

PENGARUH PENGGUNAAN KOAGULAN PADA BIOFILTER ANAEROBIK AEROBIK DALAM MENURUNKAN COD (*CHEMICAL OXYGEN DEMAND*) DAN BOD (*BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND*) LIMBAH CAIR INDUSTRI FARMASI

Sigma Wahyuni¹⁾ dan Sugito²⁾

Jurusan Teknik Lingkungan – FTSP
Universitas PGRI Adibuana Surabaya
Email : sigmawahyuni@gmail.com

*Limbah cair PT. Interbat berasal dari kegiatan domestik meliputi laundry (menggunakan detergen bebas fosfat), kegiatan hygiene personal (mandi, keramas dan cuci tangan), kegiatan dapur dan kantin, toilet/WC (buang air), kegiatan kebersihan (pembersihan lantai dan kamar mandi); kegiatan produksi (penisilin, sefalosporin, dan non betalaktam) dan laboratorium meliputi pencucian alat-alat produksi dan alat laboratorium, pencucian botol, air cucian vial, air buangan dari wet scrubber HVAC (sistem tata udara). Beban dan jumlah limbah cair yang masuk dalam IPAL sentral PT. Interbat sering mengalami fluktuasi konsentrasi dan fluktuasi jumlah air. Sehingga beberapa kali hasil olahan tidak memenuhi standart baku mutu Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 untuk industri farmasi. Teknologi sistem biofilter anaerobik aerobik telah banyak dimanfaatkan untuk mengolah limbah cair dan dapat menurunkan BOD dan COD hingga 95%. Salah satu kelebihan teknologi ini adalah tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi. Bahan koagulan digunakan pada aplikasi ini untuk membantu proses pengikatan padatan. Tujuan dalam penelitian ini akan dikaji tentang pengaruh penggunaan koagulan pada biofilter anaerobik aerobik dalam menurunkan COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biological Oxygen Demand*) limbah cair industri farmasi. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah pengumpulan data sekunder, survei lapangan, perhitungan reaktor, dokumentasi, kajian literatur dan analisis laboratorium. Dimensi reaktor biofilter anaerobik aerobik dalam penelitian ini adalah skala 1:10. Debit air limbah pada skala 1:10 adalah sebesar 50ml/menit. Digunakan tambahan koagulant dengan variasi 0 ppm (tanpa), 200 ppm dan 300 ppm. Rata-rata efisiensi penurunan COD dan BOD dalam penelitian ini pada dosis tanpa penambahan koagulan penurunan COD sebesar 60% dan BOD sebesar 60%; pada dosis koagulan 200 ppm penurunan COD sebesar 54% dan BOD sebesar 46%; dan pada dosis koagulan 300 ppm penurunan COD sebesar 67% dan BOD sebesar 65%. Kemampuan dalam efisiensi penurunan COD dan BOD tertinggi dalam penelitian ini adalah pada koagulan dosis 300 ppm. Hasil COD dan BOD outlet adalah COD outlet sebesar 67 mg/l dan BOD outlet sebesar 49 mg/l. Bila dibandingkan dengan Pergub Jatim No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, maka hasil COD dan BOD outlet sudah dibawah baku mutu.*

Kata Kunci : biofilter anaerobik aerobik, koagulan, PAC, COD, BOD

PENDAHULUAN

Industri farmasi merupakan penghasil sediaan variasi obat. Limbah yang dihasilkan bersifat toksik maupun non toksik dan berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Peningkatan kebutuhan akan obat di Indonesia telah menyebabkan peningkatan jumlah dan kegiatan industri farmasi. Proses dan kegiatan yang dilakukan industri farmasi sangat beragam, tergantung dari produk yang dihasilkan. Masing-masing industri farmasi tersebut menghasilkan limbah yang berlainan dengan karakteristik yang berlainan pula. (ritariata.blogspot.com/2010)

PT. Interbat merupakan salah satu industri farmasi terkemuka di Indonesia. Saat ini, PT. Interbat telah memproduksi dan memasarkan lebih dari 270 produk yang berbeda dalam berbagai dosis dan bentuk. Secara umum kegiatan di PT. Interbat meliputi kegiatan produksi, pengawasan mutu (QC), pemastian mutu (QA), riset dan pengembangan produk (R&D), perencanaan produksi dan pengendalian persediaan (PPIC), registrasi, pembelian (purchasing), keuangan, pemasaran dan fasilitas sarana penunjang. Kegiatan produksi meliputi produksi penisilin, produksi non betalaktam, dan produksi sefalosporin. Fasilitas sarana penunjang adalah sistem penunjang untuk fasilitas produksi, meliputi sistem tata udara (HVAC), sistem pengolahan air, sistem udara tekan, sistem keamanan, dan sistem pengolahan limbah cair. (PT. Interbat, 2010)

Limbah cair yang masuk ke dalam instalasi pengolahan air limbah PT. Interbat berasal dari kegiatan domestik meliputi laundry (menggunakan detergen bebas fosfat), kegiatan *hygiene personal* (mandi, keramas dan cuci tangan), kegiatan dapur dan kantin, toilet/WC (buang air), kegiatan kebersihan (pembersihan lantai dan kamar mandi); kegiatan produksi (penisilin, sefalosporin, dan non betalaktam) dan laboratorium meliputi pencucian alat-alat produksi dan alat laboratorium, pencucian botol, air cucian vial, air buangan dari *wet scrubber* HVAC (sistem tata udara).

Beban dan jumlah limbah cair yang masuk dalam IPAL sentral PT. Interbat sering mengalami fluktuasi

konsentrasi dan fluktuasi jumlah air. Sehingga beberapa kali hasil olahan tidak memenuhi standart baku mutu untuk industri farmasi. Berdasarkan hasil pengujian air limbah pada inlet dan outlet IPAL sentral tahun 2013 yang lalu terdapat beberapa hasil pengolahan yang melebihi nilai baku mutu limbah cair industri farmasi terutama untuk parameter BOD dan COD. Rata-rata BOD yang masuk dalam IPAL sentral pada tahun 2013 (data Januari – Desember) adalah 413,62 mg/l dan COD yang masuk rata-rata 970,21 mg/l. Sedangkan untuk hasil pada outlet IPAL sentral, hasil BOD dan COD bervariasi, misalkan pada bulan Maret hingga Mei 2013 hasil COD berturut turut adalah 178 mg/l, 928,2 mg/l, dan 224,57 mg/l. Beberapa kali hasil pemeriksaan melebihi nilai baku mutu limbah cair untuk industri farmasi. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu ditinjau dan dikaji ulang sistem pengolahan yang ada saat ini. Terutama pengolahan biologis. Agar penambahan beban dan jumlah limbah tidak membuat kegagalan proses. Maka perlu adanya pengembangan sistem pengolahan limbah cair yang telah ada.

Teknologi pengolahan air limbah menggunakan sistem biofilter merupakan salah satu teknologi pengolahan limbah cair yang telah banyak digunakan dewasa ini karena pengoperasiannya mudah, lumpur yang dihasilkan sedikit, dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun tinggi, dan tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi. Biofilter anaerobik aerobik merupakan proses pengolahan air limbah dengan proses biofilm/biofilter tercelup dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang didalamnya diisi dengan media penyangga (*attached growth*) untuk mengembangbiakkan mikroorganisme. Proses penguraiannya dapat berlangsung secara aerob dan anaerob atau kombinasi anaerob dan aerob. Teknologi sistem biofilter anaerobik aerobik telah banyak dimanfaatkan untuk mengolah limbah cair dan dapat menurunkan BOD dan COD hingga 95%. (BPPT, 2010)

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh penggunaan koagulan pada biofilter anaerobik aerobik dalam menurunkan COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biological Oxygen Demand*) limbah cair industri farmasi. Penelitian ini meliputi merancang dimensi reaktor biofilter anaerobik aerobik, mengukur efisiensi prosentase penurunan kandungan COD dan BOD pada biofilter anaerobik aerobik berdasarkan dosis koagulan, dan mengetahui dosis manakah yang paling tinggi dalam menurunkan COD dan BOD pada limbah cair industri farmasi.

Manfaat hasil penelitian ini adalah memberikan evaluasi, referensi dan salah satu alternatif penurunan COD dan BOD dengan pengolahan secara biologis menggunakan biofilter anaerobik aerobik serta penambahan koagulan pada industri farmasi PT. Interbat Buduran Sidoarjo sehingga dapat mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.

KAJIAN PUSTAKA

Air Limbah Industri Farmasi

Dalam Priyambodo (2007), berdasarkan jenis kegiatan usahanya maka industri farmasi dapat dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu :

1. Industri riset (inovasi) farmasi
2. Industri sintesis dan/atau fermentasi farmasi,
3. Industri manufaktur farmasi
4. Industri jasa farmasi

Berdasarkan jenis kegiatan usahanya maka industri farmasi PT. Interbat merupakan Industri Farmasi Formulasi Sediaan Farmasi (manufaktur). Adapun karakteristik limbah relatif sama dengan limbah domestik/rumah tangga. Limbah mengandung produk yang gagal dan terbuang, produk kadaluarsa, tumpahan bahan-bahan, debu (pencampuran dan pencetakan tablet), air buangan dari pencucian alat dan sterilisasi, buangan dari laboratorium, dan bahan kemasan yang tidak terpakai. (<http://ritariata.blogspot.com/2010/01/instalasi-pengolahan-limbah-industri.html>)

Debit limbah cair yang masuk IPAL sentral sangat bervariasi disetiap harinya. Debit maksimal rata-rata IPAL sentral adalah 70,5 m³/hari. Dengan adanya IPAL sentral, limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi dan kegiatan pendukungnya diharapkan dapat terolah dengan baik dan menghasilkan effluent limbah yang memenuhi standart baku mutu yang telah ditetapkan. Pengolahan air limbah terpusat adalah sistem pengolahan limbah cair yang mengolah air limbah yang berasal dari pengolahan awal (*pre-treatment*); kegiatan domestik meliputi laundry (menggunakan detergen bebas fosfat), kegiatan *hygiene personal* (mandi, keramas dan cuci tangan), kegiatan dapur dan kantin, toilet/WC (buang air), kegiatan kebersihan (pembersihan lantai dan kamar mandi); kegiatan produksi dan laboratorium meliputi pencucian alat-alat produksi dan alat laboratorium, pencucian botol, air cucian vial, air buangan dari *wet scrubber* HVAC (sistem tata udara).

Pengolahan Air Limbah dengan Biofilter Anaerobik-Aerobik

Pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerobik aerobik adalah proses pengolahan air limbah

dengan cara menggabungkan proses biofilter anaerobik dan proses biofilter aerobik. Proses penguraian bahan organik akan terjadi diseluruh permukaan media filter yang telah terbentuk lapisan lendir yang disebut dengan lapisan biofilm atau biofilter. Dengan menggunakan proses biofilter anaerobik aerobik, polutan organik yang ada dalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metana tanpa menggunakan energi (blower udara), tetapi amoniak dan gas hidrogen sulfida tidak hilang. Oleh karena itu jika hanya menggunakan proses biofilter anaerobik saja hanya dapat menurunkan polutan organik (BOD, COD) dan padatan tersuspensi (TSS). Hasil proses pengolahan anaerobik, umumnya masih banyak mengandung zat organik dan nutrient yang masih dapat diubah menjadi sel baru, hidrogen dan karbondioksida oleh bakteri dalam suasana aerobik atau dalam kondisi oksigen yang cukup banyak. Agar hasil air olahan dapat memenuhi baku mutu maka air olahan dari proses biofilter anaerobik selanjutnya diproses menggunakan biofilter aerobik. Dengan proses biofilter aerobik polutan organik yang masih tersisa akan terurai menjadi gas karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O), amoniak akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya akan menjadi nitrat, sedangkan gas H_2S akan diubah menjadi sulfat. Dengan menggunakan proses biofilter anaerobik aerobik maka akan dapat dihasilkan air olahan dengan kualitas yang baik dengan menggunakan konsumsi energi yang lebih rendah. (Kementerian Kesehatan RI, 2011)

Prinsip kerja dari IPAL Biofilter adalah sebagai berikut :

1. Air limbah dialirkan masuk ke bak pengendap awal, unntuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi.
2. Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke bak biofilter anaerob dengan aliran dari atas ke bawah. Bak tersebut diisi dengan media bioball. Setelah beberapa hari operasi akan tumbuh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik.
3. Air limbah dari bak biofilter anaerob dialirkan ke bak aerob. Media biofilter aerob diisi dengan media seperti pada bak anaerob. Aerasi diberikan dengan menggunakan blower untuk kehidupan mikroorganisme.
4. Air limpasan dari bak aerob dialirkan ke bak pengendap akhir.

Pengolahan Limbah Cair Secara Kimia Dengan Koagulasi

Koagulasi adalah proses destabilisasi koloid dengan cara penambahan senyawa kimia yang disebut dengan koagulan. Koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya tarik menarik antara partikel lebih kecil dari pada gaya tolak menolak akibat muatan listrik. Pada kondisi stabil ini penggumpalan partikel tidak akan terjadi dan gerakan Brown menyebabkan partikel tetap berada sebagai suspensi. Melalui proses koagulasi terjadi destabilisasi, sehingga partikel-partikel koloid bersatu dan menjadi besar. Dengan demikian partikel-partikel koloid yang pada awalnya sukar dipisahkan dari air, setelah proses koagulasi akan menjadi kumpulan partikel yang lebih besar sehingga mudah dipisahkan dengan cara sedimentasi, filtrasi, atau proses pemisahan lainnya yang lebih mudah. (Saifuddin, 2013)

Poly Alumunium Chliride (PAC) merupakan bentuk polimerisasi kondensasi dari garam aluminium, berbentuk cair dan merupakan koagulan yang sangat baik. PAC mempunyai daya koagulasi lebih besar daripada alum dan dapat menghasilkan flok yang stabil walaupun pada suhu yang rendah dan pengerjaannya pun mudah (Alaerts, 1984, 56)

Keunggulan dari koagulan PAC adalah sebagai berikut :

1. PAC dapat bekerja di tingkat pH yang lebih luas, dengan demikian tidak diperlukan pengoreksian terhadap pH, terkecuali bagi air tertentu.
2. Kandungan belerang dengan dosis cukup akan mengoksidasi senyawa karboksilat rantai siklik membentuk alifatik dan gugusan rantai hidrokarbon yang lebih pendek dan sederhana sehingga mudah untuk diikat membentuk flok.
3. Kadar khlorida yang optimal dalam fasa cair yang bermuatan negatif akan cepat bereaksi dan merusak ikatan zat organik terutama ikatan karbon nitrogen yang umumnya dalam truktur ekuatik membentuk suatau makromolekul terutama gugusan protein, amina, amida dan penyusun minyak dan lipida.
4. PAC tidak menjadi keruh bila pemakaiannya berlebihan, sedangkan koagulan yang lain (seperti alumunium sulfat, besi klorida dan fero sulfat) bila dosis berlebihan bagi air yang mempunyai kekeruhan yang rendah akan bertambah keruh. Jika digambarkan dengan suatu grafik untuk PAC adalah membentuk garis linier artinya jika dosis berlebih maka akan didapatkan hasil kekeruhan yang relatif sama dengan dosis optimum sehingga penghematan bahan kimia dapat dilakukan. Sedangkan untuk koagulan selain PAC memberikan grafik parabola terbuka artinya jika kelebihan atau kekurangan dosis akan menaikkan kekeruhan hasil akhir, hal ini perlu ketepatan dosis.
5. PAC mengandung suatu polimer khusus dengan struktur polielektrolite yang dapat mengurangi atau tidak perlu sama sekali dalam pemakaian bahan pembantu, ini berarti disamping penyederhanaan juga penghematan untuk penjernihan air.

6. Kandungan basa yang cukup akan menambah gugus hidroksil dalam air sehingga penurunan pH tidak terlalu ekstrim sehingga penghematan dalam penggunaan bahan untuk netralisasi dapat dilakukan.
7. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa ini diakibatkan dari gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolite sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil kedalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul, dengan demikian walaupun ukuran kolam pengendapan lebih kecil atau terjadi *over-load* bagi instalasi yang ada, kapasitas produksi relatif tidak terpengaruh. (Pararaja,2008)

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan rancangan pre-post desain, yaitu menganalisa penurunan COD dan BOD sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan penambahan koagulan Poly Aluminium Chloride dan proses pengolahan menggunakan reaktor Biofilter Anaerobik Aerobik.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah air limbah yang dihasilkan oleh industri farmasi PT. Interbat Buduran Sidoarjo pada IPAL sentral.

Sampel Penelitian

Pengambilan contoh (sampling) dilakukan pada titik-titik tertentu yang akan dianalisa dengan parameter BOD dan COD. Titik pengambilan contoh adalah sebagai berikut :

Titik 1 : Influen (inlet)

Titik 2 : Effluen reaktor (outlet)

Pengulangan penelitian dilakukan sebanyak 4 kali yaitu selama 4 hari pada setiap variasi yaitu pada hari yang berbeda dan dalam waktu yang sama. Pengambilan contoh untuk outlet dilakukan setelah air melewati proses pengolahan dalam reaktor biofilter anaerobik-aerobik.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dalam aplikasi sistem biofilter anaerobik aerobik dilakukan di lokasi dekat IPAL sentral PT. Interbat Buduran Sidoarjo.

Variabel dan Parameter Penelitian

Variabel pada penelitian ini adalah dosis koagulan yang digunakan dalam pengolahan dengan biofilter anaerobik aerobik. Sehingga dosis yang digunakan adalah tanpa koagulan (0 ppm), 200 ppm, dan 300 ppm. Parameter yang diperiksa yaitu COD dan BOD.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengumpulkan data sekunder mengenai IPAL sentral PT. Interbat, meliputi *lay out site*, data hasil uji kualitas inlet dan outlet air limbah, dosis penggunaan bahan koagulan, bagan buangan limbah cair, survey lapangan.
2. Membuat reaktor biofilter, meliputi perhitungan dimensi dan pembuatan model reaktor skala laboratorium
3. Analisa laboratorium untuk uji nilai- permanganat dan uji COD-BOD pada inlet dan outlet.
4. Dokumentasi
5. Kajian literatur yang relevan

Langkah Percobaan

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah drum plastik ukuran 60 liter untuk reservoir penampung, sok drat pipa PVC ukuran 0,5 inchi (\pm 6 buah), reaktor biofilter terbuat dari kaca dengan ketebalan 5 mm, aerator akuarium, dan peralatan laboratorium untuk pemeriksaan parameter permanganat, COD dan BOD.

Model Reaktor

Pengolahan air limbah dilakukan dengan cara mengoperasikan reaktor biologis yang terdiri dari bak pengendapan awal, biofilter anaerob, biofilter aerob serta bak pengendapan akhir. (Said, 2005)

Spesifikasi reaktor ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 : Spesifikasi Reaktor Biofilter dan perlengkapannya yang digunakan dalam percobaan

Uraian	Keterangan
REAKTOR :	
• Bahan	Kaca, diameter 5 mm
• Tinggi	25 cm
• Panjang	125 cm
• Lebar	30 cm
• Volume	93,75 liter
MEDIA :	
• Tipe	Bio-ball
• Bentuk	Bulat/bola
• Ukuran	Diameter 3-4 cm
• Luas spesifik	200-230 m ² /m ³
• Porositas rongga	0,92
Pipa inlet dan outlet	PVC, diameter 0,5 inchi
Aerator	1,1 L/min
Reservoir	
• Bahan	Plastik
• Volume	60 liter
Bahan tambahan koagulan	Poly Alumunium Chloride (PAC)

Pengolahan air limbah dilakukan dengan cara mengoperasikan reaktor biologis yang terdiri dari bak pengendapan awal, biofilter anaerobik, biofilter aerobik, serta bak pengendapan akhir. Air limbah yang digunakan berasal dari air limbah farmasi yang dipompa dari bak equalisasi IPAL PT. Interbat menuju ke bak reservoir penelitian. Debit air limbah yang berasal dari reservoir diatur dengan menggunakan kran.

Sebelum memulai percobaan terlebih dahulu harus dilakukan proses pengembangbiakan mikroorganisme (proses seeding) dan proses adaptasi atau aklimatisasi. Setelah proses aklimatisasi berjalan stabil, penentuan kondisi stabil dilakukan dengan mengukur kandungan organik melalui uji KMnO₄, percobaan dilakukan dengan 3 variasi, yaitu tanpa penambahan bahan koagulant, penambahan koagulant dosis 300 ppm dan dosis 200 ppm.

Proses pengembangbiakan mikroorganisme (*seeding*)

Pengembangbiakan mikroorganisme atau disebut juga seeding dilakukan untuk menumbuhkan mikroorganisme. Seeding yang dilakukan adalah seeding secara alami dengan cara merendam media bioball didalam bak aerasi IPAL PT. Interbat. Seeding dapat juga dilakukan dengan mengalirkan air limbah secara kontinyu ke dalam reaktor biofilter. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan biofilm mikroorganisme yang menyelimuti media bioball sebagai tanda mikroorganisme telah tumbuh.

Adaptasi atau Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah pengadaptasian mikroorganisme terhadap reaktor/tempat baru dan air buangan yang akan diolah. Air limbah dialirkan secara kontinyu ke dalam reaktor biofilter anaerobik aerobik. Saat proses ini mikroorganisme yang telah melekat pada media mengalami proses adaptasi yang ditandai dengan menghitamnya air yang ada pada reaktor yang diisi dengan media. Meski begitu, air limbah tetap harus dialirkan secara kontinyu ke dalam reaktor. Setelah proses aklimatisasi berjalan stabil, penentuan kondisi stabil dilakukan dengan mengukur kandungan organik melalui uji KMnO₄, lapisan biofilm yang terbentuk akan semakin menebal dan percobaan dapat dimulai.

Running percobaan

Setelah proses aklimatisasi berjalan stabil, percobaan dilakukan dengan tiga variasi dosis penambahan koagulan, yaitu tanpa koagulant (0 ppm), 200 ppm dan 300 ppm. Penambahan bahan koagulan dilakukan pada bak reservoir.

Air limbah di tampung ke dalam tangki penampung, selanjutnya dialirkan ke bak pengendapan awal dengan debit 50 ml/menit. Dari bak pengendapan awal, air limbah dialirkan ke bak biofilter anaerob. Biofilter anaerob terdiri dari dua ruangan yang diisi dengan media plastik bioball. Arah aliran dalam biofilter anaerob adalah dari atas ke bawah dan dari bawah ke atas. Air limpahan dari biofilter anaerob selanjutnya masuk ke biofilter aerob. Di dalam biofilter aerob, air mengalami aerasi kontak dengan arah aliran dari atas ke bawah. Kemudian masuk dalam biofilter aerob yang berisi media bioball dengan arah aliran dari bawah

ke atas. Selanjutnya, air limbah masuk dalam bak pengendapan akhir. Air limpasan dari bak pengendapan akhir merupakan air olahan.

Percobaan dilakukan dengan proses biofilter tanpa pengaturan pH dan dilakukan pada kondisi suhu kamar.

Metode Analisa Data

Pemeriksaan kandungan zat organik dengan mengukur nilai permanganate sesuai dengan SNI 06-6989.22-2004.

Pemeriksaan kandungan COD pada influent (inlet) dan effluent (outlet) reaktor biofilter anaerobik aerobik menggunakan metode open refluks sesuai dengan SNI 06-6989.2-2004.

Pemeriksaan kandungan BOD pada influent (inlet) dan effluent (outlet) reaktor biofilter anaerobik aerobik menggunakan metode titrimetri sesuai dengan SNI 6989.72:2009.

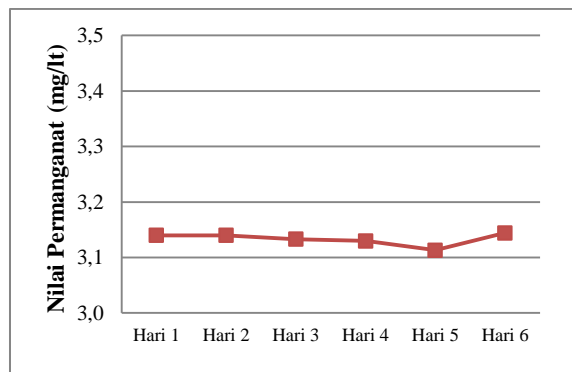
Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mengetahui efisiensi penurunan kandungan COD dan BOD.

HASIL PENELITIAN

Secara garis besar, kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini terbagi atas 3 tahapan kegiatan, yaitu tahap seeding, tahap aklimatisasi dan tahap penelitian berdasarkan variasi koagulan pada aplikasi biofilter anaerobik aerobik dalam penurunan COD dan BOD. Sebelum memulai percobaan terlebih dahulu harus dilakukan proses pengembangbiakan mikroorganisme (proses *seeding*) dan proses adaptasi atau aklimatisasi. Setelah proses aklimatisasi berjalan stabil, penentuan kondisi stabil dilakukan dengan mengukur kandungan organik melalui uji $KMnO_4$, percobaan dilakukan dengan 3 variasi, yaitu tanpa penambahan bahan koagulant, penambahan koagulant dosis 300 ppm dan dosis 200 ppm.

Aklimatisasi

Berikut ini adalah data hasil penelitian. Pada Gambar 1 merupakan data hasil uji nilai angka permanganat. Hasil uji angka permanganat perlu dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan mikroorganisme dalam biofilter telah stabil.



Gambar 1 : Hasil Nilai Permanganat

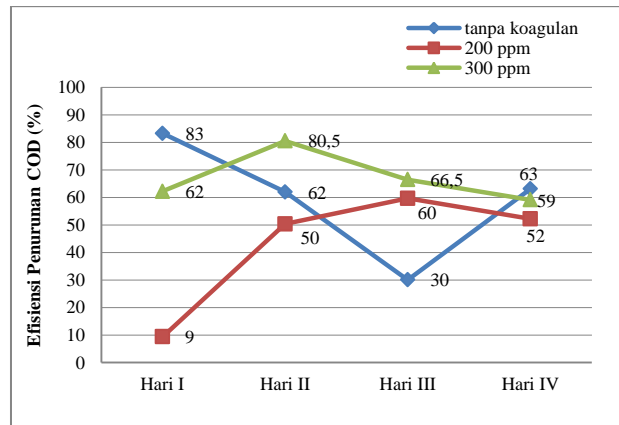
Berdasarkan pada grafik gambar 1 hasil nilai permanganat hampir selalu stabil. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme telah beradaptasi dan tumbuh dengan baik.

Penentuan angka nilai permanganat dimulai setelah percobaan berjalan selama 2 (dua) minggu dilakukan. Pemeriksaan nilai permanganat diperlukan sebelum percobaan penelitian dimulai. Setelah reaktor biofilter anaerobik aerobik diaplikasikan selama kurang lebih dua minggu untuk proses seeding dan aklimatisasi, untuk mengetahui apakah aklimatisasi atau proses adaptasi bakteri pada air limbah, media, dan reaktor telah berjalan dengan baik, maka dilakukan pemeriksaan nilai permanganat pada outlet limbah. Analisis ini bertujuan untuk menentukan kadar zat organik (angka permanganat) dalam sampel secara permanganometri. Kalium permanganat ($KMnO_4$) telah lama dipakai sebagai oksidator pada penentuan konsumsi oksigen untuk mengoksidasi bahan organik, yang dikenal sebagai parameter nilai permanganat atau sering disebut sebagai kandungan bahan organik total. Secara fisik, setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan biofilm (seperti lumut) mikroorganisme yang menyelimuti media bioball sebagai tanda mikroorganisme telah tumbuh. Keadaan seperti ini, memungkinkan untuk pengambilan contoh air (sample) untuk menentukan penurunan parameter COD dan BOD.

Berdasarkan pada analisa data gambar 1., hasil pemeriksaan menunjukkan angka yang selalu stabil. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganismenya telah tumbuh melekat pada media dan membentuk lapisan biofilm. Dan dapat diartikan proses aklimatisasi bakteri telah berjalan dengan baik, sehingga percobaan penelitian dapat dimulai.

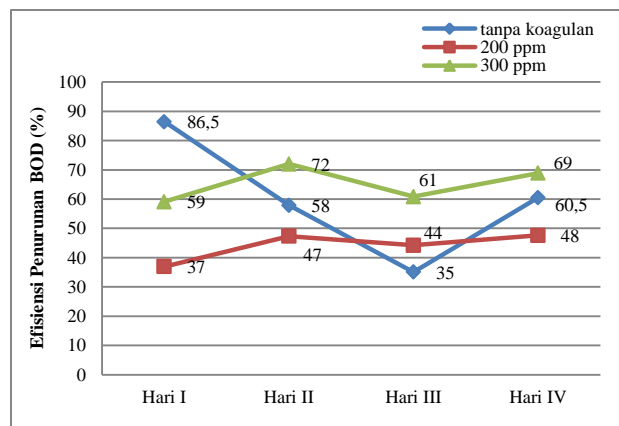
Pengaruh penambahan koagulan dalam biofilter anaerobik aerobik terhadap penurunan COD dan BOD

Setelah nilai permanganat stabil, penelitian menggunakan aplikasi biofilter dapat dilakukan. Berdasarkan hasil sampling air limbah pada percobaan aplikasi biofilter anaerobik aerobik yang dilakukan, berikut pada gambar 2 adalah prosentase penurunan COD.



Gambar 2 : Efisiensi Penurunan COD

Pada gambar 3 berikut adalah prosentase penurunan BOD.



Gambar 3 : Efisiensi Penurunan BOD

Berdasarkan pada gambar 4.2. grafik prosentase penurunan COD, pada variasi tanpa koagulan, prosentase penurunan COD tertinggi, yaitu 83%. Sedangkan prosentase penurunan COD terendah yaitu 30%. Pada variasi kedua yaitu penambahan koagulan ke dalam bak reservoir dengan dosis 200 ppm, prosentase penurunan COD tertinggi yaitu 60% dan terendah 9%. Dan pada variasi ketiga yaitu penambahan koagulan ke dalam bak reservoir dengan dosis 300 ppm, prosentase penurunan COD tertinggi yaitu 80,5% dan terendah 59%.

Berdasarkan pada gambar 4.3. grafik prosentase penurunan BOD, pada variasi tanpa koagulan, prosentase penurunan BOD tertinggi yaitu 86,5%. dan terendah 35%. Pada variasi kedua yaitu penambahan koagulan ke dalam bak reservoir dengan dosis 200 ppm, prosentase penurunan BOD tertinggi yaitu 48%. Sedangkan prosentase penurunan BOD terendah 37%. Dan pada variasi ketiga yaitu penambahan koagulan ke dalam bak reservoir dengan dosis 300 ppm, prosentase penurunan BOD tertinggi yaitu 72% dan prosentase penurunan BOD terendah 59%.

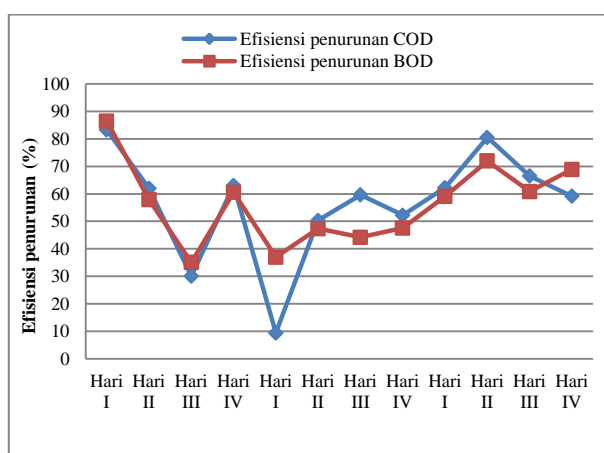
Tabel 2 adalah tabel rata-rata prosentase penurunan COD dan BOD dari variasi tanpa koagulan, dosis 200 ppm, dan dosis 300 ppm.

Tabel 2 Rata-rata Efisiensi Penurunan COD dan BOD

Variasi	Rata-Rata Penurunan COD (%)	Rata-Rata Penurunan BOD (%)
tanpa koagulan	60	60
200 ppm	54	46
300 ppm	67	65

Berdasarkan tabel 2. tabel rata-rata efisiensi penurunan COD dan BOD, pada percobaan empat hari pertama tanpa penambahan koagulan PAC, efisiensi penurunan COD 60% dan penurunan BOD 60%. Setelah penambahan koagulan dosis 200 ppm, efisiensi penurunan COD dan BOD pada outlet rata-rata 54% dan 46%. Dan untuk penggunaan koagulan dosis 300 ppm efisiensi penurunan COD dan BOD pada outlet rata-rata 67% dan 65%.

Berikut pada Gambar 4 adalah grafik prosentase penurunan COD dan BOD dari variasi tanpa koagulan, dosis 200 ppm dan dosis 300 ppm, bila semua data pengamatan ditampilkan. Hal ini dilakukan untuk melihat tren efisiensi biofilter anaerobik aerobik dalam penurunan COD dan BOD.



Gambar 4. Efisiensi Penurunan COD dan BOD

Berdasarkan gambar 4. grafik prosentase penurunan COD dan BOD adalah menggambarkan kinerja reaktor secara keseluruhan. Terjadi tren peningkatan dalam efisiensi penurunan COD dan BOD mulai pada hari II dosis 200 ppm hingga hari II penggunaan dosis 300 ppm. Sehingga mulai pada penambahan koagulan dosis 200 ppm pada perlakuan kedua mulai nampak efisiensi penurunan COD dan BOD hingga pada perlakuan kedua penggunaan dosis koagulan 300 ppm.

COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis (biodegradable) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (non biodegradable) menjadi CO₂ dan H₂O. Pada prosedur penentuan COD, oksigen yang dikonsumsi setara dengan jumlah dikromat yang diperlukan untuk mengoksidasi air sampel (Boyd, 1988). Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, misalnya selulosa, tanin, lignin, fenol, polisakarida, benzena, dan sebagainya, maka lebih cocok dilakukan pengukuran nilai COD dibandingkan dengan nilai BOD (Effendi, 2003).

BOD menggambarkan kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerobik untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbohidrat dan air. BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat di dekomposisi secara biologis (biodegradable). Bahan organik ini dapat berupa lemak, protein, kanji, glukosa, aldehida, ester, dsb. Bahan organik merupakan hasil pembusukan tumbuhan dan hewan yang telah mati atau hasil buangan dari limbah domestik dan industri. (Effendi, 2003)

Dari hasil penelitian tersebut secara keseluruhan menunjukkan bahwa penggunaan koagulan dapat membantu menurunkan COD dan BOD pada aplikasi biofilter anaerobik aerobik. Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) memiliki daya koagulasi yang lebih baik daripada tawas dan dapat menghasilkan flok yang stabil, walau pada suhu rendah. Serta kelebihan lainnya pembentukan flok yang cepat dan flok yang dihasilkan memiliki kecepatan pengendapan yang besar. (Pararaja, 2008)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah penulis lakukan dan telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dimensi reaktor biofilter anaerobik aerobik untuk mengolah limbah cair industri farmasi di PT. Interbat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :
 - a. Reaktor pengendapan awal : panjang 1,5 m; lebar 3 m; dan tinggi 2 m. Waktu tinggal 3 jam.
 - b. Reaktor biofilter anaerob : panjang 6 m; lebar 3 m; dan tinggi 2 m. Waktu tinggal 12 jam.
 - c. Reaktor biofilter aerobik : panjang 3,5 m; lebar 3 m; dan tinggi 2 m. Waktu tinggal 7 jam.
 - d. Reaktor pengendapan akhir : panjang 1,5 m; lebar 3 m; dan tinggi 2 m. Waktu tinggal 3 jam.
2. Rata-rata efisiensi penurunan COD dan BOD dalam penelitian ini pada dosis tanpa penambahan koagulan penurunan COD sebesar 60% dan BOD sebesar 60%; pada dosis koagulan 200 ppm penurunan COD sebesar 54% dan BOD sebesar 46%; dan pada dosis koagulan 300 ppm penurunan COD sebesar 67% dan BOD sebesar 65%.
3. Kemampuan efisiensi penurunan COD dan BOD tertinggi dalam penelitian ini adalah pada koagulan dosis 300 ppm. Hasil COD dan BOD outlet adalah COD outlet sebesar 67 mg/l dan BOD outlet sebesar 49 mg/l. Bila dibandingkan dengan Pergub Jatim No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, maka hasil COD dan BOD outlet sudah dibawah baku mutu.

Saran

Dari hasil pembahasan dan kesimpulan yang telah diuraikan tersebut, penulis memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Penerapan aplikasi biofilter anaerobik aerobik dalam pengolahan untuk limbah cair industri farmasi perlu dikaji ulang dan lebih dalam terkait dengan perhitungan efisiensi penurunan COD dan BOD pada masing-masing reaktor.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut aplikasi biofilter anaerobik aerobik terhadap penurunan konsentrasi dan efisiensi penurunan COD dan BOD menggunakan variasi media yang lain (kerikil, PVC, bioball, sarang tawon) dalam pengolahan limbah cair industri farmasi.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan bahan koagulan tambahan yang lain pada aplikasi biofilter anaerobik aerobik dalam pengolahan limbah cair industri farmasi.

DAFTAR PUSTAKA

- BPPT. 2010. *Materi Pelatihan Teknologi Pengolahan Limbah Cair*. BPPT, Jakarta.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Kementerian Kesehatan RI. 2011. *Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*.
- Notoatmodjo, Soekidjo. 2002. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. PT. Rineka Cipta, Jakarta. Edisi Revisi : 86.
- Pararaja, Arifin. 2008. *Bahan Kimia Penjernih Air (koagulan)*. <https://smk3ae.wordpress.com/2008/08/05/bahan-kimia-penjernih-air-koagulan/> (tanggal mengunduh : 30 April 2014)
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. *Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur*.
- Priyambodo, Bambang. 2007. *Manajemen Farmasi Industri*. Global Pustaka Utama, Yogyakarta
- PT. Interbat, 2010. *Manual Mutu Industri Farmasi PT. Interbat*, Sidoarjo.
- Riata, Rita. 2010. *Instalasi Pengolahan Limbah Industri*. <http://ritariata.blogspot.com/2010/01/instalasi-pengolahan-limbah-industri.html>. (tanggal mengunduh : 14 Januari 2014)
- Said, Nusa Idaman. 2005. *Aplikasi Bio-Ball untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean*. JAI Vol. 01 Nomor 01. BPPT, Jakarta. Hal : 1 – 11.
- SNI 06-6989.2-2004. *Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refrluks tertutup secara spektrofotometri*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 06-6989.22-2004. *Air dan air limbah - Bagian 22: Cara uji nilai permanganat secara titrimetri*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 6989.72:2009. *Air dan air limbah – Bagian 72: Cara uji kebutuhan oksigen biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Syaifuddin, Hargiawansyah Firman. 2014. *Penambahan KURIFLOK PA-322 Pada Proses Koagulasi Flokulasi Di Instalasi Pengolahan Air Bersih Perumahan Royal Residence, Wiyung Surabaya*. Skripsi Universitas PGRI Adibuana, Surabaya.