BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses Pembibitan Mikroorganisme

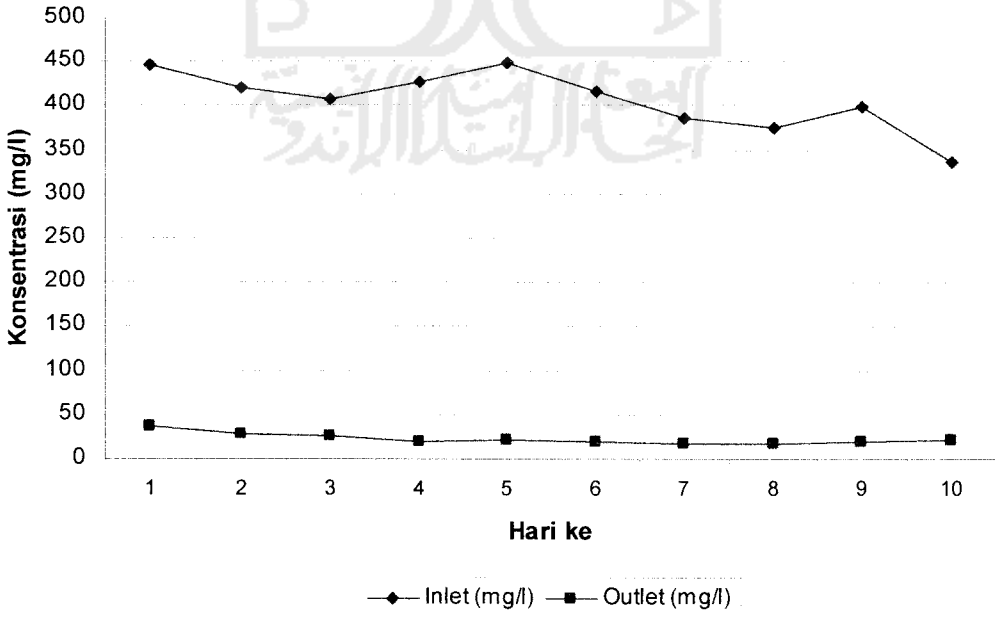
Penelitian dengan menggunakan reaktor Aerokarbonbiofilter ini dimulai dengan melakukan pembibitan bakteri selama 40 hari dengan menggunakan air limbah kegiatan pencucian kendaraan bermotor yang berasal dari The Auto bridal 10. Pembibitan bakteri menggunakan media pipa paralon yang telah dipotong kecil-kecil, kemudian pipa paralon tersebut direndam dengan air limbah. Pipa paralon dipilih sebagai media pembibitan bakteri karena pipa paralon memiliki luas permukaan yang lebih banyak, sehingga dimunkingkan jumlah bakteri yang tumbuh akan jauh lebih banyak. Pembibitan mikroorganisme ini bertujuan untuk memaksimal mikroorganisme dalam mendegradasi kandungan zat organik pada air limbah, karena dengan pembibitan akan memperbanyak jumlah mikroorganisme, dan dengan semakin banyak jumlah mikroorganisme maka akan semakin banyak zat organik pada air limbah yang terdegradsi dan memaksimalkan penurunan konsentrsi air limbah. Pada proses pembibitan menggunakan bakteri *aerob* sehingga diperlukan suplai oksigen yang cukup, untuk menambah suplai oksigen tersebut maka digunakan *buble aerator.* Selain itu selama proses pembibitan mikroorganisme juga diberi tambahan nutrisi setiap hari untuk memperbanyak jumlah mikroorganisme yaitu dengan penambahan *simba degra.*

Pada minggu keempat dilakukan uji koloni untuk mengetahui pertumbuhan bakteri, secara fisik dapat dilihat media pipa paralon menjadi berlendir, dan dari uji koloni di laboratorium ditemukan kurang lebih 150 juta koloni bakteri.

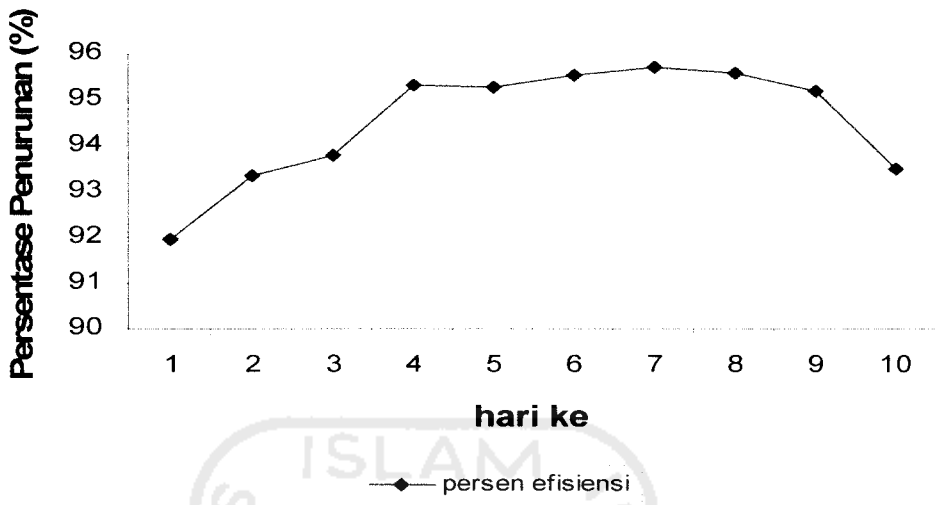
Pada penelitian ini akan diambil sampel dari 2 titik yaitu inlet dan outlet selama 10 hari dimana setiap hari diambil 1 sampel. Dari hasil penelitian dari bulan februari sampai dengan bulan mei diperoleh hasil penelitian terhadap konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan Phospat sebagai berikut :

4.1.1 Konsetrasi Total Suspended Solid (TSS)

Dalam penelitian ini, pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan selama 10 hari dimana setiap hari diambil 1 sampel. Dan dari hasil penelitian dapat dilihat penurunan konsentrasi TSS, sebagai berikut :



Gambar 4.1 Penurunan konsentrasi TSS pada inlet dan outlet

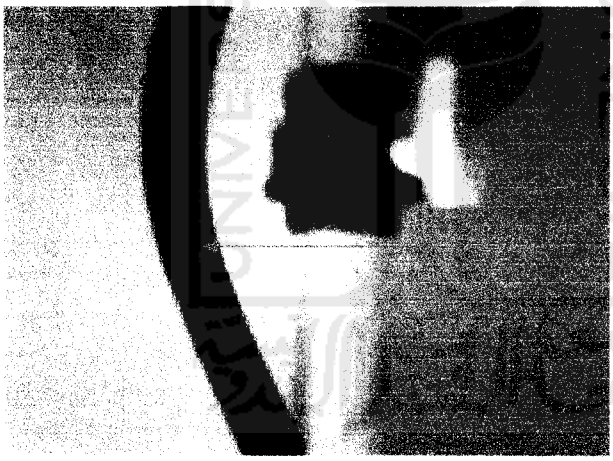


Gambar 4.2 Persentase Efisiensi Penurunan TSS

Dari hasil penelitaian diketahui konsentrasi Total suspended solid (TSS) pada bak equalisasi (inlet) mengalami fluktuatif hal ini disebabkan karena perbedaan sampel limbah yang digunakan, sampel limbah diambil setiap 2 hari sekali karena keterbatasan volume bak equalisasi.

Konsentrasi inlet yang paling tinggi terjadi pada hari ke 5 sebesar 449 mg/l sedang konsentrasi inlet terendah pada hari ke 10 sebesar 337 mg/l. Konsentrasi rata-rata TSS pada inlet sebesar 406 mg/l. Konsentrasi Total suspended solid (TSS) pada outlet juga mengalami fluktuatif. Konsentrasi outlet yang paling tinggi terjadi pada hari ke 1 sebesar 36 mg/l sedang konsentrasi outlet terendah pada hari ke 7 dan ke 8 sebesar 17 mg/l. Konsentrasi rata-rata TSS pada outlet sebesar 22 mg/l

Dari hasil penelitian ini rata - rata prosentase dari penurunan parameter *Total suspended solid* (TSS) yaitu 94 %. Pada hari pertama persentase penurunan TSS sebesar 92 %, dari hari ke hari persentase penurunan mengalami kenaikan sampai pada hari ke 8. Prosentanse penurunan *Total suspended solid* (TSS) tertinggi pada hari ke 6, 7 dan 8 yaitu sebesar 96 %. Dan pada hari ke 9 dan 10 persentase penurunan turun menjadi 95 % dan 93 %. Penurunan persentase ini disebabkan sudah mulai jenuh media filter, hal ini dapat dilihat dari yang semula space outlet dapat terisi penuh air limbah tapi pada hari ke 8 hanya terisi setengah. Tetapi penurunan efisiensi dalam meremoval TSS masih sangat kecil, sehingga reaktor masih dapat bekerja dengan baik.



Clogging pada selang pompa, akibat endapan TSS selang yang tadinya berwarna bening jadi berubah warna.

Gambar 4.3 *Clogging* pada selang pompa

Air limbah mula-mula ditampung pada bak penampung kemudian dipompa ke bak equalisai setelah itu dialiran ke reaktor dengan *spray* yang bertujuan untuk meratakan air limbah ke seluruh permukaan dan memaksimalkan proses aerasi di zona tray aerasi. Pada selang pemompa dan *spray* pada hari ke 3

ditemukan *clogging* yang disebabkan pengendapan TSS yang dapat dilihat dibawah ini :

Clogging pada permukaan *spray*

Gambar 4.4.a

Clogging pada *spray* setelah dibuka terdapat endapan SS

Gambar 4.4.b

Gambar 4.4 *Clogging* TSS pada spray

Pada proses aerasi bertujuan untuk melarutkan oksigen kedalam air. Pada penelitian ini teknik aerasi yang digunakan adalah Tray Aerasi yang tersusun atas empat tray. Pada tiap tray terdapat lubang-lubang untuk memperluas permukaan air sehingga oksigen yang terlarut diharapkan akan lebih banyak. Pada zona aerasi ini TSS juga dapat tersaring dan mengendap pada permukaan tray aerasi sehingga

dapat menurunkan konsentrasi TSS. Proses pengendapan TSS pada tray aerasi dapat dilihat pada gambar berikut ini :

Endapan TSS pada tray aerasi

Gambar 4.5 Pengendapan TSS pada tray aerasi

Namun dengan adanya pengendapan TSS pada tray aerasi akan menurunkan efektifitas alat tray aerasi dalam menurunkan konsentrasi parameter zat organik yang lainnya. Karena apabila endapan tesebut dibiarkan terus menerus akan menyumbat lubang tray aerasi, dan mengurangi pemerataan aliran air keseluruh permukaan dan hanya sebagian permukaan yang terlewati air limbah, serta mengurangi debit aliran dan memperlama waktu detensi saat proses aerasi. Dan membuat cepat jenuh media karbon aktif dan zeolit yang teraliri air terus menerus.

Dalam kaitan dengan pengolahan limbah dengan menggunakan cara aerasi beberapa penelitian menunjukkan adanya efisiensi penurunan *suspended solid* yang cukup tinggi. Besarnya efisiensi penurunan bisa mencapai 97% (Alaert dan

Santika, 1987). Pada zat cair aerasi digunakan untuk mengoksidasi bahan terlarut dan tersuspensi dalam air (Wikipedia,2007).

Mekanisme kimia terjadi pada zona adsorbsi dengan menggunakan media karbon aktif dan zeolit, dimana TSS terserap pada permukaan karbon aktif dan zeolit. Karbon aktif mampu menyerap molekul lain yang mempunyai ukuran lebih kecil dari ukuran porinya. Proses adsorpsi oleh karbon aktif terjadi karena terjebaknya molekul adsorbat dalam rongga karbon aktif, sedang pada sisi aktifnya terjadi karena interaksi antara sisi tersebut dengan molekul adsorbat.

Karbon aktif adalah adsorben zat organik yamg baik, dimana dapat meremoval zat organik dalam air dan partikulat yang menyebabkan rasa dan bau. Bila karbon aktif menyerap molekul yang lebih besar terlebih dahulu maka akan menutupi pori sehingga menyulitkan molekul yang ukuran lebih kecil untuk masuk dalam pori sehingga mempengaruhi proses adsorbsi (Cheremisinoff,1978). Zeolit kadang juga disebut dengan penyaring molekular, karena ukuran lubang dan terowongannya berubah untuk zeolit yang berbeda dan dimungkinkan untuk memisahkan molekul organik dengan zeolit berdasarkan ukurannya (Anonim,2006). Zeolit memiliki pori-pori berukuran melekuler sehingga mampu memisahkan/menyaring molekul dengan ukuran tertentu.

Penurunan konsentrasi TSS ini dapat terjadi karena di dalam reaktor aerokarbonbiofilter terjadi mekanisme biologi yaitu pada saat air limbah melewati *biofilter*, polutan organik pada air limbah akan terdegradsi oleh mikroorganisme yang melekat pada pipa paralon (*attached growth*

micoorganism). Proses ini juga membantu dalam penurunan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS).

Selain itu juga terjadi mekanisme fisik yaitu pada proses filter (penyaringan) dengan media pasir kuarsa. Proses penyaringan ini akan menghilangkan partikel - partikel yang lebih besar dari pori atau celah media filter (Anonim, 2005). Ketika air limbah yang mengandung TSS ini melewati media pasir maka TSS akan tertahan pada pori atau celah - celah pasir. TSS yang telah tertahan pada pori atau celah - celah pasir ini akan mengalami proses biologi yaitu TSS didegradasi oleh bakteri. TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad renik yang terutama disebabkan oleh kikisan yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan tanah. *Suspended solid* dapat dihasilkan oleh bahan organik maupun bahan anorganik (Alaert dan santika, 1987). *Suspended solid* tersebut tertahan di bukaan media filtrasi atau terendapkan dipermukaan media penyaring, sehingga tidak terbawa aliran. Partikel tersebut akan terakumulasi dalam filter sampai suatu waktu dimana keberadaannya menyebabkan *headloss* yang sangat tinggi di filter, sehingga filter harus di *backwash*. Effisiensi penyisihan zat organik yang terjadi sampai dengan proses pengolahan di filter mencapai 85,41%, proses pengolahan dengan filter dapat meyingkirkan beberapa kontaminan dalam air baku seperti zat padat terlarut (TDS), zat padat tersuspensi (TSS), besi, mangan, kalsium, MBAS, CO2 agresif, CO2 total, bikarbonat dan zat Organik. (ITB Sains,2004)

Biosand filter adalah kombinasi proses biologis dan mekanisme. Air mengalir diatas fiter, zat organik yang dibawa terperangkap di permukaan pasir

halus membentuk lapisan biologis atau *schmutzdecke*, lebih dari satu sampai 3 minggu membentuk koloni *schmutzdecke*, dimana makanan organik dan oksigen didapat dari air sepenuhnya.

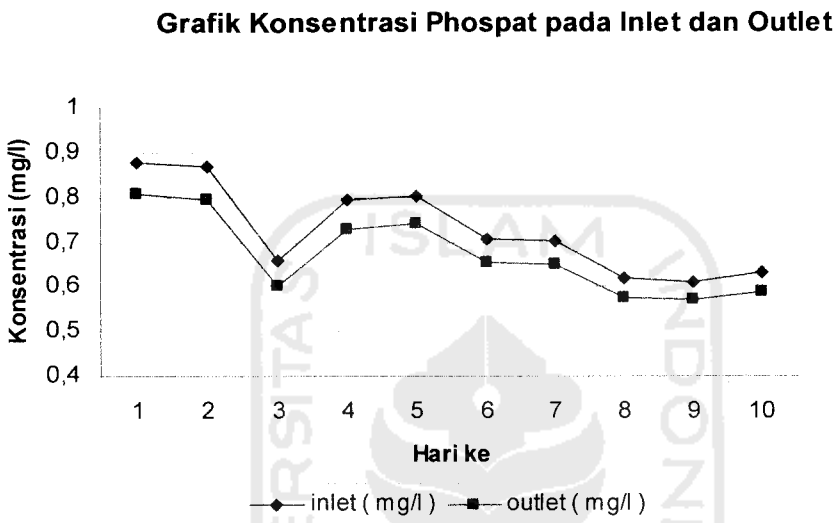
4 proses dalam menghilangkan pathogen dan kontaminan lain dalam filter :

- *Predation* yaitu mikroorganisme *schmutzdecke* mengkonsumsi bakteri dan *pathogen* lain yang ditemukan dalam air dengan cara menyediakan pengolahan air memiliki efektifitas tinggi.
- *Natural death* yaitu pathogen dihilangkan karena kekurangan makanan dan kurang dari temperatur optimal.
- *Adsorption* yaitu virus yang teradsorp (menempel) pada butiran pasir. Sekali menempel mereka akan termetabolisme oleh sel atau tidak diaktifkan oleh antivirus kimia yang diproduksi oleh oragnisme dalam filter. Beberapa kandungan organik teradsorp pada pasir dan dihilang dari air.
- *Mechanical trapping* yaitu sedimen, *cysts, worms* dihilangkan dari air dengan terperangkap dalam ruang butiran pasir. Dimana pengendapan , filter dapat terhilangkan beberapa kandungan anorganik dan logam dari air.

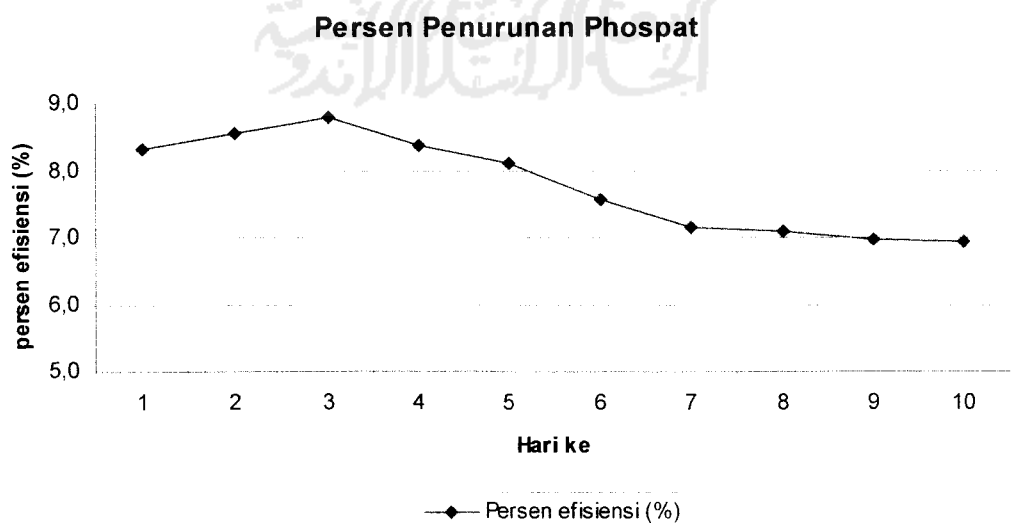
Biosand filter dapat menghilangkan lebih dari 90% *fecal coliform* ,100% *protozoa* dan *helminths* , 50-90% toksik organik dan anorganik,95-99% *zinc, copper, cadmium* dan *timah* , < 67% besi dan *manganese* , <47% *arsenic* , seluruh sendimen tersuspensi. (CAWST,2007)

4.1.2 Konsentrasi Phospat

Dalam penelitian ini, pengukuran phospat dilakukan 10 kali sampel selama 11 hari dimana pengambilan sampel dilakukan setiap hari. Dan dari hasil penelitian dapat dilihat penurunan konsentrasi phospat dibawah ini :



Gambar 4.3 Penurunan konsentrasi phospat pada inlet dan outlet



Gambar 4.7 Persen Penurunan Phospat

Dari hasil penelitian diketahui konsentrasi phospat pada bak equalisasi (inlet) relatif fluktuatif nilainya, hal ini disebabkan oleh perbedaan air limbah yang digunakan, dimana sampel air limbah diambil 2 hari sekali karena keterbatasan volume bak penampung yang digunakan. Konsentrasi pada inlet yang tertinggi terjadi pada hari pertama sebesar 0,8793 mg/l sedangkan konsentrasi inlet terendah terjadi pada hari ke 9 yaitu 0,6123 mg/l. Konsentrasi rata-rata pada inlet sebesar 0,7278 mg/l. Konsentrasi phospat pada outlet juga mengalami fluktuatif dari hari ke hari, konsentrasi outlet tertinggi pada hari peratama sebesar 0,8063 mg/l dan konsentrasi terendah pada hari ke 9 sebesar 0,5696 mg/l.

Persentase penurunan juga mengalami fluktuatif dan nilainya relatif kecil, persentase penurunan pada hari pertama sebesar 8,3 % dari hari ke hari mengalami kenaikan dan kemudian turun pada hari ke 4 terus-menerus sampai hari ke 10. Persentase penurunan tertinggi terjadi pada hari ke 3 sebesar 8,8 % dan Persentase penurunan terendah pada hari ke 10 sebesar 6,9 %.

Penurunan konsentrasi phospat melalui proses aerasi bertujuan untuk kontak oksigen terhadap air limbah. Setelah oksidasi di tray aerasi, kemudian phospat diadsorpsi pada media karbon aktif dan zeolit

Karbon sebagai *adsorbent* filter , memiliki 2 proses adsorpsi yaitu adsorpsi fisik dan kimia. Adsorpsi fisik adalah sebuah mekanisme dimana kontaminan organik dihilangkan dari udara yang mengalir. Berdasarkan gaya Van der Waal's diketahui bahwa kontaminan tertarik kedalam dan tertahan oleh struktur pori dari

media *adsorbent.* Mekanisme ini sangat efektif untuk menghilangkan kontaminan oragnik. Kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi bahan organik belum banyak diteliti. Namum menurut Xiaojian et al (1991) menyimpulkan bahwa adsorben yang telah jenuh dengan polutan organik dapat diregenerasi dengan menggunakan mikroorganisme. Zeolite sering digunakan untuk meremoval phosphat pada pemgolahan air buangan perkotaan (Benefield,1980).

Adsorpsi kimia adalah mekanisme untuk kontaminan lebih kecil, dan tidak terlihat seperti pengadsorban fisik dapat teremoval dari aliran udara. Media secara kimiawi teresap, maksudnya adalah meresap, terendapkan pada permukaan dan kedalam struktur pori media. Setelah meresap secara kimia bereaksi dengan kontaminan pada fase gas dan terjepit pada permukaan media . Sebagai contoh karbon aktif meresap asam fosfor karena asam fosfor terlarut dalam air, dan dapat terjadi fase gas pada temperatur ruang. Hal ini memastikan bahwa kontaminan asam fosfor bermula dari media filter pada kelembaban lingkungan 40% (Donaldson Chemical Engineers,2005).

Mekanisme kimia terjadi pada saat adsorpsi zeolit dan karbon aktif karena filter kimia adalah sebuah filter mekanik yang bekerja pada skala molekuler, dimana filter mekanik bekerja dengan manangkap suspensi, maka filter kimia bekerja dengan menangkap bahan terlarut, seperti: gas, bahan organik terlarut, dan sejenisnya. Mekanisme ini dilakukan dengan bantuan media filter berupa arang aktif, resin ion, dan zeolit, atau melalui fraksinasi air. Filter kimia dapat melakukan fungsinya dengan tiga cara, yaitu: (1) Serapan, (2) Pertukaran Ion, dan (3). Jerapan (Anonim, 2007). Zeolit digunakan untuk pemurnian air pada sistem

filtrasi baik dalam skala kecil maupun besar. Zeolit dapat mengadsorp logam berat, bau, cat, darah, limbah radioaktif, arsenic dan kandungan zat beracun yang ditemukan dalam air (Brz zeolite,2007).

Pada penurunan konsentrasi phospat terjadi mekanisme biologi pada *biofilter*, dimana phospat sebagai salah satu zat organik menjadi nutrien untuk pertumbuhan mikroorganisme. Setelah pengendapan tersebut flok yang ada tersaring oleh pasir kuarsa sehingga mengakibatkan penurunan kadar PO_4 dan kejernihan dari limbah yang dihasilkan dari proses filtrasi. Phospat organik adalah unsur minor dalam saluran air buangan dan seperti Polyfosfat dibutuhkan untuk dekomposisi menjadi lebih terasimilasi dalam bentuk orthofosfat dengan normal hampir secara pelan. Secara umum limbah yang kaya zat oragnik dan secara normal cukup mengandung nitrogen, fosfat dan elemen lain untuk pertumbuhan biologi. Menghilangkan fosfor biologis adalah proses komplek yang tergantung pada pertumbuhan dari *phospahate accumulating organism* (PAOs), dimana fosfor tersimpan seperti dalam bentuk polyphospat (poly-p) (Qasim,1999).

Air limbah mengandung makanan dan nutrien pertumbuhan juga mengandung mikroorganisme tersebut, untuk mengontrol lingkungan. Mikroorganisme tersebut mendegradasi zat organik. Mikroorganisme mendegradasi zat organik untuk produksi energi dengan pernafasan sel dan sintetis protein dan komponen sel lain yang berperan dalam pembentukan sel baru. Dibawah ini adalah reaksi pembentukan sel baru, yaitu :

$$\text{Zat organik} + O_2 + NH_4^{2+} + P \longrightarrow \text{sel baru} + CO_2 + H_2O$$

Aktifitas mikroba tidak hanya membutuhkan oksigen pada mikroorganisme *aerob* tetapi juga dengan terbatasnya kecukupan karbon, nitrogen dan fosfor dan elemen lain dan faktor pertumbuhan. Dalam pembentukkan mikroorganisme dibutuhkan kontrol nutrien dan sebagai protein yaitu karbon, nitrogen, fosfor (C : N : P).

Dari hasil penelitian diketahui efisiensi penurunan konsentrasi phosphat rata-rata sebesar 7,8%. Phospat memang susah diturunkan karena jika diibaratkan makanan mikroorganisme, phospat adalah yang terakhir dimakan/didegradasi. Dimana phospat berperan sebagai nutrien mikroorganisme, dimana ddialam pengolahan air limbah harus seimbang antara perbandingan BOD:N:P yaitu 100:5:1. Penurunan konsentrasi phospat kurang efektif dengan reaktor aerokarbonbiofilter karena efektifitas penurunannya rendah sehingga dibutuhkan alternatif pengolahan lanjutan seperti *Chemichal precipations, enhanced biological phosphate removal* (EBPR).

Menghilangkan phospat dengan pengolahan air buangan yang meliputi *primary treatments* dan *secondary treatments*, dimana primary treatment meliputi mekanisme pemisahan, dimana partikel phospat susah teremoval, dan hanya mengurangi beban phospat 15%. *Secodary treatment* dengan dekomposisisi biologi menggunakan *activated sludge* atau *percolation beds* mampu manambah removal total phospat 20%-40%. Removal phospat yang lebih tinggi dengan *enhanced biological treatment*, dimana dapat meremoval sekitar 55% phospat atau *chemical precipitation* dapat meremoval lebih dari 90% (Friedman,2004).

Keseluruhan removal total phosphor didapat pada pengolahan air limbah secara biologis konvensional pada umumnya kurang dari 20%. Metode pengolahan alternatif atau tambahan dibutuhkan. Yaitu salah satunya dengan penambahan bahan kimia. Pengendapan bahan kimia meningkatkan volume *sludge* yang dihasilkan. Pengendapan dengan *metals salt* juga dapat menekan pH. Jika nitrifikasi dibutuhkan penambahan alkalinity yang dikonsumsi dan penurunan pH kedepannya (Park,2006). *Chemichal precipations* adalah penggunanaan unit proses untuk menghilangkan phosphor dan sisa sedimen *suspended solid* hasil pengolahan fisika kimia. Biasanya menggunakan zat kimia alum, *ferrous sulfate, lime, ferric cloride, ferric sulfate*, kemudian zat-zat kimia tadi dicampurkan, dan akan mengendap dalam bentuk *suspended* (Metcalf & Edy,2003). Salah satu solusi penurunan phospat mengkonduksinya dengan *chemical precipitation* dan atau metode akumulasi biologi. Proses *chemical precipitation* menghasikan volume sludge yang banyak dan tidak mudah dikontrol dosis yang optimalnya. Proses removal phospor dengan metode biologi membutuhkan volume reaktor yang besar, waktu reaksi yang lama, dan zat organik sebagai donor *hydrogen. Activated sludge* yang dilengkapi dengan *membran separation units* dikembangkan untuk pengolahan air limbah dan *suspended solid* bebas pada effluent yang dihasilkan dari proses. Untuk effluent dari *membrane bioreaktor*, dan proses adsorpsi dapat diterapkan dalam removal phospat (Kuzawa,2007).

Solusi lain dalam pengolahan penurunan konsentrasi phospat yaitu dengan menerapkan prinsip *enhanced biological phosphate removal* (EBPR). Pada sistem *biological phosphorus removal* (BPR), mengakumulasi phospor dalam *biomass*

dan meremoval dari limbah di *activated sludge*. Hasilnya meningkatkan produksi *sludge* anorganik tetapi tidak signifikan dalam *sludge* organik dimana *conventional activated sludge process* tanpa penambahan bahan kimia (Park,2006 dari Jardin and Popel 1995). Pengendapan bahan kimia pada phospor meningkatkan produksi *sludge* rata-rata 26% (Park,2006 dari Sedlak, 1991).

Proses *enhanced biological phosphate removal* (EBPR) salah cara ekonomis untuk menghilangkan phospat dari air limbah. Proses ini dilakukan pada kondisi anaerob dan aerob. Dibawah kondisi anaerob phospat mengasimilasi produk fermentasi dalam bentuk *volatile fatty acids* (VFAs). Removal phospat terjadi pada saat kandungan *volatile fatty acids* (VFAs), seperti *acetic* dan *propionic acids* cukup di air limbah. Pada kondisi anaerob *acids* ini digunakan sebagai sumber karbon oleh *phosphate-accumulating organisms* (PAOs), diamana disimpan dalam bentuk *poly-β-hydroxyalkanoate* (PHA). Untuk mendapatkan energi untuk PHA , PAOs mendegradasi butiran *intracellular polyphosphate* (polyP) dalam bentuk *orthophosphate*. Kemudian dibawah kondisi aerob, *phosphate-accumulating organisms* (PAOs) digunakan menyimpan *poly-β-hydroxyalkanoate* (PHA) sebagai karbon dan sumber energi dan polyP terbentuk dalam kondisi berlebih dari tingkat yang dibutuhkan memenuhi kebutuhan metabolisme. Pada kondisi anaerob phospat yang dilepas lebih cepat daripada kondisi aerob. Dan removal phosphat dapat diperoleh.(Haraguchi,2006 dari Mino et al., 1998; Morse et al., 1998; Seviour et al., 2003).