

Studi kasus evaluasi penerapan aspek pengolahan limbah cair industri farmasi

S. Meirdana^{1*}, S. W. Utomo^{1,2}

¹Departemen Kesehatan Lingkungan, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

²Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

Abstrak.

Industri farmasi merupakan salah satu industri yang tengah mengalami pertumbuhan di Indonesia. Salah satu perusahaan farmasi di Indonesia adalah PT X. Pada kegiatan produksinya, perusahaan menghasilkan empat kelompok limbah yaitu limbah cair, domestik, bahan berbahaya dan beracun (B3), serta gas. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas pengolahan limbah cair dan ketaatan aspek pengolahan limbah cair berdasarkan ketentuan peraturan yang berlaku di Indonesia. Metode penelitian berupa pendekatan deskriptif kualitatif. Pengumpulan data mencakup dokumentasi, observasi dan wawancara tidak terstruktur. Pengolahan limbah kegiatan domestik, produksi dan penunjang menggunakan metode pengolahan limbah anaerob-aerob dengan proporsi 70:30. Hasil pengolahan limbah memperlihatkan kecenderungan bahwa parameter-parameter selalu memenuhi baku mutu selama 3 tahun terakhir, kecuali COD.

Kata kunci: pengolahan limbah cair, ketaatan, regulasi

Abstract.

Pharmaceutical industry is one of the industries experiencing growth in Indonesia. One of the pharmaceutical companies in Indonesia is PT X. In its production activities, company produces four groups of waste, namely liquid, domestic, hazardous (B3) and gas waste. The aim of this research was to evaluate the effectivity of liquid waste management system and the compliance of liquid waste management towards regulatory provisions in Indonesia. The research method applied descriptive qualitative approach. Data collection including documentation, observation and unstructured interviews. Treatment of domestic, production and supporting activities waste using anaerobic-aerobic method with the proportion of 70:30. Waste treatment activities results revealed that the trend of parameters always met the existing quality standards for the last 3 years, except COD.

Keywords: liquid waste management, compliance, regulations

1. PENDAHULUAN

Industri farmasi adalah badan usaha yang mengantongi izin dari Menteri Kesehatan untuk memproduksi obat atau bahan obat (PerMenKes Nomor 1799 Tahun 2010). Industri ini merupakan salah satu industri yang tengah mengalami pertumbuhan di Indonesia, karena adanya peningkatan permintaan obat dari dalam dan luar negeri, serta pelaksanaan program layanan jaminan kesehatan oleh pemerintah. Berdasarkan berita resmi statistik, industri farmasi mengalami pertumbuhan produksi sebesar 18,58% pada triwulan IV (2019) dibandingkan dengan kondisi pada triwulan IV (2018) (BPS 2020). Salah satu perusahaan farmasi di Indonesia adalah PT X yang memiliki tiga fasilitas produksi. Satu dari tiga fasilitas produksi tersebut beroperasi sejak tahun 1974.

Menurut Kristanto (2004), limbah dapat dikelompokkan berdasarkan wujud (padat, cair, gas), sifat (berbahaya dan beracun, tidak berbahaya dan beracun), karakteristik (korosif, mudah menyala, beracun, reaktif) dan sumbernya (domestik, industrial). Limbah yang dihasilkan oleh perusahaan terdapat dalam wujud padat maupun cair, bersifat berbahaya dan beracun

* Korespondensi Penulis
Email : sasanti.meirdana@ui.ac.id

maupun tidak berbahaya dan beracun, serta bersumber dari kegiatan domestik maupun industri. Pada penelitian ini limbah yang diteliti adalah limbah cair.

Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pengolahan limbah cair dan ketaatan aspek pengolahan limbah cair berdasarkan ketentuan peraturan yang berlaku di Indonesia. Penelitian ini dapat bermanfaat sebagai referensi dan rekomendasi perbaikan pada sistem pengolahan limbah cair yang telah diimplementasikan oleh perusahaan.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di fasilitas produksi PT X. Penelitian berlangsung selama enam minggu terhitung sejak tanggal 24 Agustus hingga 2 Oktober 2020. Subjek dalam penelitian adalah Departemen *Health, Safety and Environment* (HSE), khususnya pada area kerja pengolahan limbah cair.

2.2. Metode dan prosedur pengumpulan data

Penelitian menerapkan pendekatan deskriptif kualitatif. Menurut Hardani *et al.* (2020), penelitian kualitatif menitikberatkan pada penguraian (*describing*) dan pemahaman (*understanding*) terhadap permasalahan yang diamati. Data penelitian mencakup data primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan langsung dari subjek penelitian dengan menggunakan alat pengambil data atau alat ukur secara langsung, sedangkan data sekunder merupakan data yang didapat tidak langsung dari sumbernya seperti dari buku pedoman, profil, laporan, atau pustaka (Hardani *et al.* 2020). Pada penelitian ini, data primer yang digunakan adalah hasil pengukuran kualitas limbah cair yang dilakukan secara mandiri oleh penulis, sedangkan data sekundernya adalah data hasil pemantauan limbah cair yang dilakukan oleh perusahaan, dokumen *Standard Operating Procedure* (SOP) pengolahan limbah cair dan buku catatan (*logbook*) pengolahan limbah cair.

Pengumpulan data dilakukan melalui dokumentasi, observasi dan wawancara. Dokumentasi merupakan langkah dini yang dilakukan untuk mengkaji dokumen terkait pengolahan limbah cair. Dokumen tersebut adalah SOP dan *logbook* kegiatan pengolahan limbah cair, serta laporan hasil pengolahan limbah cair ke Dinas Lingkungan Hidup (DLH). Pengumpulan data berikutnya adalah melalui observasi yang meliputi kegiatan pengamatan dan pencatatan sistematis terhadap hal yang dikaji. Teknik berikutnya adalah wawancara yang merupakan diskusi yang dilakukan oleh beberapa orang dengan tujuan tertentu. Sugiyono (2010) menjelaskan bahwa wawancara terbagi menjadi wawancara terstruktur, semi terstruktur dan tidak terstruktur. Jenis wawancara pada studi ini adalah wawancara tidak terstruktur yakni

wawancara yang tidak memiliki pedoman wawancara yang sistematis dan lengkap. Namun demikian, terdapat *topic list* berisi garis besar hal-hal yang ingin ditanyakan sebagai penentu arah wawancara. Responden berjumlah lima orang yang terdiri dari *manager* dan *supervisor* Departemen HSE, petugas lingkungan (*environmental officer*), serta penanggung jawab dan teknisi instalasi pengolahan air limbah (IPAL).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sumber limbah cair

Limbah cair perusahaan bersumber dari kegiatan produksi dan penunjang maupun dari kegiatan domestik. Penjelasan mengenai limbah yang dihasilkan oleh perusahaan disampaikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Jenis dan sumber limbah cair perusahaan.

Jenis limbah	Sumber limbah
Limbah domestik	<u>Kegiatan domestik:</u> Kantin, kamar mandi dan toilet, ruang <i>laundry</i> dan mushola
Limbah industri	<u>Kegiatan produksi dan penunjang:</u> Ruang produksi, laboratorium, <i>cooling tower</i> dan <i>boiler</i>

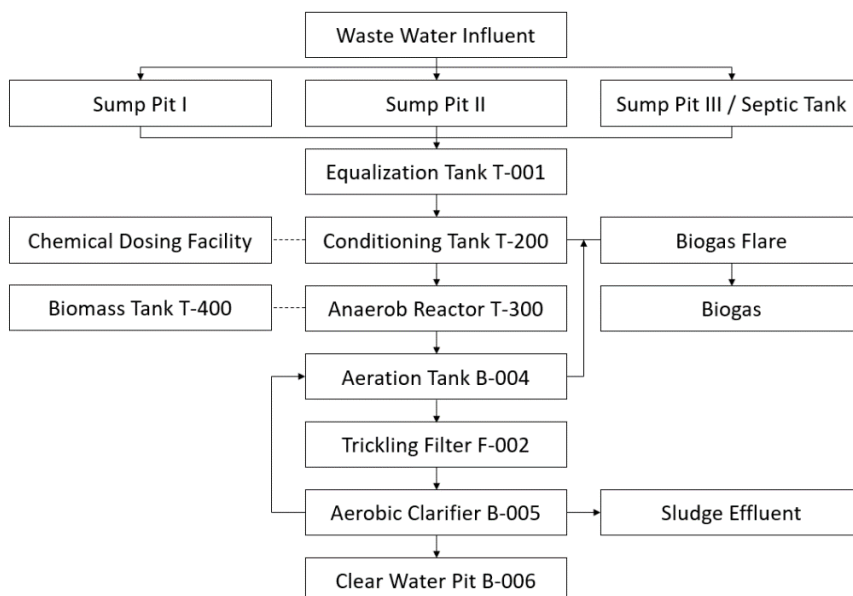
3.2. Proses dan metode pengolahan limbah cair

Perusahaan menggunakan IPAL untuk mengolah limbah cair yang dihasilkannya sebelum dibuang ke sungai. Pengolahan limbah cair dilakukan untuk memastikan air limbah yang akan dibuang sudah memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh KLHK. Saat ini, metode pengolahan limbah cair yang diterapkan adalah metode anaerob-aerob dengan proporsi pengolahan secara anaerob sebesar 70% dan pengolahan secara aerob sebesar 30%. Skema pengolahan limbah cair yang digunakan diuraikan pada **Gambar 1**.

Seluruh limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan domestik maupun penunjang produksi dialirkan melalui pipa *sump pit* menuju IPAL. Pipa *sump pit* berfungsi untuk menampung air sebelum dipompa ke *equalization tank*. Terdapat tiga pipa *sump pit* yang diletakkan di lokasi berbeda untuk mengalirkan limbah cair dari area kerja yang berbeda. Pipa *sump pit* I berasal dari laboratorium *quality*, *boiler* dan *production line*, pipa *sump pit* II berasal dari *production line* dan *cooling tower*, sedangkan pipa *sump pit* III atau *septic tank* berasal dari kantin, *warehouse*, *utility* dan toilet.

Setelah dialirkan melalui pipa *sump pit*, limbah cair masuk ke *equalization tank* untuk penyamaan debit dan kondisi limbah cair. Limbah yang telah diolah kemudian dipompa ke *conditioning tank* untuk penyamaan dan penyesuaian pH limbah. Pada *conditioning tank*, terdapat *chemical dosing facility* yang akan menginjeksikan bahan kimia penetral pH secara otomatis. Limbah yang sudah

dinetralkan pH-nya kemudian dipompa menuju *anaerob reactor* dan disirkulasikan di dalam tangki. Pada *anaerob reactor*, terdapat dua kelompok mikroorganisme yang akan membantu proses pengolahan limbah cair. Setelah itu, limbah dialirkan menuju *aeration tank* untuk memulai proses pengolahan limbah secara aerob. *Aeration tank* merupakan tempat untuk mengembangbiakkan bakteri pengurai. *Aeration tank* bekerja untuk memberikan udara kepada air limbah menggunakan sistem udara yang dihasilkan oleh pompa *blower*, sehingga oksigen dapat tersedia untuk kebutuhan bakteri pengurai agar tetap bisa hidup dan aktif bekerja. Limbah kemudian dialirkan ke *trickling filter* dan berakhir di *aerobic clarifier*. Proses yang terjadi dari *trickling filter* hingga *aerobic clarifier* adalah pemisahan antara padatan dan cairan, sehingga menghasilkan *sludge* pada dasar tangki. Limbah kemudian ditampung di *clear water pit* sebelum akhirnya dikembalikan ke sungai.



Gambar 1. Skema pengolahan limbah cair perusahaan.

3.3. Evaluasi baku mutu dalam pengolahan limbah cair

Perusahaan diketahui menghasilkan dua jenis air limbah yaitu air limbah domestik dan industri yang diolah secara bersamaan menggunakan IPAL. Mengacu Pasal 3 PerMenLHK Nomor P.68 Tahun 2016, pengolahan air limbah domestik yang digabung dengan limbah kegiatan lainnya ke dalam suatu sistem pengolahan air limbah harus dihitung secara terintegrasi. Perhitungan dilakukan untuk menyesuaikan baku mutu air limbah domestik yang relatif lebih rendah dibandingkan baku mutu air limbah industri. Perhitungan baku mutu air limbah domestik terintegrasi mempertimbangkan beberapa faktor berikut ini.

1) Debit air limbah tertinggi

Debit air limbah tertinggi adalah jumlah debit tertinggi air limbah domestik atau berdasarkan prakiraan dari setiap kegiatan, serta debit tertinggi air limbah dari kegiatan lainnya. Perhitungannya dinyatakan melalui **Persamaan 1**.

$$Q_{\max} = \sum_i^n Q_i + \dots \cdot Q_m \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

Q_{\max} = Debit air limbah tertinggi (m^3/waktu)

Q_i = Debit air limbah domestik tertinggi kegiatan i (m^3/waktu)

Q_m = Debit air limbah tertinggi kegiatan m (m^3/waktu)

2) Konsentrasi air limbah gabungan tertinggi

Konsentrasi tertinggi parameter yang sama dari setiap kegiatan dapat ditentukan melalui metode neraca massa. Perhitungannya disampaikan pada **Persamaan 2**.

$$C_{\max} = \sum_i^n \frac{C_i Q_i + C_n Q_n}{Q_i + Q_n} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

C_{\max} = Konsentrasi tertinggi setiap parameter (mg/l)

C_i = Konsentrasi tertinggi setiap parameter dalam baku mutu air limbah domestik kegiatan i (mg/l)

Q_i = Debit tertinggi air limbah domestik kegiatan i (m^3/waktu)

C_n = Konsentrasi tertinggi setiap parameter dalam baku mutu air limbah domestik kegiatan n (mg/l)

Q_n = Debit tertinggi air limbah domestik kegiatan n (m^3/waktu)

Berdasarkan penelusuran pada dokumen SOP pengolahan limbah cair, tidak ditemukan hasil perhitungan baku mutu air limbah domestik terintegrasi yang dilakukan oleh perusahaan. Namun, ditemukan fakta bahwa perusahaan menggunakan Lampiran XLVII PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014 sebagai acuan baku mutu air limbah (**Tabel 2**). Hal tersebut tidak sejalan dengan Pasal 14 PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014 yang menyatakan bahwa Lampiran XLVII hanya ditujukan untuk usaha yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan. Industri farmasi seharusnya menggunakan Lampiran XXXIX sebagai acuan baku mutu air limbah.

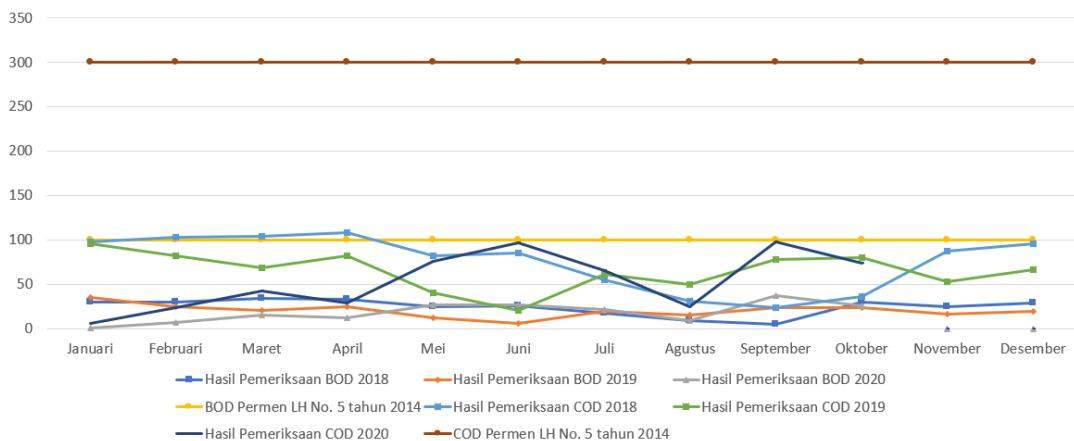
Tabel 2. Baku mutu air limbah yang digunakan oleh perusahaan.

Parameter	Satuan	Kadar maksimum
BOD	mg/L	100
COD	mg/L	300
TSS	mg/L	100
pH	-	6,0-9,0
Total coliform	MPN/100mL	3000

3.4. Evaluasi hasil pengolahan limbah cair

3.4.1. Parameter BOD dan COD

Merujuk pada Lampiran XXXIX PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014, hasil pemeriksaan parameter BOD dan COD pada Januari 2018-Oktober 2020 selalu memenuhi baku mutu air limbah (**Gambar 2**). BOD diartikan sebagai kebutuhan oksigen dari bakteri dalam menguraikan bahan organik menjadi lebih sederhana di dalam air. Pemeriksaan BOD mengacu pada reaksi oksidasi bahan organik dengan oksigen yang berlangsung karena keberadaan bakteri (Kencanawati 2016). COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat-zat organik dan anorganik seperti halnya pada BOD. Pemeriksaan parameter COD menekankan kepada kebutuhan oksigen kimiawi dan senyawa yang diukur merupakan bahan organik yang tidak dirombak secara biokimia. Kadar COD pada limbah dapat dijadikan indikator bagi pencemaran zat anorganik pada air.



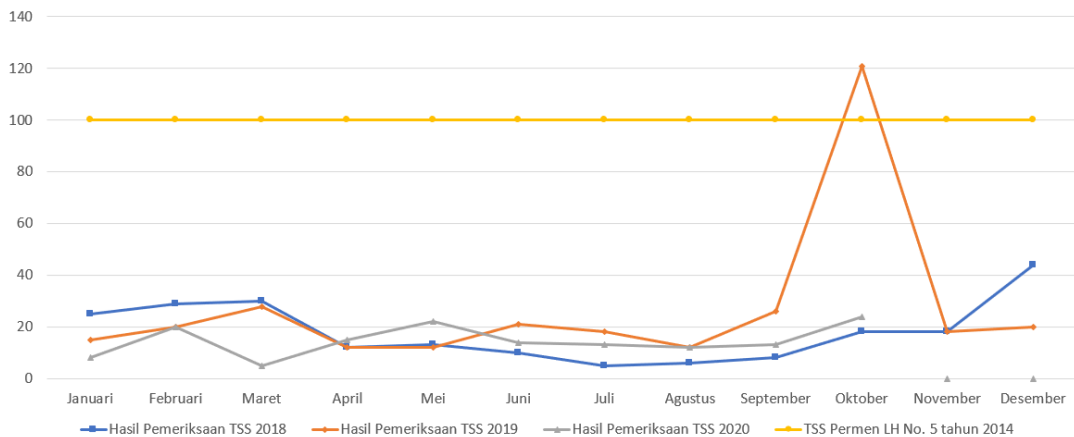
Gambar 2. Kecenderungan parameter BOD dan COD.

Perhitungan rasio BOD/COD dapat digunakan untuk mengetahui tingkat keoptimalan pengolahan limbah cair. Rasio BOD/COD merupakan indikator dampak dari zat organik, sehingga diperlukan untuk gambaran hasil suatu pengolahan limbah (Samudro and Mangkoedihardjo 2010). Rasio BOD/COD didapatkan dengan membagi antara konsentrasi BOD dengan COD dan rasio yang optimal adalah 0,1 (Putri *et al.* 2013). Berdasarkan hasil pengukuran, limbah cair perusahaan memiliki rasio BOD/COD sebesar 0,3, sehingga pengolahan limbah cair dapat dikatakan masih belum optimal.

3.4.2. Parameter TSS

Berdasarkan hasil pemeriksaan pada Januari 2018-Oktober 2020, parameter TSS pernah satu kali melampaui baku mutu air limbah yaitu pada Oktober 2019 (121 mg/L) (**Gambar 3**). Hal tersebut disebabkan oleh kerusakan

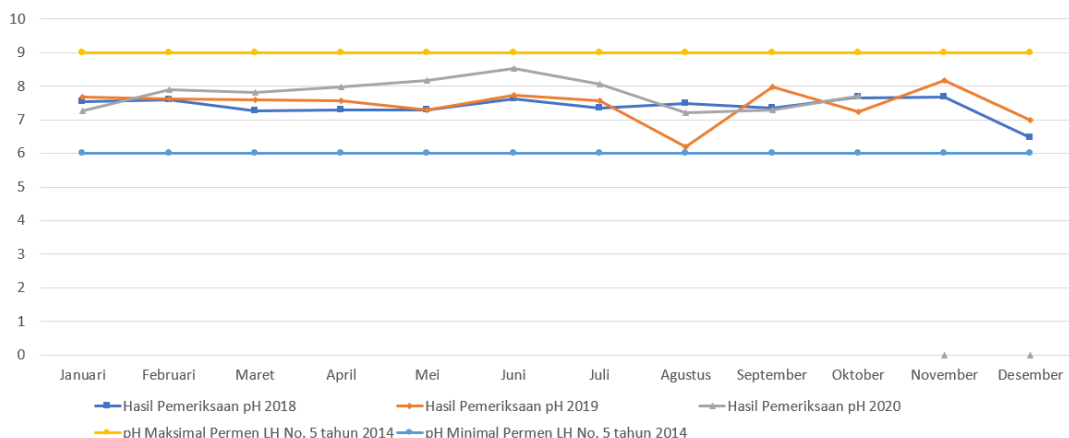
pada *trickling filter*, sehingga padatan tersuspensi yang seharusnya menempel pada permukaan media penyangga, terbawa keluar dan mengakibatkan peningkatan TSS. Setelah dilakukan perbaikan pada *trickling filter*, kadar TSS kembali rendah. Tingginya kadar TSS biasanya disebabkan oleh pembuangan partikel individu yang tidak akan mengendap dan selimut lumpur (*sludge blanket*) pada *aerobic clarifier* yang ikut tercuci keluar (Maine Department of Environmental Protection 2020). Tingginya kadar TSS di perusahaan disebabkan oleh pembuangan partikel individu yang tidak akan mengendap.



Gambar 3. Kecenderungan parameter TSS.

3.4.3. Parameter pH

Berdasarkan pemeriksaan pada Januari 2018-Oktober 2020, nilai pH selalu berada pada rentang 6,0–9,0 atau memenuhi baku mutu air limbah (**Gambar 4**). Namun, nilai pH pada Agustus 2019 hampir menyentuh baku mutu terendah (6,21) dan pada Juni 2020 hampir mencapai baku mutu tertinggi (8,52).



Gambar 4. Kecenderungan parameter pH.

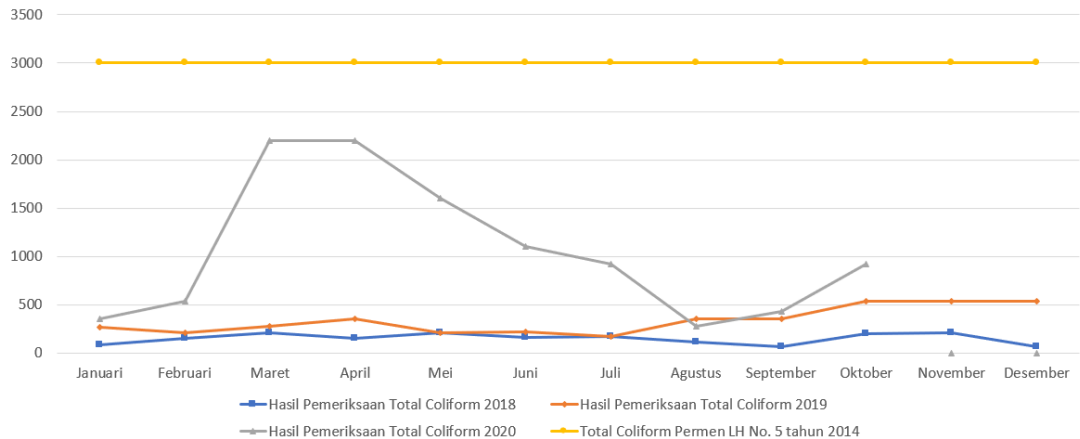
Pada Juni 2020, perusahaan mendapatkan bahan baku obat-obatan baru yang harus dianalisis di laboratorium, sehingga terjadi peningkatan penggunaan *coverall* harian, *inner clothing* dan jas lab. Perusahaan selalu menyediakan pakaian-pakaian khusus tersebut bagi para pekerja. Seluruh pakaian khusus ini dicuci setiap hari di ruang *laundry* perusahaan. Peningkatan penggunaan pakaian khusus menyebabkan aktivitas pencucian di ruang *laundry* juga turut mengalami peningkatan. Detergen yang digunakan untuk mencuci pakaian memiliki sifat basa, sehingga berkontribusi dalam meningkatkan nilai pH limbah cair yang hampir mencapai baku mutu tertinggi (8,52).

Nilai pH yang rendah pada hasil pengolahan air limbah dapat disebabkan oleh dua kondisi yaitu pH sudah rendah sejak sebelum dilakukan pengolahan air limbah dan terjadinya nitrifikasi yang dikombinasikan dengan rendahnya alkalinitas alami pada air limbah (Maine Department of Environmental Protection 2020). Kadar pH yang hampir menyentuh baku mutu terendah (6,21) disebabkan oleh nilai pH yang sudah rendah sejak sebelum dilakukan pengolahan air limbah. Bahan baku obat-obatan yang digunakan oleh perusahaan mayoritas bersifat asam seperti asam askorbat dan asam sitrat.

Tangki ekualisasi (*equalization tank*) memiliki peran penting dalam memastikan nilai pH pada air limbah hasil pengolahan IPAL. Agar nilai pH selalu memenuhi baku mutu, tangki ekualisasi harus selalu beroperasi dengan baik karena memiliki fungsi untuk menghomogenkan air limbah sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut, baik secara anaerob maupun aerob. Suasana homogen yang diciptakan oleh tangki ekualisasi akan membuat air limbah mudah diolah, karena sudah dipersiapkan untuk menghadapi bakteri pengurai yang dikondisikan bekerja pada pH 7,0–9,0.

3.4.4. Parameter *total coliform*

Berdasarkan hasil pemeriksaan pada Januari 2018-Oktober 2020, *total coliform* selalu memenuhi baku mutu air limbah (**Gambar 5**). Pemeriksaan *total coliform* dilakukan untuk mengetahui indikasi umum tentang kondisi sanitasi air limbah yang dihasilkan dan mengetahui keberadaan bakteri patogen lainnya (New York State Department of Health 2017). Bakteri patogen yang dapat ditemukan pada air limbah adalah *E. coli* dan *Salmonella*. Kedua jenis bakteri ini dapat menyebabkan diare dan khusus untuk *Salmonella* dapat menyebabkan penyakit lainnya seperti demam tifoid dan gastroenteritis (Mayo Clinic 2019).



Gambar 5. Kecenderungan parameter *total coliform*.

Evaluasi secara keseluruhan terhadap hasil pengolahan limbah cair yang dilakukan oleh perusahaan dirangkum dalam bentuk tabulasi pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Evaluasi hasil pengolahan limbah cair perusahaan.

Komponen	Parameter	Satuan	Baku mutu		Evaluasi
			PerMenLH 5/2014	PerMenLHK P.68/2016	
Fisik	TSS	mg/L	100	30	Baku mutu TSS pernah terlampaui satu kali (Oktober 2019)
Kimia	BOD	mg/L	300	100	Seluruh komponen kimia air limbah hasil olahan IPAL memenuhi baku mutu
	COD	mg/L	100	30	
	pH	-	6,0–9,0	6,0–9,0	
Biologis	<i>Total coliform</i>	MPN/100mL	-	3000	Komponen biologis air limbah hasil olahan IPAL memenuhi baku mutu

3.5. Evaluasi peneatan terhadap ketentuan peraturan dan izin

Berdasarkan hasil evaluasi peneatan aspek-aspek dalam pengolahan limbah cair, diketahui bahwa perusahaan telah mengimplementasikan beberapa ketentuan peraturan dan perizinan yang berlaku di Indonesia. **Tabel 4** menjelaskan aspek-aspek mana saja yang sudah ditaati dan yang masih memerlukan perbaikan oleh perusahaan. Terdapat tujuh aspek peneatan yang dievaluasi pelaksanaannya dan lima diantaranya telah ditaati oleh perusahaan. Dua aspek yang belum ditaati perusahaan adalah aspek ketaatan terhadap baku mutu dan aspek ketaatan terhadap parameter pemantauan.

Tabel 4. Evaluasi penataan pengolahan limbah cair.

No	Aspek penataan	Evaluasi	Status penataan	Peraturan yang diacu
1	Ketaatan terhadap kepemilikan Izin Lingkungan	Telah memiliki Izin Lingkungan yang diterbitkan oleh Walikota	Taat	PP Nomor 27 Tahun 2012
2	Ketaatan terhadap kepemilikan Izin Pembuangan Air Limbah	Telah memiliki Izin Pembuangan Air Limbah pada 2019 dan berlaku hingga 2024 yang diterbitkan oleh Kepala Dinas Lingkungan Hidup	Taat	-
3	Ketaatan terhadap baku mutu	Belum melakukan perhitungan baku mutu air limbah domestik terintegrasi (Lampiran II PerMenLHK Nomor P.68 Tahun 2016) dan tidak menggunakan Lampiran XXXIX PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014 sebagai acuan baku mutu	Belum taat	PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014 dan PerMenLHK Nomor P.68 Tahun 2016
4	Ketaatan terhadap parameter pemantauan	Belum melakukan pemantauan terhadap parameter yang telah ditentukan pada Lampiran XXXIX PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014	Belum taat	PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014 dan PerMenLHK Nomor P.68 Tahun 2016
5	Ketaatan terhadap frekuensi pemantauan	Telah melakukan pemantauan kualitas air limbah yang dilakukan setiap satu bulan sekali	Taat	PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014
6	Ketaatan terhadap pelaporan hasil pemantauan	Telah melakukan pelaporan hasil pemantauan kualitas air limbah yang dilakukan setiap 3 bulan sekali kepada DLH	Taat	PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014
7	Ketaatan terhadap titik pembuangan air limbah	Menyalurkan air limbah hasil olahan IPAL dengan saluran tertutup menuju sungai. Posisi pembuangan telah sesuai dengan Izin Pembuangan Air Limbah yang dimiliki	Taat	-

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Efektivitas pengolahan limbah cair yang dilaksanakan perusahaan sudah cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan data pemantauan hasil pengolahan limbah cair yang menunjukkan bahwa parameter BOD, COD dan pH selalu memenuhi baku mutu, sedangkan parameter TSS pernah satu kali melampaui baku mutu. Berdasarkan tujuh aspek evaluasi penataan terhadap ketentuan peraturan dan perizinan, lima aspek diantaranya telah ditaati oleh perusahaan kecuali aspek

ketaatan terhadap baku mutu dan parameter pemantauan. Perusahaan seharusnya melakukan penentuan baku mutu mengikuti Lampiran II PerMenLHK Nomor P.68 Tahun 2016 dikarenakan jenis air limbah yang dihasilkannya, namun hal ini tidak dilakukan.

Saran untuk perusahaan dalam kaitannya dengan pengolahan limbah cair adalah melakukan analisis dan mencari metode pengolahan limbah cair tambahan untuk mengatasi permasalahan fluktuasi nilai COD. Beberapa metode untuk mengatasi permasalahan tersebut mencakup koagulasi, proses mikrobiologi atau oksidator. Selain itu, disarankan pula untuk memperbarui SOP, baku mutu dan parameter yang digunakan sebagai acuan dalam pemantauan hasil pengolahan limbah. Hal tersebut hendaknya disesuaikan dengan Lampiran II PerMenLHK Nomor P.68 Tahun 2016, mengingat air limbah yang dihasilkan berasal dari kegiatan domestik dan industri.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. Berita resmi statistik: pertumbuhan produksi industri manufaktur triwulan IV 2019 [internet]. Tersedia di: <https://www.bps.go.id/pressrelease/2020/02/03/1739/pertumbuhan-produksi-ibs-tahun-2019-naik-4-01-persen-dibandingkan-tahun-2018.html>.
- Hardani, Andriani H, Ustiawaty J, Utami EF, Istiqomah RR, Fardani RA, Sukmana DJ dan Auliya NH. 2020. Metode penelitian kualitatif & kuantitatif. CV. Pustaka Ilmu Group. Yogyakarta.
- Kencanawati CIPK. 2016. Sistem pengelolaan air limbah [internet]. Tersedia di: https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/5099c1d958ba3deb6270dea7d2bc8bf6.pdf.
- Kristanto P. 2004. Ekologi industri. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Maine Department of Environmental Protection. 2020. Troubleshooting activated sludge processes [internet]. Tersedia di: https://www.maine.gov/dep/water/wwtreatment/troubleshooting_guide.pdf.
- Mayo Clinic. 2019. Salmonella infection [internet]. Tersedia di: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/salmonella/symptoms-causes/syc-20355329>.
- New York State Department of Health. 2017. Coliform bacteria in drinking water supplies [internet]. Tersedia di: https://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/coliform_bacteria.htm#:~:text=Total%20coliform%20counts%20give%20a,in%20human%20or%20animal%20waste.
- PerMenKes (Peraturan Menteri Kesehatan) Nomor 1799 Tahun 2010 tentang industri farmasi.
- PerMenLH (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup) Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah.

- PerMenLHK (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan) Nomor P.68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.
- PP (Peraturan Pemerintah) Nomor 27 Tahun 2012 tentang izin lingkungan.
- Putri AR, Samudro G dan Handayani DS. 2013. Penentuan rasio BOD/COD optimal pada reaktor aerob, fakultatif, dan anaerob. *Jurnal Teknik Lingkungan* 2(1):1-5.
- Samudro G dan Mangkoedihardjo S. 2010. Review on BOD, COD and BOD/COD ratio: A triangle zone for toxic, biodegradable and stable levels. *International Journal of Academic Research* 2(4):235-239.
- Sugiyono. 2010. Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Alfabeta. Bandung.