

Evaluasi Pengelolaan Air Limbah Dari Proses Produksi Pemutih Pakaian Menggunakan Biofilter *Anaerob Aerob*

Mubarokah Nuriaini Dewi^{*)}, Diaz Haliza, Dody Asha Firmansyah, Ilham Andreansyah, dan Samuel Armawan Sandi

Teknik Kimia, Universitas Jayabaya, Jakarta Timur, Indonesia

^{*)} Corresponding author: mubidewi88@gmail.com

Abstract

The aerobic anaerobic biofilter system has the advantages of a high level of purification, relatively affordable operating costs and low sludge generation. This system utilizes microorganisms attached to the media to form a film layer that can decompose organic substances. This article discusses the aerobic anaerobic biofilter system used in the wastewater treatment unit for the bleach industry. The wastewater treatment process with this system will pass through two reactors, each of which is filled with buffer media. Data collection methods include field studies and literature studies. The field study includes the wastewater treatment process used as well as looking at the parameter results from the characteristics of the wastewater before and after passing through the biofilter system. The literature study was carried out by comparing wastewater which refers to the quality standard of liquid waste from the Regulation of the Minister of the Environment of the Republic of Indonesia No. 5/2014 on the Soap and Detergent Industry. From the analysis and observations made, it can be seen that wastewater that is not treated through a biofilter does not meet the quality standards of liquid waste, but wastewater after passing through the biofilter system can meet the quality standards of liquid waste so that the wastewater produced from the bleaching production process is safe for use. discharged into water bodies. The results of sewage treatment using an aerobic anaerobic biofilter system showed high efficiency in treating BOD (84.90%), TSS (87.36%) and COD (86.04%).

Abstrak

Sistem *biofilter anaerob aerob* memiliki keunggulan yaitu tingkat pemurnian yang tinggi, biaya operasi yang relatif terjangkau dan menghasilkan sedikit lumpur. Sistem ini memanfaatkan mikroorganisme yang menempel pada media untuk membentuk lapisan film yang dapat menguraikan zat organik. Artikel ini membahas sistem *biofilter anaerob aerob* yang digunakan pada unit pengolahan air limbah industri pemutih pakaian. Proses pengolahan air limbah dengan sistem ini akan melewati dua reaktor yang masing-masing diisi dengan media penyangga. Metode pengumpulan data meliputi studi lapangan dan studi pustaka. Studi lapangan meliputi proses pengolahan limbah yang digunakan serta melihat hasil parameter dari karakteristik air limbah sebelum dan setelah melewati sistem *biofilter*. Studi pustaka yang dilakukan adalah dengan membandingkan air limbah yang mengacu pada baku mutu limbah cair dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5/2014 pada industri sabun dan deterjen. Dari analisa dan pengamatan yang dilakukan dapat diketahui bahwa air limbah yang tidak diolah melalui *biofilter* tidak memenuhi baku mutu limbah cair, tetapi air limbah setelah melewati sistem *biofilter* dapat memenuhi baku mutu limbah cair sehingga air limbah yang dihasilkan dari proses produksi pemutih pakaian ini sudah aman untuk dibuang ke badan air. Hasil pengolahan limbah dengan menggunakan sistem *biofilter anaerob aerob* menunjukkan efisiensi yang tinggi dalam mengolah BOD (84,90%), TSS (87,36%) dan COD (86,04%).

Kata kunci: *Aerob, air limbah, anaerob, biofilter*

PENDAHULUAN

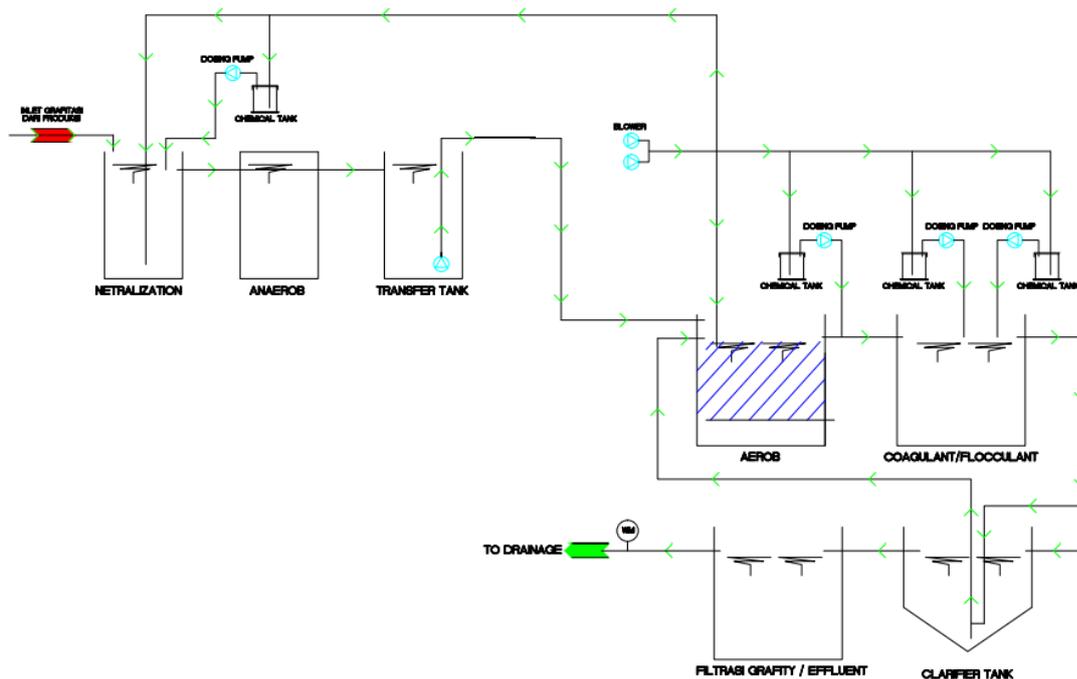
Pencemaran air limbah merupakan salah satu dampak pembangunan di berbagai bidang disamping memberikan manfaat bagi kesejahteraan rakyat. Selain itu peningkatan pencemaran lingkungan juga diakibatkan dari meningkatnya jumlah penduduk beserta aktivitasnya. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18/1999, limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan/atau kegiatan manusia [1]. Limbah yang berbentuk cair yang tidak dikelola dengan baik bisa menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Untuk menciptakan lingkungan yang sehat, nyaman dan berkelanjutan maka harus dilaksanakan upaya-upaya pengendalian pencemaran lingkungan pada suatu industri. Dengan dasar tersebut, maka setiap industri diwajibkan menyediakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau limbah cair. Salah satu sistem IPAL yang telah banyak digunakan pada beberapa industri adalah sistem *biofilter anaerob aerob*. Sistem ini memanfaatkan mikroorganisme yang menempel pada media untuk membentuk lapisan film yang dapat menguraikan zat organik [2]. Umumnya *biofilter* dioperasikan secara *aerob* atau *anaerob*. *Biofilter anaerob* efektif menurunkan zat kompleks dan menghilangkan total beban organik, sedangkan *biofilter aerob* efektif menghilangkan karbon dan nitrogen [3].

Baru-baru ini, untuk memperoleh stabilitas proses yang lebih baik dan penghilangan polutan yang lebih tinggi, beberapa peneliti fokus menggabungkan teknologi *biofilter anaerob-aerob* untuk mengolah berbagai limbah karena memiliki keuntungan yaitu tingkat pemurnian yang tinggi, permintaan nutrisi yang rendah dan produksi lumpur berlebih yang rendah [4][5][6][7][8]. Penggabungan proses *anaerob-aerob* terbukti efektif menurunkan senyawa *Total Suspended Solid* (TSS), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dibandingkan dengan proses *anaerob* atau *aerob* saja. Hal ini dibuktikan dengan penelitian tentang *biofilter anaerob aerob* yang menunjukkan penurunan signifikan terhadap kadar organik dalam limbah air seperti TSS, BOD, COD, fosfat, amonia, TDS dan total *coliform* [9][10][11][12]. Dalam proses nya, air limbah melalui dua tahap reaktor biologis yang masing-masing diisi dengan media penyangga sebagai tempat berkembangbiak mikroorganisme. Dalam proses *biofilter anaerob*, air limbah dialirkan ke reaktor tertutup tanpa adanya udara dan setelah beberapa hari, media akan ditumbuhi oleh lapisan film mikroorganisme atau biasa disebut biofilm. Mikroorganisme ini berperan dalam menguraikan zat organik. Dalam proses *biofilter aerob*, reaktor diisi dengan media dan air limbah sambil diaerasi sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Peningkatan efisiensi penguraian zat organik dipengaruhi oleh kontak antara limbah dan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media [13]. Sistem aliran *biofilter* dari bawah ke atas menghasilkan kecepatan partikel yang terdapat pada air limbah. Partikel yang tidak terbawa aliran ke atas akan mengendap pada dasar bak *filter*. Proses pengolahan limbah menggunakan sistem *biofilter anaerob-aerob* memiliki keunggulan yaitu dapat mengurangi konsentrasi zat organik yang tinggi. sistem tergolong sederhana serta biaya operasi yang cukup terjangkau, dan menghasilkan lumpur yang relatif sedikit. Untuk mengoptimalkan operasi dan pemeliharaan sistem pengolahan tersebut maka perlu dilakukan evaluasi penggunaan sistem *biofilter aerob-anaerob* dalam mengolah air limbah industri melalui optimalisasi desain IPAL dan/atau dengan peningkatan kapabilitas operator IPAL.

METODE PENELITIAN

Pemeriksaan mutu limbah cair PT XYZ dilakukan pengujian di PT RND Teknologi Indonesia (Terakreditasi KAN, LP-1319-IDN). Sampel yang diuji ke PT RND Teknologi Indonesia ini adalah air limbah yang diambil sebelum melewati sistem *biofilter anaerob aerob* dan air limbah yang telah diproses. Parameter yang diuji yaitu pH, BOD (Kebutuhan Oksigen Biokimia), COD

(Kebutuhan Oksigen Kimiawi), dan TSS (Total Padatan Tersuspensi). Adapun diagram alir proses IPAL PT XYZ dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Proses IPAL PT XYZ

Limbah pemutih pakaian yang dihasilkan dari unit produksi ditampung pada tangki netralisasi. Pada tangki ini terjadi pencampuran antara air limbah dengan senyawa HCl 32%. Konsentrasi HCl yang digunakan, menyesuaikan kondisi pH air limbah sehingga diperlukan pengamatan setiap saat. Tangki ini juga berfungsi untuk menyeimbangkan kualitas dan kuantitas pada air limbah yang diolah untuk proses selanjutnya tidak terjadi fluktuasi serta menjaga kontinuitas proses pengolahan air limbah.

Setelah melalui tangki netralisasi, air limbah dialirkan menuju tangki *anaerob*. Pada unit ini terjadi penguraian polutan organik dengan menggunakan bakteri *anaerob*. Pada tangki ini juga dilengkapi dengan media pertumbuhan bakteri. Salah satu parameter penting dari keberhasilan proses penguraian ini adalah ketidakhadiran oksigen. Apabila terdapat oksigen pada tangki *anaerob* maka proses penguraian tidak akan berjalan dengan baik.

Menurut Lusiana [14] perkembangan bakteri dipengaruhi beberapa faktor seperti cahaya, suhu, tekanan, turbiditas, nutrisi, vitamin, antibiotik serta keberadaan bakteri lainnya. Salah satu faktor penting keberhasilan upaya penyesuaian atau adaptasi dari bakteri terhadap lingkungan adalah pengaturan suhu. Rentang suhu yang harus dijaga adalah 37 °C sampai dengan 40 °C. Keberhasilan proses ini dapat dilihat dengan terbentuknya gas.

Limbah yang telah diolah dari tangki *anaerob* kemudian dialirkan menuju *transfer tank*. Tangki ini berfungsi untuk memindahkan limbah dari tangki olahan *anaerob* menuju ke proses *aerob*. Pada proses ini sering terjadi masalah seperti terhambatnya aliran menuju tangki *aerob* disebabkan adanya kotoran seperti daun, lumpur, dan plastik pada saluran tersebut.

Selanjutnya limbah dialirkan menuju tangki *aerob* untuk merombak senyawa organik menggunakan bakteri *aerob* dengan bantuan oksigen. Sumber oksigen tersebut disuplai dari udara menggunakan *air blower* dan dialirkan menggunakan *air diffuser*. Selain digunakan untuk mengalirkan udara, *air diffuser* juga berfungsi untuk menjaga agar lumpur aktif tidak masuk ke dalam jalur pasokan udara dan mencegah penyumbatan saluran saat blower tidak beroperasi.

Tahap selanjutnya dari proses pengolahan limbah ini adalah proses koagulasi dan flokulasi. Pada proses koagulasi, partikel-partikel koloid yang bermuatan dinetralkan muatannya setelah penetralan maka partikel akan saling mendekat satu sama lain sehingga membentuk flok kecil melalui suatu proses dengan penambahan koagulan [15]. Koagulan yang digunakan pada proses ini adalah PAC atau *Poly Aluminium Chloride*. Proses ini dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain pH, dosis koagulan dan kekeruhan larutan. Menurut Iswanto[16], penurunan kekeruhan berbanding lurus dengan dosis koagulan. Pada proses flokulasi, flok-flok kecil tersebut akan dilalui media flokulan digabungkan menjadi flok yang lebih besar sehingga massa bertambah agar dapat mengendap [17].

Setelah air limbah melewati proses koagulasi dan flokulasi. Air limbah akan masuk ke unit *clarifier*. Menurut Rusidana [18], *clarifier* berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel kecil halus sehingga menghasilkan larutan yang jernih serta bebas dari partikel-partikel *solid* atau *suspense*. Pada unit ini, terjadi proses klarifikasi atau sedimentasi. Pada tahapan ini, lumpur aktif dipisahkan dari air limbah. Lumpur yang sudah mengendap pada bagian paling bawah dipompakan kembali ke bak aerasi dan lumpur pada air limbah yang baru datang dibiarkan turun mengendap ke bawah sehingga terjadi pergantian[19]. Kesetimbangan pengembalian lumpur aktif diatur dengan menggunakan *air-lift*.

Tahapan terakhir dalam pengolahan limbah ini adalah proses filtrasi. Menurut Reynold[20], proses filtrasi merupakan pemisahan padatan dan cairan, dengan mengalirkan air melalui media berpori guna memisahkan zat padat tersuspensi halus yang ada. Pada proses ini digunakan bak *filtration gravity*, dimana air limbah akan melewati media penyaringan dengan memanfaatkan pengaruh gravitasi. Media filtrasi yang biasa digunakan adalah ijuk, pasir, batu kerikil, arang aktif dan zeolit. Tujuan dari tahapan ini adalah memisahkan partikel yang telah terbentuk pada bak pengendapan. Setelah melewati semua tahapan, limbah akan dibuang ke lingkungan atau sungai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses produksi pemutih pakaian yang berasal dari bahan baku NaOH cair, gas chlorine dan air menghasilkan limbah cair yang tidak baik untuk lingkungan. Maka dari itu digunakan IPAL dengan sistem *biofilter anaerob aerob* yang bertujuan untuk mengolah air limbah dengan karakteristik yang sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan sebelum dibuang ke badan air. Karakteristik air limbah meliputi parameter yang terdiri dari pH, kebutuhan oksigen biokimia (BOD), kebutuhan oksigen kimiawi (COD), padatan tersuspensi total (TSS). Sample yang telah diuji tersebut merupakan data penting sebagai laporan pertanggung jawaban kepada Badan Pengelola Lingkungan Hidup (BPLH) kabupaten Bogor. Tabel 1 menyajikan hasil pemeriksaan air limbah yang dilakukan oleh PT RND Teknologi Indonesia terhadap limbah cair PT XYZ sebelum diolah. Pemeriksaan air limbah lain juga dilakukan setelah melewati proses IPAL sistem *biofilter anaerob aerob*. Berikut adalah hasil pemeriksaan yang dilakukan oleh PT RND Teknologi Indonesia terhadap limbah cair PT XYZ terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik Air Limbah PT XYZ Sebelum Pengolahan

Parameter Analisa	Hasil Pemeriksaan	Baku Mutu Limbah
pH	12,41	6,0 - 9,0
Kebutuhan Oksigen Biokimia (mg/L)	82	75
Kebutuhan Oksigen Kimiawi (mg/L)	256	180
Padatan Tersuspensi Total (mg/L)	119	60

Tabel 2. Karakteristik Air Limbah PT XYZ Setelah Pengolahan

Parameter Analisa	Hasil Pemeriksaan	Baku Mutu Limbah
pH	7,3	6,0 - 9,0
Kebutuhan Oksigen Biokimia (mg/L)	12,38	75
Kebutuhan Oksigen Kimiawi (mg/L)	26,8	180
Padatan Tersuspensi Total (mg/L)	12	60

PT. XYZ harus melakukan pengolahan air limbah sesuai dengan standar baku mutu. Standar baku mutu yang digunakan yaitu baku mutu air limbah dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5/2014 pada industri sabun dan deterjen. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Karakteristik air limbah jika dibandingkan dengan baku mutu menunjukkan hasil melebihi standar baku mutu sehingga diperlukan sistem *biofilter anaerob aerob* pengolahan air limbah. Sementara hasil karakteristik air limbah setelah diolah menunjukkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan baku mutu.

Efisiensi penyisihan karakteristik air limbah pada PT XYZ dapat dihitung melalui rumus berikut ini [21]:

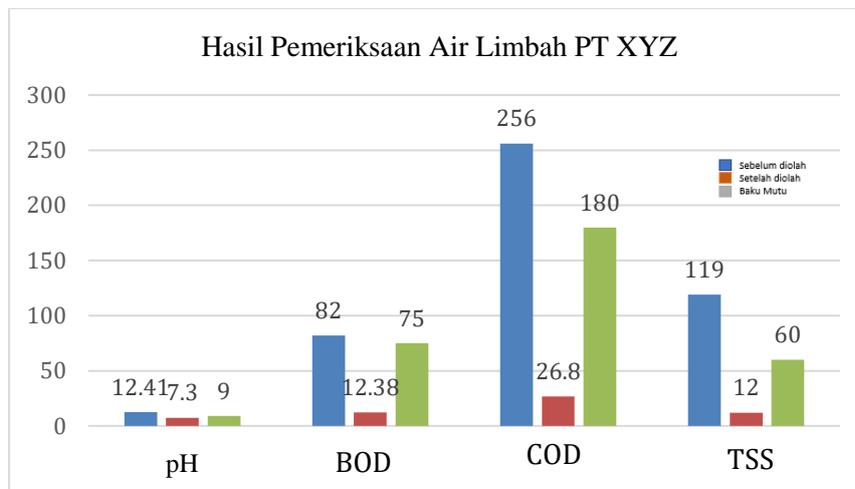
$$\text{Efisiensi} = \frac{(\text{Parameter Sebelum} - \text{Parameter Sesudah})}{\text{Parameter Sebelum}} \times 100\%$$

Maka dihasilkan efisiensi penyisihan dari masing – masing parameter yang ada pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Efisiensi Penyisihan Parameter Air Limbah Industri

Parameter Analisa	Efisiensi Penyisihan
pH	41,17
Kebutuhan Oksigen Biokimia (%)	84,90
Kebutuhan Oksigen Kimiawi (%)	86,04
Padatan Tersuspensi Total (%)	87,36

Adapun perbandingan setiap parameter dengan baku mutu limbah dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pemeriksaan Air Limbah PT XYZ

Analisis pH

Parameter pH dalam air limbah sangat diperhatikan. Nilai pH digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda [21]. Besar atau kecilnya nilai pH suatu air limbah dipengaruhi oleh bahan-bahan kimia yang terkandung didalamnya. Air limbah di bawah pH normal, maka air limbah tersebut bersifat asam sedangkan jika mempunyai pH diatas pH normal berarti bersifat basa. Air limbah dengan pH rendah yang dibuang ke lingkungan akan menyebabkan terjadinya penurunan kualitas perairan yang nantinya berdampak terhadap kehidupan biota air. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH direntang 7 – 8,5. Akibat dari perubahan kondisi perairan akan membunuh biota yang paling toleran sekalipun, hal ini dikarenakan jaringan makanan pada perairan akan terganggu [22]. pH yang sangat rendah, menyebabkan kelarutan logam-logam dalam air makin besar, yang bersifat

toksik bagi organisme air, sebaliknya pH yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi amoniak dalam air yang juga bersifat toksik bagi organisme air[23].

Air limbah yang dihasilkan dari proses produksi pemutih pakaian menghasilkan pH 12,41 yang bersifat basa, dimana pH tersebut berada diantara spesifikasi yang ditetapkan dari industri ini yaitu 11,50-12,50. Selanjutnya air limbah tersebut dinetralkan pada tahap netralisasi IPAL dengan menambahkan bahan kimia HCl dan pada tahap pengendapan juga menghasilkan pH asam maka ditambahkan pula bahan kimia NaOH sehingga akan kembali netral. Tujuan tersebut agar pH dipertahankan sehingga menghasilkan pH air limbah 7,3 yang telah memenuhi standar baku mutu limbah dengan efisiensi 41,17%. Dari hasil tersebut diketahui bahwa kadar pH air limbah telah memenuhi persyaratan Baku Mutu Air Limbah dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5/2014 dengan pH yang ditetapkan yaitu 6,0-9,0.

Analisis BOD

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme atau biasanya bakteri untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi *aerobik*[24]. Nilai BOD sangat penting digunakan sebagai parameter kualitas perairan. Kandungan BOD yang tinggi menandakan minimnya oksigen terlarut yang terdapat di dalam perairan. Menurut Jones[25], kondisi tersebut akan berdampak terhadap kematian organisme perairan seperti ikan akibat kekurangan oksigen terlarut.

Pada parameter BOD sebelum dilakukan pengolahan IPAL tidak memenuhi standar baku mutu limbah dikarenakan banyaknya polutan *biodegradable* dari proses produksi pemutih pakaian ini yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam kondisi *aerob* (membutuhkan oksigen). Setelah melewati IPAL pada bak *aerob* atau tahap aerasi maka konsentrasi BOD ini turun dari 82 menjadi 12,38 sehingga memenuhi standar baku mutu limbah dengan efisiensi 84,90%.

Analisis COD

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi. Nilai COD yang semakin tinggi akan mengindikasikan kualitas air yang ada buruk. Peningkatan COD akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air[26]. Besarnya angka COD tersebut menunjukkan bahwa keberadaan zat organik di air berada dalam jumlah yang besar. Organik-organik tersebut mengubah oksigen menjadi karbondioksida dan air sehingga perairan tersebut menjadi kekurangan oksigen. Hal tersebut menjadi indikator seberapa besar pencemaran di dalam air limbah oleh pembuangan domestik dan industri. Semakin sedikit kadar oksigen di dalam air berarti semakin besar jumlah pencemar (organik) di dalam perairan tersebut[27].

Parameter COD sebelum dilakukan pengolahan pada IPAL sangat jauh dari standar baku mutu limbah, hal ini dikarenakan banyaknya tumpahan cairan produk dari mesin filling pada saat proses produksi sehingga tumpahan tersebut jatuh ke aliran pipa, dimana partikel-partikel ikut terbawa sehingga menyebabkan banyaknya jumlah kebutuhan senyawa kimia terhadap oksigen untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah. Setelah melewati IPAL pada tahap koagulan dan flokulan dengan ditambahkan bahan kimia PAC, maka konsentrasi COD ini dapat memenuhi standar baku mutu limbah dengan efisiensi 86,04%. Dari Gambar 3 menunjukkan penurunan kadar COD dari 256 mg/L turun menjadi 26,8 mg/L. Dapat disimpulkan bahwa kadar COD air limbah telah memenuhi persyaratan Baku Mutu Air Limbah dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5/2014 dengan kadar COD yang ditetapkan yaitu maksimal 180 mg/L.

Analisis TSS

Total Suspended Solid (TSS) adalah padatan dalam air, termasuk partikel tanah (tanah liat, lumpur, dan pasir), alga, plankton, dan zat lainnya dengan ukuran berkisar antara 0,004 mm sampai 1,0 mm [28]. Nilai TSS berpengaruh terhadap tingkat kekeruhan yang selanjutnya menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam kolom perairan. Karena kurangnya intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan hal ini menghambat pertumbuhan fitoplankton. Nilai TSS yang tinggi maka semakin rendah nilai produktivitas perairan tersebut [29].

Parameter TSS (Total Padatan Tersuspensi) sebelum diolah pada IPAL tidak memenuhi standar baku mutu limbah. Hal ini juga disebabkan banyaknya partikel-partikel suspensi seperti pasir, lumpur, bakteri dan organisme lainnya di dalam air limbah yang berasal dari proses produksi pemutih pakaian, yang dimana pada saat pengisian produk ke botol packaging melalui mesin filling itu tertumpah dan jatuh pada pipa yang mengalirkan aliran limbah. Dan mesin filling yang digunakan untuk proses produksi tersebut terkadang mengalami korosi yang berupa karatan. Setelah dilakukan pengolahan pada IPAL yang lebih tepatnya pada tahap flokulan dan koagulan dengan ditambahkan bahan kimia PAC yang gunanya untuk menghilangkan kekeruhan serta menghentikan penguraian flok, maka konsentrasi TSS memenuhi standar baku mutu limbah dengan efisiensi sebesar 87,36%. Berdasarkan Gambar 3, terjadi penurunan kadar TSS pada air limbah dari nilai 119 mg/L turun menjadi 12 mg/L. Kadar tersebut memenuhi persyaratan Baku Mutu Air Limbah dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5/2014 dengan kadar TSS yang ditetapkan yaitu maksimal 60 mg/L.

Dilihat dari hasil pemeriksaan air limbah setelah dilakukan pengolahan pada IPAL tersebut semuanya telah memenuhi acuan standar baku mutu air limbah sehingga air limbah yang dihasilkan dari proses produksi pemutih pakaian ini sudah bisa dibuang ke badan air sungai. Pada kolam akhir proses IPAL juga dilengkapi dengan ikan air tawar yaitu ikan mujair. Apabila ikan tersebut dapat bertahan hidup, maka air limbah yang dihasilkan masih cukup baik bagi makhluk hidup dalam air.

Hasil efisiensi yang tinggi pada pengolahan IPAL ini perlu dipertahankan bahkan ditingkatkan melalui evaluasi sistem IPAL guna meningkatkan kualitas air limbah yang memenuhi baku mutu sehingga jika dibuang ke badan sungai tidak mengganggu ekosistem air dan tidak mencemari lingkungan [16]. Evaluasi ini termasuk dalam manajemen pengelolaan IPAL meliputi struktur organisasi, sumber daya manusia, sumber dana, proses operasional, SOP, pengawasan dan prasarana. Pengawasan terhadap sistem perlu dilakukan agar tidak menimbulkan efek negatif bagi lingkungan serta menjadi umpan balik untuk memperbaiki perencanaan IPAL [30][31]. Pendanaan yang memadai dapat membantu perencanaan, pengembangan, perbaikan dan pemeliharaan IPAL serta berpengaruh terhadap pengembangan pengetahuan pengelola IPAL dalam memberikan informasi terkait kualitas, kuantitas, baku mutu limbah, dan perencanaan masa depan [32][33].

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa kadar variabel pH, BOD, COD dan TSS mengalami perubahan antara kondisi awal dan akhir. Dimana nilai pH mengalami penurunan dari 12,41 menjadi 7,3 yang mana ini telah memenuhi persyaratan baku mutu air limbah yakni 6,0-9,0. Begitupun dengan kadar BOD, COD, dan TSS yang juga mengalami penurunan nilai dimana kadar BOD mengalami penurunan dari 82 mg/L menjadi 75 mg/L, COD mengalami penurunan dari 256 mg/L menjadi 26,8 mg/L, dan TSS mengalami penurunan dari 119 mg/L menjadi 12 mg/L yang mana nilai dari 3 variabel tersebut juga telah memenuhi persyaratan baku mutu air limbah. Maka dari itu, dengan adanya sistem *biofilter anaerob* dan *aerob* air limbah yang dibuang dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan yaitu *Baku Mutu Air Limbah dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5/2014*

pada Industri Sabun dan Deterjen. Sehingga air limbah yang berasal dari proses produksi pemutih pakaian di PT XYZ setelah diolah pada proses IPAL ini bisa langsung dibuang ke badan air sungai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada PT XYZ yang telah memberikan bantuan dan dukungan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Pemerintah, “Bahwa Lingkungan Hidup Perlu Dijaga Kelestariannya Sehingga Tetap Mampu Menunjang Pelaksanaan Pembangunan Yang Berkelanjutan;,” *pp. Ri No. 18 Tahun 1999 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun*, 1999.
- [2] Metcalf and Eddy, “Wastewater Engineering: Treatment and Reuse Fourth Edition,” *Chemical engineering*, no. 4. p. 1819, 2003.
- [3] Y. Liu, Y. Lei, Y. Xi, Z. Liao, and X. Zhang, “High-load domestic wastewater treatment using a combined *anaerobic-aerobic* bio-filter with coal cinder as medium,” *Environ. Technol. (United Kingdom)*, vol. 39, no. 1, pp. 102–108, 2018, doi: 10.1080/09593330.2017.1296496.
- [4] F. B. Rebah, A. Kantardjieff, A. Yezza, and J. P. Jones, “Performance of two combined *anaerobic-aerobic* biofilters packed with clay or plastic media for the treatment of highly concentrated effluent,” *Desalination*, vol. 253, no. 1–3, pp. 141–146, 2010, doi: 10.1016/j.desal.2009.11.018.
- [5] S. Han, Q. Yue, M. Yue, B. Gao, Y. Zhao, and W. Cheng, “Effect of sludge-fly ash ceramic particles (SFCP) on synthetic wastewater treatment in an A/O combined biological aerated filter,” *Bioresour. Technol.*, vol. 100, no. 3, pp. 1149–1155, 2009, doi: 10.1016/j.biortech.2008.08.035.
- [6] Y. Kunlun, Y. Qinyan, H. Wei, K. Jiao, B. Gao, Z. Pin, and D. Lian, “Effect of novel sludge and coal cinder ceramic media in combined *anaerobic-aerobic* bio-filter for tetracycline wastewater treatment at low temperature,” *Chem. Eng. J.*, vol. 277, pp. 130–139, 2015, doi: 10.1016/j.cej.2015.04.114.
- [7] J. Jafari, A. Mesdaghinia, R. Nabizadeh, M. Farrokhi, and A. H. Mahvi, “Investigation of *anaerobic* fluidized bed reactor/ *aerobic* moving bed bio reactor (AFBR/MMBR) system for treatment of currant wastewater,” *Iran. J. Public Health*, vol. 42, no. 8, pp. 860–867, 2013.
- [8] J. Jaafari, A. Mesdaghinia, R. Nabizadeh, M. Hoseini, H. Kamani, and A. H. Mahvi, “Influence of upflow velocity on performance and biofilm characteristics of *Anaerobic* Fluidized Bed Reactor (AFBR) in treating high-strength wastewater,” *J. Environ. Heal. Sci. Eng.*, vol. 12, no. 1, 2014, doi: 10.1186/s40201-014-0139-x.
- [9] A. M. Melgoza, A. Cruz, and G. Buitrón, “*Anaerobic/aerobic* treatment of colorants present in textile effluents,” *Water Sci. Technol.*, vol. 50, no. 2, pp. 149–155, 2004, doi: 10.2166/wst.2004.0111.
- [10] L. C. M. Muson B. Hermanus, Bobby Polii, “*Aerob* and *Anaerob* Treatments to BOD, COD, pH, and Dominant of Bacteria of Dessicated Coconut Industry Wastewater of PT. Global Coconut, Radey, South Minahasa,” *J. Ilmu dan Teknol. Pangan*, vol. 3, no. 2, 2015.
- [11] S. I. Abou-Elela, O. Hamdy, and O. El Monayeri, “Modeling and simulation of hybrid

- anaerobic/aerobic wastewater treatment system,” Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 13, no. 5, pp. 1289–1298, 2016, doi: 10.1007/s13762-016-0966-7.
- [12] R. Del Pozo and V. Diez, “Integrated *anaerobic-aerobic* fixed-film reactor for slaughterhouse wastewater treatment,” *Water Res.*, vol. 39, no. 6, pp. 1114–1122, 2005, doi: 10.1016/j.watres.2005.01.013.
- [13] S. D. Mirandri and Y. S. Purnomo, “Penurunan Kadar Detergen (LAS) dan Fosfat dengan Metode Biofilter *Aerob-Anaerob* dan *Anaerob-Aerob*.” *Jurnal Envirous* Vol. 1 No. 2, pp. 67–76, 2021.
- [14] U. Lusiana, “Efisiensi Pengolahan Air Limbah Detergen menggunakan Sistem Upflow *Anaerobic Filter* dengan Aklimatisasi Lumpur Aktif,” *Biopropal Ind.*, vol. 02, no. 01, pp. 13–19, 2011.
- [15] U. Wijayanti and B. Utami, "Analisis kajian implementasi pendekatan sains, teknologi dan masyarakat (STM) pada bahan ajar redoks dan elektrokimia." *Seminar Nasional Pendidikan Biologi FKIP UNS*. pp. 154–163, 2010.
- [16] S. W. Rachmawati, B. Iswanto, and Warni, “Pengaruh pH pada proses koagulasi dengan koagulan aluminum sulfat dan ferro klorida.” *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*. Vol. 5 No.2 pp. 40, 2009.
- [17] T. Budianti, "Studi literatur dalam pengolahan limbah dengan lumpur aktif dan karbon aktif ", 2017.
- [18] E. Rusdiana, M. F. F. Mu'tamar, and K. Hidayat, "Analisis faktor-faktor penjernihan limbah cair unit pengolahan limbah cair industri gula (Studi kasus PT Xyz)." *Agroindustrial Techology Journal*. Vol. 4 No. 1 pp. 1, 2020
- [19] R. S. Enti, "Farmasi Rumah Sakit.", *Deepublish*. Yogyakarta, 2017.
- [20] T. D. Reynold, and P. A. Richard, "Unit Operation and Process in Environmental Engineering. Boston", *PWS Publishing Company*, 1996.
- [21] C. E. Boyd, C. S. Tucker, and R. Virlyatum, "Interpretation of pH, Acidity, and Alkalinity in Aquaculture and Fisheries", *North American Journal of Aquaculture*, vol.73, pp. 403-408, 2011.
- [22] T. Susana, "Tingkat Keasaman (Ph) dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane." *Jurnal Teknologi Lingkungan.*, Vol. 5 No. 2 pp. 33 – 39, 2009.
- [23] F. Tatangindatu, O. Kalesaran, and R. Rompas, "Studi Parameter Fisika Kimia Air pada Areal Budidaya Ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan Kabupaten Minahasa." *Budidaya Perairan*. Vol. 1, no. 2, pp. 8-9, 2013.
- [24] R. C. Umaly, and M. L. A. Cuvin, "Limnology: Laboratory and field guide, Physico-chemical factors, Biological factors." National Book Store, Inc. Publishers. Metro Manila. pp. 322, 1988.
- [25] H. R. E. Jones, "Fish and River Pollution." *Buther Worth*. London pp. 203, 1964.
- [26] M. Sami, "Penyisihan COD, TSS, dan pH dalam Limbah Cair Domestik dengan Metode Fixed-Bed Column Up Flow", *Journal of Science and Technology*, vol.10, no.21, pp.1-11, 2012.
- [27] A. Prahutama, "Estimasi Kandungan DO (Dissolved Oxygen) di Kali Surabaya dengan Metode Kringing", *Statistika*, Vol. 1, No.2, pp.9-14, 2013.

- [28] Rinawati, D. Hidayat, R. Suprianto, and P. S. Dewi, "Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid dan Total Suspended Solid) Di Perairan Teluk Lampung.", *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, Vol. 1 No. 1, pp. 36-46, 2016.
- [29] A. Wirasatriya, "Pola Distribusi Klorofil-a dan Total Suspended Solid (TSS) di Teluk Toli Toli, Sulawesi." *Buletin Oseanografi Marina*, 1(1) 137-149, 2011.
- [30] S. Reuter, B. Gutterer, L. Sasse, and T. Panzerbieter, "and Sanitation Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries A Practical Guide," *Wedc*, vol. 49, no. 0, 2009.
- [31] M. Siswati, S. Syafrudin, and S. Sriyana, "Uji Kriteria Manajemen dalam Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 23, no. 1, p. 77, 2017, doi: 10.14710/mkts.v23i1.12780.
- [32] E. Carraro, S. Bonetta, C. Bertino, E. Lorenzi, S. Bonetta, and G. Gilli, "Hospital effluents management: Chemical, physical, microbiological risks and legislation in different countries," *J. Environ. Manage.*, vol. 168, pp. 185–199, 2016, doi: 10.1016/j.jenvman.2015.11.021.
- [33] I. Ruiz-Rosa, F. J. García-Rodríguez, and J. Mendoza-Jiménez, "Development and application of a cost management model for wastewater treatment and reuse processes," *J. Clean. Prod.*, vol. 113, pp. 299–310, 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.12.044.
- [34] M. Kim, Y. Kim, H. Kim, W. Piao, and C. Kim, "Operator decision support system for integrated wastewater management including wastewater treatment plants and receiving water bodies," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 23, no. 11, pp. 10785–10798, 2016, doi: 10.1007/s11356-016-6272-6.