BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Limbah

Secara umum limbah merupakan suatu produk sisa dari suatu aktifitas/kegiatan manusia yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya apabila tidak dikelola secara tepat akan dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan baik udara, air, maupun tanah.

Air limbah yaitu 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 (Metcalf dan Eddy,1991).

Menurut PP/82/2001 pengertian air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair.

2.2 Sumber Air Limbah

Sumber air limbah berasal dari limbah rumah tangga, industri, dan instansi-instansi yang menggunakan air bersih. Umumnya 85%-95% dari pengguanaan air bersih tersebut yang akan menjadi air limbah jika air limbah tersebut tidak dipergunakan lagi (Sugiarto, 1987)

Menurut Bell (1977) sumber limbah cair berasal dari:

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 ditergen, bakteri dan virus.

2. Air limbah industri, banyak mengandung bahan pelarut, mineral, logam berat, zat pewarna, nitrogen, sulfida, phospat, dan zat lain yang bersifat toksik.
3. Air limbah dari daerah pertanian, banyak mengandung kotoran hewan, herbisida, pestisida.

Air buangan domestik merupakan campuran yang rumit antara bahan organik dan anorganik dalam bentuk, seperti partikel-partikel benda padat besar dan kecil atau sisa-sisa bahan larutan dalam bentuk koloid (Mahida, 1986). Air buangan ini juga mengandung unsur-unsur hara, sehingga dengan demikian merupakan wadah yang baik sekali untuk pembiakan mikroorganisme.

2.3 Karakteristik Air Limbah

Air buangan berasal dari berbagai sumber, sehingga memiliki karakteristik berbeda. Sifat dan karakteristik air buangan secara garis besar dibagi menjadi tiga bagian yaitu: sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologis.

a. Sifat Fisik Air Limbah

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah : bau, jumlah zat padat terlarut (TDS), kekeruhan, rasa, suhu, warna.

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Parameter yang tergolong dalam sifat fisik ini meliputi kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau, warna dan temperatur.

Bau, air yang mempunyai standar kualitas harus bebas dari bau atau tidak berbau. Adanya bau disebabkan oleh bahan-bahan organik yang dapat membusuk serta senyawa kimia lain seperti phenol. Jika air berbau maka akan mengganggu estetika (Sanropie, dkk, 1984).

Warna, jika berada dalam air terlihat dengan jelas akan mengurangi penetrasi sinar/cahaya ke dalam air, sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis dan akan mengganggu aktifitas biologi yang ada di dalamnya. Pada kenyataannya pencemaran oleh zat warna juga dapat menyebabkan gangguan estetika lingkungan. Apabila kondisi tersebut berlangsung terus menerus dapat mengakibatkan terputusnya proses yang merupakan siklus pendukung lingkungan hidup (Fardiaz, 1992).

Temperatur, temperatur air akan mempengaruhi kesukaan masyarakat terhadap air tersebut. Temperatur yang diharapkan adalah antara 10-15° C, bila terjadi penyimpangan akan mengakibatkan meningkatnya daya toksisitas bahan kimia atau bahan pencemar dalam air, pertumbuhan mikrobiologi dalam air.

b. Sifat Kimia Air Limbah

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan. Bahan organik terlarut dapat menghasilkan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap. Dan akan lebih berbahaya jika bahan kimia merupakan bahan kimia yang beracun. Adapun bahan kimia yang penting yang ada di dalam air limbah pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Bahan Organik

Pada umumnya zat organik berisikan kombinasi dari karbon, hidrogen, dan oksigen,bersama-sama dengan nitrogen. Elemen lainnya yang penting seperti belerang, fosfor, dan besi juga dapat dijumpai. Semakin lama, jumlah dan jenis bahan organik semakin banyak, hal ini akan mempersulit dalam pengolahan air limbah, sebab beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme.

2. Bahan anorganik

Beberapa komponen anorganik dari air limbah dan air alami adalah sangat penting untuk peningkatan dan pengawasan kualitas air minum. Jumlah bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh formasi geologis dari asal air atau air limbah. Bahan anorganik meliputi: pH, klorida, kebasaan, sulfur, zat beracun, logam berat, metan, Nitrogen, fosfor, gas (Sugiharto, 1985).

Pengaruh kandungan bahan kimia yangada di dalam air buangan domestik dapat merugikan lingkungan melalui beberapa cara. Bahan-bahan terlarut dapat menghasilkan DO atau oksigen terlarut dan dapat juga menyebabkan timbulnya bau *(Odor).* Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau ini, sebabnya ialah struktur protein sangat kompleks dan tidak stabil serta mudah terurai menjadi bahan kimia lain oleh proses dekomposisi (Sugiharto, 1987).

c. Sifat Biologis Air Limbah

Sifat biologis air buangan domestik perlu diketahui untuk kualitas air terutama bagi air yang dipergunakan sebagai air minum dan air bersih dan mengukur tingkat pencemaran sebelum dibuang ke badan air penerima.. Parameter yang seirng digunakan adalah banyaknya kandungan mikroorganisme yang ada dalam kandungan air limbah adalah mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan-bahan organik di dalam air buangan domestik adalah bakteri, jamur, protozoa , virus , algae, tanaman dan hewan renik.

Indikator yang digunakan untuk mengetahui besar dan kecilnya pencemaran bakteriologis adalah berapa jumlah bakteri *coliform* per seratus ml larutan dengan singkatan MPN (*Most Probable Number*) (Tjokrokusumo, 1998).

2.4 Proses Pencucian Kendaraan Bermotor

Pada umumnya sebelum kendaraan akan dicuci atau dibersihkan maka terlebih dahulu dilakukan pembersihan di kolong-kolong kendaraan dengan menggunakan air bertekanan tinggi yang berfungsi untuk melepaskan kotoran-kotoran yang menempel, kemudian dilanjutkan dengan proses pencucian dan penyikatan dengan menggunakan sabun atau detergen. Setelah proses pencucian kolong kendaraan selasai maka baru dilakukan pencucian *body* kendaraan dengan menyemprotkan air bertekanan, dilanjutkan dengan pemberian shampo mobil yang mengandung *wax*/lapisan lilin untuk melapisi cat dan memberikan efek kilap pada kendaraan. Kemudian setelah seluruh *body* kendaraan diberikan shampo maka dilakukan pembersihan dengan menggunakan busa lembut pada seluruh body kendaraan. Setelah dibersihkan maka dilakukan pembilasan kembali dengan menggunakan air bertekanan kemudian kendaraan dibawa ke tempat proses pengeringan dan proses penyelesaian akhir seperti pembersihan interior mobil dengan menggunakan *vacuum cleaner*/penghisap debu dan pembersihan mesin dan roda-roda kendaraan.

2.5 Parameter – Parameter Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan parameter-parameter sebagai berikut:

1. *Suspended Solid* (SS)

Pada air limbah pencucian kendaraan bermotor pada umumnya banyak mengandung suspended solid (zat padat tersuspensi). Adanya zat padat tersuspensi dapat mempengaruhi keseimbangan pada badan air.

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel - partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan - bahan organik tertentu, sel - sel mikroorganisme, dan sebagainya. Sebagai contoh, air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk suspensi yang dapat tahan sampai berbulan - bulan, kecuali jika keseimbangannya terganggu oleh zat - zat lain, sehingga mengakibatkan terjadinya penggumpalan yang kemudian diikuti dengan pengendapan (Fardiaz, 1992).

Zat tidak terlarut, terapung atau tersuspensi dalam air, menggambarkan kekeruhan disebut dengan *Total Suspended solid*. Semakin Tingginya tingkatan konsentrasi *Suspended solid* akan melindungi bakteri berbahaya seperti *coliform* dan akan fatal ketika dicerna. Bakteri itu bersembunyi dan melekat pada zat padat tersuspensi dan tidak siap untuk dibasmi(Nathan schiff,2000).

Menurut Sumentri (1987) zat padat tersuspensi dapat diklasifikasikan menjadi zat padat terapung yang bersifat organik dan zat padat terendapkan yang bersifat organik dan anorganik .

Zat Padat Tersuspensi dapat bersifat organik dan anorganik. Zat Padat Tersuspensi dapat diklasifikasikan sekali lagi menjadi antara lain *zat padat terapung* yang selalu bersifat organis dan *zat padat terendap* yang dapat bersifat organis dan inorganis. Zat padat terendap adalah zat padat dalam

suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya (Alaerts, 1984).

Total Suspended Solids (TSS) adalah padatan dalam air, itu dapat terperangkap dalam filter. TSS meliputi bermacam-macam bahan seperti pada endapan, pembusukan tanaman dan hewan, limbah industri dan saluran air buangan. Konsentrasi yang tinggi suspended solid menyebabkan banyak masalah untuk kesehatan dan ekosistem akuatik. TSS yang tinggi menghalangi masuknya sinar matahari kedalam air, sehingga fotosintesis perlahan menurun. Fotosintesis berkurang menyebabkankan turunnya oksigen terlarut yang dilepas kedalam air oleh tanaman. Jika sinar matahari tehalangi semua dari dasar tanaman, tanaman bisa berhenti memproduksi oksigen dan akan mati. Tanaman terdekomposisi oleh bakteri. Rendahnya oksigen terlarut dapat membunuh ikan. TSS juga menyebabkan peningkatan energi dipermukaan karena panas dari sinar matahari diadsorb oleh partikel tersuspensi. Ini akan menyebabkan oksigen terlarut turun karena pemanasan air dan dapat berbahaya bagi kehidupan akuatik dalam banyak cara (Murphy dari Mitchell and Stapp, 1992).

Penurunan kejernihan dalam air disebabakan oleh TSS dan dapat mempengaruhi kemampuan ikan untuk melihat dan menangkap makanan. Endapan tersuspensi dapat juga menyumbat insang ikan, mengurangi pertumbuhan rata-rata, menurunkan ketahanan terhadap penyakit, dan mencegah telur dan larva berkembang. Ketika *suspended solids* tenang di dasar badan air, dapat menyembunyikan telur. Endapan yang tenang dapat

terisi dalam ruang antara batuan, dimana digunakan untuk rumah organisme akuatik (Mitchell and Stapp, 1992;).

TSS yang tinggi dalam badan air sering menunjukkan konsentrsi yang lebih tinggi pada bakteri, nutrien, pestisida, logam didalam air. Pencemar ini menempel membentuk endapan partikel dan dibawa kedalam badan air. Dalam air pencemar dilepas dari endapan atau melalui hilir (Murphy dari Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 1998). TSS yang tinggi dapat menyebabkan masalah dalam industri, karena padatan dapat penyumbatan pada pipa dan mesin.

Padatan yang tersuspensi dalam air umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, kotoran manusia, kotoran hewan, lumpur, sisa tanaman dan hewan, dan limbah industri. Padatan tersuspensi total suatu contoh air ialah jumlah bobot bahan yang tersuspensi dalam suatu volume tertentu. Biasanya dalam miligram per liter atau bagian per juta (bpj). Pengukuran langsung total padatan tersuspensi sering memakan waktu. Ilmuwan sering mengukur kekeruhan (turbiditas) yang dapat memperkirakan padatan tersuspensi total dalam suatu contoh air. Turbiditas diukur dengan alat turbidimeter yang mengukur kemampuan cahaya untuk melewati contoh air itu. Partikel yang tersuspensi itu akan menghamburkan cahaya yang datang, sehingga menurunkan intensitas cahaya yang ditransmitasikan (Sastrawijaya, 1991).

2. Phospat (Po_4)

Pada air limbah pencucian kendaraan bermotor pada umumnya banyak mengandung Phospat (Po_4). Phospat berasal dari penggunaan sampo dalam pencucian mobil, dimana sampo mengandung detergen yang didalamnya terdapat phospat dalam bentuk *Sodium Tri Poly Phosphate* (STPP) yang berfungsi meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan air (obat-pom,2004).

Phosphat memegang peranan penting dalam produk deterjen, sebagai *softener* air. Bahan ini mampu menurunkan kesadahan air dengan cara mengikat ion kalsium dan magnesium. Berkat aksi *softener*nya, efektivitas dari daya cuci deterjen meningkat. Phosphate yang biasa dijumpai pada umumnya berbentuk *Sodium Tri Poly Phosphate* (STPP). Phosphat tidak memiliki daya racun, bahkan sebaliknya merupakan salah satu nutrisi penting yang dibutuhkan mahluk hidup. Tetapi dalam jumlah yang terlalu banyak, phosphat dapat menyebabkan pengkayaan unsur hara (eutrofikasi) yang berlebihan di badan air, sehingga badan air kekurangan oksigen akibat dari pertumbuhan algae (*phytoplankton*) yang berlebihan yang merupakan makanan bakteri. Populasi bakteri yang berlebihan akan menggunakan oksigen yang terdapat dalam air sampai suatu saat terjadi kekurangan oksigen di badan air dan pada akhirnya justru membahayakan kehidupan mahluk air dan sekitarnya. Di beberapa negara, penggunaan phosphat dalam deterjen telah dilarang. Sebagai alternatif, telah

dikembangkan penggunaan *zeolite* dan *citrate* sebagai pengganti dalam deterjen (obat-pom,2004).

Produk dagang ini mengandung 20-30% *surfaktan* (ramuan aktif) dan 70-80% lainnya pembangun. Bahan pembangun ini pada umumnya adalah *sodium sulfat, sodium tripolyphosphat, sodium pyrophosphate, sodium silikat* dan material lain. Penggunaan phosphat sangat dibatasi karena dapat menyebabkan eutrofikasi. Jenis utama *surfactan sintetis* antara lain : anionik, nonionik, dan kationik. (McCarty, 2003).

Sulfatan dan phospat adalah komponen utama pembentukan detergen dan produk pembersih. Pengembangan detergen berbahan dasar *sodium tripolyphosphate* (STP or STPP) (Na5P3O10) dimulai pada tahun 1960 an. Selama tahun itu detergen rata-rata mengandung 40% STTP. Phospat bukan saja *softener* yang unggul tetapi juga baik untuk penyubur tanaman di lahan atau algae di sungai/danau. Kelebihan phospat yang dilepas dipermukaan air, akan mengakibatkan suplai oksigen lebih rendah dipermukaan, sehingga mengurangi kualitas air untuk air minum atau ikan. Penggunaan phospat yang banyak dalam produk detergen menyebabkan terjadinya salah satu fenomena tersebut. Lingkungan yang kaya nutrien tanaman disebut eutropik sedang eutrofikasi yang kaya nutrisi dari bahan kimia (Friedman,2004).

Bahan pembangun pada detergen (STPP, *zeolite* dan *citrate*) berfungsi, sebagai berikut :

- ✓ Pelunakan air
- ✓ *Alkalinity* dan *buffering*
- ✓ *Dispersant* dan *antiredeposition activity*
- ✓ Mencegah korosi
- ✓ Mengontrol ion logam berat(Fe2+, Cu+2, Mn+2) untuk stabilisasi pemutih
- ✓ Cairan (*Sulfatan*)
- ✓ Merendahkan CMC (*critical micellar concentration*) pada *surfactants*

Sumber phospat di lingkungan perairan dibagi 2 yaitu : *point sources* dan *diffuse sources*. *Point sources* yany utama berasal dari aktivitas manusia dan limbah perkotaan, industri dan beberapa limbah pertanian. Air buangan perkotaan mengandung beberapa sumber phospat seperti pada umumnya limbah domestik, kotoran manusia, sisa makanan, beberapa limbah industri dan beberapa pengumpulan air hujan. Sedang *diffuse sources* adalah tidak dapat dispesifikasikan lokasinya. Yang paling mayoritas *diffuse sources* berasal (pupuk yang hilang, erosi tanah) atau bukan berasal dari pertanian. Kemudian meliputi debu, kotoran hewan, air hujan, sisa tanaman dan yang paling penting untuk ekosistem akuatik dan sedimentasi danau.

Sejak meningkatnya phospat detergen disertai oleh peningkatan penggunaan phospat penyubur (pupuk) juga di temukan dalam perairan

alami, yang berefek bagi lingkungan dari phospor tidak semata-mata dari industri detergen. Berdasar ECE detergen mengkontribusi kurang dari 45% beban total phospat domestik dan kurang 15% kotoran total phospat. Dari hasil studi di Jerman pada tahun 1975 diketahui bahwa 60% phospat dalam air buangan perkotaan berasal dari detergen (Friedman,2004).

Phospat detergen berdampak langsung pada kualitas air hal ini diukur dengan tingkat phospat, kandungan alga, secara visual *suspended solid,* tingkat oksigen. Selain itu mengangu keseimbangan alga di alam, dan dipercaya sebagai kontribusi *"greenhouse effect"* karena alga menentukan banyaknya jumlah karbon dioksida di atmosfer. Pemanasan global menjadi konsentrasi utama sekarang ini. Sehingga alga menjadi penting dalam hal ini dan phospat memberi dampak negatif juga (Friedman,2004).

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 *fosphat* dalam air .

Kehadiran *Fosphate* dalam air limbah berbentuk *Orthophofat* (seperti HPO_4,PO_4).Kandungan *Fosphate* dalam air limbah dipakai dalam penentuan perencanaan perlakuan air limbah secara biologi dalam

hubunganya dengan kebutuhan untuk mendukung pertumbuhan mikroba (Hammer,1997).

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

1. *Orthofosphat* adalah senyawa monomer seperti H_2PO_4,HPO_4 , PO_4.
2. *Polifhosphat* / *Condensed Phosphates* merupakan senyawa polimer seperti $(PO_3)_6$ (*Heksameta phosat*), P_3O_{10} (*Tripolifosphat*)
3. *Posphate* organis adalah fosfor yang terikat dengan senyawa-senyawa organis,sehingga tidak berada dalam larutan secara terlepas (Alaerts,1987)

Bentuk *orthophosphat* dihasilkan dari proses alami, tetapi sebagian besar sumber berasal dari saluran air buangan yang sebagian diolah dan tidak diolah sama sekali, limpahan dari lokasi pertanian, penggunaan pupuk dihalaman rumput. *Orthophosphat* pada lahan pertanian dan pemukiman sebagai pupuk yang dibawa kedalam permukaan air selama terjadi semburan atau mencairnya salju. Dalam tambahan, semburan menyebabakan perpindahan vertikal phosphat kedalam sistem air tanah, tetapi karena tanah tertarik untuk phosphat , lapisan tanah sebagai penyimpan. *Orthophosphat* juga tersedia pada komunitas biologis dan ditemukan dalam konsentrasi rendah pada air yang tidak tercemar. (Wilkes university,2007).

Bentuk *poly* digunakan untuk mengolah air *boiler* dan dalam deterjen. Dalam air bentuk *poly* berpindah menjadi *orthophosphat* dan tersedia untuk kebutuhan tanaman. Phosphat organik diperkirakan dengan test total phosphat (Wilkes university,2007).

Phosphat organik berasal dari jaringan tanaman, limbah padat, dan bahan organik lain. Setelah didekomposisi, phosphat akan dirubah menjadi *orthophosphat* (Wilkes university,2007).

Batuan phosphat memiliki nilai komersil tersedia dalam bentuk yang disebut *apatite*. Phosphat juga ada pada fosil tulang serta kotoran burung. Apatite adalah salah satu kelompok phosphat yang mengandung kalsium, besi, khlorin dan elemen lain dalam berbagai macam kuantitas. Yang paling banyak mengandung *fluorin, fluorapatitem* adalah unsur utama tulang dan gigi. Yang kuantitas paling banyak adalah asam sulfur yang digunakan dalam mengubah batuan phosphat menjadi produk pupuk yang disebut *"tsuper phosphate"*. Bila parameter *posphate* pada air sangat rendah (0.01 mg P/lt), pertumbuhan tanaman dan alga akan terhalang. Keadaan ini dinamakan *Oligotrop.*

Bila kadar nutrien dan fosphat tinggi, maka pertumbuhan tanaman dan alga tidak terendalikan 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 pembentukan utama didalam detergen adalah *natrium tripolifosphat* ($Na_2P_3O_{10}$).Senyawa ini tidak merupakan masalah dalam dekomposisinya di lingkingan, sebab ion P_3O_{10} akan mengalami reaksi hidrolisis perlahan didalam lingkungan untuk memproduksi *orthofosphat* yang tidak beracun,dengan reaksi sebagai berikut :

$$Na_5P_3O_{10} \longrightarrow 5NA + P_3O_{10}$$

$$P_3O_{10} + 2H_2O \longrightarrow 2HPO_4 + H_2PO$$

Posphate mempunyai keuntungan :

1. Phospat 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 (Fardiaz,1992)

Asam fosfat dapat membentuk tiga macam garam, yaitu :

a. Garam asam primer, contoh : NaH_2PO_4 (*Na dihidrogen fosfat*)
b. Garam asam sekunder, contoh: Na_2HPO_4 (*diNahidrogen fosfat*)
c. Garam normal, contoh: Na_3Po_4 (*trinatrium fosfat*)

Deterjen dapat dibuat dari bahan Na_3Po_4 atau $Na_3P_3\ O_{10}$ atau asam fosfat juga berbentuk H_3PO_4. Asam fosfat ini merupakan suatu asam yang tidak begitu kuat.

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$$

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^=$$

$$H_3PO^= \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{-3}$$

Asam fosfat H_2PO_4 ini bukan oksidator seperti $NHOP_3$ (Datye,1984)

Sumber Phospat pada air limbah adalah berasal dari :

1. Pemakaian detergen

Bahan-bahan penyusun detergen antara lain:

a. Bahan penurun tegangan permukaan

b. Bahan penunjang

Untuk penunjuang kerjanya bahan penurun tegangan permukaan, contoh : $Na_5P_3O_{10}$ (Natrium Tripolifosphat)

$$Na_5P_5O_{10}\ 5\ Na + P_3O_{10}$$

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 dangan 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 phospat dalam air seni adalah sebesar 2,47 mg/hari (Hary,Tome,2005)

3. Tinja, kandungan phospat dalam tinja adalah sebesar 1.37 mg/hari (Hary,Tome,2005)

4. Sisa makanan

Fosfor total menggambarkan jumlah total fosfor, baik berupa partikulat atau terlarut, anorganik maupun organik. Fosfor anorganik biasa disebut *soluble reactive phosphorus*, misal : *orthofosfat*. Fosfor organik banyak diperairan yang banyak mengandung bahan organik. Oleh karena itu perairan yang memiliki kadar bahan organik tinggi sebaiknya ditentukan oleh kadar fosfor total, disamping orthofosafat (Mackereth et al,1989)

Pada air sisa pencucian kendaraan pada umumnya mengandung fosfat dimana yang bersaal dari penggunaan bahan pembersih berupa deterjen. Di dalam air fosfat akan menimbulkan buih dan selama proses aerasi buih tersebut berada diatas permukaan gelembung udara dan biasanya relatif tetap. Tingginya kandungan fosfat dan nutrien lainnya menyebabkan pertumbuhan enceng gondok dan ganggang tidak terbatas sehingga akan memacu juga pertumbuhan salah satu tumbuhan air yaitu fitoplankton. Fitoplankton termasuk tanaman yang mengambil oksigen di dalam air untuk bernafas atau respirasi.

Kegunaan Phospat menurut, antara lain :

1. Polifosfat digunakan untuk mengontrol dan mencegah korosi pada sistem penyediaan air dan pelunakan air untuk stabilisasi kalsium karbonat yang dibutuhkan dalam pengaktifan karbon (Sawyer,1954)

2. Kandungan fosfor oragnik pada lumpur sisa pengolahan limbah aerobik dan anaerobik digunakan untuk pupuk
3. Pada pengolahan biologi fosfor dibutuhkan untuk reproduksi dan sintesis pembentukan sel baru.
4. Fosfor digunakan sebagai sabun/detergen, bahan industri keramik, produk minum dan makanan, katalis (Barry,1985)
5. Dalam jumlah kecil phosphat ditambahkan pada penyediaan air selama pengolahan untuk mencegah korosi dan bahan kimia ini digunakan secara luas dalm pengolahan air *boiler*. Dalam kuantitas yang lebih besar kandungan ini dapat ditemukan pada laundry dan komersial *cleaning fluids.*

2.6 Reaktor "Aerokarbonbiofilter

Pada penelitian ini akan menggunakan reaktor aerokarbonbiofilter yang terdiri dari proses aerasi, adsorpsi dengan karbon aktif dan zeolit, serta *biofilter* dengan media pipa paralon sebagai media pembibitan mikroorganisme dan pasir kuarsa sebagai media filter. Pada reaktor ini menggunakan proses pengolahan secara aerob yaitu suatu pengolahan yang membutuhkan oksigen dimana terdapat mikroorganisme yang berfungsi untuk melakukan dekomposisisi/menguraikan air limbah. Berikut ini adalah penjelasan tentang beberapa tahapan yang terjadi pada reaktor aerokarbonbiofilter, antara lain :

1. Tray Aerasi

Proses 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 effisien 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).

Menurut Agustjik, 1991 aerasi bertujuan untuk :

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

Salah satu kegunaan dari aerasi pada pengolahan air limbah adalah memberikan suplai oksigen pada proses pengolahan biologi secara aerobik. Pengaruh lamanya waktu pada proses oksidasi akan mempengaruhi kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasikan bahan organik yang terdapat dalam air buangan. Semakin lamanya waktu yang diberikan pada proses oksidasi maka

akan memberi kesempatan bagi mikroorganisme untuk tumbuh dan melakukan degradasi bahan organik. (Droste,Ronald L,1997).

2. Adsorbsi

Adsorbsi merupakan 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 sorbsi, baik adsorbsi sebagai sorbsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorbsi.(Guntoro, 2004)

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

Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorbsi yaitu:

1. Luas permukaan adsorben.

   Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorbsi 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 adsorbsinya. 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 adsorbsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontaknya 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.

Mekanisme Adsorpsi

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

Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat atom/molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain. Pada proses adsorpsi terbagi menjadi 4 tahap yaitu :

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan *film* yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan *film* (*film diffusion process*).

3. Difusi zat terlarut yang teradsopsi melalui kapiler/pori dalam adsorben (*pore diffusion process*).
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben.

Operasi dari proses adsorpsi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. Proses adsorpsi dilakukan dalam suatu bak dengan sistem pengadukan, dimana penyerap yang biasanya berbentuk serbuk dibubuhkan, dicampur dan diaduk dengan air dalam suatu bangunan sehingga terjadi penolakan anatara partikel penyerap dengan fluida.
2. Proses adsorpsi yang dijalankan dalam suatu bejana dengan sistem filtrasi, dimana bejana yang berisi media penjerap dialirkan air dengan model pengaliran gravitasi. Jenis media penyerap sering digunakan dalam bentuk bongkahan atau butiran/granular dan proses adsorpsi biasanya terjadi selama air berada di dalam media penyerap (Reynold, 1982).

3. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah karbon yang diproses pada temperatur dibawah 600^0C, akan tetapi ada juga beberapa literatur yang menyatakan pada proses aktivasi arang dengan uap air sangat baik pada temperatur 900-1000^0C disertai penambahan garam KCNS dengan tujuan agar pori-pori pada karbon aktif

terbuka sehingga akan mempertinggi kualitas daya adsorbsi karbon aktif yang diperoleh.

Karbon aktif merupakan karbon yang akan membentuk *amorf,* yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*) yang berongga, berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingakan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi.

Bentuk yang paling umum dari karbon aktif adalah berbentuk bubuk *(powder)* yang sering kita kenal dengan nama PAC *(Powdered Activated Carbon)* dan yang berbentuk butiran *(granular)* yang kita kenal dengan nama GAC *(Granular Activated Carbon)* (Droste, 1997). Adapun ukuran diameter karbon aktif *powder* lebih kecil dari 200mesh dan granular mempunyai diameter lebih besar dari 0.1mm (Metcalf dan Eddy, 1991).

Penggunaan bubuk karbon aktif mempunyai kelebihan sebagai berikut :

1. Sangat ekonomis karena ukuran butir yang kecil dan luas permukaan kontak per satuan berat sangat besar.
2. Kontak menjadi sangat baik dengan mengadakan pengadukan cepat dan merata.
3. Tidak memerlukan tambahan alat lagi karena karbon akan mengendap bersama lumpur yang terbentuk.
4. Kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme sangat kecil.

Adapun kerugiannya adalah :

1. Penanganan karbon aktif, karena berbentuk bubuk yang sangat halus. Kemungkinan mudah terbawa angin, sulit tercampur dengan air dan mudah terbakar.
2. Karena bercampur dengan lumpur, maka sulit diregenerasi dan biaya operasinya mahal.
3. Kemungkinan terjadi penyumbatan besar, karena karbon aktif bercampur dengan lumpur.

Kelebihan pemakaian karbon aktif granular :

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 diregenerasi.

Kerugian pemakaian karbon aktif secara granular :

1. Perlu tambahan unit pengolah lagi, yaitu filter.
2. Luas permukaan kontak per satuan berat lebih kecil karena ukuran butiran karbon besar.

Karbon yang berbentuk bubuk digunakan untuk adsorbsi dalam larutan, misalnya untuk menghilangkan warna sedangkan karbon dengan bentuk granular digunakan untuk absorbsi gas dan uap. Akan tetapi Karbon bentuk granular juga sering digunakan pada media larutan khususnya untuk menghilangkan warna dalam suatu larutan serta pemisahan komponen komponen dalam suatu sistem yang mengalir.

✍ Daya Serap Karbon Aktif

Pada proses adsorbsi ada dua yaitu proses adsorpsi secara fisika dan adsorpsi secara kimia. Adsorpsi secara fisika yaitu proses berlangsung cepat, dan dapat balik dengan panas adsorpsi kecil (±5-6 kkal/mol), sehingga diduga gaya yang bekerja di dalamnya sama dengan seperti cairan *(gaya Van Deer Wals)*. Unsur yang terjerap tidak terikat secara kuat pada bagian permukaan penjerap. Adsorpsi fisika dapat balik *(reversibel)*, tergantung pada kekuatan daya tarik antar molekul penjerap dan bahan terjerap lemah maka terjadi proses adsorpsi, yaitu pembebasan molekul bahan penjerap. (Tinsley, 1979).

Adsorpsi kimia adalah merupakan hasil interaksi kimia antara penjerap dengan zat-zat terjerap, kekuatan ikatan kimia sangat bervariasi dan ikatan kimia sebenarnya tidak benar-benar terbentuki tetapi kekuatan *adhesi* yang terbentuk lebih kuat dibanding dengan daya ikat penjerap fisika. Panas adsorpsi kimia lebih besar dibanding dengan adsorpsi fisika (±10-100 kkal/mol). Pada proses kimia tidak dapat balik (*inreversibel*) dikarenakan memerlukan energi untuk membentuk senyawa kimia baru pada permukaan adsorben sehingga proses balik juga diperlukan energi yang tinggi. (Tinsley, 1979).

✍ Kegunaan 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.

4. Zeolit

Istilah Zeolit berasal dari kata Zein yang dalam bahasa Yunani berarti membuih dan *lithos* yang berarti batu. Nama ini sesuai dengan sifat yang membuih bila dipanaskan pada suhu 100°C. Zeolit merupakan senyawa *aluminosilat* yang terhidrasi dengan unsur utama terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini memiliki struktur tiga dimensi dan memiliki pori-pori yang dapat diisi dengan air. Selain itu zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap dan melepaskan komponen yang terkandung serta dapat menukar berbagai jenis kation tanpa merubah struktur utama penyusunnya.

Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Secara umum, Zeolit memiliki melekular sruktur yang unik, dimana atom silikon dikelilingi oleh 4 atom oksigen sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur. Di beberapa tempat di jaringan ini, atom *Silicon* digantikan dengan atom Aluminium, yang hanya terkoordinasi dengan 3 atom Oksigen. Atom Aluminium ini hanya memiliki

muatan 3+, sedangkan *Silicon* sendiri memiliki muatan 4+. Keberadaan atom Aluminium ini secara keseluruhan akan menyebabkan Zeolit memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah yang menyebabkan Zeolit mampu mengikat kation. Zeolit juga sering disebut sebagai *'molecular sieve' / 'molecular mesh'* (saringan molekuler) karena zeolit memiliki pori-pori berukuran melekuler sehingga mampu memisahkan/menyaring molekul dengan ukuran tertentu (Wikimedia,2007).

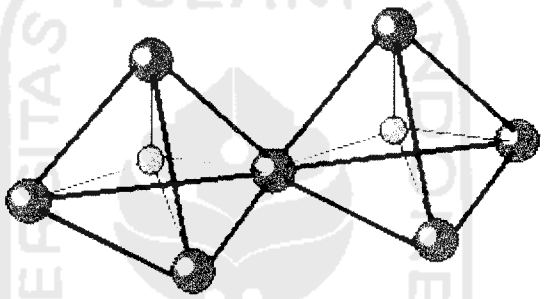
Pengaktifan zeolit dilakukan dengan cara pemanasan yang dimaksudkan untuk melepaskan molekul-molekul air yang terdapat pada zeolit yang nantinya akan digantikan oleh molekul yang diadsorbsi. Selain itu pengaktifan zeolit dilakukan dengan perendaman larutan asam (H_2SO_4)dan basa (NaOH), $KMnO_4$ 1% dengan tujuan untuk membersihkan pori dan membuang senyawa pengotor serta mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan.

Zeolit juga ditemukan sebagai batuan endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi *hidrotermal* lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya bila diambil dari lokasi yang berbeda, disebabkan karena kombinasi mineral yang berupa partikel halus dengan *impuritis* lainnya.

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 $M_{c/n}$ $\{(AlO_2)_c(SiO_2)_d\}$ b H_2O.



Gambar 2.1 *Tetrahedra alumina dan silika (TO_4) pada struktur zeolit*

Zeolit ada dua macam yaitu zeolit alam dan sintetik. Umumnya zeolit alam digunakan untuk pupuk, penjernihan air, dan diaktifkan untuk dimanfaatkan sebagai katalis dan *adsorbent*. Sedangkan zeolit sintetik untuk proses – proses kimia di industri kimia seperti sebagai katalis, *ion exchanger*, dan *adsorbent* dalam pengolahan limbah (CREC,2006).

Zeolit mempunyai beberapa sifat antara lain : mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembab. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Disamping itu zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan

kation lainnya, misal zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium. Sifat ini pula menyebabkan zeolit dimanfaatkan untuk melunakkan air. Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan pula sebagai katalis untuk mengubah alkohol menjadi hidrokarbon sehingga alkohol dapat digunakan sebagai bensin. Zeolit di alam banyak ditemukan di India, Siprus, Jerman dan Amerika Serikat (Wikimedia,2007).

Zeolit aktif berfungsi sebagai penyaring dan penyerap gas atau cairan. Beberapa mineral zeolit mampu menyerap gas sebanyak 30% dari berat dalam keadaan kering. Selain itu zeolit berpengaruh pada adsorbsi yaitu melepas air dari permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas kerongga utama dan akan efektif terinterakasi dengan molekul yang akan teradsorbsi. Zeolit juga sering digunakan sebagai penukar ion (*ion exchange)* dan pemercepat reaksi kimia (*katalis)*.

Kegunaan zeolit di bidang industri dapat memisahan ammonia/ammonium ion dari air limbah industri. Dengan menggunakan *Clinoptilolit* dapat memisahkan 99% ammoniak/ ammonium dari limbah industri. Zeolit dapat juga digunakan dalam proses penyerapan gas seperti gas mulia antara lain Ar, Kr dan gas He, gas rumah kaca (NH_3, CO_2, SO_2, SO_3 dan NO_x), gas organik CS_2, CH_4, CH_3CN, CH_3OH, termasuk pirogas dan fraksi etana/etilen, pemurnian udara bersih mengandung O_2, penyerapan gas N_2 dari udara sehingga meningkatkan kemurnian O_2 diudara, campuran filter pada rokok, penyerapan gas dan penghilangan warna dari cairan gula pada pabrik gula. Dalam bidang katalis, sorben Al_2O_3 biasanya digunakan tetapi akhir-akhir ini juga digunakan zeolit A

dalam industri petrokimia pada proses *isomerisasi, hidro sulforisasi, hidrocracking, hidrogenasi, reforming, dehidrasi, dehidrogenasi dan de-alkilasi, cracking parafin, disportion toluen/benzen* dan *xylen*

Dengan adanya kekawatiran pencemaran lingkungan oleh polifosfat yang biasa digunakan dalam deterjen sebagai *"builder"* untuk meningkatkan efisiensi ditergen pada air yeng mengandung Ca dan Mg tinggi. Saat sekarang, *zeolit klinoptilolit* juga digunakan sebagai pengganti polifosfat. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan zeolit A pada deterjen ternyata tidak menyebabkan akumulasi pada sistim air buangan. (Las, T,1996).

Dalam bidang pertanian Zeolit digunakan sebagai *"soil conditioning"* yang dapat mengontrol dan menaikkan pH tanah serta kelembaban tanah dan sebagai *carrier pestisida/herbisida* dan *fungisida* sedangkan 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.

5. Proses Pertumbuhan Mikroorganisme

a. Pertumbuhan Mikroorganisme

Mikroorganisme sangat berperan dalam proses degradasi bahan buangan dari kegiatan yang dibuang ke air lingkungan, baik sungai, danau, maupun laut.

Jika bahan buangan yang harus didegradasi cukup banyak, berarti mikroorganisme akan ikut berkembang biak.

Pada perkembangbiakan mikroorganisme ini tidak tertutup kemungkinan bahwa mikroba pathogen ikut berkembang pula. Mikroba pathogen adalah penyebab timbulnya berbagai macam penyakit. Pada umumnya industri pengolahan bahan makanan berpotensi untuk menyebabkan berkembangbiaknya mikroorganisme, termasuk mikroba pathogen (Wardhan,1995).

Populasi bakteri atau mikroorganisme bisa sangat tergantung pada jenis sampah/buangan yang ditangani. Bakteri atau mikroorganisme yang terdapat pada sampah/buangan dapat bertahan hidup pada pH berkisar antara 6-9 dan mendapatkan nutrisi untuk kebutuhan hidupnya dari mineralisasi atau mendegradasikan bahan-bahan organik disekitarnya.

Pengolahan Air Buangan secara biologi biasanya merupakan pengolahan sekunder, dimana pengolahan dilakukan dengan memanfaatkan kegiatan mikrobia untuk melakuakan degradasi atau transpormasi. Proses biologi ini dilakukan untuk menguraiakan bahan organik melalui oksidasi biokimia. Pada prinsipnya pengolahan secara biologi merupakan pengembangan dari proses penjernihan air secara alami (*self purification*) (Mangunwijaya,1994).

Menurut Metcalf and Eddy (1979) reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

a. *Reaktor pertumbuhan tersuspensi (Suspended Solid)*: didalam reaktor ini mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Reaktor jenis ini antara lain proses lumpur aktif dan kolam oksidasi. Proses lumpur

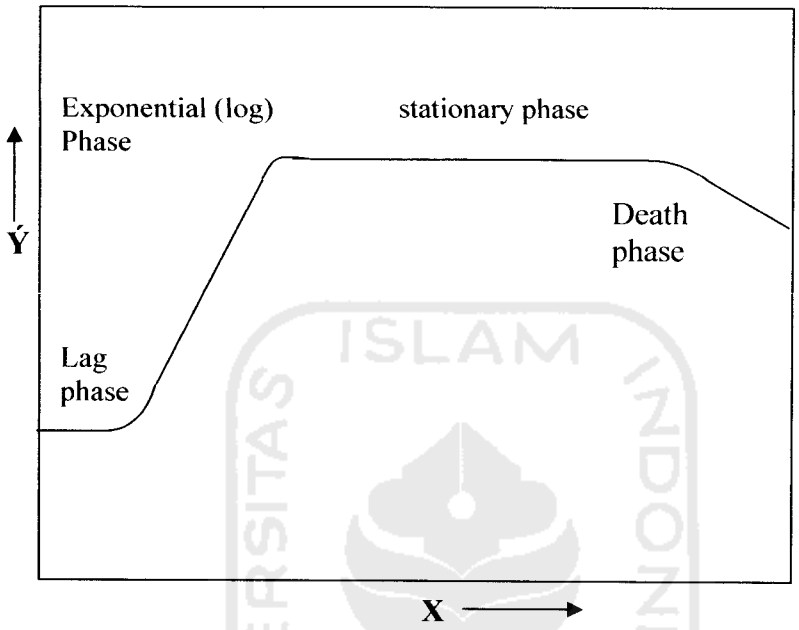
aktif yang banyak dikenal berlangsung dalam reaktor. Proses lumpur aktif terus berkembang dengan berbagai modifikasinya, antara lain : *Oksidation ditch* dan kontak stabilisasi, yaitu efisiensi yang tinggi antara 90%-95% dan lumpur yang dihasilkan lebih sedikit dan waktu detensi hidrolis total yang lebih pendek (4-6 jam).

b. *Reaktor pertumbuhan lekat (attached growth reaktor):* mikrooranisme tumbuh diatas media pendukung dengan membentuk lapisan *film* untuk melekatkan dirinya. Oleh karena itu reaktor ini disebut juga sebagai *bioreaktor film* tetap. Berbagai modifikasi yang banyak dikembangkan, antara lain : *activated sludge* reaktor, *trickling filter, biorotor, biofilm, aerated lagoon.*

Dalam reaktor pertumbuhan terlekat, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan terlekat pada suatu media dengan membentuk lapisan *biofilm*. Dalam reaktor pertumbuhan melekat (*attached growth reactor*), populasi dari mikroorganisme yang aktif berkembang disekeliling media padat (seperti batu dan plastik). Mikroorganisme yang tumbuh terlekat ini akan menstabilisasi bahan organik pada air buangan yang lewat disekitar mereka. Contoh reaktor ini yaitu *Trickling Filter* dan *Rotating Biological Contactors (RBC)* (Qasim, 1985).

Menurut *Jenie (1995),* pertumbuhan mikrobia akan melekat bila mikrobia tersebut tumbuh pada media padat sebagai pendukung dari aliran limbah yang kontak dengan mikrorganisme. Media pendukung antara lain batu – batu besar, karang, lembar plastik bergelombang, atau cakram berputar.

Contoh unit pertumbuhan melekat untuk pengolahan limbah cair adalah filter yang menetes atau *trickling filter*, cakram biologi berputar dan *filter anaerobik.*



Keterangan :
Ý = Konsentrasi biomassa
X = Waktu

Gambar 2.2. Kurva Pertumbuhan Mikroba pada Sistem Tertutup
Sumber : Prescott, 1999

Menurut Prescott (1994) pertumbuhan mikroorganisme dapat diplotkan sebagai logaritma dari jumlah sel dengan waktu inkubasi. Dari hasil kurva terdiri dari empat fase (Gambar 2.1).

- *Fase awal (Lag phase)*

  Ketika mikroorganisme diperkenalkan kepada media kultur segar, biasanya tidak ada penambahan jumlah sel atau massa, periode ini disebut fase awal.

Fase awal (lag) merupakan masa penyesuaian mikroba, sejak inokulasi sel mikroba diinokulasikan ke media biakan. Selama periode ini tidak terjadi penangkaran sel (Mangunwidjaja, 1994). Oleh karena itu :

$$X = Xo = \text{tetap} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.1)$$

dengan Xo = Konsentrasi sel, pada t = 0

Laju pertumbuhan sama dengan nol.

- *FaseEkponensial (Exponential phase)*

Menurut fase Eksponensial, mikroorganisme tumbuh dan terbagi pada angka maksimal. Pada fase ini pertumbuhannya adalah konstan mengikuti fase eksponensial. Mikroorganisme terbagi dan terbelah di dalam jumlah pada interval regular.

- *Fase Stasioner (Stationary phase)*

Fase ini yaitu ketika populasi pertumbuhan berhenti dan kurva pertumbuhan menjadi horizontal.

Pada fase stasioner, konsentrasi biomassa mencapai maksimal, pertumbuhan berhenti dan menyebabkan terjadinya modifikasi struktur biokimiawi sel (Mangunwidjaja, 1994).

- *Fase kematian (Death phase)*

Kondisi lingkungan yang merugikan mengubah seperti penurunan *nutrient* dan menimbulkan limbah racun, mengantarkan berkurangnya jumlah dari sel hidup sehingga menyebabkan kematian.

Populasi pertumbuhan mikroba dipelajari dengan menganalisis kurva pertumbuhan dari sebuah kultur media (Prescott, 1999). Teknik evaluasi suatu

populasi mikroba baik secara kuantitatif maupun kualitatif dapat digunakan untuk memantau dan mengkaji fenomena pertumbuhan (Mangunwidjaja, 1994).

b. Pematangan Lapisan *Biofilm*

Biofilm merupakan suatu lapisan unsur-unsur biologi yang terjadi karena proses aerasi. Konsentrasi tinggi dari senyawa organik dalam pengaruh air dapat memacu pematangan *biofilm*. Selama periode pemasakan, penyaringan tidak mampu merubah keefektifan bakteri kerena hanya mekanisme kimia – fisika yang bekerja meremoval bakteri.

Biofilm terdiri dari sel-sel mikroorganisme yang melekat erat ke suatu permukaan sehingga berada dalam keadaan diam, tidak mudah lepas atau berpindah tempat (*irreversible*). Pelekatan ini seperti pada bakteri disertai oleh penumpukan bahan-bahan organik yang diselubungi oleh matrik *polimer ekstraseluller* yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Matrik ini berupa struktur benang-benang bersilang satu sama lain yang dapat berupa perekat bagi *biofilm* (Yung, 2003).

Biofilm terbentuk karena adanya interaksi antara bakteri dan permukaan yang ditempeli. Interaksi ini terjadi dengan adanya faktor-faktor yang meliputi kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, pembentukan matrik *ekstraseluller* (exopolimer) yang terdiri dari *polisakarida*, faktor-faktor fisikokimia seperti interaksi muatan permukaan dan bakteri, ikatan ion, ikatan Van Der Waals, pH dan tegangan permukaan serta pengkondisian permukaan.

Dengan kata lain terbentuknya *biofilm* adalah karena adanya daya tarik antara kedua permukaan (*psikokimia*) dan adanya alat yang menjembatani pelekatan (*matrik eksopolisakarida*)(Yung, 2003).

Biofilm melibatkan serangkaian mekanisme biologis dimana tidak mudah untuk menunjukan mekanisme yang tepat dan yang mendukung penghilangan *E.coli* tersebut, saat sistem beroperasi dalam berbagai mekanisme. Mekanisme biologis diantaranya:

a. Predasi/predator, dimana mikrobiologi dalam *biofilm* mengkonsumsi bakteri dan patogen-patogen lain yang ditemukan dalam air (misalnya penyapuan bakteri oleh protozoa).
b. Kematian alami/inaktivasi, sebagian besar organisme akan mati dalam lingkungan yang relative berbahaya karena meningkatnya kompetisi. Sebagai contoh: ditemukan bahwa jumlah *E.coli* menurun segera saat di dalam air.
c. Pengolahaan ini menuntut aliran yang terus-menerus untuk memberikan pemasukan oksigen yang konstan ke *biofilm* (Yung, 2003).

Dalam bahasa Jerman *biofilm* disebut *Schmutzdecke* yaitu berarti 'Lapisan kotor'. Lapisan *film* yang lengket ini, yang mana berwarna merah kecoklatan, terdiri dari bahan organik yang terdekomposisi, besi, mangan dan silika dan oleh karena itu bertindak sebagai suatu saringan yang baik yang

berperan untuk meremoal partikel - partikel koloid dalam air baku. *Schmutzdecke* juga merupakan suatu zone dasar untuk aktivitas biologi, yang dapat mendegradasi beberapa bahan organik yang dapat larut pada air baku, yang mana bermanfaat untuk mengurangi rasa, bau dan warna (WEDC,1999).

Biasanya istilah *schmutzdecke* digunakan untuk menandakan zone aktivitas biologi yang umumnya terjadi di dalam *bed* pasir. *Schmutzdecke* perlu didiamkan tanpa adanya gangguan. Hal ini dilakukan sehingga populasi biologi yang ada di puncak pasir tidaklah diganggu atau ditekan, yang mana tidak membiarkan lapisan *film* yang penuh untuk dihancurkan, yang akan mengurangi efek ketegangan pada *film* tersebut sedangkan partikel padatan akan terdorong lebih lanjut ke dalam pasir itu.

6. Pasir

Media filter yang paling banyak digunakan adalah media pasir, hal ini dikarenakan memiliki nilai ekonomis yang rendah/murah.

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, 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 filtrasi yang dihasilkan.

d. Kekerasan pasir

Kekerasan pasir dihubungkan dengan kehancuran pasir selama pemakaian sebagai media filter. Kekerasan berhubungan erat dengan kandungan SiO_2 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/cm^3. (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/m^3/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/m^3/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 ba kteri 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 menyisihkan 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 linier 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 faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kulitas effluent serta masa operasi saringan yaitu :

1. Kualitas air baku, senakin baik kualitas air baku yang diolah maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh.
2. Suhu, Suhu yang baik yaitu antara 20 – 30°C, temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi – reaksi kimia.
3. 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)

4. Diameter butiran, secara umum kulitas 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.

5. Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan campuran *fluida* (air atau udara)-solid dengan cara melewatkannya melalui penghalang berpori yang menahan sebagian besar partikulat padat yang terkandung dalam campuran (Perry,1999)

Menurut SANDEC, 1996 filter dapat diklasifikasikan, antara lain :

Tipe filter	Ukuran media filter (mm)	Laju filtrasi (m/h)
Rock filter	>50	1-5
Roughing filter	20-4	0,3-0,5
Rapid Sand Filter	4-1	5-15
Slow Sand Filter	0.35-0.15	0,1-0,2

Dalam beberapa penjelasan mengenai penyisihan partikel tersuspensi didalam filter, sepintas penyisihan terjadi oleh karena partikel tertahan dia antara

pori media. Tetapi pada kenyataannya media, pada media berukuran 0,5-1 mm dengan pori berukuran 100-200 μm, dari analisa partikel tersuspensi pada media didapatkan partikel berukuran sampai 1 μm, yang menunjukkan mekanisme penyaringan (Tebbut,1980).

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.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA