

Ukuran karbon aktif

- 8 x 30 mesh : *Down flow fixed bed columns*
- 12 x 40 mesh : *Up flow fixed bed columns*

Ukuran bak karbon

- Kedalaman bak : 10 – 40 ft
- Perbandingan kedalaman bak karbon dengan diameter : 1.5 : 4 – 4 : 1
- Diameter : 12 ft

Kecepatan *Back washing*

- 10 – 20 grm/ft² : *Down flow bed* (8 x 30 mesh)
- 10 – 12 grm/ft² : *Up flow bed* (12 x 40 mesh)

Waktu *Back washing*

- 10 – 15 menit : *Down flow* dan *Up flow*

Kecepatan filtrasi

- 2 – 4 grm/ft² : *Down flow* (8 x 30 mesh)
- 6 – 10 grm/ft² : *Up flow* (12 x 40 mesh)

COD terombak (berat) / Karbon aktif (berat) : 0.2 – 0.8

2.5.5 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Karbon aktif merupakan karbon yang akan membentuk amorf, yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*), sehingga mempunyai daya

serap yang lebih baik. Keaktifan menyerap dari karbon aktif ini tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85% sampai 95% karbon bebas.

Karbon aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu antara 300 sampai 2000 m per gram. Luas permukaan yang luas disebabkan karbon mempunyai permukaan dalam (*internal surface*) yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas dan uap atau zat yang berada didalam suatu larutan.

Karbon aktif untuk semua tujuan, dan dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bubuk dan butiran (*granular*). Karbon bentuk bubuk digunakan untuk adsorpsi dalam larutan. Misalnya untuk menghilangkan warna (*decolorisasi*), sedangkan karbon bentuk granular digunakan untuk absorpsi gas dan uap, dikenal pula sebagai karbon pengadsorpsi gas. Karbon bentuk granular kadang-kadang juga digunakan didalam media larutan khususnya untuk *deklorinasi* air dan untuk penghilang warna dalam larutan serta pemisahan komponen komponen dalam suatu sistem yang mengalir (Smisek, 1970). Sifat dari karbon aktif yang dihasilkan tergantung dari bahan yang digunakan, misalnya, tempurung kelapa menghasilkan arang yang lunak dan cocok untuk menjernihkan air.

a) Struktur Karbon

Arang, kokas dan karbon aktif disebut *amorf*. Penyelidikan dengan sinar X menunjukkan bahwa karbon amorf mempunyai sifat kristal yang tidak tertentu, yang tidak menunjukkan sudut dan permukaan kristal seperti bentuk *rombis*, *monoklin*, dan lain-lain. Dari penyelidikan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa karbon amorf terdiri

dari pelat-pelat datar dimana atom C (*Carbon*) tersusun dalam sisi *heksagon* dan setiap atom karbon yang lainnya. Pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lainnya membentuk kristal-kristal dengan sisa hidrokarbon yang tertinggal pada permukaannya. Dengan menghilangkan hidrokarbon pada permukaannya, permukaan akan menjadi lebih luas, sehingga daya serap akan menjadi lebih besar. Pada grafit, pelat-pelat ini lebih dekat satu sama lainnya dan terikat dengan cara tertentu, yang tidak dijumpai pada karbon kristal.

Struktur dasar karbon aktif dan karbon hitam diperkirakan menyerupai struktur grafit murni. Kristal grafit tersusun dari lapisan-lapisan heksagonal yang tersusun dari atom-atom karbon, yang terikat dengan *gaya van der Waals* yang lemah dan jarak antara lapisan-lapisan bidang tersebut adalah 3,35 *Angstrom*. Jarak ikatan antara atom-atom karbon dalam masing-masing lapisan adalah 1,415 *Angstrom*. Tiga dari keempat elektron karbon membentuk ikatan kovalen dengan atom yang berdekatan, sedangkan elektron yang keempat beresonansi dengan beberapa struktur ikatan valensi. Struktur karbon aktif sedikit berbeda dari grafit.

Selama proses karbonisasi terbentuk dari beberapa inti aromatis yang mempunyai struktur yang sama dengan grafit. Dari data spektrograf sinar x, struktur diinterpretasikan sebagai struktur mikrokristal yang tersusun dari gabungan cincin-cincin heksagonal dari atom-atom karbon. Adanya pengotor pada saat pembuatan ini mempengaruhi pembentukan senyawa-senyawa didalam mikro kristal. Garten dan Weiss (1983) menyatakan bahwa struktur cincin pada ujung-ujung bidang sering kali merupakan gugus *heterosiklis* yang berasal baik dari bahan baku maupun dari proses pembuatannya. Gugus-gugus heterosiklis akan cenderung mempengaruhi jarak dari bidang sekitarnya dan sifat adsorpsi karbon.

Susunan teratur dari ikatan-ikatan karbon pada permukaan kristal dirusak selama proses aktivasi, menghasilkan valensi bebas yang sangat reaktif. Perkembangan struktur yang dihasilkan adalah fungsi dari temperatur karbonisasi dan struktur aktivasi.

Struktur pori suatu adsorben dapat dibagi menjadi tiga kelas utama yaitu, macropori, transisional pori dan mikropori. Dua tingkat oksidasi terjadi selama proses aktivasi dengan gas pengoksidasi pada temperatur tinggi. Pertama, makropori terbentuk karena terbakarnya gugus ujung mikrokristal. Kedua, mikropori terbentuk terutama karena terbakarnya bidang mikrokristal.

Pori yang mempunyai radius efektif lebih besar dari 50-100 nm dikelompokan oleh Dubinin sebagai mikropori. Pada karbon aktif, radius efektif mikro porinya berkisar 500-2000 nm, volumenya antara 1,2 – 0,8 ml/gram. Harga luas permukaan yang kecil atau dapat diabaikan, menunjukkan bahwa mikropori karbon aktif tidak cukup berperan dalam adsorpsi kecuali untuk senyawa-senyawa organik yang mempunyai ukuran molekul yang besar.

Transisional pori menurut *Duninin* mempunyai ukuran antara 100-200 nm dan 1,6 nm. Adsorpsi monomolekuler terjadi pada permukaan dalam pori ini. Biasanya karbon aktif mempunyai volume transisional pori relatif kecil dan berkisar antara 20-70 m/gram. Untuk karbon aktif dengan porositas transisional pori dapat dapat mencapai 7 ml/gram dan luas permukaan spesifiknya dapat mencapai 450 m/gram. Radius efektifnya biasanya 4-20 nm.

Radius efektif mikropori lebih kecil dari pada 1,82 nm, berkaitan dengan ukuran molekul. Untuk karbon aktif, volume mikroporinya kira-kira 0,15-0,5 ml/gram dan luas spesifiknya minimal 95% dari luas permukaan seluruhnya.

b) Struktur Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh struktur porinya, tetapi ditentukan juga oleh komposisi kimianya. Misalnya ketidakteraturan struktur mikrokristal elementer, karena adanya lapisan karbon yang terbakar tidak sempurna (terbakar sebagian), akan mengubah susunan awan elektron dalam rangka karbon. Akibatnya akan terjadi elektron tak berpasangan, keadaan ini akan mempengaruhi sifat adsorpsi karbon aktif, terutama senyawa polar atau yang dapat terpolarisasi. Jenis ketidakteraturan yang lain adalah adanya hetero atom didalam struktur karbon.

Karbon aktif mengandung elemen-elemen yang terikat secara kimia, seperti oksigen dan hidrogen. Elemen-elemen ini dapat berasal dari bahan baku yang tertinggal akibat tidak sempurnanya proses karbonisasi, atau pula dapat terikat secara kimia pada proses aktivasi. Demikian pula adanya kandungan abu yang bukan bagian organik dari produk. Untuk tiap-tiap jenis karbon aktif kandungan abu dan komposisinya ada bermacam-macam. Adsorpsi elektrolit dan non elektrolit dari larutan dari karbon aktif, juga dipengaruhi oleh adanya sejumlah kecil abu. Adanya oksigen dan hidrogen mempunyai pengaruh besar pada sifat-sifat karbon aktif. Elemen-elemen ini berkombinasi dengan atom-atom karbon membentuk gugus-gugus fungsional tertentu. Gugus yang biasanya terdapat pada permukaan atom adalah : (1) gugus karboksilat, (2) gugus hidroksi fenol, (3) gugus kuinon tipe karbonil (4) normal lakton, (5) lakton tipe fluoresein, (6) asam karboksilat anhidrit dan peroksida siklis.

c) Daya Serap Karbon Aktif

Proses adsorpsi terjadi pada bagian permukaan antara padatan-padatan, padatan-cairan, cairan-cairan, atau cairan gas. Adsorpsi dengan bahan padat seperti karbon, tergantung pada luasan permukaannya.

Sifat daya serap karbon aktif terbagi atas dua jenis, yaitu daya serap fisika dan daya serap kimia. Keduanya dapat terjadi atau tidaknya perubahan kimia yang terjadi antara zat yang mengadsorpsi (*adsorben*). Beberapa teori yang menerangkan tentang gejala daya serap yang sebenarnya, belum cukup untuk mengemukakan tentang terjadinya daya serap pada karbon aktif.

Karbon aktif dapat menyerap senyawa organik maupun anorganik, tetapi mekanisme penyerapan senyawa tersebut belum semua diketahui dengan jelas. Mekanisme penyerapan yang telah diketahui antara lain penyerapan golongan fenol dan aldehyd aromatis maupun derivatnya. Senyawa fenol-aldehyd maupun derivatnya terserap oleh karbon karena adanya peristiwa donor-akseptor elektron. Gugus karbonil pada permukaan karbon bertindak sebagai donor elektron. Karena ada peristiwa tersebut, maka inti benzena akan berikatan dengan gugus karbonil pada permukaan berikut :

1. Dengan adanya pori-pori mikro antar partikuler yang sangat banyak jumlahnya pada karbon aktif, akan menimbulkan gejala kapiler yang menyebabkan adanya daya serap. Selain itu distribusi ukuran pori merupakan faktor penting dalam menentukan kemampuan adsorpsi karbon aktif. Misalnya, ukuran 20 angstrom dapat digunakan untuk menghilangkan campuran rasa dan bau, hanya lebih efektif untuk pembersihan gas, sedangkan untuk ukuran 20-100 angstrom efektif untuk menyerap warna.

2. Pada kondisi yang bervariasi ternyata hanya sebagian permukaan yang mempunyai daya serap. Hal ini dapat terjadi karena permukaan karbon dianggap heterogen, sehingga hanya beberapa jenis zat yang dapat diserap oleh bagian permukaan yang lebih aktif, yang disebut pusat aktif.

Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah sebagai berikut :

- a. Karakteristik fisika dan kimia adsorben, antara lain : luas permukaan ukuran pori, komposisi kimia
 - b. Karakteristik fisis dan kimia adsorbat, antara lain : ukuran molekul, polaritas molekul komposisi kimia.
 - c. Konsentrasi adsorbat dalam fase cair.
 - d. Sistem waktu adsorpsi.
- d) Proses Pembuatan Karbon Aktif**

Pembuatan karbon aktif telah banyak diteliti, dan dalam pustaka telah didapat data yang cukup banyak. Diantaranya dituliskan bahwa karbonisasi untuk memperoleh karbon yang baik untuk diaktivasi harus dilakukan pada temperatur dibawah 600°C . Disamping itu ditemukan pula bahwa aktivasi arang dengan uap air sangat baik pada temperatur $900-1000^{\circ}\text{C}$, dan penambahan garam KCNS akan mempertinggi daya adsorpsi karbon aktif yang diperoleh.

Secara umum dalam pembuatan karbon aktif terdapat dua tingkatan proses yaitu :

1. Proses pengarangan (karbonisasi)

Proses ini merupakan proses pembentukan arang dari bahan baku. Secara umum, karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara,

sampai temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Hasil yang diperoleh biasanya kurang aktif dan hanya mempunyai luas permukaan beberapa meter persegi per gram.

Selama proses karbonisasi dengan adanya dekomposisi *pirolitik* bahan baku, sebagian elemen-elemen bukan karbon, yaitu hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom-atom yang terbebaskan dari karbon elementer membentuk kristal yang tidak teratur, yang disebut sebagai kristal grafit elementer. Struktur kristalnya tidak teratur dan celah-celah kristal ditempati oleh zat dekomposisi tar. Senyawa ini menutupi pori-pori karbon, sehingga hasil proses karbonisasi hanya mempunyai kemampuan adsorpsi yang kecil. Oleh karena itu karbon aktif dapat juga dibuat dengan cara lain, yaitu dengan mengkarbonisasi bahan baku yang telah dicampur dengan garam dehidrasi atau zat yang dapat mencegah terbentuknya tar, misalnya ZnCl, MgCl, dan CaCl. Perbandingan garam dengan bahan baku adalah penting untuk menaikkan sifat-sifat tertentu dari karbon.

2. Proses aktivasi

Secara umum, aktivasi adalah mengubah karbon dengan daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi, misalnya dengan menggunakan uap panas, gas karbondioksida dengan temperatur antara 700-1100⁰C, atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator (Smisek, 1970). Selain itu aktivasi juga berfungsi untuk mengusir tar yang melekat pada permukaan dan pori-pori karbon.

Aktivasi menaikkan luas permukaan dalam (internal area), menghasilkan volume yang besar, berasal dari kapiler-kepiler yang sangat kecil, dan mengubah permukaan dalam dari struktur pori.

Jadi karbon aktif dapat dibuat dengan dua metode aktivasi (Smisek, 1970), yaitu:

- a) Aktivasi fisika, pada aktivasi ini digunakan gas pengaktif, misalnya uap air atau CO, yang dialirkan pada karbon hasil yang dibuat dengan metode karbonasi biasa. Pada saat ini senyawa-senyawa hasil ikutan akan hilang dan akhirnya akan memperluas hasil permukaan. Aktivasi ini dilakukan sampai derajat aktivasi cukup, yaitu sampai kehilangan berat berkisar antara 30-70%.
- b) Aktivasi kimia, pada aktivasi ini bahan dikarbonisasi dengan tambahan zat pengaktif (aktivator) yang mempengaruhi jalannya pirolisis. Kemudian dicuci dengan air dan kemudian dikeringakan.

Biasanya proses aktivasi fisika merupakan awal dari proses aktivasi kimia.

Pembuatan karbon aktif akan melalui beberapa tahapan sebagai berikut: penghilangan air (dehidrasi), pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon, dan ikomposisi tar yang juga memperluas pori-pori.

Pada proses produktif karbon aktif, metode tersebut dapat dikembangkan untuk maksud tertentu.

e) **Penggunaan Karbon Aktif**

Karbon aktif dapat digunakan sebagai bahan pemucat, penyerap gas, penyerap logam, menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, detergen, bau, senyawa phenol dan lain sebagainya. Pada saringan arang aktif ini terjadi

proses adsorpsi, yaitu proses penyerapan zat-zat yang akan dihilangkan oleh permukaan arang aktif. Apabila seluruh permukaan arang aktif sudah jenuh, atau sudah tidak mampu lagi menyerap maka kualitas air yang di saring sudah tidak baik lagi, sehingga arang aktif harus di ganti dengan arang aktif yang baru.

2.5.6 Genteng Tanah Liat

Genteng adalah salah satu struktur bangunan yang terbuat dari tanah liat melalui sistem pres atau cetak yang sering digunakan sebagai pelindung atau berteduh. Genteng sendiri memiliki sifat fisik dan mineralogi. fase mineral berperan terhadap sifat fisik badan genteng. Sifat fisik badan genteng tersebut dapat diketahui dari pengujian densitas, pengujian penyusutan, pengujian beban lentur, pengujian penyerapan air dan pengujian perembesan air. Sifat mineralogi yang mempengaruhi sifat fisik badan genteng dapat diketahui dari pengamatan petrografi, pengamatan hasil X-RD (X-Ray Diffractometry) dan pengamatan hasil SEM (Scanning Electron Microscopy).

Genteng yang terbuat dari lempung mempunyai syarat antara lain harus kedap air, adapun sifat dari bahan tersebut tergantung pada perbandingan campuran adonan yaitu kurus atau gemuk (Antono, 1978)

Lempung terdiri dari butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastisitas dan kohesi. Badan genteng sebagai benda uji dibuat berkomposisi lempung dan pasir kemudian dibakar pada suhu awal 150 °C, kemudian setelah hilang asap putih maka suhu dinaikan menjadi 650°C. Setelah keadaan tersebut tercapai, kecepatan penuh pembakaran sampai selesai dengan tahapan suhu antara 750°C, 850°C, 900°C, dan 1000°C. Dengan waktu kurang lebih 6 (enam) jam sampai 12 jam

Dimensi dan bentuk poongan Geneng adalah (5 x 5) Cm² dan (3 x 3) Cm²

Untuk dapat menghasilkan genteng yang memenuhi persyaratan S11, maka komposisi tiap komponen dalam adonan (dalam % berat): maksimum jumlah lempung 90 % dan pasir 10 %. Komposisi optimum tersebut dibakar pada suhu 750 °C dan pengaruh fase metakaolin menghasilkan genteng dengan densitas sebesar 14.19 gr; cm³ dan beban lentur sebesar 463.9 kgf atau termasuk dalam mutu genteng kelas bawah. Tidak dapat menghasilkan genteng dengan mutu yang lebih baik. Cara ini juga ama dalam pembuatan Bata merah pejal akan tetapi pada pembuatan bata tidak mengalami pengepresan.

Tujuan menggunakan kombinasi genteng ini untunk mengabsorbsi limbah khususnya parameter phospat, hal ini mempengaruhi tanah yang digunakan dalam membuat genteng yaitu menggunakan tanah lempung dari daerah Godean dengan kadar Fe (besi) adalah 5% sampai 6% yang diharapkan mampu mengikat PO₄ (phospat).

2.5.7 Pasir

Pasir adalah media filter yang paling umum dipakai dalam proses penjernihan air, karena pasir dinilai ekonomis, tetapi tidak semua pasir dapat dipakai sebagai media filter. Artinya diperlukan pemilihan jenis pasir, sehingga diperoleh pasir yang sesuai dengan syarat-syarat media pasir. Dalam memilih jenis pasir sebagai media filter hal-hal yang diperhatikan adalah :

- a. Senyawa kimia pada pasir
- b. Karakteristik fisik pasir
- c. Persyaratan kualitas pasir yang disyaratkan
- d. Jenis pasir dan ketersediaannya

a) Susunan Kimia Pasir

Pada umumnya pasir mempunyai senyawa kimia antara lain : SiO_2 , Na_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 . Senyawa yang terpenting dalam pasir sebagai media filter adalah kandungan SiO_2 , yang tinggi, karena SiO_2 yang tinggi memberikan kekerasan pasir semakin tinggi pula (Lewis, 1980). Proses yang terpenting dalam filter yang berhubungan dengan kekerasan pasir adalah pencucian pasir.

b) Karakteristik Fisik Pasir

Karakteristik fisik pasir yang perlu diperhatikan untuk media filter antara lain adalah :

a. Bentuk Pasir

Bentuk pasir sangat berpengaruh terhadap kelolosan / permeabilitas. Menurut bentuknya pasir dapat dibagi menjadi 3, yaitu : bundar, menyudut tanggung, dan bundar menyudut (Lewis, 1980). Umumnya dalam satu jenis pasir ditemukan bentuk lebih dari satu bentuk butir. Pasir dengan bentuk bundar memberikan kelolosan lebih tinggi dari pada pasir bentuk lain.

b. Ukuran Butiran Pasir

Butiran pasir berukuran kasar dengan diameter > 2 mm memberikan kelolosan yang besar, sedangkan ukuran pasir berukuran halus dengan diameter 0,15-0,45 mm memberikan kelolosan yang rendah. Factor yang penting dalam memilih ukuran butiran pasir sebagai media saring adalah *effective size (ES)*

c. Kemurnian pasir

Pasir yang digunakan sebagai media saringan semurni mungkin, artinya pasir benar-benar bebas dari kotoran, misalnya lempung. Pasir dengan kandungan lempung yang tinggi jika digunakan sebagai media filter akan berpengaruh pada kualitas filtrate yang dihasilkan.

d. Kekerasan pasir

Kekerasan pasir dihubungkan dengan kehancuran pasir selama pemakaian sebagai media filter. Kekerasan berhubungan erat dengan kandungan SiO₂ yang tinggi, maka akan memberikan kekerasan yang tinggi pula.

c) Jenis Pasir dan Ketersediaannya

Mudah tidaknya jenis pasir yang dijadikan media filter untuk diambil sangat mempengaruhi harga dari pasir tersebut, sedangkan jumlah atau cadangan pasir hendaknya cukup untuk sejumlah kebutuhan bagi filter yang direncanakan.

Pasir yang diambil dari Sungai Progo ternyata cukup baik digunakan sebagai media filter karena mempunyai kekerasan yang tinggi juga mempunyai persediaan yang cukup banyak. Berdasarkan hasil pemeriksaan pasir yang berasal dari Sungai Progo dapat diketahui bahwa derajat kerja sebesar 0,398 mm, derajat keseragaman sebesar 2,03 serta kelarutan sebesar 3,5% dan berat jenis sebesar 2,857 gr/cm³ (BTKL,1990).

Saringan pasir bertujuan mengurangi kandungan Lumpur dan bahan-bahan padat yang ada di air. Ukuran pasir untuk menyaring bermacam-macam, tergantung jenis bahan pencemar yang akan disaring. Pengamatan tentang bahan padat yang terapung, seperti potongan kayu, dedaunan, sampah, dan kekeruhan air perlu dilakukan untuk menentukan

ukuran yang akan dipakai. Semakin besar bahan padat yang perlu disaring, semakin besar ukuran pasir.

Umumnya, air kotor yang akan disaring oleh pasir mengandung bahan padat dan endapan lumpur. Karena itu, ukuran pasir yang dipakai pun tidak terlalu besar. Yang lazim dimanfaatkan adalah pasir berukuran 0,2 mm - 0,8 mm.

Berdasarkan ukuran pasir, maka dapat dibedakan dua tipe saringan pasir, yakni saringan cepat dan saringan lambat. Saringan cepat dapat menghasilkan air bersih sejumlah 1,3 - 2,7 liter/m³/detik. Diameter pasir yang dipakai 0,4 mm - 0,8 mm dengan ketebalan 0,4 m - 0,7 m. Saringan pasir lambat menghasilkan air bersih 0,034 - 0,10 liter/m³/detik. Diameter pasir yang dipakai sekitar 0,2 mm - 0,35 mm dengan ketebalan 0,6 mm - 1,2 mm. Saringan pasir hanya mampu menahan bahan padat terapung. Ia tidak dapat menyaring virus atau bakteri pembawa bibit penyakit. Itulah sebabnya air yang sudah melewati saringan pasir masih tetap harus disaring lagi oleh media lain. Saringan pasir ini harus dibersihkan secara teratur pada waktu-waktu tertentu.

d) Jenis Operasi Saringan Pasir

Operasi filtrasi pada alat filter media butiran bertujuan untuk menyisahkan padatan tersuspensi dari dalam air, di mana padatan tersuspensi tersebut paling besar memberikan sifat keruh yang dimiliki air. Pada umumnya operasi unit filter media butiran di bagi menjadi tiga jenis yaitu :

1. Filter Pasir Lambat (*Slow Sand Filter*)
2. Filter Pasir Cepat (*Rapid Sand Filter*)
3. Filter Bertekanan

Terdapat banyak perbedaan diantara ketiga unit operasi tersebut baik pada rancangannya ataupun pengoperasiannya. Untuk jenis filter pasir lambat maka ukuran diameter yang digunakan adalah 0.15-0.45 mm dengan ketinggian media antara 60-120 cm dan laju alir influent dalam besaran kecepatan linie pada rentang 1-2 m/jam, sedang pada filter pasir cepat ukuran media filter 0.40-0.70 mm.

Faktor yang mempengaruhi efisiensi penyaringan ada 4 (empat) faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas effluent serta masa operasi saringan yaitu :

- a. Kualitas air baku, senakin baik kualitas air baku yang diolah maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh.
- b. Suhu, Suhu yang baik yaitu antara 20-30 °C, temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi-reaksi kimia.
- c. Kecepatan Penyaringan, Pemisahan bahan-bahan tersuspensi dengan penyaringan tidak dipengaruhi oleh kecepatan penyaringan. Berbagai hasil penelitian ternyata, kecepatan penyaringan tidak mempengaruhi terhadap kualitas effluen. Kecepatan penyaringan lebih banyak terhadap masa operasi saringan. (Huisman, 1975)
- d. Diameter butiran, secara umum kualitas effluent yang dihasilkan akan lebih baik bila lapisan saringan pasir terdiri dari butiran-butiran halus. Jika diameter butiran yang di gunakan kecil maka yang terbentuk juga kecil. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penyaringan.

e) **Mekanisme Filtrasi**

Menurut Razif (1985), proses filtrasi adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang paling penting adalah :

1. *Mechanical Straining*, yaitu proses penyaringan partikel *suspended matter* yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir, yang berlangsung diseluruh permukaan saringan pasir dan sama sekali tidak bergantung pada kecepatan penyaringan.
2. Sedimentasi, akan mengendapkan partikel *suspended matter* yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Proses pengendapan terjadi pada seluruh permukaan pasir.
3. Adsorption adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi. Proses adsorpsi dalam saringan pasir lambat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan dan dengan bahan pelapis seperti gelatin yang pekat yang terbentuk pada butiran pasir oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses ini yang lebih penting terjadi sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel-partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan.
4. Aktivitas Kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
5. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter.