

APLIKASI IPAL BIOFILTER PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI MAKANAN (KAPASITAS 75 M³/HARI)

Robertus Haryoto Indriatmoko, Ikkal, Rudi Nugroho, Setiyono

Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT, Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan, 15314, Indonesia
Email: robertus.haryoto@bppt.go.id ; irkh2000@yahoo.com ; rudi_nugroho@hotmail.com ; setiyonoi@hotmail.com

ABSTRAK

Air limbah industri makanan berkontribusi signifikan terhadap pencemaran lingkungan. Air limbah, terutama dari mencuci bahan baku, kegiatan memasak dan mencuci peralatan produksi. Polutan utama dalam air limbah adalah senyawa organik seperti karbohidrat, minyak, lemak, dan protein. PT. EBI adalah salah satu produsen makanan cepat saji, yang berlokasi di Ciracas, Jakarta Timur. Untuk mengolah air limbah mereka, pada awalnya PT. EBI menggunakan WWTP Lumpur Aktif. Semakin meningkat kegiatan produksinya, jumlah air limbah yang dihasilkan juga bertambah. Akibatnya, IPAL yang ada tidak dapat mengolah air limbah, ditandai dengan penurunan kualitas produk yang diproses IPAL. Untuk mengatasi masalah ini, PT. EBI melakukan renovasi IPAL, yaitu mengganti IPAL Lumpur Aktif dengan IPA Biofilter. Inovasi ini memberikan hasil yang sangat positif. Kualitas produk olahan WWTP jauh lebih baik dan Standar Kualitas selalu terpenuhi. Hasil WWTP baru, konsentrasi polutan TSS menurun dari 340 mg / l menjadi 20 mg / l atau efisiensi pengobatan mencapai 94%, konsentrasi KMnO₄ menurun dari 883 mg / l menjadi 50 mg / l (efisiensi, 94%), konsentrasi COD turun dari 1.654 mg / l menjadi 75 mg / l (efisiensi, 95%) dan konsentrasi BOD₅ turun dari 392 mg / l menjadi 35 mg / l (efisiensi, 91%). Hasil ini menunjukkan bahwa IPAL Biofilter juga sangat efektif digunakan untuk mengolah air limbah industri makanan.

Kata kunci: Air limbah industri makanan, instalasi pengolahan air limbah, biofilter, Baku Mutu Air Limbah

APPLICATION OF BIOFILTER WWTP FOR TREATMENT OF FOOD INDUSTRY WASTE WATER (CAPACITY, 75 M³/DAY)

Robertus Haryoto Indriatmoko, Ikkal, Rudi Nugroho, Setiyono

Center for Environmental Technology, BPPT, Puspiptek Area, South Tangerang, 15314, Indonesia
Email: robertus.haryoto@bppt.go.id ; irkh2000@yahoo.com ; rudi_nugroho@hotmail.com ; setiyonoi@hotmail.com

ABSTRACT

Food industry wastewater contributes significantly to environmental pollution. Wastewater, mainly from washing raw materials, cooking activities and washing production equipment. The main pollutants in wastewater are organic compounds such as carbohydrates, oils, fats and proteins. PT. EBI is one of the fast food manufacturers, located in Ciracas, East Jakarta. To treat their wastewater, at first PT. EBI uses the Activated Sludge WWTP. Increasing production activities, the amount of waste water produced also increases. As a result, existing WWTP are unable to treat the wastewater, marked by a decline in the quality of WWTP processed product. To overcome this problem, PT. EBI conducted a renovation of WWTP, namely replacing the Activated Sludge WWTP with Biofilter WWTP. This innovation gives very positive results. The quality of WWTP processed product is much better and Quality Standards are always fulfilled. The results of the new WWTP, TSS pollutant concentrations decreased from 340 mg / l to 20 mg / l or treatment efficiency reached 94%, KMnO₄ concentration decreased from 883 mg / l to 50 mg / l (efficiency, 94%), COD concentration dropped from 1,654 mg / l to 75 mg / l (efficiency, 95%) and the BOD₅ concentration dropped from 392 mg / l to 35 mg / l (efficiency, 91%). These results indicate that IPAL Biofilter is also very effective to be used to treat food industry wastewater.

Keywords : *Wastewater food industry, wastewater treatment plant, biofilter, Quality Standard of Wastewater*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri makanan dan minuman diyakini akan terus berkembang seiring dengan meningkatnya tingkat konsumsi dan arus deras ekspor di bidang makanan dan minuman. Industri ini juga dapat dikatakan sebagai wilayah strategis dalam berbisnis, karena dari tahun ke tahun pendapatan negara yang diperoleh dari industri tersebut terpantau terus meningkat. Industri makanan dan minuman saat ini merupakan penyumbang kontribusi terbesar terhadap pertumbuhan industri manufaktur nasional. Dengan peran yang begitu besar, tidak heran industri ini menjadi salah satu andalan ekonomi nasional. Tak heran, omzet industri makanan dan minuman diestimasi lebih dari Rp 1.000 triliun pada 2016 (Pusat Database Industri Makanan dan Minuman di Indonesia, 2017).

Disisi lain, bertambahnya industri makanan khususnya, juga memberi kontribusi yang besar terhadap pencemaran lingkungan. Karena seperti diketahui, industri makanan adalah salah satu industri yang banyak menggunakan air didalam proses produksinya, seperti untuk mencuci bahan baku, untuk keperluan memasak dan untuk mencuci peralatan setelah digunakan. Sebagian besar air yang digunakan ini akan terbuang sebagai air limbah, sehingga industri ini juga sangat berpotensi mencemari lingkungan.

Di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya dan Medan, pencemaran lingkungan oleh limbah merupakan satu masalah yang sangat serius dan perlu segera ditangani. Kawasan industri, baik industri manufaktur maupun industri jasa seperti hotel, pusat perbelanjaan dan kompleks perkantoran merupakan pusat-pusat aktivitas yang banyak menghasilkan limbah. Air limbah yang dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu telah mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan, mencemari air dan tanah. Kondisi ini dapat dilihat pada hampir semua sungai atau badan penerima air dikota-kota besar tersebut sudah tercemar oleh air limbah.

Untuk menghindari terjadinya dampak pencemaran yang lebih serius lagi, pemerintah telah menetapkan agar semua unit-unit usaha diatas mengolah limbah yang dihasilkan sampai memenuhi baku mutu yang ditetapkan sebelum dibuang ke lingkungan perairan disekitarnya. Dengan demikian diharapkan dampak pencemaran lingkungan yang lebih besar lagi akibat buangan air limbah industri dapat dihindarkan, dan lebih jauh lagi slogan pembangunan yang berkelanjutan dapat terealisasi dengan baik (Dinas Pekerjaan Umum Provinsi DKI Jakarta, 1990).

PT. EBI (hanya diambil singkatan nama perusahaan saja) adalah salah satu industri pengolahan makanan yang byterkembang dengan cukup pesat, berlokasi di Ciracas, Jakarta. Produk yang dihasilkan adalah berbagai jenis makanan setengah saji. Bahan baku yang digunakan PT. EBI adalah daging (daging ayam, daging sapi), sayur-sayuran, tepung terigu, minyak goreng dan bumbu-bumbu masak alami. Bahan-bahan ini diolah dengan cara direbus (dikukus) atau digoreng, kemudian disuplai ke restoran-restoran siap saji di wilayah DKI Jakarta dan sekitarnya. Seperti disampaikan diatas, industri makanan merupakan salah satu industri yang membutuhkan air bersih dalam jumlah yang cukup banyak. Penggunaan air bersih dalam jumlah besar mengakibatkan jumlah air limbah yang dibuang ke lingkungan juga banyak. Polutan utama yang terkandung air limbah ini adalah senyawa-senyawa organik yang berasal dari pencucian dan perebusan bahan baku serta pencucian alat-alat produksi yang digunakan. Disamping itu, juga dihasilkan air limbah domestik dari kegiatan karyawan dibagian produksi dan perkantoran.

Untuk mengolah air limbah yang dihasilkan, PT. EBI sudah membuat instalasi air limbah (IPAL). Pada mulanya, sistem IPAL yang digunakan adalah proses Lumpur Aktif atau "Activated Sludge". Seiring berjalannya waktu, kegiatan produksi terus meningkat sehingga jumlah air limbah yang dihasilkan juga terus bertambah. Akibatnya IPAL yang ada sudah tidak mampu mengolah air limbah yang masuk. Ini ditandai dengan tingginya konsentrasi beberapa parameter dalam air olahan IPAL, seperti konsentrasi senyawa Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), COD (chemical oxygen demand) dan konsentrasi BOD (biochemical oxygen demand) yang jauh melewati ambang batas Baku Mutu yang ditentukan pemerintah.

Untuk mengatasi masalah diatas dan untuk meningkatkan kinerja IPAL eksisting, manajemen PT. BI melakukan renovasi, modifikasi dan optimalisasi terhadap IPAL yang ada. Renovasi dan modifikasi yang dilakukan antara lain merubah fungsi beberapa bak yang ada menjadi IPAL Biofilter (kombinasi Biofilter Anaerob dan biofilter Aerob) dengan menambah media biofilter untuk media tumbuh dan berkembang biak mikroba (Ikbal, 2016). Agar efisiensi pengolahan bisa lebih tinggi lagi, kemudian dipasang "fine bubble diffuser" pada bak aerasi agar persentuhan udara dengan air limbah bisa lebih sempurna. Disamping itu juga dilakukan perbaikan sistem pengendapan mikroba pada bak pengendap agar mikroba dapat mengendap dengan baik dan pengembalian endapan mikroba ke dalam bak aerasi juga lebih mudah dilakukan.

1.2. Tujuan

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk melihat dan mengetahui kinerja IPAL Biofilter pada pengolahan air limbah industri makanan.

2. TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Tujuan pengolahan limbah adalah untuk menetralkan, menguraikan atau mengambil polutan-polutan yang ada didalam limbah. Proses ini dilakukan secara terkontrol, sehingga dampak negatifnya terhadap lingkungan dapat dihindari. Ada beberapa cara pengolahan air limbah yang lazim digunakan yaitu proses fisika, kimia-fisika dan proses biologi. Pemilihan teknologi juga sangat penting dalam pengolahan air limbah. Penerapan teknologi yang salah, disamping menyebabkan biaya pengolahan yang mahal juga juga seringkali tidak mendapatkan hasil yang diinginkan, seperti tidak terpenuhinya Baku Mutu (Grady, C.P.L, *et.al*, 1980).

Proses fisika atau kimia-fisika umumnya dipakai untuk mengolah limbah-limbah anorganik seperti air limbah industri pertambangan, pelapisan logam termasuk juga industri tekstil. Proses ini lebih banyak memanfaatkan perbedaan sifat-sifat fisik yang dimiliki oleh polutan limbah, seperti perbedaan berat jenis, ukuran partikel, dan titik didih. Beberapa contoh proses fisika dalam pengolahan limbah adalah proses pengendapan, penyaringan dan penguapan. Pemakaian bahan kimia pada pengolahan kimia-fisika, seperti penambahan senyawa-senyawa koagulan dan flokulan sebelum proses sedimentasi dimaksudkan untuk membantu mengikat dan mengendapkan partikel – partikel padat yang tersuspensi dalam air limbah (Metcalf and Eddy, 1978).

Pengolahan air limbah secara biologi tepat digunakan untuk mengolah limbah-limbah organik. Pada pengolahan biologi, polutan-polutan organik dalam limbah akan diuraikan secara biokimia oleh mikroba (mikroorganisme) menjadi senyawa sederhana seperti air (H_2O), karbondioksida (CO_2), metan (CH_4) dan gas nitrogen (N_2). Cara ini relatif lebih murah bila dibandingkan dengan pengolahan kimia-fisika, karena tidak memerlukan bahan-bahan kimia. Disamping itu proses ini sangat bersahabat dengan lingkungan, karena produk akhirnya merupakan senyawa-senyawa kimia yang sudah stabil. Proses biologi dikelompokkan atas biologi biologi anaerobik dan aerobik. Proses biologi anaerobik atau lebih populer disebut proses fermentasi metan banyak digunakan untuk mengolah limbah organik berkonsentrasi tinggi (BOD diatas 10.000 mg/l) seperti limbah industri alkohol, gula, tapioka dan kelapa sawit (Ikb, 1987). Bakteri yang bekerja disini adalah jenis

anaerob, yaitu bakteri yang tidak membutuhkan udara dalam aktivitasnya, bahkan apabila lingkungannya terkontaminasi oleh udara mengakibatkan bakteri ini mati. Sebaliknya, biologi aerobik dipakai untuk mengolah limbah organik berkonsentrasi rendah seperti limbah cair domestik, limbah industri makanan/minuman dan bakteri yang berfungsi disini adalah bakteri aerob. Pada pengolahan air limbah industri, proses anaerob umumnya ditempatkan diawal proses, kemudian diikuti oleh proses biologi aerob.

2.1. Pengolahan Biologi Anaerobik

Proses biologi anaerobik adalah cara pengolahan limbah yang sudah cukup lama dikenal dan ekonomis. Pada awal tahun 1900 proses ini sudah diaplikasikan di Inggris untuk mengolah organic sludge (lumpur organik) yang berasal dari kolam pengendap pada unit pengolahan limbah cair domestik (Mc Carty, P.L, 1982). Selanjutnya proses ini dikembangkan untuk mengolah berbagai jenis limbah industri, khususnya yang mempunyai kadar pencemar organik tinggi (Ten Brumeler *et. al.*, 1992) Dibandingkan dengan biologi aerobik, proses anaerobik mempunyai beberapa keunggulan, diantaranya:

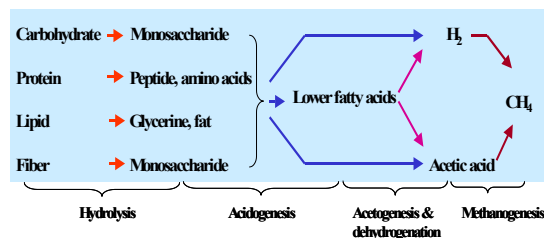
- a. Hemat energi. Pada pengolahan anaerobik, proses penguraian polutan-polutan organik oleh mikroba berlangsung pada kondisi tanpa udara, sehingga tidak diperlukan energi untuk mensupply udara seperti halnya pada proses aerobik.
- b. Menghasilkan biogas (gas metan). Salah satu produk akhir penguraian polutan organik adalah gas metan (CH_4) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar gas yang kaya energi, seperti pada generator pembangkit listrik atau pada boiler pembangkit uap. Nilai panas 1 m^3 gas CH_4 setara dengan 8.550 kcal.
- c. Mampu mengolah limbah organik berkonsentrasi tinggi (BOD sampai 80.000 mg/l).
- d. Surplus sludge yang merupakan surplus bakteri lebih sedikit dan dengan mudah dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

Disamping hal-hal positif, proses anaerobik juga mempunyai kelemahan, seperti:

- a. Reaksi penguraian polutan lambat.
- b. Sangat sensitif terhadap udara, perubahan temperatur dan fluktuasi beban.
- c. Kurang efektif untuk mengolah limbah berkonsentrasi rendah (BOD dibawah 3.000 mg/l).

2.1.1 Mekanisme Penguraian Polutan Proses Biologi Anaerobik

Pada proses fermentasi metan, hampir semua polimer organik dapat diuraikan menjadi senyawa karbon tunggal. Tahap penguraian ini meliputi tahap pembentukan asam (acidification) dan tahap pembentukan gas metan (gasification). Proses asidifikasi dilakukan oleh kelompok acidogenic bacteria yang menghidrolisa senyawa-senyawa polimer dan mengkovernya menjadi asam-asam organik. Kemudian methanogenic bacteria pada tahap gasifikasi akan mengkatabolisasi hasil – hasil antara ini menjadi CH₄ sebagai produk akhir Nagai, S., *et. al.*, 1989). Kedua proses ini berlangsung secara sinambung, secara garis besar, mekanisme penguraian ini seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme penguraian polutan organik pada proses biologi anaerobik

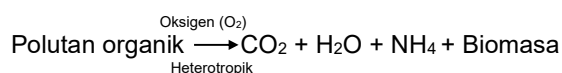
2.2. Pengolahan Biologi Aerobik

Sebagaimana disinggung diatas, pengolahan air limbah secara biologi aerobik dilakukan oleh mikroba aerob, dimana jenis mikroba ini memerlukan oksigen bebas dalam aktifitas penguraian polutan organik limbah. Oksigen ini umumnya disuplai berupa udara melalui peralatan blower.

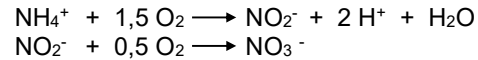
2.2.1. Mekanisme Penguraian Polutan Proses Biologi Aerobik

Di dalam proses pengolahan air limbah organik secara biologis aerobik, senyawa kompleks organik akan terurai oleh aktifitas mikroorganisme aerob. Mikroorganisme aerob tersebut didalam aktifitasnya memerlukan oksigen atau udara untuk memecah senyawa organik yang kompleks menjadi CO₂ (karbon dioksida) dan air serta ammonium, selanjutnya amonium akan dirubah menjadi nitrat dan H₂S akan dioksidasi menjadi sulfat. Secara sederhana reaksi penguraian senyawa organik secara aerobik dapat digambarkan sebagai berikut (Rittman, B. E., *at. al.*, 2001):

Reaksi Penguraian Organik :



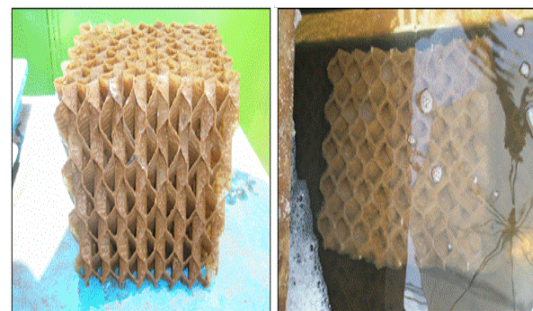
Reaksi Nitrifikasi :



Seperti diketahui, kandungan utama polutan air limbah industri makanan adalah bahan organik. Senyawa organik pada dasarnya adalah bahan yang dapat diuraikan secara alami oleh mikroorganisme menjadi produk akhir berupa senyawa-senyawa yang stabil dan tidak mengganggu lingkungan. Berdasarkan karakteristik air limbah diatas (berupa bahan organik), maka teknologi pengolahan air limbah yang dipilih adalah proses biologis. Disini akan diaplikasikan gabungan antara proses biologi anaerob dan aerob. Proses anaerob ditempatkan didepan untuk mengolah air limbah segar yang berkonsentrasi polutan masih tinggi, kemudian dilanjutkan proses aerob dibelakangnya untuk menyempurnakan penguraian polutan.

2.3. Biofilter

Kendala utama dalam pengolahan biologi adalah lambatnya proses penguraian bahan-bahan pencemar organik oleh mikroba. Salah satu usaha untuk mengatasi kendala diatas adalah menaikkan konsentrasi mikroba dalam bioreaktor. Dengan tujuan membuat konsentrasi mikroba didalam bioreaktor dapat dipertahankan selalu tinggi, maka kedalam bioreaktor dimasukkan bahan isian “biofilter” dari bahan plastik berbentuk “sarang tawon” sebagai tempat melekat, tumbuh dan berkembang biak mikroba (Gambar 2). Media biofilter ditempatkan didalam ruang bioreaktor anaerok dan juga pada ruang aerob, sehingga sistem ini biasa disebut teknologi “biofilter anaerob-aerob” (Said, N.I, 1995).



Gambar 2. Media Biofilter (Kiri: Sebelum digunakan; Kanan: Saat digunakan dalam IPAL)

Beberapa keunggulan dari teknologi biofilter anaerob-aerob adalah sebagai berikut:

a. Biaya operasional murah

Pada proses pengolahan secara biologis tidak diperlukan biaya untuk pengadaan bahan-bahan kimia sebagaimana halnya pada

proses kimia-fisika yang memerlukan bahan kimia koagulan dan flokulan.

b. Pengoperasiannya mudah

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm, mikroba yang keluar dari bioreaktor dan disirkulasi kekolam pengendap sangat sedikit, sehingga tidak terjadi masalah "bulking" seperti halnya pada proses lumpur aktif konvensional (*Activated sludge process*). Oleh karena itu pengelolaannya sangat mudah.

c. Lumpur yang dihasilkan sedikit

Dibandingkan dengan proses lumpur aktif konvensional, lumpur yang dihasilkan pada proses biofilm relatif lebih kecil. Di dalam proses lumpur aktif antara 30 – 60 % dari BOD yang dihilangkan (*removal BOD*) diubah menjadi lumpur aktif (biomasa) sedangkan pada proses biofilm hanya sekitar 10-30 %. Hal ini disebabkan karena pada proses biofilm rantai makanan lebih panjang dan melibatkan aktifitas mikroorganisme dengan orde yang lebih tinggi dibandingkan pada proses lumpur aktif.

d. Mampu mengolah air limbah berkonsentrasi tinggi maupun rendah

Oleh karena di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm mikroorganisme atau mikroba melekat pada permukaan medium penyangga maka pengontrolan terhadap mikroorganisme atau mikroba lebih mudah. Proses biofilm tersebut cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.

e. Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah

Di dalam proses biofilter mikro-organisme melekat pada permukaan unggun media, akibatnya konsentrasi biomasa mikro-organisme per satuan volume relatif besar sehingga relatif tahan terhadap fluktuasi beban organik maupun fluktuasi beban hidrolik.

f. Pengaruh fluktuasi suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil

Jika suhu air limbah turun maka aktifitas mikroorganisme juga berkurang, tetapi oleh karena di dalam proses biofilm substrat maupun enzim dapat terdifusi sampai ke bagian dalam lapisan biofilm dan juga lapisan biofilm bertambah tebal maka pengaruh penurunan suhu tidak begitu besar.

g. Lahan yang diperlukan lebih sedikit

Karena konsentrasi mikroba dalam bioreaktor tinggi, maka waktu yang diperlukan untuk

mengolah polutan-polutan dalam air limbah lebih singkat, lahan yang diperlukan untuk IPAL juga sedikit.

3. SUMBER-SUMBER AIR LIMBAH PT. EBI

Secara garis besar air limbah pada PT. EBI dikelompokkan atas 2 bagian, yaitu air limbah yang berasal dari kegiatan produksi makanan dan air limbah yang dihasilkan dari aktifitas karyawan yaitu air limbah domestik. Secara terperinci sumber-sumber air limbah adalah seperti berikut:

a. Pencucian bahan baku

Bahan baku utama yang digunakan adalah daging (daging ayam dan daging sapi) dan sayur-sayuran. Sebelum diolah, bahan baku dibersihkan dan dicuci dengan air bersih. Air bekas pencucian baku banyak mengandung minyak dan lemak terutama air bekas pencucian daging. Disamping itu juga mengandung serpihan bahan baku yang ikut terbuang bersama air limbah.

b. Perebusan (pengukusan) daging

Kandungan utama air limbah bekas rebusan daging adalah minyak dan lemak. Seperti diketahui minyak dan lemak ini sangat berpotensi mencemari karena sifatnya organiknya yang relative mudah terurai.

c. Pencucian alat-alat bantu produksi

Untuk menjaga kualitas dan kebersihan produk, maka alat-alat yang digunakan untuk proses produksi secara berkala harus dicuci. Air cucian ini banyak mengandung sisa-sisa tepung terigu yang menempel di dinding alat, sehingga komponen utama air limbah ini adalah korbohinrat dari tepung.

d. Bahan-bahan yang tercecer di lantai

Selama proses persiapan dan pemindahan bahan baku, terutama tepung seringkali tercecer dilantai. Ceceran ini nantinya akan inut hanyut bersama air limbah ke saluran buangan.

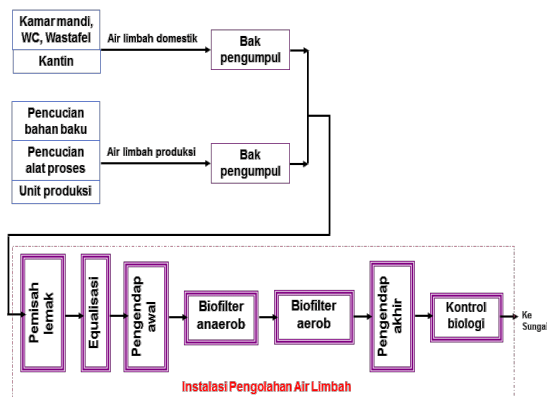
e. Air limbah domestik

Air limbah domestik berasal dari toilet / WC gedung utama (kantor), kantin karyawan, dan MCK (mandi, cuci, kakus) karyawan. Limbah domestik ini juga merupakan limbah organik, dan akan diolah bersama-sama dengan limbah lainnya dalam IPAL.

4. INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PT. EBI

Gambar 3 adalah skema proses pengelolaan air limbah PT. EBI setelah dilakukan renovasi, modifikasi dan optimalisasi terhadap

IPAL yang ada. IPAL dirancang untuk mengolah air limbah sebanyak 75 m³/hari. Air limbah dari sumber-sumbernya dialirkan masuk bak pengumpul sebagai bak antara sebelum air limbah diolah dalam IPAL. IPAL terdiri atas bak pemisah minyak dan lemak, bak equalisasi untuk menyeragamkan air limbah yang masuk, bak pengendap awal untuk memisahkan padatan yang ikut bersama air limbah, biofilter anaerobik tempat mendegradasi polutan oleh mikroba anaerob, biofilter aerobik untuk menguraikan polutan yang belum sempat terurai pada biofilter anaerobik, bak pengendap akhir untuk mengendapkan padatan dan mikroba yang ikut mengali dan bak kontrol biologi pada bagian akhir IPAL tempat melakukan pengamatan kualitas air olahan.

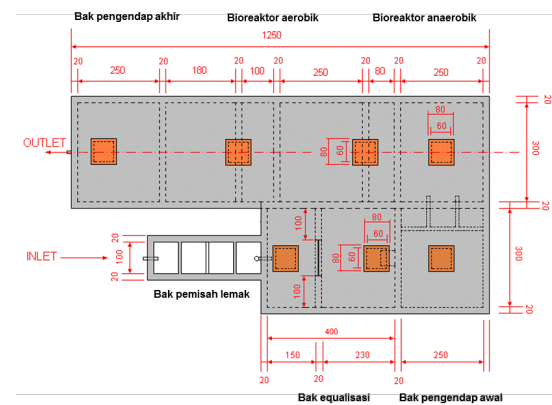


Gambar 3. Skema Proses Pengolahan Air Limbah Industri Makanan PT. EBI

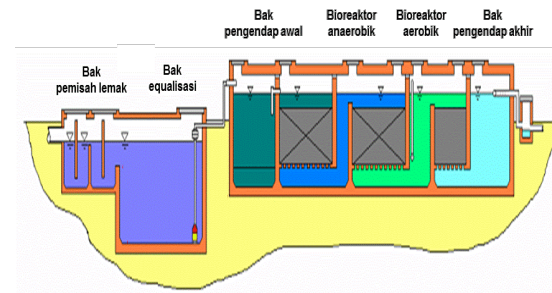
Tabel 1. Nama dan Fungsi Unit-unit IPAL PT. EBI

NAMA ALAT	FUNGSI
Bak Pengumpul	Mengumpulkan air limbah dari berbagai sumber
Bak Pemisah Lemak	Memisahkan lemak dan minyak dengan proses pengapungan (flotasi)
Bak Equalisasi	Tempat penyeragaman (homogenisasi) air limbah dari beberapa sumber
Bak pengendap awal	Memisahkan padatan secara gravitasi
Biofilter anaerob	Menguraikan polutan organik oleh mikroba anaerob
Biofilter aerob	Menguraikan polutan organik oleh mikroba aerob
Bak Pengendap Akhir	Memisahkan mikroba secara gravitasi
Bak Kontrol Biologi	Monitoring kualitas air olahan IPAL. Lokasinya setelah bak pengendap akhir, sebelum air limbah dialirkan ke saluran drainase. Kedalam bak kontrol dimasukkan ikan.

Gambar 4 adalah skema IPAL PT. EBI bila dilihat dari atas (tampak atas). Didalam gambar ini juga disajikan ukuran atau dimensi dari masing-masing unit IPAL. Kotak berwarna orange adalah posisi "Man Hole", untuk melakukan pemeriksaan dan pembersihan IPAL. Mane hole terdapat pada setiap bak. IPAL dibuat berbentuk huruf "U". Bentuk ini disesuaikan dengan kondisi dan luasan lahan yang tersedia. Air limbah dialirkan masuk IPAL, melalui bak pemisah minyak dan lemak yang terletak pada bagian awal IPAL, kemudian masuk bak equalisasi, bak pengendap awal, bioreaktor anaerobik, bioreaktor aerobik dan terakhir masuk bak pengendap akhir sebelum keluar dari IPAL sebagai air olahan.



Gambar 4. Skema Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Makanan PT. EBI (Tampak Atas)



Gambar 5. Ilustrasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Makanan PT. EBI

5. METODOLOGI

Untuk melihat kinerja IPAL, dilakukan sampling dan analisa laboratorium secara berkala terhadap kualitas air limbah sebelum dan setelah diolah dalam IPAL. Analisa dilakukan di laboratorium yang sudah diakreditasi dan diakui oleh pemerintah. Lokasi tempat pengambilan sampel air limbah selalu dilakukan pada titik yang sama, yaitu pada titik inlet sebelum air limbah masuk bak pemisah lemak dan pada titik outlet setelah air limbah melewati bak pengendap akhir. Selanjutnya efisiensi pengurangan konsentrasi

polutan dalam air limbah dihitung dengan cara pengurangan, yaitu konsentrasi polutan dalam air limbah sebelum diolah (pada inlet) dikurangi konsentrasi polutan dalam air olahan (pada outlet), kemudian dibagi dengan konsentrasi polutan dalam air limbah sebelum diolah, selanjutnya dikali 100%.

Parameter yang dianalisa mengikuti parameter Air Limbah Industri Makanan seperti yang tertera dalam Keputusan Gubernur Propinsi DKI Jakarta Nomor 582 tahun 1995. Jumlah parameter ada 5, yaitu Derajat keasaman (pH), Zat padat tersuspensi (TSS atau Total Suspended Solid), Kalium Permanganat (KMnO₄), COD (Chemical oxygen demand) dan BOD₅ (Biochemical oxygen demand 5 hari).

Metoda analisa mengikuti Metoda Baku yang digunakan yaitu sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spektrofotometri, seperti berikut:

- Derajat keasaman (pH), diukur menggunakan metoda SNI 06-6989.11-2004.
- Zat padat tersuspensi (TSS atau Total Suspended Solid), diukur menggunakan metoda 18-7/IK/A (Spektrofotometri).
- Kalium Permanganat (KMnO₄), diukur dengan menggunakan metoda SNI 06-6989.22-2004.
- COD (Chemical oxygen demand), diukur menggunakan metoda SNI 6989.2-2009.
- BOD₅ (Biochemical oxygen demand), diukur menggunakan metoda SNI 6989.72-2009.

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1. Air limbah Industri Makanan PT. EBI

Jumlah air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan PT. EBI dalam satu hari adalah sekitar 75 m³. Air limbah ini berasal dari beberapa sumber seperti telah dijelaskan diatas. Karakteristik air limbah gabungan yang diolah disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Konsentrasi beberapa pollutan dalam air limbah Industri Makanan PT. EBI

No.	Parameter	Satuan	Besaran
1.	pH	(-)	5,0 – 5,9
2.	TSS*	(mg/l)	155 – 400
3.	KMnO ₄	(mg/l)	500 – 1.300
4.	COD**	(mg/l)	610 – 2.100
5.	BOD ₅ ***	(mg/l)	340 – 920

*TSS = Total suspendedsolid

**COD = Chemical oxygen demand

***BOD = Biochemical oxygen demand

Seperti terlihat pada Tabel 2, air limbah sedikit bersifat, pH antara 5,0 sampai 5,9. Konsentrasi total padatan tersuspensi mencapai 400 mg/l.

Polutan organik yang dikandung air limbah cukup tinggi, konsentrasi KMnO₄, BOD dan COD masingmasing mencapai 1.300 mg/l, 920 mg/l dan 2.100 mg/l. Polutan organik ini berasal dari daging dan ikan yang terbuang pada saat dicuci dan saat dimasak (direbus atau dikukus), kemudian larut dan ikut terbuang bersama air limbah.

6.2. Kinerja IPAL

Pengamatan kinerja IPAL dilakukan selama lebih dari delapan bulan. Pengambilan sampel dan analisa dilakukan secara berkala setiap satu bulan sekali secara terus menerus selama kurun waktu delapan bulan. Parameter yang diamati dan dibahas adalah parameter kunci seperti pH, TSS, KMnO₄, COD dan BOD₅.

6.2.1. Dejarat Keasaman (pH)

Pada pengolahan air limbah sistem biologi seperti pada industri makanan ini, pH merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk diperhatikan. Mikroba pengurai polutan akan tumbuh dan beraktifitas dengan baik pada kondisi pH netral. Pada beberapa kasus pengolahan air limbah, pH seringkali mengalami penurunan atau menjadi rendah. Salah satu penyebabnya adalah karena kurangnya suplai udara atau bisa juga karena terjadi akumulasi asam-asam organik yang merupakan produk antara dalam proses degradasi polutan. Kondisi ini tidak diinginkan dan harus dihindari, misalnya dengan cara menaikkan pH, menambah suplai udara kedalam bak aerasi atau dengan cara mengurangi beban IPAL yaitu memperkecil jumlah air limbah yang dialirkan masuk IPAL.

Tabel 3 adalah hasil analisa pH air limbah, sebelum dan setelah diolah. Data-data yang disajikan ini merupakan hasil analisa selama delapan bulan dilakukan penelitian.

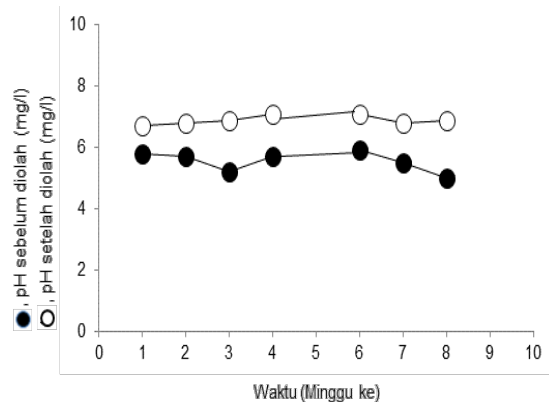
Tabel 3. pH Air Limbah sebelum dan setelah diolah

Bulan	pH (-)	
	Sebelum diolah	Setelah diolah
Ke 1	5,8	6,9
Ke 2	5,7	6,8
Ke 3	5,2	6,9
Ke 4	5,7	7,1
Ke 5	-	-
Ke 6	5,9	7,1
Ke 7	5,5	6,8
Ke 8	5,0	6,9

Selama penelitian berlangsung, seperti terlihat pada Tabel 3, air limbah sebelum diolah sedikit bersifat asam dengan nilai pH dibawah 6. Sifat asam ini diduga berasal dari air cucian bahan baku, seperti daging dan sayuran. pH air

limbah naik setelah diolah dan relatif stabil pada kisaran 7, yaitu pada pH netral. Naiknya pH dan stabil pada pH netral adalah salah satu indikasi bahwa proses pengolahan air limbah secara biologi berlangsung dengan baik. Disini, polutan berupa senyawa-senyawa organik kompleks dalam air limbah seperti karbohidrat, minyak, lemak dan protein didegradasi oleh mikroba menjadi senyawa sederhana dan stabil yang menyebabkan nilai pH naik

Grafik perubahan pH air limbah disajikan pada Gambar 6. Bulatan terbuka adalah pH air limbah sebelum diolah, sedangkan bulatan tertutup pH air limbah setelah diolah dalam IPAL.



Gambar 6. Grafik perubahan pH selama penelitian

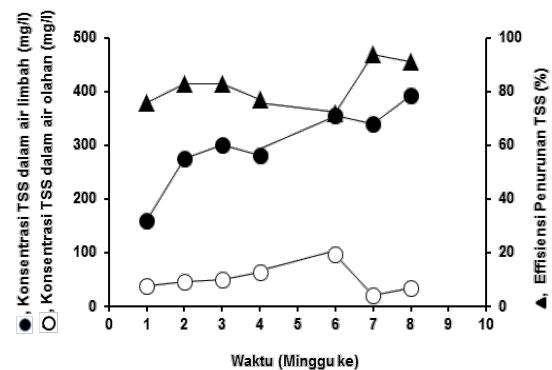
6.2.2. Total Suspended Solid (TSS)

Didalam pengolahan air limbah, khususnya proses biologi, konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi dalam air limbah sangat dihindarkan karena memerlukan waktu yang lebih lama untuk menguraikannya. Umumnya dipisahkan diawal proses secara gravitasi pada bak pengendap awal. TSS menunjukkan kandungan partikel padat dalam air limbah, merupakan senyawa organik. Pada air limbah PT. EBI, TSS berasal dari sisa-sisa bahan baku makanan yang terikut saat proses pencucian. Proses aerasi dalam bak aerasi akan mendegradasi partikel padat ini menjadi senyawa sederhana yang mudah larut, untuk selanjutnya akan diuraikan oleh mikroba menjadi produk akhir seperti CO₂, H₂O dan NH₄⁺. Didalam Tabel 4 terlihat, konsentrasi TSS dalam air limbah PT. EBI sangat berfluktuasi, berkisar antara 160 sampai 392 mg/l. Setelah proses pengolahan, konsentrasi TSS dapat diturunkan sampai 20 mg/l. Selama 8 bulan pengamatan, efisiensi pengurangan TSS cukup tinggi, berkisar antara 72 % sampai 94 %. Ini menandakan bahwa proses pengolahan air limbah cukup baik dan efektif.

Tabel 4. Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) air limbah dan air olahan IPAL

Bulan	Konsentrasi TSS (mg/l)		Effisiensi Pengurangan (%)
	Air Limbah	Air Olahan	
Ke 1	160	39	76
Ke 2	276	47	83
Ke 3	300	50	83
Ke 4	282	64	77
Ke 5	-	-	-
Ke 6	355	98	72
Ke 7	340	20	94
Ke 8	392	35	91

Gambar 7 adalah Grafik konsentrasi TSS sebelum dan setelah diolah serta efisiensi pengurangan konsentrasi TSS selama 8 bulan penelitian. Bulatan tertutup adalah konsentrasi TSS sebelum diolah dan bulatan terbuka, konsentrasai TSS setelah diolah. Segi tiga tertutup adalah efisiensi pengurangan konsentrasi TSS. Dari gambar ini terlihat, konsentrasi pengurangan TSS terjadi pada bulan ke 7, yaitu sebesar 94%.



Gambar 7. Grafik perubahan konsentrasi TSS dan efisiensi penurunan TSS selama penelitian

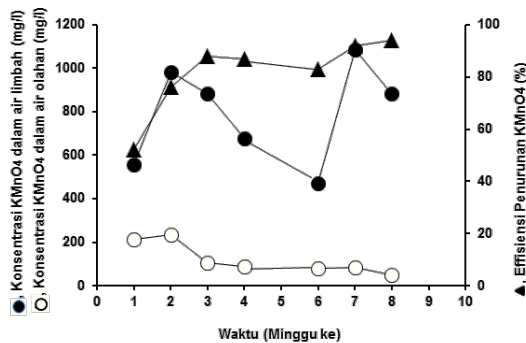
6.2.3. Kalium Permanganat (KMnO₄)

Kalium Permanganat (KMnO₄) adalah salah satu parameter untuk menentukan tingkat pencemaran dalam air oleh polutan-polutan organik, disamping COD dan BOD. Di antara beberapa cara untuk mengukur kandungan polutan organik dalam air limbah, cara Kalium Permanganat (KMnO₄) adalah yang paling mudah dan cepat. Cara KMnO₄ juga paling banyak dilakukan, karena di samping mudah dan cepat juga paling murah. Tabel 5 adalah konsentrasi KMnO₄ pada air baku dan air hasil olahan. Konsentrasi KMnO₄ dalam air limbah industri makan ini berkisar antara 560 mg/l sampai 1.100 mg/l. Sedangkan setelah diolah dapat diturunkan sampai dibawah 100 mg/l.

Tabel 5. Konsentrasi Kalium Permanganat (KMnO₄) Air limbah dan air olahan IPAL

Bulan	Konsentrasi KMnO ₄ (mg/l)		Efisiensi Pengurangan (%)
	Air Limbah	Air Olahan	
Ke 1	558	211	52
Ke 2	981	233	76
Ke 3	883	105	88
Ke 4	679	84	87
Ke 5	-	-	-
Ke 6	473	82	83
Ke 7	1084	84	92
Ke 8	883	50	94

Didalam tabel ini juga dapat dilihat, efisiensi penurunan konsentrasi KMnO₄ mencapai 94 %. Jika angka – angka dalam tabel diatas dibuat grafik, hasilnya adalah seperti Gambar 8, yaitu grafik hubungan antara waktu operasi IPAL dengan konsentrasi dan efisiensi pengurangan parameter KMnO₄. Ordinat di sebelah kiri adalah konsentrasi KMnO₄ (bulat tertutup, dalam air limbah sebelum diolah; bulat terbuka setelah diolah). Ordinat di sebelah kanan adalah efisiensi pengurangan KMnO₄. Didalam gambar ini dapat dilihat, efisiensi pengurangan konsentrasi KMnO₄ dari waktu ke waktu terus naik. Hal ini sebagai indikator bahwa proses pengolahan air limbah semakin lama semakin membaik.



Gambar 8. Grafik perubahan konsentrasi KMnO₄ dan efisiensi penurunan KMnO₄ selama penelitian

6.2.4. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand atau disingkat dengan COD adalah kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi polutan – polutan organik melalui reaksi kimia menjadi senyawa akhir seperti H₂O, CO₂, NO₃⁻ dan lainnya. COD bukan polutan atau bahan pencemar, tetapi merupakan ukuran untuk melihat tingkat pencemaran. Sebagai contoh, konsentrasi COD 100 mg/l, artinya untuk menguraikan senyawa-senyawa polutan dalam 1 liter air limbah, dibutuhkan oksigen sebanyak 100 mg. Semakin

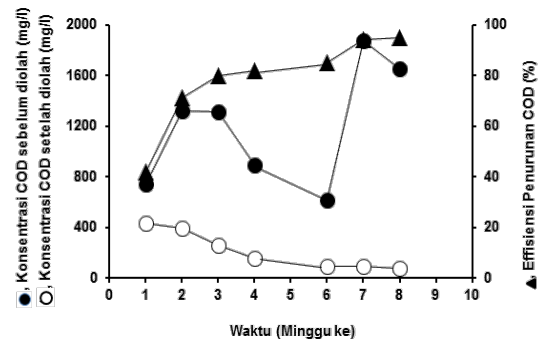
tinggi nilai COD, maka kebutuhan oksigen juga semakin besar dan secara otomatis kandungan polutan dalam air limbah tersebut juga makin tinggi. COD merupakan parameter yang sangat penting dalam mengukur tingkat pencemaran. Bila dilihat dalam Tabel 5, konsentrasi COD pada air limbah PT. EBI sangat bervariasi mulai dari 612 mg/l sampai 1.876 mg/l. Selama 8 bulan IPAL beroperasi, seperti terlihat pada Tabel 6, konsentrasi COD dalam air olahan dapat turun sampai dibawah 100 mg/l. Baku mutu untuk konsentrasi COD dalam air limbah industri makanan adalah sebesar 100 mg/l.

Efisiensi pengurangan konsentrasi COD makin lama makin meningkat sejalan dengan waktu penelitian, mencapai 95% pada bulan ke 8.

Tabel 6. Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) Air Limbah dan Air Olahan IPAL

Bulan	Konsentrasi COD (mg/l)		Efisiensi Pengurangan (%)
	Air Limbah	Air Olahan	
Ke 1	740	430	42
Ke 2	1.320	390	71
Ke 3	1.310	260	80
Ke 4	889	158	82
Ke 5	-	-	-
Ke 6	612	89	85
Ke 7	1.876	96	94
Ke 8	1.654	75	95

Gambar 9 adalah grafik hubungan antara waktu operasi IPAL dengan konsentrasi COD (kiri) dan efisiensi penurunan konsentrasi COD (kanan). Dari grafik terlihat konsentrasi COD air limbah sangat bervariasi. Konsentrasi COD setelah air limbah diolah terus menurun dan efisiensi pengurangan COD terus naik, mencapai 95% pada bulan ke 8. Keadaan ini menggambarkan bahwa proses pengolahan air limbah terus membaik, aktifitas mikroba terus meningkat.



Gambar 9. Grafik perubahan konsentrasi COD dan efisiensi penurunan COD selama penelitian

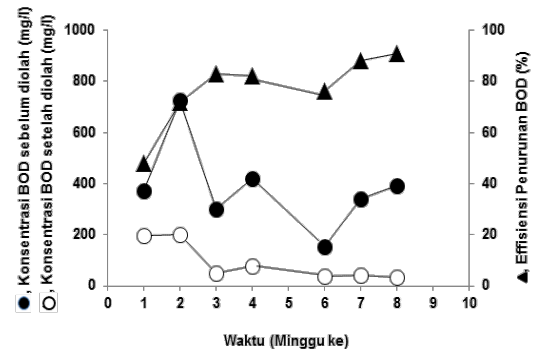
6.2.5. Biochemical oxygen demand (BOD₅)

Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) merupakan parameter sangat penting dan umum digunakan untuk melihat tingkat pencemaran dalam air limbah. BOD adalah kebutuhan oksigen untuk menguraikan polutan-polutan organik dalam air limbah melalui proses oksidasi oleh mikroba aerob. Bila COD menggunakan bahan-bahan kimia sebagai oksidator, maka disini memakai mikroba aerob melalui reaksi biokimia. BOD₅ artinya proses degradasi oleh mikroba memerlukan waktu 5 hari. Jangka waktu 5 hari ini merupakan standar baku internasional. Seperti disajikan dalam Tabel 7, konsentrasi BOD₅ dalam air limbah berkisar antara 155 mg/l sampai 725 mg/l. Pada bulan ke 3, konsentrasi BOD sudah dapat diturunkan sampai dibawah 75 mg/l yang merupakan angka ambang batas Baku Mutu untuk BOD. Selanjutnya, bertambah lamanya waktu pengolahan, konsentrasi BOD dalam air olahan semakin kecil yang menandakan proses deghardasi polutan organik semakin baik. Pada bulan ke 8, efisiensi penurunan BOD₅ mencapai 91 %.

Tabel 7. Konsentrasi Biochemical Oxygen Demand (BOD) air limbah dan air olahan IPAL

Bulan	Konsentrasi BOD ₅ (mg/l)		Efisiensi Pengurangan (%)
	Air Limbah	Air Olahan	
Ke 1	373	195	48
Ke 2	725	200	72
Ke 3	300	50	83
Ke 4	421	74	82
Ke 5	-	-	-
Ke 6	155	38	76
Ke 7	340	40	88
Ke 8	392	35	91

Angka – angka dalam Tabel 6 kemudian dipetakan dalam Gambar 10, yaitu berupa grafik hubungan antara waktu pengolahan air limbah dengan konsentrasi BOD (kiri) dan efisiensi pengurangan BOD (kanan). Dalam gambar ini dapat dilihat, konsentrasi BOD dalam air olahan semakin lama semakin mengecil. Tetapi sebaliknya efisiensi penurunan konsentrasi BOD naik, mencapai angka 91% pada bulan ke 8. Pola naik ini menunjukkan bahwa efektifitas IPAL makin membaik sejalan dengan bertambah lamanya waktu operasi IPAL.



Gambar 10. Grafik perubahan konsentrasi BOD dan efisiensi penurunan BOD selama penelitian

6.3. Baku Mutu Air Limbah

Baku Mutu yang menjadi rujukan air olahan adalah Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 852 tahun 1995, tentang Baku Mutu Limbah Cair di Wilayah DKI Jakarta, Lampiran IV, untuk Industri Makanan dimana jumlah parameter dan besarnya seperti terlihat pada Tabel 8.

*Tabel 8. Baku Mutu Limbah Cair Industri Makanan**

Parameter	Satuan	Besaran
pH	(-)	6 – 9
TSS	mg/l	100
KMnO ₄	mg/l	85
COD	mg/l	100
BOD	mg/l	75

* Kep. Gub. DKI Jakarta Nomor 582 tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair di Wilayah DKI Jakarta, Lampiran IV.

6.4. Evaluasi Kinerja IPAL PT. EBI

Evaluasi kinerja IPAL PT. EBI dilakukan yaitu membandingkan kualitas air olahan IPAL yang diperoleh dengan Baku Mutu yang ditetapkan pemerintah melalui Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 582 tahun 1995, seperti yang disajikan pada Tabel 8.

Parameter pH, seperti terlihat pada Tabel 2, mulai dari awal penelitian, Baku Mutu sudah dapat dipenuhi. Nilai pH relatif stabil pada kisaran 7 sampai bulan ke 8. Demikian juga untuk parameter TSS, mulai bulan ke 1 sampai akhir penelitian, Baku Mutu selalu dipenuhi. Sedangkan untuk parameter KMnO₄, COD dan BOD₅, masing-masing setelah bulan ke 3, ke 4 dan ke 2 baru dapat memenuhi Baku Mutu. Untuk ke 3 parameter ini, dibutuhkan waktu sedikit lebih lama. Hal ini diduga karena konsentrasinya didalam air limbah cukup tinggi sehingga mikroba memerlukan waktu cukup lama untuk beradaptasi dengan polutan – polutan ini.

7. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan dari uraian diatas, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Air limbah industri makanan PT. EBI cenderung bersifat asam dan konsentrasi polutan-polutan organik seperti TSS, KMnO_4 , COD dan BOD sangat berfluktuasi.
- b. Selama penelitian berlangsung, pH air olahan selalu stabil pada kisaran normal yaitu 7, demikian juga konsentrasi TSS selalu berada dibawah nilai Baku Mutu.
- c. Konsentrasi polutan BOD, KMnO_4 dan COD dapat turun sampai dibawah Baku Mutu setelah IPAL beroperasi masing-masing 2, 3 dan 4 bulan.
- d. Penambahan biofilter anaerob - aerob setelah proses lumpur aktif sangat efektif untuk mengolah air limbah industri makanan. Hal ini ditandai dengan stabilnya proses dan tingginya efisiensi penurunan konsentrasi polutan-polutan dalam air limbah.
- e. Perawatan IPAL juga mudah dilakukan dan hampir tidak ada kendala yang dihadapi selama kegiatan penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pusat Database Industri Makanan dan Minuman di Indonesia (2017)
2. Dinas Pekerjaan Umum Provinsi DKI Jakarta, "*The Study On Urban Drainage And Waste Water Disposal Project In The City Of Jakarta*". 1990.
3. Ikbal, "Peningkatan kinerja IPAL Lumpur Aktif dengan penambahan unit Biofilter". *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, Vol. 2, No. 2. BPPT, 2016.
4. Grady, C.P.L and Lim, H.C., "Wastewater Treatment". Marcel Dekker Inc. New York. 1980.
5. Metcalf and Eddy, "*Waste Water Engineering*", Mc Graw Hill 1978.
6. Ikbal, "Pengolahan air limbah distilasi etanol dari bahan baku ubi kayu dengan proses fermentasi metan secara sinambung". Laporan penelitian, Proyek EPG-BPPT, Lampung (1987).
7. Mc Carty, P.L., "One hundred years of anaerobic treatment", Elsevier Biomedical Press B.V., Amsterdam, (1982).
8. Ten Brumeler *et. al.* "Proc. International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Waste", Venice, Italy, 557-560 (1992).
9. Nagai, S., and Nishio, M., "Biological aspects of anaerobic digestion". *Handbook of Heat and Mass Transfer*, 3, 702~704, Catalysis, Kinetics and Reactor Engineering, Gulf Publishing Co. (1989).
10. Rittman, B. E. and Mc. Carty P.L., "Environmental Biotechnology Principles and Applications". Boston, Mc Graw Hill. 2001.
11. Said, N.I., "Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilm Tercelup", *Jurnal Teknologi Lingkungan*, P3TL, BPPT, 2000.
12. Gubernur DKI Jakarta. Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 582 tahun 1995, Lapidan IV tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri Makanan di Wilayah DKI Jakarta
13. Standar Nasional Indonesia (SNI): *Metoda Baku Analisa* (2009).