

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Cair**

Air limbah diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas ke dalam air dengan sifatnya berupa endapan atau padat, padat tersuspensi, terlarut, koloid, emulsi yang menyebabkan air dimaksud harus dipisahkan atau dibuang dengan sebutan air buangan (Tjokrokusumo, 1995).

Badan air yang telah terkena pencemaran baik fisik, kimia, maupun biologis pada umumnya akan mengalami pemurnian air secara alami. Pemurnian dari bahan harus memerlukan waktu dan panjang aliran tertentu dengan derajat pencemaran yang terjadi. Apabila suatu limbah ditampung dan dibuang begitu saja tanpa mengalami proses pengolahan ataupun pemurnian secara alami, akibatnya adalah adanya perembesan limbah yang sudah tercemar tersebut kedalam air tanah atau perairan sekitarnya apabila kolam penampung limbah tidak terbuat dari bahan kedap air (Pramiyati, 1992).

##### **2.1.1 Pengolahan Air Limbah atau Air Buangan**

Manusia tidak mungkin dapat mencegah dihasilkannya bahan limbah, yang dapat diusahakan hanyalah mengurangi bahan limbah yang dihasilkannya. Dengan demikian maka manusia harus mencari solusi bagaimana cara pengolahan bahan limbah yang paling efisien (Djajadiningrat, 1992).

Pengolahan adalah usaha memperbaiki kualitas air buangan yang bertujuan melindungi kesehatan masyarakat menghindari gangguan terhadap badan air dan menghindari kerusakan-kerusakan lainnya. Proses pengelolaan limbah cair dapat dilakukan melalui beberapa cara yaitu secara fisik, kimia dan biologi. Proses pengolahan limbah cair dilakukan sesuai dengan karakteristik limbah cair.

Berdasarkan karakteristik air, pengolahan air buangan telah dikembangkan dengan berbagai teknik yaitu :

1. Pengolahan secara fisik

Pengolahan secara fisik dimaksudkan untuk bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan mudah mengendap atau bahan-bahan terapung disisihkan terlebih dahulu. Pengolahan yang dilakukan antara lain : penyaringan kasar (*screen*), pencampuran (*mixing*), flokulasi (*flocculation*), pengendapan (*sedimentation*), pengapungan (*flotation*), penyaringan (*filtration*) merupakan proses pendahuluan untuk menyisahkan bahan tersuspensi dari air limbah.

2. Pengolahan secara kimia

Pengolahan secara kimia bertujuan untuk menghilangkan partikel yang tidak mudah mengendap. Pengolahan ini memerlukan bahan kimia untuk menyisahkan bahan polutan. Hasil akhir proses pengolahan biasanya merupakan endapan yang kemudian dipisahkan secara fisika.

### 3. Pengolahan secara biologis

Pengolahan secara biologis memanfaatkan mikroorganisme yang berada dalam air untuk memisahkan bahan-bahan polutan. Dalam hal ini terjadi konversi bahan polutan menjadi sel mikroorganisme yang terbentuk.

#### 2.2 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

*Chemical Oxygen Demand (COD)* adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasikan secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*non biodegradable*) menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Pada prosedur penentuan COD, oksigen yang dikonsumsi setara dengan jumlah dikromat yang diperlukan untuk mengoksidasikan air sampel (Boyd, 1988).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

Analisa COD didasarkan pada kenyataan bahwa hampir semua bahan organik dapat dioksidasikan menjadi karbondioksida dan air dengan bantuan oksidator kuat (Kalium dikromat /  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) dalam suasana asam. Dengan menggunakan dikromat sebagai oksidator, diperkirakan sekitar 95% - 100% bahan organik dapat dioksidasi.

Meskipun demikian, terdapat juga bahan organik yang tidak dapat dioksidasi dengan metode ini, misalnya piridin dan bahan organik yang bersifat sangat mudah menguap (*volatile*). Glukosa dan lignin dapat dioksidasi secara sempurna.

Asam amino dioksidasi menjadi ammonia nitrogen. Nitrogen organik dioksidasi menjadi nitrat.

Pengukuran kadar bahan organik yang tidak dapat didegradasi secara biologis dapat dilakukan secara langsung dengan parameter *Total Organic Carbon* (TOC).

Pada penentuan COD, kalium dikromat yang ditambahkan harus melebihi kebutuhan untuk mengoksidasi bahan organik. Kelebihan oksidator ini dititrasi kembali untuk mengetahui oksidator yang sesungguhnya terpakai. Asam lemak (*fatty acids*) dan hidrokarbon aromatik tidak dapat dioksidasi oleh kalium dikromat.

Kalium dikromat dapat mengoksidasi bahan organik secara sempurna apabila berlangsung dalam suasana asam dan suhu tinggi. Oleh karena itu, bahan-bahan mudah menguap (*volatile*) yang terdapat dalam air akan menguap selama proses oksidasi berlangsung, jika tidak dilakukan pencegahan. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya penguapan bahan-bahan mudah menguap ini adalah dengan menggunakan kondensor refluks. Pada metode refluks, air sampel dapat dididihkan tanpa kehilangan bahan-bahan mudah menguap.

### 2.3 *Amoniak* ( $\text{NH}_3$ )

*Amoniak* ( $\text{NH}_3$ ) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi  $\text{NH}_4^+$  pada pH rendah dan disebut ammonium. *Amoniak* sendiri berada dalam keadaan tereduksi (-3). *Amoniak* dalam air permukaan berasal dari air seni dan tinja juga dari oksidasi zat organik secara mikrobiologis, yang berasal dari air alam atau air

buangan industri dan penduduk. *Amoniak* ( $\text{NH}_3$ ) dan garam-garamnya bersifat mudah larut dalam air. *Amoniak* banyak digunakan dalam proses produksi urea, industri bahan kimia (asam nitrat, amonium fosfat, amonium nitrat, dan amonium sulfat), serta industri bubur kertas dan kertas (*pulp* dan *paper*). Sumber *Amoniak* di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur. Proses ini dikenal dengan istilah amonifikasi.

Reduksi nitrat (denitrifikasi) oleh aktivitas mikroba pada kondisi anaerob, yang merupakan proses yang biasa terjadi pada pengolahan limbah, juga menghasilkan gas *Amoniak* dan gas-gas lain, misalnya  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$  dan  $\text{N}_2$  (Novotny dan Olem, 1994).

Tinja dari biota akuatik yang merupakan limbah aktivitas metabolisme juga banyak mengeluarkan *Amoniak*. Sumber *Amoniak* yang lain adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri, dan domestik. *Amoniak* yang terdapat dalam mineral masuk ke badan air melalui erosi tanah. di perairan alami, pada suhu dan tekanan normal *Amoniak* berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan gas amonium.

Selain terdapat dalam bentuk gas, *Amoniak* membentuk kompleks dengan beberapa ion logam. *Amoniak* juga dapat terserap ke dalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid sehingga mengendap di dasar perairan. *Amoniak* di perairan dapat menghilang melalui proses volatilisasi karena tekanan parsial *Amoniak* dalam larutan meningkat dengan semakin meningkatnya pH. Hilangnya

*Amoniak* ke atmosfer juga dapat meningkat dengan meningkatnya kecepatan angin dan suhu.

*Amoniak* yang terukur di perairan berupa amonia total ( $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$ ). *Amoniak* bebas tidak dapat terionisasi, sedangkan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dapat terionisasi. Persentase *Amoniak* bebas meningkat dengan meningkatnya nilai pH dan suhu perairan. Pada pH 7 atau kurang, sebagian besar *Amoniak* akan mengalami ionisasi. Sebaliknya, pada pH lebih besar dari 7, *Amoniak* tak terionisasi yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah yang lebih banyak.

*Amoniak* bebas ( $\text{NH}_3$ ) yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas *amoniak* terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu. Avertebrata air lebih toleran terhadap toksisitas *Amoniak* dari pada ikan. Ikan tidak dapat bertoleransi terhadap kadar *Amoniak* bebas yang terlalu tinggi karena dapat mengganggu proses pengikatan oksigen oleh darah dan pada akhirnya dapat mengakibatkan sufokasi. Akan tetapi, *Amoniak* bebas ini tidak dapat diukur secara langsung.

#### 2.4 Reaktor Aerokarbonfilter

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan prinsip-prinsip dari beberapa unit pengolahan, yaitu aerasi, karbon aktif dan filtrasi yang dikombinasikan menjadi satu unit kesatuan. Reaktor ini merupakan reaktor baru yang belum pernah ada dan diharapkan dari penelitian ini dapat diketahui tingkat efektifitasnya dalam menurunkan konsentrasi COD dan  $\text{NH}_3$ .

## 2.5 Aerasi

Adalah fenomena fisik dimana terjadi pertukaran molekul-molekul gas diudara 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*) atau bidang pemisah, maka proses tersebut harus dilakukan dengan kontak sebanyak-banyaknya antara ke dua permukaan tersebut. Selama fase cair ini tidak jenuh oleh gas dibawah kondisi seperti tekanan, temperatur (adsorpsi gas) dan mengurangi konsentrasi bilamana fase cair terlalu jenuh yaitu desorpsi, presipitasi, atau *stripping gas*. Transfer gas ini dihasilkan dengan membuat udara dan air memasuki kontak secara dekat, yaitu dengan aerasi atau pengudaraan (Walker, 1978).

Aerasi bertujuan untuk (Agustjik, 1991) :

1. Mengurangi *taste and odor*
2. Mengurangi sifat korosif air (CO<sub>2</sub>)
3. Menghilangkan gas-gas terlarut yang tidak dikehendaki (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, VOC)
4. Oksidasi senyawa-senyawa terlarut dalam air (Fe, Mn dll).
5. Penambahan jumlah oksigen
6. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)
7. Menghilangkan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), metan (CH<sub>4</sub>) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

### 2.5.1 Mekanisme Gas Transfer

Gas-gas yang terlarut di dalam bahan cair akan mencari kondisi *equilibrium* atau seimbang. Konsentrasi gas yang terlarut di dalam bahan cair pada keadaan setimbang disebut nilai penjumlahan. Nilai penjumlahan gas bergantung pada temperatur bahan cair, tekanan gas sebagian, dan konsentrasi bahan-bahan padat yang terlarut dalam pada bahan cair. Nilai penjumlahan secara langsung seimbang dengan dengan tekanan sebagian dan secara terbalik seimbang dengan temperatur dan konsentrasi bahan-bahan padat terlarut.

Perbedaan antara nilai penjumlahan dan konsentrasi aktual memberikan kekuatan dorong untuk pertukaran gas-gas dari sifat gas menjadi sifat terlarut dan demikian pula sebaliknya. Tingkat pertukaran secara langsung seimbang dengan perbedaan antara konsentrasi aktual dan nilai penjumlahan.

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.

### 2.5.2 Jenis-Jenis Aerasi

#### 1. *Gravity aerator*

*Gravity aerator* menggunakan bendungan (*weirs*), air terjun (*water falls*), air terjun kecil (*cascades*), bidang miring dengan piringan penderas, menara vertikal dengan udara yang naik, menara piringan yang dilubangi (*perforated*



*filled towers*), atau *packed towers filled* dengan media kontak seperti *coke* atau batu (*stone*), diantaranya :

a. *Multiple Tray aerator*

Aerator ini perlengkapannya sangat sederhana dan persiapannya tidak mahal serta menempati ruang yang sangat sempit. Tipe ini terdiri dari 4-8 tray dengan lubang dibagian bawah pada interval 30-50 cm. Lubang air dibuat sama dengan tray yang di atasnya, dan aliran kebawahnya rata-rata sekitar 0,02 m<sup>3</sup>/detik. Air diterjunkan dan dikumpulkan lagi pada tiap-tiap tray. Tray dapat dibuat dari beberapa bahan yang sesuai seperti papan asbes yang berlubang-lubang, pipa-pipa plastik dengan diameter kecil atau bilah-bilah kayu yang disusun paralel (Agustjik, 1991).

b. *Cascade aerator*

Aerator ini terdiri dari 4-6 anak tangga, ketinggian masing-masing sekitar 10 cm dengan kapasitas sekitar 0,01 m<sup>3</sup>/detik. Untuk turbulensi dan meningkatkan efisiensi aerasi, rintangan-rintangan seringkali ditempatkan pada ujung tiap anak tangga. Dibandingkan dengan *tray aerator* memerlukan ruang yang lebih luas tetapi mempunyai *headloss* lebih rendah (Holden, 1970).

c. *Multiple platform aerator*

Aerator ini menggunakan prinsip yang sama dengan *cascade aerator*. Piringan berlapis (*platform*) untuk terjunan air dibuat terbuka sehingga air dapat kontak dengan udara.

## 2. *Spray aerator*

Merupakan aerasi yang dapat menghasilkan semprotan air, sehingga yang jatuh keluar akan berupa butiran-butiran. Hal ini sangat menguntungkan karena air yang dihasilkan semakin kecil, karena dengan butiran yang kecil ke permukaan air yang kontak langsung dengan udara semakin luas.

## 3. *Diffused-air aerator*

Tipe ini terdiri dari sebuah basin dengan pipa-pipa perlokasi, tabung-tabung porous yang digunakan untuk memompakan udara yang akan dilewatkan ke air, sehingga air tersebut teraerasikan. Tingkat terjadinya gelembung-gelembung itu banyak dipengaruhi oleh *spray aerator*, tetapi meskipun demikian udara harus ditekan diatas tekanan kedalaman air dimana difusi itu ditetapkan.

## 4. *Mechanical aerator*

Aerator tipe ini terdiri dari sebuah propeler seperti daun pengaduk terpasang pada ujung sumbu vertikal yang dikendalikan oleh sebuah motor. Akibat putaran daun pengaduk yang cepat di dalam air, maka terjadi pencampuran antara udara dan air. Tipe-tipe aerator mekanik pada umumnya yaitu aerator permukaan (tipe air ke dalam udara), aerator rendam (tipe udara ke dalam air), dan aerator kombinasi.

### 2.5.3 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

$$(C_s - C_e) = (C_s - C_o)e^{-KLa \cdot t} \quad 2.1$$

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 memaksimalkan 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.

## 2.6 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%-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<sup>2</sup>/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 digunakan pertama kali pada pengolahan air dan air limbah untuk mengurangi material organik, rasa, bau dan warna (Culp, RL dan Culp, GL, 1986). Karbon aktif juga sering digunakan untuk mengurangi kontaminan organik, partikel kimia organik sintetis (SOCs), tapi karbon aktif juga efektif untuk mengurangi kontaminan inorganik seperti radon-222, merkuri, dan logam beracun lainnya (Ronald L, 1997). Proses karbon aktif merupakan salah satu proses penyaringan air limbah terutama setelah mengalami proses biologi atau proses fisika kimia.

### 2.6.1 Karakteristik Karbon Aktif

Ada beberapa karakteristik yang penting di dalam pengolahan air limbah diantaranya luas permukaan, kerapatan partikel, densitas unggun (*bulk density*), ukuran efektif, volume pori, analisa ayakan, kadar abu, angka iodium, kadar air dan distribusi ukuran pori (Culp, RL dan Culp, GL, 1986).

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan hal yang penting dalam karbon aktif. Ukuran partikel karbon aktif mempengaruhi kecepatan adsorpsi, tetapi tidak mempengaruhi kapasitas adsorpsi yang berhubungan dengan luas permukaan karbon (Cheremisinof, 1978). Jadi kecepatan adsorpsi yang menggunakan karbon aktif serbuk (*powder*) lebih besar daripada karbon aktif butiran (*granular*). Luas permukaan total mempengaruhi kapasitas adsorpsi total sehingga meningkatkan efektifitas karbon aktif dalam penyisihan senyawa organik dalam air buangan.

Ukuran partikel tidak terlalu mempengaruhi luas permukaan total sebagian besar meliputi pori-pori partikel karbon. Struktur pori-pori karbon aktif mempengaruhi perbandingan antara luas permukaan dan ukuran partikel.

Struktur pori adalah faktor utama dalam proses adsorpsi. Distribusi ukuran pori menentukan molekul yang masuk dalam partikel karbon untuk diadsorp.

Ada dua macam pori dalam partikel karbon aktif yaitu *mikropore* dengan diameter 10-1000 Å dan *makropore* dengan diameter >1000 Å (Cheremisinof, 1978).

Setelah aktivasi karbon, karbon aktif bisa diklasifikasikan menjadi dua jenis yang mempunyai ukuran partikel yang berbeda dengan kapasitas adsorpsi

yang berbeda pula, yakni *powder* jika ukuran karbon aktif lebih kecil dari 200 mesh dan granular jika diameter karbon aktif berukuran lebih besar dari 0.1 mm (Metcalf dan Eddy, 1991).

**a. Pengolahan dengan karbon aktif serbuk (*powder*).**

Karbon aktif ini berbentuk serbuk dan luas permukaannya lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif butiran, sehingga kecepatan adsorpsinya juga menjadi lebih besar (A.Abrams, et al, 1966). Karbon aktif serbuk dapat digunakan secara langsung pada proses fisik dan kimia. Setelah beberapa lama terjadi kontak maka karbon akan mengendap pada dasar bak pengolahan (Tchobanoglous, 1983).

Penggunaan karbon aktif disini dilakukan dengan cara menaburkan bubuk ini ke dalam saluran yang berasal dari pengolahan biologis. Pengontakkan ini biasanya diletakkan pada bak tertentu, setelah bubuk tercampur maka gaya beratnya akan mengendap dengan membawa partikel terlarut dan partikel tercampur. Agar menjadikan bahan ini lebih ekonomis, maka karbon aktif dapat dipergunakan kembali setelah dipakai dengan cara melakukan oksidasi dengan tekanan tinggi. Pada proses regenerasi ini biasanya karbon aktif akan hancur sebanyak 5-10%. Karbon aktif jenis ini yang paling sulit untuk regenerasi.

Salah satu kerugian menggunakan karbon aktif berbentuk bubuk adalah kemungkinan terjadinya penyumbatan lebih besar karena karbon aktif bercampur dengan bubuk.

**b. Karbon aktif berbentuk butiran (*granular*).**

Karbon aktif berbentuk *granular* ditetapkan dalam ukuran mesh. Kecepatan adsorpsinya lebih kecil di bandingkan dengan karbon aktif berbentuk

serbuk karena luas permukaan totalnya lebih sedikit dibandingkan karbon aktif berbentuk serbuk, dimana luas permukaan total akan mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Karbon aktif berbentuk *granular* dipakai untuk memisahkan kontaminan dalam air buangan seperti phenol, insektisida, trinitrotolune (TNT), detergen, warna dan logam berat lainnya (A. Abrams, et al, 1996).

Adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif butiran (*granular*) dapat menggunakan sistem batch, column atau fluidized bed. Sistem kontak yang umum digunakan adalah fixed bed atau *contercurrent moving hed* (reynold, 1982).

Kelebihan dari pemakaian karbon aktif *granular* adalah :

1. Pengoperasian mudah karena air mengalir dalam media karbon.
2. Proses berjalan cepat karena ukuran butiran karbonnya lebih besar.
3. Karbon aktif tidak bercampur dengan lumpur sehingga dapat di regenerasi.

Kerugiannya adalah :

1. Perlu tambahan unit pengolahan lagi yaitu filter.
2. Luas permukaan kontak persatuan berat lebih kecil karena ukuran butiran karbon besar.

### 2.6.3 Struktur Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh struktur porinya, tetapi ditentukan juga oleh komposisi kimianya. Misalnya ketidakaturan 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 di dalam 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.

#### 2.6.4 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 luas 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 :

- a. 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 Å dapat digunakan untuk menghilangkan campuran rasa dan bau, hanya lebih efektif untuk pembersihan gas, sedangkan untuk ukuran 20-100 Å efektif untuk menyerap warna.
- b. 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.

## 2.6.5 Zeolit

### 2.6.5.1 Pengertian dasar Zeolit

Mineral zeolit merupakan mineral alam, di Indonesia pada saat ini sudah banyak dipelajari dan dikembangkan pemanfaatannya. Nama zeolit berasal dari kata Zein yang berarti mendidih dan Lithos yang berarti batuan. Dengan demikian zeolit dapat diartikan sebagai batuan yang bersifat mendidih dan mengembang bila dipanaskan. Komposisi zeolit terdiri dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{AlO}_3$ ,  $\text{FeO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , dan  $\text{TiO}_2$ . Mineral zeolit terbentuk dari reaksi antara debu vulkanis dan air garam. Disamping itu ada juga beberapa jenis zeolit yang dihasilkan dari metamorfose batuan yang terdapat di laut (Barrer, 1978).

### 2.6.5.2 Struktur Zeolit

Mineral zeolit terdiri dari kumpulan  $(\text{SiO}_4)$  dan  $(\text{AlO}_4)$  tetrahedral dengan perbandingan Si : Al berkisar antara 1 : 1 dan 100 : 1. Dengan demikian maka kita kenal jenis-jenis mineral zeolit yang berlainan. Struktur paling stabil adalah mineral zeolit yang perbandingan Si : Al adalah 1 : 1. Untuk menetralkan muatan listrik negatif mineral zeolit dibutuhkan ion-ion alkali atau alkali tanah yang biasa diwakili oleh ion-ion Na, K, Ca, Ba dan Mg.

Struktur zeolit adalah terbuka dan mengandung rongga-rongga yang diisi oleh ion-ion dan molekul air. Rongga-rongga dapat saling berhubungan dan membentuk sistem saluran ke segala arah.

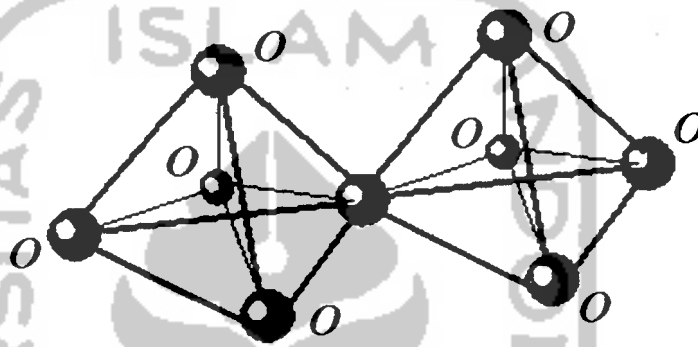
Pada tahun 1984 Professor Joseph V. Smith ahli kristalografi Amerika Serikat mendefinisikan zeolit sebagai :

*"A zeolite is an aluminosilicate with a framework structure enclosing cavities occupied by large ions and water molecules, both of which have considerable freedom of movement, permitting ion-exchange and reversible dehydration".*

Dengan demikian, zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversibel.

Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel kristal  $M_{2/n}O \text{ Al}_2\text{O}_3 \text{ a SiO}_2 \text{ b H}_2\text{O}$  atau  $M_{c/n} \{(\text{AlO}_2)_c(\text{SiO}_2)_d\} \text{ b H}_2\text{O}$ . Dimana n adalah valensi logam, a dan b adalah molekul silikat dan air, c dan d adalah

jumlah tetrahedra alumina dan silika. Rasio d/c atau  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}$  bervariasi dari 1 s/d 5. Zeolit tidak dapat diidentifikasi hanya berdasarkan analisa komposisi kimianya saja, melainkan harus dianalisa strukturnya. Struktur kristal zeolit dimana semua atom Si dan Al dalam bentuk tetrahedral ( $\text{TO}_4$ ) disebut Unit Bangun Primer, zeolit hanya dapat diidentifikasi berdasarkan Unit Bangun Sekunder (UBS) sebagaimana terlihat pada Gambar berikut.



Gambar 2.1. Tetrahedra alumina dan silika ( $\text{TO}_4$ ) pada struktur zeolit.

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa struktur zeolit berbentuk tetrahedron berantai tiga dimensi. Pada kristal zeolit, kedudukan atom pusat tetrahedron ditempati oleh atom Si dan Al, sedangkan atom oksigen berada pada sudut-sudutnya. Oleh sebab itu keadaan atom Al pada tetrahedral memerlukan tambahan muatan positif seperti kation logam alkali dan alkali tanah yang diperlukan untuk menetralkan muatan listriknya. Keadaan ini yang menyebabkan zeolit bersifat sebagai penukar kation, sedangkan pori-pori yang terdapat di dalam struktur zeolit berisi molekul air.

### 2.6.5.3 Sifat Zeolit

Sifat zeolit berupa :

a. Zeolit sebagai penukar ion

Zeolit mempunyai kerangka kation dalam jaringan polimer yang bersifat mobil dan mudah dipertukarkan dengan kation lain, misalnya dalam proses pelunakan air sadah. Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini akan bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktivitas katalis. Zeolit sebagai molekular sieve mempunyai struktur kristalin porous sehingga mampu berfungsi sebagai penukar ion, karena perbedaan muatan Al(+3) dan Si(+4) menjadikan atom Al dalam kerangka kristal bermuatan negatif dan membutuhkan kation penetral.

b. Zeolit sebagai adsorben

Zeolit dapat digunakan sebagai adsorben karena merupakan polimer anorganik yang tersusun dari satuan berulang berupa tetrahedral  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  zeolit mampu menyerap molekul lain yang mempunyai ukuran lebih kecil dari ukuran pori zeolit, misalnya Na-Mordinet mampu menyerap metil amina dari campuran metil amina, etanol dan dietil amina. Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada disekitar kation. Apabila kristal zeolit dipanaskan pada suhu  $300^{\circ}$ - $400^{\circ}$  celcius maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat

berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Selain mampu menyerap gas atau zat, zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya.

c. Zeolit sebagai katalis

Ciri khusus zeolit yang secara praktis menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang membentuk saluran di dalam struktur. Apabila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas di antara kristal. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori besar dan permukaan yang maksimum.

d. Zeolit sebagai penyaring/pemisah

Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari campuran tertentu, karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam-macam (berkisar antara 2-8 Å tergantung dari jenis zeolit). Volume dan ukuran ruang hampa dalam kisi-kisi kristal ini menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring.

e. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam permukaan rongga yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan efektif berinteraksi dengan molekul yang diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang terbentuk apabila unit sel kristal tersebut dipanaskan.

#### 2.6.5.4 Jenis Zeolit

Berdasarkan pada proses pembentukannya, zeolit dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

##### 1. Zeolit alam

Merupakan zeolit yang berasal dari proses perubahan yang terjadi di alam atau merupakan hasil tambang dari batuan vulkanik. Zeolit ini banyak dijumpai dalam lubang lava dan dalam batuan sedimen terutama sedimen piroklasik berbutir halus. Zeolit ini terbagi dalam 2 kelompok yaitu :

- a. Zeolit yang terdapat diantara celah-celah batuan atau diantara lapisan batuan. Zeolit jenis ini biasanya terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit bersama-sama dengan mineral lain, seperti kalsit, kwarsa, renit, klorit, flourit, mineral sulfide dan lain-lain.
- b. Zeolit yang berupa batuan, jenis ini hanya sedikit diantaranya adalah : klinoptilonit, amalsit, erionit dsb.

##### 2. Zeolit sintetis

Merupakan zeolit hasil sintesis rekayasa manusia secara proses kimia dan fisik. Sifat zeolit sintetis sangat tergantung dari jumlah komponen Al dan Si, sehingga ada 3 kelompok zeolit sintetis yaitu :

- Zeolit sintesis dengan kadar Si rendah
- Zeolit sintesis dengan kadar Si sedang
- Zeolit sintesis dengan kadar Si tinggi (Bambang Purwadi, 1998).

### 2.6.5.5 Aktivasi Zeolit

#### 1. Cara Pemanasan

Cara pemanasan molekul-molekul air yang terperangkap akan terlepas pada pemanasan temperatur  $150^{\circ}\text{C}$  selama satu jam. Pemanasan di sini dimaksudkan untuk melepaskan molekul-molekul air yang terdapat pada zeolit yang nantinya akan digantikan oleh molekul yang diadsorpsi.

#### 2. Cara Kimia

Penambahan larutan kimia seperti asam (HCl) atau basa (NaOH). Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi maupun kapasitas tukar ion. Pencucian dengan 0.2 M dapat menaikkan kapasitas adsorpsi dan tukar ion menjadi 250% dari semula. (Bambang poerwadi, 1998). Selain itu juga dapat menggunakan  $\text{KMnO}_4$  1% untuk mengaktifkan zeolit tersebut.

### 2.6.5.6 Manfaat Zeolit

#### 1. Dalam Bidang Pengolahan Limbah Industri dan Nuklir

Zeolit digunakan untuk pemisahan amonia/amonium ion dari air limbah industri, untuk pemisahan hasil fisi dari limbah radioaktif dan penggunaan dibidang limbah pertanian. (Las, 2004)

#### 2. Bidang Proses Industri

Berdasarkan sifat sorpsinya terhadap gas dan hidrasi molekul air, zeolit digunakan untuk pengeringan pada berbagai produk industri. Sebagai “*drying agent*” dari senyawa organik, zeolit digunakan antara lain :

- o pada proses pemurnian metil khlorida dalam industri karet



- pemurnian fraksi alkohol, metanol, benzen, xylene, LPG dan LNG pada industri petro kimia
- untuk hidrokarbon *propellents-fillers aerosol* untuk pengganti freons industri
- penyerap klorin, bromin dan flourin
- menurunkan humiditas ruangan
- penyerapan gas dan penghilangan warna dari cairan gula pada pabrik gula
- campuran filter pada rokok

Dalam industri petrokimia zeolit digunakan pada proses isomerisasi, hidrosulforisasi, hidrokraking, hidrogenasi, reforming, dehidrasi, dehidrogenasi dan de-alkilasi, kraking parafin, dispersi toluen/benzen dan xylen (Las, 2004).

### 3. Bidang Pertanian dan Lingkungan

Zeolit digunakan sebagai "*soil conditioning*" yang dapat mengontrol dan menaikkan pH tanah serta kelembaban tanah. Penambahan zeolit pada pupuk kandang ternyata juga akan meningkatkan proses nitrifikasi. Pada saat ini bidang pertanian merupakan pemakai terbesar di Indonesia. Disamping untuk "*slow release fertilizer*", zeolit juga digunakan sebagai carrier pestisida/herbisida dan fungisida.

Dalam bidang peternakan, zeolit juga digunakan sebagai "*food supplement*" pada ternak ruminansia dan non-ruminansia masing-masing dengan dosis 2.5-5% dari rasio pakan perhari yang dapat meningkatkan produktivitas baik susu, daging dan telur, laju pertumbuhan serta memperbaiki kondisi lingkungan kandang dari bau yang tidak sedap. Dalam hal fauna laut, zeolit berperan sebagai

pengontrol pH air dan penyerap  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$  dan  $\text{H}_2\text{S}$ , filter air masuk ke tambak, pengontrol kandungan alkali, oksigen dan perbaikan lahan dasar tambak melalui penyerapan logam berat Pb, Fe, Hg, Sn, Bi dan As.

Dalam masalah lingkungan terutama masalah polusi udara zeolit juga pernah ditaburkan dari pesawat terbang diatas reaktor Chernobil untuk maksud menyerap hasil fisi yang terdapat dalam jatuhan debu radioaktif (*fall out*) akibat kebakaran reaktor sovyet tahun 1985.

Zeolit digunakan dalam proses penyerapan gas seperti :

- gas mulia antara lain Ar, Kr dan gas He
- gas rumah kaca ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  dan  $\text{NO}_3$ )
- gas organik  $\text{CS}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ , termasuk pirogas dan fraksi etanan/etilen
- pemurnian udara bersih mengandung  $\text{O}_2$
- penyerapan gas  $\text{N}_2$  dari udara sehingga meningkatkan kemurnian  $\text{O}_2$  diudara (Las, 2004).

## 2.7 Filtrasi

### 2.7.1 Pengertian dasar Filtrasi

Filtrasi adalah proses pemisahan zat padat dari fluida (cairan maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Dari pengalaman telah diketahui bahwa melewatkan air ke dalam lapisan pasir/sejenisnya yang berpori, bahan-bahan terlarut dan koloid hampir seluruhnya

dapat dihilangkan, bahan kimia berubah dan jumlah bakteri berkurang dari dalam air. Hal-hal tersebut dapat terjadi karena di dalam pengaliran tersebut terjadi proses penapisan, pengendapan dan adsorpsi dan sedikit terjadi perubahan biologis.

Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat tiga fenomena proses, yaitu :

- a. Transportasi : meliputi proses gerak Brown, sedimentasi, dan gaya tarik antar partikel.
- b. Kemampuan menempel : meliputi proses *mechanical straining*, *physical adsorption*, biologis.



Gambar 2.2 *Mechanical straining* dan *physical adsorption*<sup>1</sup>

- c. Kemampuan menolak : meliputi tumbukan antar partikel dan gaya tolak menolak.

### 2.7.2 Tipe Filtrasi

Berdasarkan pada kapasitas produksi air yang diolah, saringan pasir dapat dibedakan menjadi dua yaitu saringan pasir cepat (*rapid sand filter*) dan saringan pasir lambat (*slow sand filter*). Pada pengolahan air dari air baku yang perlu diolah, setelah air mengalami proses koagulasi, flokulasi dan klarifikasi, air kemudian disaring dengan saringan pasir cepat atau lambat. Apabila proses

<sup>1</sup> Kemitraan Air Indonesia, 2002

koagulasi tidak perlu dilakukan, maka air baku langsung dapat disaring dengan saringan jenis apa saja termasuk saringan pasir kasar. Saringan pasir kasar adalah saringan yang dipasang sebelum saringan pasir cepat atau lambat. Di dalam saringan ini, partikel halus mengendap dalam rongga-rongga media saringan, melekat secara fisis, sifat operasinya adalah penetrasi partikel yang terbawa air ke bawah.

Pada saringan pasir lambat, yang tertangkap adalah bio-kimia. Karena saringan kasar mampu menahan material tersuspensi dengan penetrasi yang cukup dalam, maka saringan kasar mampu menyimpan lumpur dengan kapasitas tinggi. Pada saringan pasir kasar media saringan berdiameter lebih besar dibanding media saringan pasir cepat atau saringan pasir lambat.

Perbandingan ukuran diameternya sebagai berikut :

Saringan pasir lambat : 0.15 – 0.45 mm

Saringan pasir cepat : 0.40 – 0.70 mm

Saringan pasir kasar : > 2 mm

kriteria desain untuk filter pasir lambat dan filter pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1** Perbandingan konstruksi dan operasi antara filter pasir lambat dan filter pasir cepat

<b>Keterangan</b>	<b>Filter lambat</b>	<b>Filter cepat</b>
Kecepatan filtrasi	0.1-0.2-0.24 m/jam	4-5-21 m/jam
Luas media filter	Luas : 2000 m <sup>2</sup>	Sempit : 40-400 m <sup>2</sup>
Kedalaman media	Kerikil : 30 cm Pasir : 90-110 cm Biasa berkurang 50-80 cm, karena pengerukan pasir aktif	Kerikil : 30-45 cm Pasir : 60-70 cm Tidak berkurang karena pengerukan pasir aktif

Ukuran pasir	0.25-0.3 mm	0.55 mm atau lebih
Distribusi butiran pasir dalam filter	Tidak berlapis	Berlapis antara butiran teringan diatas dan terberat di bawah
Sistem buangan	Melalui pipa berlubang, bercabang keluar melalui pipa utama	Melalui pipa berlubang keluar melalui pipa utama
Kehilangan head	6 cm awal – 120 cm akhir	30 cm awal - 240 cm atau 275 akhir
Kurun waktu	20-30-60 hari	12-24-72 hari
Penetrasi unsur tersuspensi	Sangat baik	Sangat baik
Metode pencucian	Pengerukan lapisan kotor dan pencucian pasir	Pencucian balik dan menghilangkan solida tersuspensi
Jumlah air pencucian	0.2-0.6 % air yang disaring	1-4-6 % air yang disaring
Persiapan pengolahan	Tidak perlu jika NTU < 50	Koagulasi, flokulasi sedimentasi
Penambahan pengolahan klorinasi :		
• Biaya konstruksi	Relatif murah	Relatif mahal
• Biaya operasi	Relatif murah	Relatif mahal
• Depresiasi	Relatif rendah	tinggi

Sumber : KRT Tjokokusumo 1995

### 2.7.3 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.

#### 2.7.4 Media Filtrasi

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

Pada umumnya pasir mempunyai senyawa kimia antara lain :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Senyawa yang terpenting dalam pasir sebagai media filter adalah kandungan  $\text{SiO}_2$ , yang tinggi, karena  $\text{SiO}_2$  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 :

- 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.

- 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)*

- **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 filtrat yang dihasilkan.

- **Kekerasan pasir**

Kekerasan dihubungkan dengan kehancuran pasir selama pemakaian sebagai media filter. Kekerasan berhubungan erat dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  yang tinggi, maka akan memberikan kekerasan yang tinggi pula.

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.

- c. **Persyaratan kualitas pasir yang disyaratkan**

- d. **Jenis pasir dan ketersediaannya**

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, semakin 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.

