

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses *Seeding*

Pada penelitian ini menggunakan reaktor aerokarbonbiofilter untuk menurunkan atau mengurangi konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan minyak lemak dari limbah pencucian kendaraan bermotor, dimana limbah berasal dari tempat pencucian kendaraan bermotor "The Auto Bridal 10" Jl. Kaliurang KM. 6,8 Yogyakarta .

Reaktor aerokarbonbiofilter terdiri dari 4 tahapan pengolahan yakni proses aerasi, proses adsorpsi (karbon aktif dan zeolit), proses biologis dan proses filtrasi. Sebelum digunakan, pada reaktor aerokarbonbiofilter dilakukan terlebih dahulu pembibitan bakteri (proses *seeding*) selama kurang lebih 40 hari dan pada saat *running* dilakukan pengambilan serta pemeriksaan sampel setiap 1 kali sehari selama 10 hari dengan cara melakukan pemeriksaan pada *inlet* di bak ekualisasi dan *outlet* dari reaktor aerokarbonfilter.

Sebelum dilakukan pengolahan/*treatment* maka yang perlu dilakukan adalah melakukan analisa konsentrasi COD dan minyak lemak yang berasal dari limbah pencucian kendaraan bermotor.

Hasil pengujian konsentrasi COD awal sebesar 425 mg/l dan untuk minyak lemak sebesar 51 mg/l. Dimana sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran

Air menyebutkan batas maksimal untuk nilai COD sebesar 50 mg/l dan untuk nilai minyak lemak sebesar 1 mg/l untuk limbah yang akan dibuang ke badan air. Maka dari hasil pengujian di atas dapat dipastikan jika air limbah sisa pencucian kendaraan bermotor langsung dibuang ke badan air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu sehingga akan terjadi perusakan dan degradasi kualitas lingkungan terutama kualitas air. Untuk menjawab pertanyaan ini maka dilakukan penelitian dengan menggunakan reaktor aerokarbonbiofilter untuk melakukan pengolahan air limbah sisa pencucian kendaraan bermotor sebelum dibuang ke badan air.

Adanya COD dalam air limbah pencucian kendaraan bermotor, terutama disebabkan dari penggunaan shampo, sabun ataupun deterjen serta penggunaan bahan-bahan kimia lainnya dalam proses pencucian atau pembersihan kendaraan, yang mana memiliki tegangan permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan air sehingga suplai oksigen ke dalam air mengalami gangguan, dan pada akhirnya akan menyebabkan kandungan oksigen terlarut dalam air limbah pencucian kendaraan bermotor akan menurun. Dengan menurunnya kandungan oksigen dalam air maka akan mempengaruhi konsentrasi COD sedangkan untuk parameter minyak lemak lebih banyak diperoleh dari proses pencucian kendaraan dan pembersihan mesin-mesin mobil sehingga pada waktu pembilasan akhir, minyak lemak yang berasal dari oli-oli pada mesin akan terbawa oleh pemakaian shampo atau deterjen karena bahan kimia ini bersifat *surfactant* (mampu mengikat) senyawa minyak dan lemak.

Pada reaktor aerokarbonbiofilter ini digunakan proses *seeding* yang dilakukan kurang lebih 40 hari sebelum masa *running*. Dimana media yang digunakan berupa potongan-potongan pipa paralon, yang diharapkan mikroorganismenya dapat tumbuh lebih banyak karena media jenis ini memiliki permukaan yang lebih banyak dibandingkan dengan media lainnya.

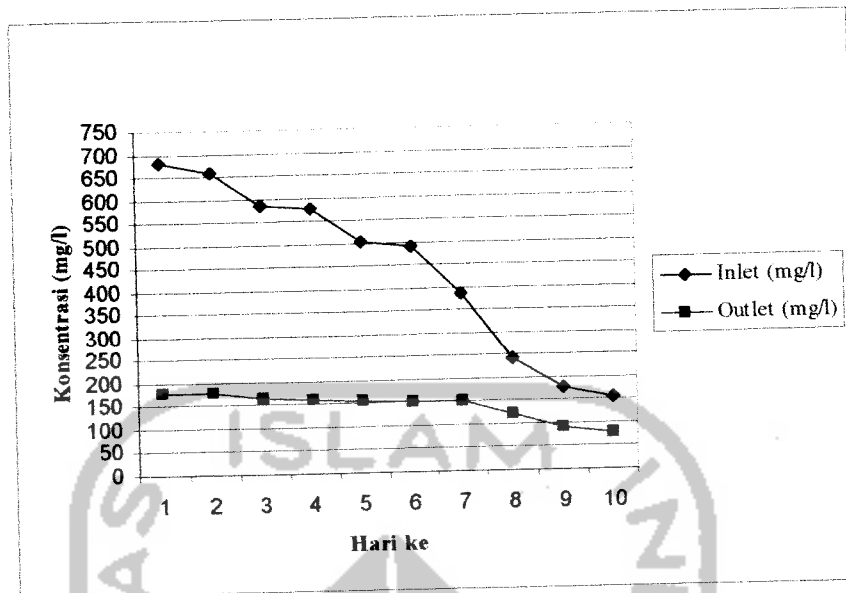
Pembibitan mikroorganismenya dilakukan dengan perendaman pipa paralon menggunakan air limbah yang akan diolah. Pada proses pembibitan ini menggunakan bakteri *aerob* sehingga diperlukan suplai oksigen yang cukup. Untuk menambah jumlah oksigen dilakukan suplai udara dengan menggunakan *bubble aerator* serta menambahkan nutrisi yang berupa cairan degra simba dan NPK untuk mempercepat pertumbuhan mikroorganismenya. Adapun dalam cairan degra simba tersebut mengandung berbagai mikroba untuk mempercepat dan memperbanyak jumlah mikroorganismenya. Bakteri yang terkandung dalam cairan degra simba tersebut seperti *Acetobacter* dan *Bacillus*. Pada minggu kedua proses pembibitan mikroorganismenya dilakukan pengujian air limbah dari proses *seeding* dengan tujuan untuk mengetahui telah terjadinya peningkatan pertumbuhan mikroorganismenya. Hasil pengujian air limbah proses *seeding* untuk COD sebesar 283 mg/l dan minyak lemak sebesar 43 mg/l. Jika dibandingkan dengan konsentrasi awal, maka telah terjadi penurunan untuk kedua konsentrasi tersebut dengan efisiensi penurunan COD sebesar 33 % dan minyak lemak sebesar 16 %. Hal ini cukup menggambarkan bahwa telah terjadi perkembangan mikroorganismenya pada saat proses *seeding*. Secara fisik juga dapat dilihat pada media pipa paralon menjadi berlendir. Hal ini dibuktikan kembali pada minggu

keempat, dimana dilakukan uji koloni untuk memastikan bahwa mikroorganisme memang telah tumbuh dan dari uji koloni di laboratorium diperoleh jumlah koloni mencapai kurang lebih 150 juta koloni bakteri. Pada hari ke 40 mulai dilakukan pengolahan air limbah pada reaktor secara kontinyu.

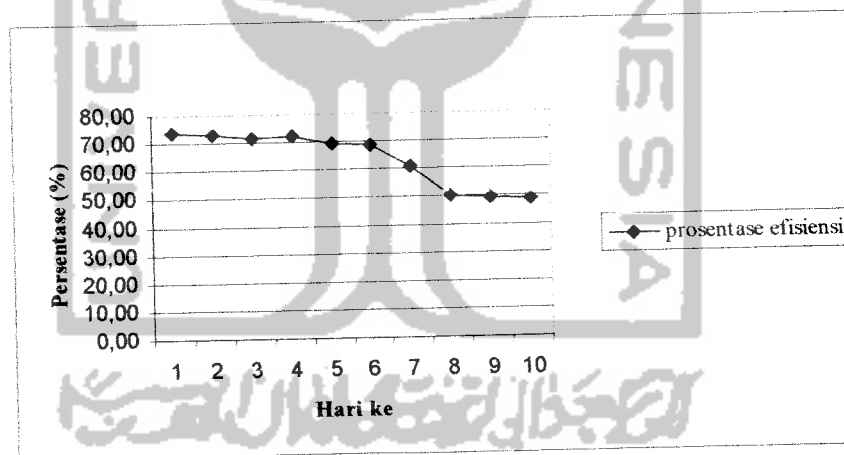
Untuk mengetahui efisiensi dari unit aerokarbonbiofilter dengan parameter penelitian COD dan minyak lemak maka perlu dilakukan pemeriksaan konsentrasi *inlet* (sebelum dilakukan pengolahan dengan menggunakan reaktor aerokarbonbiofilter) dibandingkan dengan hasil pemeriksaan pada konsentrasi *outlet* setelah mengalami proses pengolahan di reaktor aerokarbonbiofilter. Pemeriksaan pada *inlet* juga dilakukan setiap hari selama proses pegujian, hal ini bertujuan untuk mengetahui secara pasti tingkat efisiensi penurunan dari reaktor. Mengingat kondisi limbah pada *inlet* yang berbeda-beda karena waktu pengambilan dilakukan secara berkala 2 hari sekali.

4.2 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Pada penelitian ini, pengujian konsentrasi COD dilakukan setiap 1 hari sekali selama 10 hari setelah proses pembibitan mikroorganisme (*seeding*). Titik sampling yang dilakukan pengujian yaitu *inlet* pada bak ekualisasi dan *outlet* dari reaktor aerokarbonbiofilter. Adapun hasil pengujian konsentrasi COD dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.1 Penurunan Konsentrasi COD



Gambar 4.2 Prosentase Efisiensi Penurunan COD

Dari data hasil penelitian diatas, tergambar dalam grafik bahwa efisiensi penurunan konsentrasi COD dari reaktor aerokarbonbiofilter mengalami *trend* penurunan. Dimana pada hari pertama hingga hari keenam tidak terjadi perbedaan yang signifikan, efisiensi dari hari kehari tidak terlampau berbeda meskipun telah

terjadi penurunan disetiap harinya. Hal ini berbeda dengan yang terjadi dari hari keenam hingga hari kedelapan, dimana telah terjadi penurunan pada tingkat efisiensi reaktor dalam menurunkan konsentrasi COD yang cukup signifikan, yaitu dari 68,89 % terus menurun hingga 50,29 %. Sedangkan pada hari kedelapan hingga hari kesepuluh tingkat efisiensi penurunan kembali stabil.

Telah terjadinya penurunan dari hari pertama hingga hari terakhir penelitian disebabkan oleh kondisi limbah pada bak ekualisasi yang berbeda setiap harinya karena pengambilan limbah dilakukan secara berkala 2 hari sekali mengingat dengan keterbatasan daya tampung dari bak penampung. Dengan demikian konsentrasi *inlet* pada bak ekualisasi berbeda setiap harinya dan terus mengalami penurunan sehingga menyebabkan konsentrasi pada *outlet* mengalami hal yang serupa.

Penurunan cukup signifikan yang terjadi pada hari keenam hingga hari kedelapan dimungkinkan juga oleh kondisi reaktor yang mulai mengalami kondisi jenuh, terutama pada pengolahan secara fisik yaitu pada media filtrasi. Proses kerja pada media ini kurang maksimal yang dimungkinkan mulai terjadinya *clogging*. Mengingat media ini bekerja lebih awal dibandingkan dengan media lainnya, yaitu dimulai dari proses pembibitan bakteri sehingga media filtrasi menampung beban limbah yang lebih lama dibandingkan dengan media lainnya. Hal ini juga dibuktikan dari yang semula *space outlet* dapat terisi penuh air limbah keluaran dari filtrasi, tetapi semakin lama ketinggian air semakin berkurang setengahnya.

4.2.1 Pembahasan

Pengujian parameter COD sangat penting hal ini dikarenakan angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Alaerts, 1984).

Adapun proses penurunan konsentrasi COD pada reaktor aerokarbonbiofilter ini melalui 4 tahap mekanisme. Dibawah ini akan dijelaskan mekanisme ataupun proses yang terjadi pada setiap tahapan dari reaktor terhadap penurunan konsentrasi COD.

4.2.1.1 Proses Aerasi

Pada prinsipnya proses aerasi bertujuan untuk menaikkan konsentrasi oksigen terlarut (DO) dengan cara melakukan kontak dengan udara yang pada penelitian kali ini digunakan proses *tray aerasi* yang tersusun atas empat bagian dimana setiap bagian terdapat lubang-lubang untuk memeluas permukaan air sehingga oksigen yang terlarut diharapkan akan lebih banyak.

Proses pemerataan air limbah pada *tray aerasi* ini juga dibantu dengan *spray* yang menghasilkan butiran yang lebih kecil sehingga memberikan luas kontak yang lebih besar dengan udara. (Agustjik, 1991). Dimana limbah keluaran dari *spray* sebelum jatuh ke *tray* juga mengalami kontak dengan oksigen yang ada di udara. Sehingga pada kondisi ini, 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. (Walker, 1978).

Karena proses pengolahan limbah berlangsung secara kontinyu, maka spray akan terus memancarkan air limbah sehingga pada tahap aerasi ini akan terus mengalami kontak dengan udara. Dengan demikian dapat memaksimalkan luas dari permukaan air ke udara, sehingga akan terus terjadi perpindahan efisien terbesar dari satu medium ke medium yang lain. Dalam hal ini, kandungan bahan-bahan kimia sebagai zat pencemar yang terdapat dalam air limbah tersebut akan mengalami perpindahan, sehingga dimungkinkan terjadinya penurunan.

Dalam proses aerasi ini terjadi penambahan oksigen, dimana hal ini merupakan salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar yang terkandung dalam air limbah, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur. (Agustjik, 1991). Dengan demikian, hal ini juga secara tidak langsung dapat menurunkan beban COD dalam air limbah tersebut.

Adanya proses aerasi ini juga dapat memperbanyak jumlah oksigen yang terlarut dalam air limbah yang kemudian akan digunakan oleh mikroorganisme dalam proses degradasi bahan-bahan kimia (zat organik).

Terjadinya penurunan konsentrasi COD pada *inlet* disetiap harinya, selain karena kondisi limbah pada *inlet* yang berbeda-beda juga disinyalir oleh terjadinya proses aerasi dari perlakuan pompa dan adanya pipa pelimpah yang secara tidak langsung memberikan suplai oksigen. Dimana menurut Rahmawati dan R. Azizah (2005), kadar COD mengalami penurunan juga disebabkan oleh terjadinya suplai oksigen dari pompa yang terendam sehingga zat organik yang sukar dihancurkan secara oksidasi menjadi turun.

Jadi proses aerasi ini juga membantu dalam proses penurunan beban pencemar dalam air limbah sehingga secara tidak langsung dapat menurunkan konsentrasi COD dalam air limbah. Dimana menurut Fardiaz (1976), pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam dengan reaksi sebagai berikut :



Dengan adanya proses penambahan kandungan oksigen pada proses aerasi maka nilai konsentrasi COD akan mengalami penurunan hal ini disebabkan karena pada proses aerasi adanya suplai oksigen yang dapat digunakan untuk melakukan oksidasi proses penguraian.

Terjadinya penurunan tingkat efisiensi reaktor aerokarbonbiofilter dalam menurunkan konsentrasi COD juga dapat disebabkan karena adanya penyumbatan endapan pada lubang-lubang spray. Sehingga dapat menghambat proses memancarnya air limbah melalui spray, yang berefek pada semakin berkurangnya kontak air limbah dengan udara karena terjadinya ketidakmerataan aliran air limbah keseluruhan permukaan *tray* aerasi dan hanya sebagian permukaan yang terlewati air limbah maka proses aerasi tidak berlangsung maksimal.

4.2.1.2 Proses Adsorpsi

Pada reaktor aerokarbonbiofilter ini menggunakan proses adsorpsi dari 2 media, yaitu media karbon aktif dan zeolit. Pada proses adsorpsi ini terjadi mekanisme fisik-kimia, dimana terjadi proses pemisahan komponen dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Dalam

hal ini bahan-bahan kimia pencemar yang terkandung dalam air limbah akan berpindah ke permukaan karbon aktif dan zeolit. Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap dilepaskan pada adsorpsi kimia yang merupakan ikatan kuat antara penyerap dan zat yang diserap sehingga tidak mungkin terjadi proses yang bolak-balik (Tinsley, 1979).

Proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif dan zeolit yang digunakan sebagai tempat untuk menyerap polutan (bahan-bahan kimia) yang terkandung dalam air limbah.

Terjadinya penurunan kadar COD disebabkan oleh adanya aktivitas adsorpsi, yaitu penyerapan zat-zat kimia pencemar (zat organik) dalam air limbah pada media karbon aktif. Pengaruh dari besarnya molekul penyusun senyawa zat-zat organik menyebabkan mudah terserap terlebih dahulu. (Cheremisinoff, 1978).

Pada penelitian ini, karbon aktif dan zeolit sebelum digunakan dilakukan aktivasi terlebih dahulu melalui proses pemanasan dalam oven sehingga pori-porinya terbuka, dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi dengan rendemen arang aktifnya sebesar 38,5 %. (Pari, 1999).

Dengan terbukanya pori-pori pada karbon aktif, maka 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. Menurut A. T. Sugiarto dan Suherman, zat-zat polutan dalam hal ini yaitu bahan-bahan kimia yang terdapat dalam air limbah yang berasal dari penggunaan shampo akan diserap oleh

permukaan karbon aktif. Demikian juga pada zeolit, dengan proses pemanasan maka molekul-molekul air yang terdapat dalam permukaan rongga akan keluar yang nantinya akan digantikan oleh molekul yang diadsorpsi.

Dalam penelitian ini, karbon aktif dan zeolit mengadsorpsi bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah sehingga semakin lama mikroorganisme dapat tumbuh di media adsorbent tersebut (Syamsiah, 2001).

Menurut Benefield (1982), pada proses adsorpsi bahan-bahan kimia yang terdapat dalam air limbah ini 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 teradsorpsi melalui kapiler/pori dalam adsorben (*pore diffusion process*).
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben.

Pada mekanisme adsorpsi secara fisika berlangsung cepat dan balik dengan panas adsorpsi kecil ($\pm 5-6$ kkal/mol), sehingga diduga gaya yang bekerja di dalamnya sama dengan cairan (gaya *Van Deer Wals*). Unsur yang terserap tidak terikat secara kuat pada bagian permukaan penyerap. Adsorpsi fisika dapat balik (*reversible*), tergantung pada kekuatan daya tarik antar molekul penyerap dan bahan terserap lemah maka terjadi proses adsorpsi, yaitu pembebasan molekul bahan penyerap. (Tinsley, 1979).

Sedangkan pada adsorpsi kimia terjadi interaksi kimia antara penyerap dengan zat-zat terserap, kekuatan ikatan kimia sangat bervariasi dan ikatan kimia sebenarnya tidak benar-benar terbentuk tetapi kekuatan adhesi yang terbentuk lebih kuat dibanding dengan daya ikat penyerap fisika. Panas adsorpsi kimia lebih besar dibanding dengan adsorpsi fisika ($\pm 10-100$ kkal/mol). Pada proses kimia tidak dapat balik (*irreversible*) dikarenakan memerlukan energi untuk membentuk senyawa kimia baru pada permukaan adsorben sehingga proses balik juga diperlukan energi yang tinggi. (Tinsley, 1979).

Penyebaran air limbah yang tidak merata karena terjadi *clogging* pada spray aerasi menyebabkan cepat jenuhnya media karbon aktif yang terus teraliri air limbah. Sehingga molekul-molekul bahan kimia yang lebih kecil akan ikut terlarut, yang kemudian akan terserap pada media zeolit. Hal inilah yang juga menyebabkan tingkat penurunan konsentrasi COD yang semakin kecil, terutama yang terjadi mulai dari hari keenam. Penurunan zat organik cenderung menurun disebabkan terjadinya penyempitan pori pada permukaan adsorban akibat *fouling* atau dapat dikatakan diameter pori adsorban semakin kecil. Semakin kecilnya diameter pori, akan mengakibatkan partikel-partikel yang lebih kecil dari pori tersebut akan lolos. Selain itu pada permukaan adsorban akan terjadi polarisasi konsentrasi dan pembentukan *cake*. (S. Notodarmojo dan A. Deniva, 2004)

Selain itu, juga disebabkan karena semakin kecilnya konsentrasi COD pada *inlet*. Dimana menurut Droste (1997), pada konsentrasi larutan rendah, jumlah bahan yang diserap akan sedikit, sedang pada konsentrasi tinggi jumlah

bahan yang diserap juga semakin banyak. Hal ini disebabkan karena kemungkinan frekuensi tumbukan antara partikel semakin besar.

Seperti telah dijelaskan dalam teori proses adsorpsi yang terjadi pada karbon aktif dan zeolit sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu karakteristik fisika dan kimia adsorben (karbon aktif dan zeolit), antara lain : luas permukaan, ukuran pori, komposisi kimia, dan juga karakteristik fisis dan kimia dari adsorbat (limbah cair) antara lain : ukuran molekul, polaritas molekul komposisi kimia, dan konsentrasi adsorbat dalam fase cair. (Webar, 1972).

Pori-pori ini yang nantinya akan menyerap bahan kimia yang terkandung dalam air limbah dan mengurangi konsentrasi COD. Dengan semakin banyaknya pori-pori yang ada di dalam karbon aktif dan zeolit maka luas permukaan adsorben tersebut menjadi sangat besar. Dengan semakin besar luas permukaan akan semakin efektif untuk melakukan penyerapan dan mengurangi konsentrasi COD. Akan tetapi pada proses adsorpsi pada suatu saat akan mengalami titik kejenuhan dimana adsorben tidak bisa lagi melakukan penyerapan sehingga perlu dilakukan proses regenerasi yaitu proses pengaktifan kembali atau pengantian adsorben. (Cheremisinoff, 1978).

Menurut FORLINK (2000), karbon aktif dapat menurunkan COD 10-60 % dan zeolit dapat menurunkan COD 10-40 %. Sehingga dimungkinkan efisiensi penurunan konsentrasi COD pada media karbon aktif lebih besar jika dibandingkan pada media zeolit. Hanya saja pada reaktor, ketebalan media karbon aktif lebih rendah dibandingkan dengan ketebalan media zeolit. Sehingga

efektifitas penurunan konsentrasi COD kurang maksimal, selain itu juga disebabkan oleh terjadinya penjenruhan karena ketidakmerataan aliran dari spray.

4.2.1.3 Proses Pengolahan Biologis

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003), pengolahan air limbah secara biologis adalah suatu cara pengolahan yang bertujuan untuk menurunkan atau menyisihkan substrat tertentu yang terkandung dalam air limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme melalui proses biodegradasi.

Pada penelitian ini, proses pengolahan secara biologis dilakukan pada kondisi lingkungan secara aerob dengan pertumbuhan melekat (*attached growth*). Dimulai dengan melakukan proses *seeding* (pembibitan bakteri pada media paralon) selama 40 hari. Suplai oksigen pada saat proses *seeding* berasal dari *bubble aerator*. Sehingga terjadi pembentukan lapisan *biofilm* karena adanya interaksi antara bakteri dan permukaan yang ditemelinya (paralon). Interaksi ini terjadi dengan adanya faktor-faktor pendukung antara lain kelembaban permukaan, nutrisi yang tersedia, ikatan ion, ikatan *Van Der Waals*, pH dan tegangan permukaan.

Pembibitan bakteri tersebut bertujuan untuk memaksimalkan bakteri dalam mendegradasi kandungan zat organik pada air limbah, karena dengan pembibitan akan memperbanyak jumlah bakteri. Dengan semakin banyaknya jumlah bakteri, maka akan semakin banyak zat organik pada air limbah yang terdegradasi sehingga dapat memaksimalkan penurunan konsentrasi COD pada air limbah.

Setelah proses *seeding* selesai maka mulai dilakukan *running* pengolahan air limbah. Pada saat ini, suplai oksigen yang diperoleh mikroorganisme berasal dari proses aerasi, dimana akan terjadi kontak antara air limbah dengan udara sehingga dapat meningkatkan jumlah oksigen terlarut (DO) dalam air yang nantinya digunakan oleh mikroorganisme dalam proses degradasi zat organik. Pada proses biodegradasi, bahan organik terlarut merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme sehingga konsentrasinya menjadi berkurang. Adapun proses reaksinya adalah sebagai berikut :



Zat-zat organik diperlukan bakteri untuk pertumbuhan selnya, dan bahan-bahan tersebut juga akan dirombak menjadi asam volatile, alkohol, H₂ dan CO₂ (Pranoto, 2002). Proses ini juga membantu dalam penurunan konsentrasi COD.

Adanya proses tersebut dibuktikan dari hasil pengujian konsentrasi COD mengalami penurunan. Pada hari pertama memiliki nilai efisiensi terbesar yaitu sebesar 73,68 % hal ini dikarenakan pada hari pertama terjadi pertumbuhan mikroba dari sebuah kultur media sesuai dengan kurva pertumbuhan yaitu adanya *log phase*, *exponensial phase*, *stationary phase* dilanjutkan dengan *dead phase* yang menyebabkan tingkat efisiensi penurunan pada konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) mengalami penurunan sehingga pada hari kesepuluh memiliki efisiensi terkecil yaitu sebesar 48,85 %. (Prescott, 1999).

4.2.2.4 Proses Filtrasi

Proses filtrasi adalah suatu proses penyaringan yang digunakan untuk menyaring zat-zat organik yang ada di dalam air limbah. Pada penelitian kali ini

media filtrasi yang digunakan adalah pasir kuarsa. Tahapan proses filtrasi pada penelitian ini digunakan sebagai pelengkap dan proses akhir dari unit reaktor aerokarbonbiofilter yang bertujuan untuk mengurangi konsentrasi COD.

Filtrasi mampu menyaring zat-zat organik yang melewatinya. Proses penyaringan ini akan menghilangkan partikel-partikel yang lebih besar dari pori atau celah media filter (Anonim, 2005). Ketika air limbah yang mengandung zat-zat organik ini melewati media pasir maka zat organik akan tertahan pada pori atau celah-celah pasir. Zat-zat organik yang telah tertahan pada pori atau celah-celah pasir ini juga akan mengalami proses biologi, yaitu zat organik akan didegradasi oleh mikroorganisme. Adanya mikroorganisme pada media filtrasi ini disebabkan karena media filtrasi ikut digunakan pada waktu proses *seeding* berlangsung sehingga pada media akan tumbuh mikroorganisme.

Terjadinya penurunan konsentrasi COD yang cukup tinggi pada hari pertama juga didukung oleh proses pada media ini. Karena pada media ini terjadi 2 proses secara bersamaan, yaitu mekanisme fisik-biologis. Secara fisik, zat-zat organik yang melewati media akan tersaring dan secara biologis zat-zat organik akan terdegradasi oleh mikroorganisme.

Biosand filter merupakan kombinasi mekanisme fisik dan proses biologis. Air mengalir diatas filter, zat organik yang terkandung didalamnya akan terperangkap di permukaan pasir membentuk lapisan biologis atau *schmutzdecke*, lebih dari 1-3 minggu membentuk koloni *schmutzdecke*, dimana makanan organik dan oksigen didapat dari air sepenuhnya. Empat proses dalam menghilangkan pathogen dan kontaminan lain dalam filter :

1. *Predation* yaitu mikroorganisme *schmutzdecke* mengkonsumsi bakteri dan *pathogen* lain yang ditemukan dalam air dengan cara menyediakan pengolahan air memiliki efektifitas tinggi.
2. *Natural death* yaitu *pathogen* dihilangkan karena kekurangan makanan dan kurang dari temperatur optimal.
3. *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 mikroorganisme dalam filter. Beberapa kandungan organik teradsorb pada pasir dan dihilangkan dari air.
4. *Mechanical trapping* yaitu sedimen, *cysts*, *worms* dihilangkan dari air dengan terperangkap dalam ruang butiran pasir. Dimana filtrasi dapat menurunkan 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 mangan, < 47 % *arsenic*, dan seluruh sedimen tersuspensi. (CAWST, 2007).

Media filtrasi ini juga cukup mendukung pada terjadinya penurunan tingkat efisiensi dari hari pertama hingga hari kesepuluh. Hal ini disebabkan karena kemungkinan terjadinya *clogging* pada media sehingga proses penyaringan tidak berlangsung sempurna. Mengingat media filtrasi bekerja lebih awal dibandingkan dengan media lainnya, yaitu dimulai dari proses pembibitan bakteri sehingga media filtrasi menampung beban limbah yang lebih lama dibandingkan dengan media lainnya. Hal ini juga dibuktikan dari yang semula pada *space outlet* dapat

terisi penuh dengan air limbah keluaran dari filtrasi, tetapi semakin lama ketinggian air semakin berkurang setengahnya. Sehingga media pasir ini harus dilakukan pembersihan agar efisiensi penurunan dapat meningkat kembali.

Menurut penelitian yang dilakukan ITB Sains (2004), efisiensi penyisihan zat organik yang terjadi sampai dengan proses pengolahan di filter mencapai 85,41%, proses pengolahan dengan filter dapat meyingkirkan beberapa kontaminan seperti zat padat terlarut (TDS), zat padat tersuspensi (TSS), besi, mangan, kalsium, MBAS, CO₂ agresif, CO₂ total, bikarbonat dan Zat Organik.

4.2.1.5 Efisiensi Removal Total Reaktor Aerokarbonfilter

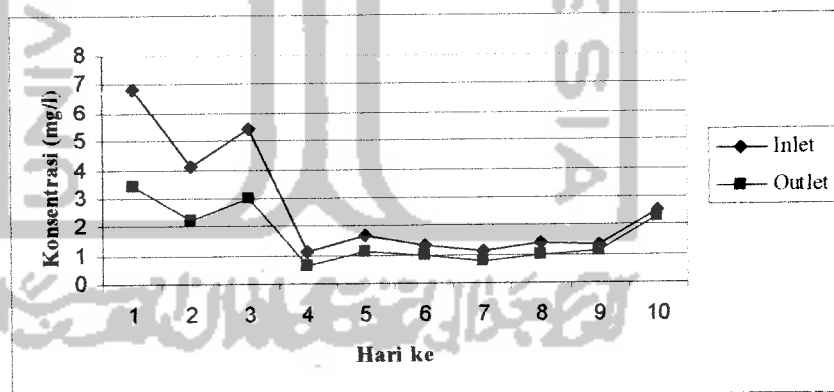
Berdasarkan Gambar 4.2, penurunan yang terjadi pada parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) relatif semakin menurun. Pada hari pertama efisiensi total penurunan konsentrasi COD sebesar 73,68 % dan pada hari terakhir (hari kesepuluh) efisiensi total penurunan konsentrasi COD hanya sebesar 48,85%.

Walaupun efisiensi penurunan COD dengan menggunakan reaktor aerokarbonbiofilter cukup tinggi, akan tetapi jika dibandingkan dengan standar baku mutu yang mengacu pada PP No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menyebutkan bahwa nilai COD maksimum untuk limbah yang akan dibuang ke badan air sebesar 50 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa reaktor belum cukup efektif untuk mencapai standar baku mutu yang diizinkan.

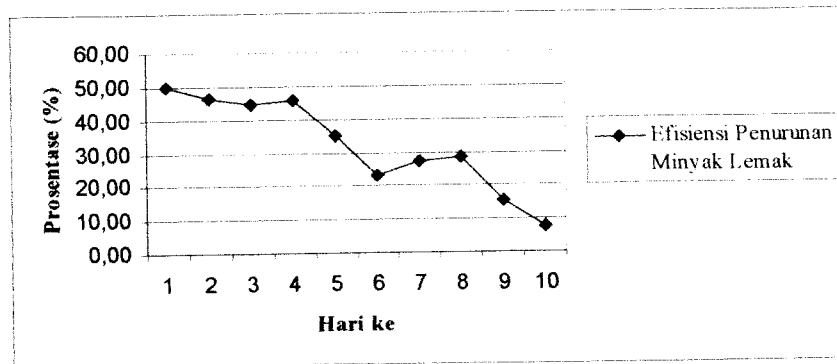
Terjadiya penurunan dari hari kehari pada tingkat efisiensi removal dimungkinkan pada proses adsorpsi (karbon aktif dan zeolit) serta proses filtrasi (pasir) telah mengalami suatu titik jenuh sehingga menyebabkan berkurangnya daya penyerapan dan pada proses pengolahan secara biologis dimungkinkan karena mikroorganismenya mulai mengalami phase kematian sehingga efisiensi removal COD menurun .

4.3 Minyak Lemak

Sama halnya dengan parameter COD, pengujian untuk parameter minyak lemak dilakukan setiap 1 hari sekali selama 10 hari setelah proses pembibitan mikroorganismenya. Adapun hasil pengujian konsentrasi minyak lemak dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.3 Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak



Gambar 4.4 Prosentase Efisiensi Penurunan Minyak Lemak

Dari data hasil penelitian diatas, tergambar dalam grafik bahwa efisiensi penurunan konsentrasi minyak lemak dari reaktor aerokarbonbiofilter mengalami *trend* penurunan. Dimana pada hari pertama hingga hari keempat tidak terjadi perbedaan yang signifikan, efisiensi dari hari kehari tidak terlampau berbeda meskipun telah terjadi penurunan disetiap harinya. Kemudian diikuti dengan penurunan yang cukup drastis dari hari keempat hingga hari keenam, dimana telah terjadi penurunan pada tingkat efisiensi reaktor dalam menurunkan konsentrasi minyak lemak yang cukup signifikan, yaitu dari 45,45 % terus menurun hingga 23,08 %. Kondisi ini berbeda dengan yang terjadi dari hari keenam hingga hari kedelapan. Dimana pada hari tersebut, kemampuan reaktor dalam menurunkan konsentrasi minyak lemak terus meningkat dari 23,08 % menjadi 28,57 %. Sedangkan dari hari kedelapan hingga hari kesepuluh tingkat efisiensi penurunan kembali menurun dari 28,57 % terus menurun hingga 8 %.

Telah terjadinya penurunan dari hari pertama hingga hari terakhir penelitian disebabkan oleh kondisi limbah pada bak ekualisasi yang berbeda setiap harinya karena pengambilan limbah dilakukan 2 hari sekali mengingat

dengan keterbatasan daya tampung dari bak penampung. Dengan demikian konsentrasi *inlet* pada bak ekualisasi berbeda setiap harinya dan terus mengalami penurunan sehingga menyebabkan konsentrasi pada *outlet* mengalami hal yang serupa. Hal ini juga disebabkan karena konsentrasi pada *inlet* yang cukup rendah, dimana menurut Droste (1997) bahwa pada konsentrasi larutan rendah, jumlah bahan yang diserap pada adsorban akan sedikit. Sedang pada konsentrasi tinggi, jumlah bahan yang diserap akan semakin banyak karena kemungkinan frekuensi tumbukan antar partikel yang semakin besar.

4.3.1 Pembahasan

4.3.1.1 Proses Aerasi

Pengujian parameter minyak lemak sangat penting (dalam hal ini berasal dari aktivitas pencucian kendaraan bermotor) yang berasal dari penggunaan shampo ataupun oli dari mesin-mesin mobil yang ikut terbawa pada saat proses pencucian. Jika limbah pencucian kendaraan bermotor tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu, hal ini akan menjadi masalah karena jika konsentrasi minyak lemak tinggi dapat menyebabkan nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) akan mengalami kenaikan sehingga dapat mengganggu sistem pembuangan air limbah masyarakat dan juga dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri pada suasana anaerobik sehingga dapat menyebabkan pembusukan. (Zabel, 2005).

Pengaruh yang ditimbulkan dari proses aerasi (*Drip tray aeration*) dimana dengan adanya penambahan oksigen maka nilai BOD akan menurun dan nilai *Dissolved Oxygen* (DO) dapat menyebabkan mikroorganisme aerobik dapat

melakukan removal atau pendegredasian limbah secara lebih baik sehingga konsentrasi minyak lemak juga akan menurun dikarenakan adanya proses kontak dengan udara.

Jika nilai DO terlalu rendah maka dapat menyebabkan lingkungan perairan menjadi tidak stabil hal ini dikarenakan adanya zona anaerobik. Jika terjadi zona anaerobik maka jumlah lumpur yang dihasilkan juga akan semakin besar sehingga proses pengolahan selanjutnya akan mengalami kesulitan antara lain pada proses adsorpsi dan filtrasi.

4.3.1.2 Proses Adsorpsi Minyak Lemak

Penggunaan karbon aktif dan zeolit pada penelitian ini sebagai proses adsorpsi, hal ini dikarenakan karbon aktif merupakan padatan yang bersifat *porous* sehingga dapat menyerap berbagai bahan organik salah satunya minyak lemak. Minyak lemak merupakan kombinasi atau gabungan mineral, sayuran dan bahan-bahan sintesis dan minyak lemak hewan yang bergabung dalam suatu proses. (EPA, 2000).

Karbon aktif dan zeolit sangat efektif untuk mengurangi padatan terlarut dan bahan organik yang berupa minyak dan lemak. Pada penelitian kali ini menggunakan konfigurasi *downflow* (aliran kebawah) dimana media butiran karbon aktif dan lapisan zeolit sebagai tempat terjadinya proses adsorpsi. Proses penyerapan/adsorpsi harus dilakukan perawatan pada kondisi aerobik sehingga diperlukan proses pertama yaitu proses aerasi (penambahan kandungan oksigen dalam air limbah yang akan diolah).

Sesuai dengan sifat-sifatnya karbon aktif digunakan untuk mengadsorpsi bahan organik yang mampu menyerap molekul lain yang mempunyai ukuran lebih kecil dari ukuran porinya sehingga karbon aktif dapat mengadsorpsi bahan organik dan mikroorganisme dapat tumbuh di media adsorbent tersebut (Syamsiah, 2001).

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.

Proses penyerapan bahan organik terutama minyak lemak yang memiliki ukuran molekul yang lebih besar akan menutupi pori-pori dari karbon aktif dan zeolit sehingga menyulitkan molekul yang ukuran lebih kecil untuk masuk dalam pori, maka hal ini akan mempengaruhi proses adsorpsi. (Cheremisinoff, 1978). Hal ini dibuktikan bahwa molekul untuk NH_3 lebih besar dan terserap terlebih dahulu dari pada molekul PO_4 .

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi oleh karbon aktif, antara lain : Karakteristik fisika dan kimia adsorben, antara lain : luas permukaan, ukuran pori, komposisi kimia, sedangkan karakteristik fisis dan kimia adsorbat, antara lain : ukuran molekul, polaritas molekul komposisi kimia, Konsentrasi adsorbat dalam fase cair. Semakin banyak pori-pori yang ada pada karbon aktif maka semakin luas permukaan karbon aktif, sehingga semakin efektif karbon aktif untuk menyerap zat pencemar.

Pada penelitian ini dapat dilihat semakin hari maka efisiensi penurunan konsentrasi minyak lemak semakin kecil hal ini menunjukkan bahwa lapisan

karbon aktif dan zeolit telah mengalami kejenuhan sehingga tidak mampu lagi menyerap maka proses penyerapan akan berhenti, dan pada saat ini karbon aktif harus diganti dengan karbon aktif baru atau didaur ulang dengan cara dicuci.

4.3.1.3 Proses Pengolahan Biologis

Pembentukan lapisan *biofilm* dapat tumbuh dengan sendirinya. Dapat dilihat secara fisik dari pertumbuhan lapisan *biofilm* tersebut, yaitu adanya lendir pada permukaan media paralon serta terjadinya perubahan dari warna kuning muda, kemudian coklat muda, lalu menjadi merah kecoklatan merupakan tahap awal dari aktifitas mikroorganisme yang menjadi dasar pertumbuhan *biofilm*. Lapisan *biofilm* biasanya terdiri dari organisme predator *amoeba* dan *metazoa* yang berkembang setiap harinya, sebagian besar bakteri akan mati dalam lingkungan, dikarenakan meningkatnya kompetisi bakteri dalam lapisan *biofilm* tersebut.

Proses pengolahan secara biologis pada umumnya sangat efektif untuk mengurangi konsentrasi minyak lemak dan emulsi lainnya yang tidak dapat distabilkan atau dikurangi konsentrasinya oleh proses kimia (penambahan bahan kimia atau koagulan). Proses pengolahan secara biologis hanya efektif pada konsentrasi yang tinggi dikarenakan kandungan minyak lemaknya dapat terserap secara cepat oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan mikroorganisme tersebut (sebagai sumber makanan).

4.3.1.4 Proses Filtrasi

Pada penelitian ini digunakan media pasir sebagai proses filtrasi yang sering dikenal dengan nama *biosand filter* dikarenakan sebelum melalui proses filtrasi terdapat proses pengolahan secara biologis (media paralon).

Proses pembentukan lapisan *film* memerlukan waktu yang cukup lama sekitar 4 - 5 minggu untuk membentuk lapisan *film*. Hal ini dikarenakan banyak faktor antara lain interaksi antara bakteri, permukaan yang ditemeli, kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, ikatan ion, ikatan *Van Der Waals*, tegangan serta kondisi permukaan (Kethleen Yung, 2003).

Penumbukan partikel-partikel padatan pada permukaan filtrasi dapat menyebabkan penyumbatan sehingga proses filtrasi tidak dapat bekerja secara optimal. Kondisi ini menandakan meningkatnya kompetisi dan penumpukan zat-zat organik yang ada dipermukaan pasir. Dengan semakin lamanya waktu detensi maka semakin besar potensi terjadinya *clogging* (penyumbatan)

Menurut Brault & Monod (1991) penyumbatan pada celah-celah media pasir mengakibatkan terjadinya kenaikan kehilangan tekanan. Penyumbatan ini dapat menimbulkan terjadinya kondisi *anaerobik* pada lingkungan permukaan pasir, sehingga dapat menyebabkan bakteri-bakteri yang terdapat pada proses sebelumnya akan mati.

4.2.2.5 Efisiensi Removal Total Reaktor Aerokarbonfilter

Dengan melihat Gambar 4.4 penurunan yang terjadi pada parameter minyak lemak menunjukkan efisiensi penurunan yakni pada pengujian sampel

pada hari pertama nilai efisiensi penurunan konsentrasi minyak lemak mencapai 50 % sedangkan pada hari kesepuluh efisiensi penurunan dari reaktor aerokarbonfilter hanya sebesar 8 %.

Penurunan efisiensi removal minyak lemak yang terjadi dari hari pertama hingga hari kesepuluh disebabkan oleh telah terjadinya *clogging* pada media adsorpsi dan filtrasi. Jika dibandingkan dengan standar baku mutu yang mengacu pada PP No. 82 Tahun 2001 menyebutkan bahwa nilai maksimum untuk minyak lemak yang akan dibuang ke badan air sebesar 1 mg/l, hanya pada hari keenam hingga hari kedelapan dengan konsentrasi outlet berturut-turut, yaitu : 1 mg/l; 0,8 mg/l dan 1 mg/l. Pada hari tersebut reaktor aerokarbobiofilter mampu menurunkan konsentrasi sesuai dengan standar baku mutu. Untuk itu agar terpenuhinya sesuai dengan standar baku mutu, maka hasil dari reaktor ini perlu dilakukan pengolahan kembali yang dapat berupa *Oil water Separattor* atau *Dissolved Air Flotation* agar konsentrasi berada di bawah baku mutu yang ditetapkan sehingga aman jika dibuang ke badan air karena dapat terurai secara sendiri (*self purification*).