

## PENGELOLAAN LIMBAH CAIR DENGAN PENDEKATAN KONSEP EKO-EFISIENSI: ANALISIS HUBUNGAN ANTARA PENERAPAN PROGRAM *CLEANER PRODUCTION* DI AREA PRODUKSI DENGAN KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)

Wahyu Wikandari<sup>1)</sup>, Roekmijati Widaningroem Soemantojo<sup>2)</sup>, Tri Edhi Budhi Soesilo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Lulusan Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Pascasarjana, Universitas Indonesia, Jakarta

<sup>2)3)</sup>Dosen Program Pascasarjana Universitas Indonesia

Email: [wikandari21@gmail.com](mailto:wikandari21@gmail.com)

### ABSTRAK

**PENGELOLAAN LIMBAH CAIR DENGAN PENDEKATAN KONSEP EKO-EFISIENSI.** Salah satu perusahaan yang memproduksi sabun, kosmetik, dan bahan pembersih rumah tangga di Provinsi Banten telah melakukan perbaikan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), namun kualitas air limbahnya belum memenuhi standar baku mutu secara konsisten, sehingga perlu dilakukan program *cleaner production* di area produksi. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara penerapan program *cleaner production* di area produksi dengan kinerja IPAL, menghitung keuntungan ekonomi, dan rasio eko-efisiensi, dengan keikutsertaan karyawan didalamnya. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif serta *mixmethod*. Hasil analisis menunjukkan korelasi positif dan signifikan antara keberhasilan program *cleaner production* di area produksi yang sejalan dengan peningkatan pengetahuan, sikap, dan perilaku pekerja melalui penurunan COD outlet IPAL sebesar 67%; biaya pengolahan air limbah di perusahaan menurun 21%; dan rasio eko-efisiensi penggunaan air naik sebesar 2%. Hal ini memperlihatkan bahwa program *cleaner production* di area produksi dan optimalisasi kinerja IPAL merupakan bagian dari konsep eko-efisiensi, yang memberikan manfaat ekonomi dan juga manfaat lingkungan bagi perusahaan.

**Kata kunci:** Eko-efisiensi, *Cleaner Production*, Kinerja IPAL, Industri Sabun

### ABSTRACT

**MANAGEMENT OF THE LIQUID WASTE THROUGH APPROACH OF THE ECO-EFFICIENCY CONCEPT.** One of the companies that manufacture of soap, cosmetic, and household products in Banten Province has made improvements of Waste Water Treatment Plant (WWTP), however quality of the waste water effluent did not meet the quality standards applied yet with consistently, so that proceeded with implementing the *cleaner production* program in production area. This study was conducted to analyze correlation between implementation of the *cleaner production* program on production area and performance of the WWTP and also to calculate the economic benefits and ratio of the eco-efficiency, with involvement of the employee definitely. The study was using a quantitative approach and the mix methods. Result of the analysis shows positive and significant correlation between successfully of the *cleaner production* program that aligned with improvement of knowledge, attitude, and behavior level of workers by decreasing COD of IPAL by 67%; cost of waste water treatment in the company decreased by 21%; and increased eco-efficiency ratio of water by 2%. Thus, implementing the *cleaner production* program on production area and optimizing the WWTP performance are part of eco-efficiency approach will deliver economic and environmental benefits to the company.

**Key words :** Eco-efficiency, *Cleaner Production*, Performance of WWTP, Soap Industri

### PENDAHULUAN

Perkembangan pesat peradaban manusia dalam ilmu pengetahuan dan teknologi telah mengubah berbagai dimensi kehidupan manusia dan lingkungannya. Penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi serta meningkatnya pasar dan daya beli masyarakat mendorong tumbuhnya berbagai sektor industri di Indonesia, salah satunya adalah industri manufaktur untuk *Fast Moving Consumer Goods* (FMCG). Manufaktur adalah

suatu cabang industri yang mengaplikasikan mesin, peralatan, dan sumber daya manusia dalam suatu proses untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi untuk dijual [1]. Industri FMCG adalah industri yang menghasilkan produk-produk yang dapat terjual cepat, harganya relatif murah, merupakan kebutuhan sehari-hari, dan biasanya memiliki *shelf life* pendek [2].

Dampak positif pertumbuhan industri FMCG yang pesat, disatu sisi mendorong pertumbuhan ekonomi dengan peningkatan daya beli serta memenuhi kebutuhan masyarakat. Namun demikian dampak negatif dari industri FMCG juga perlu diwaspadai, diantaranya dampak pada lingkungan hidup. Dampak tersebut berasal dari buangan limbah yang bersifat cair, gas, maupun padat. Limbah cair dari buangan industri harus memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan [3], karena dapat merusak lingkungan terutama badan sungai.

Permasalahan terkait lingkungan pada intinya ada pada masalah hubungan makhluk hidup dengan lingkungan alam atau buatan. Ilmu lingkungan tidak dapat dilepaskan dari ilmu ekologi yang mempelajari hubungan timbal balik dan kebergantungan antara makhluk hidup dengan lingkungan. Tujuan ilmu lingkungan adalah untuk mencapai pengelolaan terhadap lingkungan hidup yang lestari dengan memahami kebergantungan maupun interaksi dari empat komponen utama dari sistem pendukung kehidupan bumi, yaitu atmosfer (udara), hidrosfer (air), geosfer (batu, tanah, dan sedimen), dan biosfer (makhluk hidup) [4]. Selanjutnya prinsip *interdependensi* dapat menegaskan kenyataan yang hakiki dalam alam bahwa semua anggota dalam komunitas ekologis, termasuk manusia, berada dalam satu kesatuan mata rantai yang saling terkait dalam sebuah jaringan relasi yang luas dan rumit, yang disebut jaring kehidupan [5].

Menurut Hukum Termodinamika ke-2, semua kegiatan termasuk kegiatan pembangunan akan menaikkan *entropi*, yaitu ketidakteraturan. Bentuk kenaikan *entropi* salah satunya adalah pencemaran. Berdasarkan hukum ini, industri pasti melepaskan zat pencemar ke dalam lingkungan, karena *zero emission* dalam arti harfiah adalah mustahil. Pencemaran tidak dapat dihindari, namun pencemaran itu dapat dikurangi sampai sekecil-kecilnya [6].

Prinsip yang dipilih untuk penelitian ini adalah prinsip *interdependensi* yang mengkaji kebergantungan antara manusia, alat serta cara pengelolaan air limbah. Pengelolaan lingkungan yang baik akan menjadi penentu dalam menjaga keseimbangan alam. Jika teori *interdependensi* yang digunakan, maka diperlukan teori lainnya yang mendukung seperti teori pengelolaan lingkungan, teori eko-efisiensi, teori pengelolaan air limbah, teori *cleaner production*, teori *end of pipe technology*, serta teori pengetahuan, sikap, dan perilaku untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi.

Limbah adalah materi yang terbuang dalam proses produksi dan tidak berakhir dalam

produk. Pengurangan limbah merupakan upaya penghematan yang menjadikan perusahaan semakin kompetitif untuk menghadapi persaingan bisnis. Seiring dengan makin tingginya kepedulian akan kelestarian lingkungan oleh dunia usaha maka muncul upaya industri, termasuk industri FMCG untuk melakukan pengurangan air limbah industrinya melalui perencanaan proses produksi yang lebih efisien. Meningkatnya efisiensi produksi akan mengurangi materi yang terbuang yang diikuti dengan menurunnya biaya produksi dan dampak lingkungan. Manajemen bisnis yang memadukan keterkaitan efisiensi ekonomi dan efisiensi lingkungan disebut eko-efisiensi [6]. Eko-efisiensi merupakan strategi atau pendekatan yang bertujuan untuk menjaga keselarasan antara penggunaan sumber daya yang digunakan (ekonomi) dan polutan yang dikeluarkan (ekologi) dari kegiatan ekonomi [7].

Pendekatan eko-efisiensi ini dapat meminimalkan volume limbah dengan mencegah terbentuknya limbah yang banyak sehingga proses produksi lebih bersih (*cleaner production*). Inti dari produksi bersih (*cleaner production*) adalah mencegah, mengurangi, menghilangkan terbentuknya limbah dan pencemar pada sumbernya di seluruh daur hidup yang dicapai dengan penerapan kebijakan pencegahan, penguasaan teknologi bersih dan teknologi akrab lingkungan, serta perubahan mendasar dalam sikap atau perilaku manajemen [8].

*Cleaner production* dapat meminimalkan biaya pengolahan limbah pada area penghasil limbah maupun pada *end of pipe technology* [6]. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan salah satu *end of pipe technology* yang secara umum prosesnya dapat dibedakan menjadi proses fisika, proses kimia, dan proses biologi. Proses fisika dan kimia diaplikasikan untuk menghilangkan padatan terlarut, senyawa yang tidak *biodegradable*, logam-logam, dan materi-materi kasar. Proses biologi ditujukan untuk menghilangkan bahan-bahan organik terutama yang terlarut dalam air limbah [9].

Kinerja IPAL di sebuah industri terkait langsung dengan kualitas air limbah yang akan dibuang. Air limbah yang tidak memenuhi baku mutu, apabila dibuang ke saluran umum atau badan sungai akan berdampak pada kerusakan lingkungan dan memberikan pengaruh pada masyarakat disekitarnya. Keberhasilan proses pengolahan air limbah bergantung pada penentuan teknologi yang tepat berdasarkan karakteristik fisika dan kimia air limbah yang akan diolah, sumber daya manusia yang mengoperasikannya, serta faktor operasional pendukung lainnya, seperti metode pembersihan,

bahan baku yang digunakan, serta perbaikan kondisi fasilitas mesin pada area produksi juga dapat mengoptimalkan pengolahan akhir air limbah [10].

Pemantauan pada operasional perusahaan juga diperlukan untuk mengendalikan dan mengurangi kadar pencemar yang terkandung dalam air limbah sebelum dialirkan ke IPAL. Komitmen perusahaan dalam bentuk kebijakan manajemen terkait pengelolaan lingkungan yang serius di sebuah organisasi merupakan langkah awal tercapainya keberhasilan pengelolaan air limbah melalui program *cleaner production*. Pengetahuan, sikap dan perilaku pekerja juga ikut berpengaruh pada penerapan eko-efisiensi [11].

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri FMCG, yang memproduksi kosmetik, dan bahan pembersih keperluan rumah tangga. Unit pengolahan limbah cair pada IPAL di PT XYZ terdiri atas unit fisika, kimia dan biologi. Pengolahan secara fisika dilakukan pada bak *equalisasi*. Unit pengolahan kimia terdiri atas proses koagulasi dan flokulasi yang menggunakan bahan kimia dan dilanjutkan dengan proses pemisahan padatan dan cairan. Pengolahan biologi berlangsung pada bak biologi secara *aerob*.

Limbah cair dari PT XYZ mengandung bahan organik yang tinggi, terdiri atas *biodegradable* dan *non-biodegradable* material, yang berasal dari produksi sabun, sampo, dan produk perawatan tubuh lainnya. Sejalan dengan peningkatan kapasitas produksi dan jenis produk yang dihasilkan, pada akhir tahun 2012, PT XYZ melakukan penambahan beberapa *line* baru yang memproduksi produk bahan keperluan rumah tangga yang belum ada sebelumnya. Sejak saat itu, perusahaan mengalami hambatan dalam melakukan pengolahan air limbahnya, sehingga hasilnya tidak memenuhi standar baku mutu secara konsisten dan harus melakukan upaya pengolahan lanjutan setelah keluar dari *outlet* IPAL.

Perusahaan ini selanjutnya memutuskan untuk melakukan perbaikan IPAL-nya, terutama pada unit pengolahan kimia. Gambar 1 adalah hasil pemantauan debit dan beban *Chemical Oxygen Demand* (COD) air limbah rata-rata di PT XYZ setelah dilakukan perbaikan IPAL. Hasil pemantauan memperlihatkan bahwa debit dan beban COD air limbah masih memenuhi desain kriteria IPAL, namun faktanya hasil pengolahan IPAL tersebut masih belum

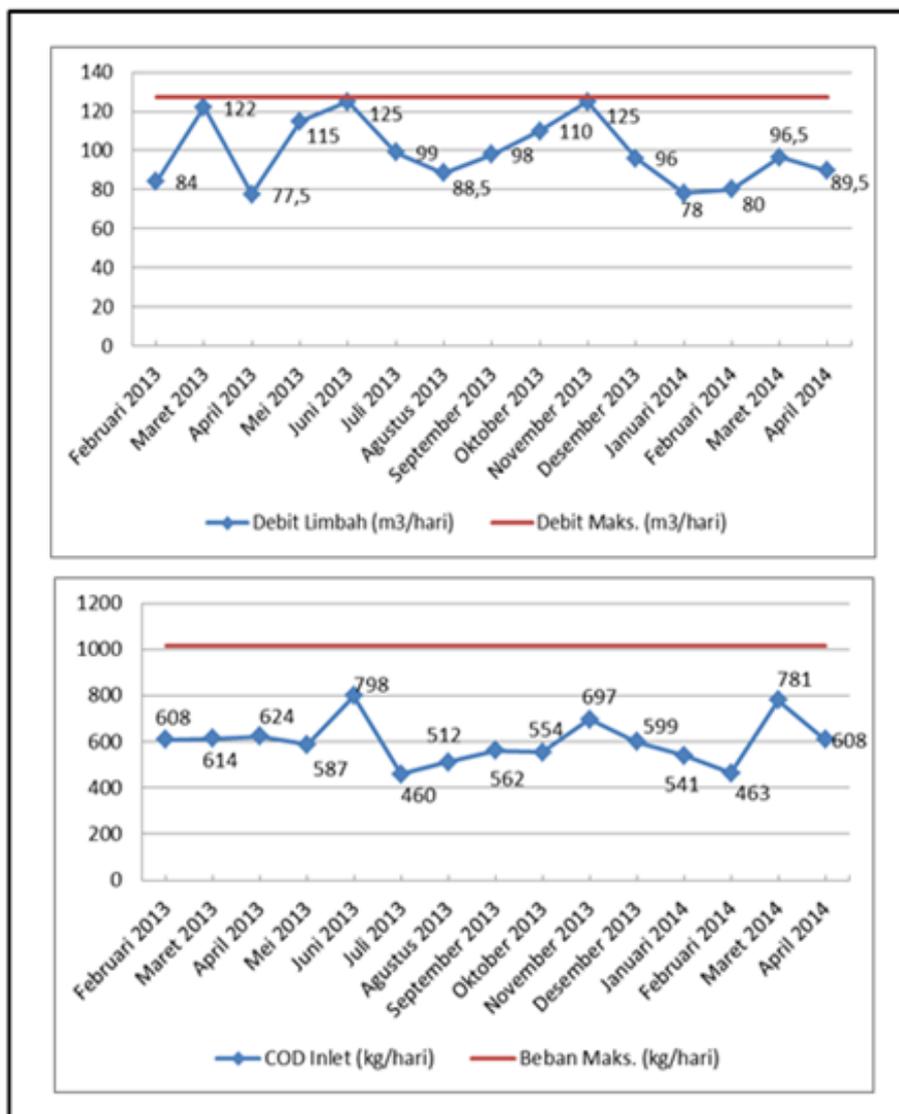
memenuhi standar baku mutu secara konsisten. Berdasarkan pengamatan di lapangan, diketahui bahwa perubahan debit air limbah sangat fluktuatif, sehingga menyulitkan proses optimalisasi kinerja IPAL. Gambar 1 juga memperlihatkan bahwa debit air limbah yang diolah berada pada batas atas dari desain kapasitas operasional IPAL. Oleh karena itu, pengurangan volume air limbah di PT XYZ diperlukan sejalan dengan penurunan konsentrasi air limbah melalui program *cleaner production*.

Komitmen PT XYZ untuk melakukan optimalisasi IPAL melalui penerapan *cleaner production* dimulai sejak awal tahun 2014. Program *cleaner production* dijalankan dengan melakukan pengurangan air limbah baik dari volume dan konsentrasi limbah (*chemical load*) yang dihasilkan mulai fokus dilakukan sejak bulan April 2014. *Cleaner production* ini dijalankan dengan melakukan perbaikan pada operasional atau proses dan teknologi atau fasilitas di bagian produksi dan bagian pendukung lainnya.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah: PT XYZ sudah melakukan perbaikan pada IPAL, namun kualitas air limbahnya masih belum memenuhi standar baku mutu, padahal apabila optimalisasi IPAL sudah diterapkan dengan tepat, baku mutu air limbah dapat terpenuhi dan perusahaan akan mendapatkan keuntungan secara ekonomi melalui penurunan biaya. Penerapan konsep eko-efisiensi di PT XYZ dilanjutkan dengan program *cleaner production*, yang sejalan dengan program untuk meningkatkan pengetahuan, sikap, dan perilaku pekerjanya.

Rumusan masalah tersebut menghasilkan pertanyaan penelitian: 1) Bagaimanakah pengaruh pelaksanaan program *cleaner production* pada kinerja IPAL?; 2) Berapakah besarnya penurunan biaya yang dihasilkan dari optimalisasi kinerja IPAL di PT XYZ melalui program *cleaner production* di area produksi?; 3) Berapakah rasio eko-efisiensi penggunaan air yang diperoleh dari pelaksanaan program *cleaner production*?

Adapun tujuan penelitian ini adalah: 1) Menganalisis pengaruh pelaksanaan program *cleaner production* pada kinerja IPAL; 2) Menganalisis besarnya penurunan biaya yang dihasilkan dari optimalisasi kinerja IPAL di PT XYZ melalui program *cleaner production* di area produksi; 3) Mengetahui besarnya rasio eko-efisiensi penggunaan air yang diperoleh dari pelaksanaan program *cleaner production*.



**Gambar 1.** Hasil Pemantauan Debit Limbah dan Beban COD Sebelum Program *Cleaner Production*

Hipotesis penelitian mengacu pada fakta-fakta dilapangan dan berdasarkan teori yang ada. Hipotesis yang diambil yaitu: pelaksanaan program *cleaner production* di area produksi yang dilakukan sejalan dengan peningkatan pengetahuan, sikap, dan perilaku pekerja dapat mengurangi biaya operasional perusahaan, serta dapat mengoptimalkan kinerja IPAL, menurunkan biaya dalam pengelolaan air limbah, dan menaikkan rasio eko-efisiensi.

**METODOLOGI**

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dan metode yang dipilih dalam penelitian ini adalah *mix method*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data kuantitatif dan kualitatif yang diperoleh dari

hasil pengamatan lapangan/observasi, kuesioner, dokumentasi, dan telaah pustaka/studi literatur. Selanjutnya untuk mengetahui korelasi parameter-parameter air limbah pada program *cleaner production* yang mempengaruhi kinerja IPAL, dilakukan uji statistik menggunakan teknik korelasi *bivariate* atau *Pearson Product Moment*.

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juni 2015 sampai dengan bulan November 2015. Terdapat dua populasi dalam penelitian ini:

1. Semua data pengecekan COD dan volume harian air limbah yang dihasilkan pada hari kerja aktif dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2015, yang terdiri atas: data COD dan volume air limbah yang menjadi *inlet* IPAL; data COD pada bak *equalisasi* IPAL; data

COD hasil pengolahan unit pemisahan padatan dan cairan/*Lamella* pada unit pengolahan kimia IPAL; dan data COD hasil pengolahan unit biologi IPAL. Pengambilan sampel ditentukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* dengan kriteria diambil selama kurun waktu 15 bulan dan diambil dalam sebuah rangkaian proses yang sama dalam satu hari. Data sebelum dilakukannya program *cleaner production* diambil untuk kurun waktu bulan Februari 2013 sampai dengan bulan April 2014; dan data sesudah dilakukannya program *cleaner production* diambil dalam kurun waktu bulan Mei 2014 sampai dengan bulan Juli 2015.

2. Populasi kedua adalah semua pekerja yang terlibat dalam proses produksi di area manufaktur (*mixing process*). Penentuan sampel ini dilakukan menggunakan metode *saturated sampling*, yaitu semua kelompok manajemen operator yang ada di area tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis Sumber dan Karakteristik Limbah Cair di PT XYZ

Limbah cair di PT XYZ, sebagian besar dihasilkan dari proses pencucian peralatan di area manufaktur dan mesin *filling* produksi. Air bilasan pertama pencucian peralatan biasanya masih mengandung produk dengan konsentrasi yang tinggi, dan air bilasan selanjutnya cenderung lebih kecil konsentrasi kandungannya. Seluruh air limbah yang dihasilkan pada proses produksi akan dialirkan ke bak penampungan untuk selanjutnya dipompa ke IPAL.

Limbah cair yang dihasilkan dari proses pencucian, mengandung senyawa-senyawa organik. Kandungan COD air limbah hasil proses pencucian di PT XYZ, antara lain:

- a. Sebagian besar adalah surfaktan (*surface active agent*). Surfaktan merupakan zat aktif permukaan yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan air, sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan. PT XYZ menggunakan jenis *Sodium Lauryl Sulphate* (SLS), yang merupakan deterjen jenis lunak, yang mudah dirusak oleh mikroorganisme [12].
- b. Jenis bahan baku lain yang mengandung lemak dan alkohol.

- c. Bahan *additives*, yang merupakan bahan tambahan untuk membuat produk lebih menarik dan hanya ditambahkan sedikit sekali jika dibandingkan dengan SLS. Biasanya bahan *additives* ini ditambahkan dengan maksud untuk komersialisasi suatu produk. Contoh yang biasa digunakan adalah enzim, *cellulose*, dan pewarna yang sebageian besar termasuk bahan *non-biodegradable*.

Program *cleaner production* di PT XYZ diawali dengan melakukan pendataan kandungan COD dan kandungan bahan kimia yang terkandung pada air limbah yang dihasilkan rata-rata per hari, untuk masing-masing area. Berdasarkan pendataan tersebut, diketahui bahwa 73% dari total beban/ konsentrasi bahan kimia pada air limbah yang masuk ke bak *equalisasi* IPAL berasal dari proses pencucian dan pembersihan peralatan di manufaktur (*mixing process*). Oleh karena itu, program *cleaner production* di PT XYZ akan efektif bila difokuskan pada area tersebut.

### B. Analisis Kinerja IPAL

Data sekunder air limbah yang diambil oleh peneliti sebelum dan sesudah dilakukannya program *cleaner production* selanjutnya diolah dengan menggunakan *Statistical Package Solution Service* (SPSS), dengan korelasi *bivariate/Pearson Product Moment*. Output yang diperoleh berupa 9 pasangan data yang berkorelasi secara signifikan sebelum dilaksanakannya program *cleaner production* dan 7 pasangan data yang berkorelasi secara signifikan setelah dilaksanakannya program *cleaner production*, seperti terlihat pada Tabel 1.

#### Analisis Sebelum Dilakukannya *Cleaner Production*

Berdasarkan hasil pengolahan SPSS, diketahui bahwa yang mempunyai pengaruh paling tinggi terhadap *outlet* IPAL adalah unit pengolahan kimia IPAL yang memberikan kontribusi sebesar 47%. Perbandingan nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) terhadap COD *inlet* air limbah di PT XYZ lebih kecil dari 0,4. Oleh karenanya, unit pengolahan kimia menjadi bagian yang sangat penting pada pengolahan air limbah di PT XYZ. Kualitas air limbah yang dihasilkan akan baik jika proses pengolahan unit pengolahan kimia berjalan efektif. Oleh karena itu, optimalisasi unit pengolahan kimia IPAL menjadi penting dilakukan jika ingin mengoptimalkan kinerja IPAL secara keseluruhan.

Hasil olahan SPSS juga memperlihatkan keterkaitan antar proses dalam hal kinerja *end of pipe technology* secara keseluruhan. Keberhasilan suatu unit proses akan menentukan keberhasilan proses selanjutnya. Apabila COD *input* IPAL rendah, maka kecenderungannya adalah COD hasil pengolahan unit kimia IPAL akan rendah, dan selanjutnya akan menurunkan COD *outlet*/keluaran proses unit biologi di PT XYZ. Berdasarkan hal inilah, maka program *cleaner production* penting dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja IPAL.

#### Analisis Setelah Dilakukannya *Cleaner production*

Hasil pengolahan SPSS memperlihatkan bahwa konsentrasi air limbah yang dihasilkan setelah pelaksanaan program *cleaner production* akan mempengaruhi kualitas air limbah pada *outlet* IPAL dan menentukan keberhasilan setiap rangkaian unit proses *end of pipe technology* yang ada. Apabila COD *input* IPAL rendah, maka COD hasil pengolahan unit IPAL juga menjadi lebih baik. Terlihat bahwa konsistensi pelaksanaan program *cleaner production* di area penghasil limbah perlu dijaga dan dikontrol setiap saat, sehingga air limbah yang masuk ke

IPAL dapat diolah secara optimal. Kinerja IPAL yang optimal diharapkan dapat menghasilkan keluaran air limbah yang memenuhi standar baku mutu.

Dua pasangan data yang tidak muncul setelah dilakukannya program *cleaner production* adalah korelasi volume *input* IPAL terhadap COD *input* IPAL dan korelasi volume *input* terhadap COD hasil pengolahan IPAL. Hal ini dapat terjadi dikarenakan ada jumlah minimal pengotor atau bahan kimia terlarut yang selalu terikut pada proses pencucian. Apabila pengurangan volume air limbah tidak lagi bisa diimbangi dengan pengurangan kadar bahan kimia yang terlarut pada air limbah, maka COD air limbah akan meningkat kembali. Perlu diperhatikan juga bahwa pengurangan volume air limbah di perusahaan yang berhubungan dengan proses pencucian juga mempunyai batas minimal. Batas minimal penggunaan air untuk proses pencucian ini dilakukan untuk memastikan peralatan bersih dan memenuhi standar "Cara Pembuatan Kosmetik yang Baik" (CPKB) atau standar *Good Manufacturing Practice* (GMP), yang tujuannya adalah untuk menghindari kontaminasi pada produk.

**Tabel 1.** Pasangan Data yang Mempunyai Korelasi yang Signifikan

No	Pasangan Data	Sebelum Pelaksanaan Program <i>Cleaner Production</i>		Setelah Pelaksanaan Program <i>Cleaner Production</i>	
		Sifat Korelasi	Interpretasi hasil Pengolahan SPSS	Sifat Korelasi	Interpretasi hasil Pengolahan SPSS
1	Nilai COD <i>inlet</i> IPAL dan COD pada bak <i>equalisasi</i> IPAL	Positif dan lemah	Ada faktor lain yang lebih mempengaruhi, yaitu pengkondisian pada bak <i>equalisasi</i>	Positif dan kuat	Penurunan COD <i>inlet</i> IPAL setelah optimalisasi pengkondisian bak <i>equalisasi</i> dan pelaksanaan program <i>cleaner production</i> , menentukan penurunan COD pada bak <i>equalisasi</i>
2	Nilai COD <i>inlet</i> IPAL dan COD hasil pengolahan unit kimia IPAL	Positif dan kuat	Kinerja dan hasil pengolahan <i>lamella</i> /unit kimia IPAL sangat ditentukan oleh nilai COD air limbah yang masuk ke dalam IPAL	Positif dan kuat	Kinerja dan hasil pengolahan <i>lamella</i> /unit kimia IPAL sangat ditentukan oleh nilai COD air limbah yang masuk ke dalam IPAL
3	Nilai COD <i>inlet</i> IPAL dan COD hasil pengolahan unit biologi IPAL	Positif dan lemah	Ada faktor lain yang lebih mempengaruhi penurunan COD <i>outlet</i> , yaitu COD hasil pengolahan unit kimia IPAL	Positif dan kuat	Pelaksanaan program <i>cleaner production</i> melalui penurunan COD <i>inlet</i> akan menentukan penurunan COD hasil pengolahan unit biologi IPAL dan kualitas pengolahan air limbah
4	Nilai COD pada bak <i>equalisasi</i> dan COD hasil pengolahan unit kimia IPAL	Positif dan kuat	Kinerja dan hasil pengolahan unit kimia IPAL sangat ditentukan oleh nilai COD air limbah yang ditampung pada bak <i>equalisasi</i>	Positif dan kuat	Kinerja dan hasil pengolahan unit kimia IPAL sangat ditentukan oleh nilai COD air limbah yang ditampung pada bak <i>equalisasi</i>
5	Nilai COD pada bak <i>equalisasi</i> dan COD hasil pengolahan unit biologi IPAL	Positif dan lemah	Ada faktor lain yang paling mempengaruhi unit biologi, yaitu hasil pengolahan unit kimia	Positif dan kuat	Konsentrasi COD bak <i>equalisasi</i> mempunyai COD yang hampir sama dengan COD air limbah yang masuk ke IPAL. Dengan demikian, hubungan korelasi yang kuat dari COD <i>inlet</i> akan terus berlanjut.

6	Nilai COD hasil pengolahan unit kimia IPAL dan COD hasil pengolahan unit biologi IPAL	Positif dan kuat	Pengolahan biologi akan semakin efektif dan mudah apabila pengolahan sebelumnya pada pengolahan kimia IPAL berjalan baik	Positif dan lemah	Lemahnya korelasi terjadi karena adanya batasan kemampuan <i>design</i> peralatan/ <i>lamella</i> pada unit pengolahan kimia IPAL setelah dilakukannya optimalisasi alat dan penggunaan bahan kimia yang diikuti dengan program <i>cleaner production</i>
7	Volume <i>inlet</i> air limbah dan nilai COD <i>inlet</i> IPAL	Negatif dan lemah	Semakin kecil volume air limbah, semakin besar COD-nya. Korelasinya bersifat lemah, karena ada faktor lain yang lebih mempengaruhi COD air limbah, yaitu kadar atau konsentrasi bahan kimia yang terlarut pada air limbah. Apabila volume air limbah dikurangi sejalan dengan pengurangan kadar bahan kimia yang terlarut pada air limbah, maka COD air limbah mungkin saja nilainya tetap	—	—
8	Volume <i>inlet</i> air limbah dan nilai COD pada bak <i>equalisasi</i>	Negatif dan lemah	Ada faktor lain yang ikut mempengaruhi COD pada bak <i>equalisasi</i> , yaitu COD air limbah <i>inlet</i> yang masuk ke IPAL	Negatif dan lemah	Ada faktor lain yang lebih mempengaruhi COD air limbah, yaitu kadar atau konsentrasi bahan kimia yang terlarut pada air limbah. Setelah program <i>cleaner production</i> dilakukan, volume air limbah dikurangi sejalan dengan pengurangan kadar bahan kimia yang terlarut pada air limbah, sehingga COD air limbah mungkin saja nilainya tetap
9	Volume <i>inlet</i> air limbah dan nilai COD yang keluar pada unit pengolahan kimia IPAL	Negatif dan lemah	Ada faktor lain yang lebih mempengaruhi COD keluaran unit kimia, yaitu COD air limbah <i>inlet</i> yang masuk ke IPAL	—	—

### Analisis terhadap Upaya yang Dilakukan untuk Mendukung Keberhasilan Program *Cleaner Production*

Kandungan COD dan volume air limbah yang masuk ke dalam bak *equalisasi* IPAL diturunkan dengan melakukan program *cleaner production*. Awal bulan Mei 2014, PT XYZ melakukan pemetaan limbah cair yang berasal dari semua area. Program ini, melalui 3 (tiga) cara, yaitu: 1) Perbaikan dan peningkatan peralatan/teknologi, serta optimalisasi proses produksi; 2) Perbaikan cara kerja atau yang biasa dikenal dengan *Ways of Working* (WOW); 3) Melakukan sosialisasi, penyuluhan, dan pelatihan mengenai pengelolaan limbah cair.

### Perbaikan dan Peningkatan Peralatan / Teknologi, serta Optimalisasi Proses Produksi

Upaya peningkatan teknologi dan fasilitas fisik di area produksi dilakukan dalam rangka untuk mengurangi beban dan konsentrasi air limbah yang masuk ke IPAL. Upaya ini antara lain dilakukan dengan:

1. Melakukan otomatisasi proses pencucian dari manual ke otomatis untuk beberapa mesin di area manufaktur dengan metoda *cleaning in place* (CIP), yaitu metode pencucian di tempat untuk proses pencucian sistem pemipaan, tangki penampungan maupun peralatan proses lainnya dengan tidak melakukan pembongkaran. Proses pencucian terutama dilakukan pada saat *Change Over Product* (COP). Otomatisasi proses pencucian saat COP akan menjadi lebih efisien dari segi waktu maupun pengontrolan volume air yang digunakan.
2. Melakukan perbaikan beberapa titik kebocoran yang ada di area manufaktur (*mixing process*). Titik kebocoran ini berada pada jaket *mixer*, sehingga air *cooling tower* yang digunakan untuk pendinginan produk selalu tumpah dan masuk ke saluran penampungan yang dialirkan ke IPAL. Volume air limbah dari area manufaktur (*mixing process*) yang masuk ke IPAL dapat berkurang dengan melakukan perbaikan fasilitas fisik di area ini.

3. Melakukan modifikasi pada mesin *filler* yang ada di *line* produksi, agar sisa produk pada akhir proses pengisian ke botol/proses *filling* dapat dikembalikan ke tangki penampungan di area manufaktur (*mixing process*). Produk yang dikembalikan ke area manufaktur (*mixing process*) dapat digunakan kembali menjadi campuran produk berikutnya dengan komposisi pencampuran yang telah divalidasi sebelumnya.
4. Mengubah proses manufaktur dari proses panas ke proses dingin sehingga tidak diperlukan proses pendinginan, sehingga tidak ada sumber kebocoran air, yang mengalir ke IPAL dan sekaligus menghematan energi.
5. Mengubah prosedur pencucian saat penggantian produk/*Change Over Product* (COP) di area manufaktur, dengan cara pelaksanaan sistem *Push Product on Product* (PPOP). Pada tahap produksi, pelaksanaan sistem PPOP merupakan salah satu cara mengurangi beban dan konsentrasi air limbah dengan tidak melakukan pencucian. Pencucian mesin tidak dilakukan jika mesin atau *line* manufaktur memproduksi produk yang sama ataupun produk dengan perubahan gradasi warna terang ke warna yang lebih gelap. Proses PPOP yang dilakukan di PT XYZ ini mendukung teori yang ada [11], yang menjelaskan bahwa produksi bersih pada proses produksi akan lebih efektif jika difokuskan pada perbaikan proses penggantian produk.

### Perbaikan Cara Kerja

Beberapa upaya yang telah dilakukan oleh PT XYZ untuk mengurangi COD dan volume air limbah yang masuk ke IPAL adalah:

1. Melakukan pemetaan dan validasi sumber air limbah. Berdasarkan pemetaan tersebut, diketahui bahwa limbah dari laboratorium QC termasuk dalam tiga penyumbang nilai COD tertinggi. Oleh karenanya limbah dari QC tersebut nantinya akan dipisahkan dan dikeluarkan melalui pihak ketiga. Selain itu, manufaktur (*mixing process*) menjadi area penyumbang volume limbah cair yang paling banyak. Sehingga dijadikan fokus area untuk pelaksanaan *cleaner production*;
2. Mengurangi volume dan konsentrasi air limbah. Beberapa upaya yang dilakukan adalah:
  - a) Dengan melakukan penanganan sisa produk atau material konsentrat yang tidak terpakai. Sisa produk atau material konsentrat yang masih layak pakai tetapi tidak memenuhi spesifikasi untuk dijadikan produk, dipisahkan dan dikumpulkan ke dalam wadah khusus, selanjutnya dijual kepada pemanfaat;
  - b) Mengurangi beban, konsentrasi, dan volume air untuk pencucian mesin. Upaya ini dilakukan mulai dari tahap perencanaan sampai dengan proses produksi.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Upaya Mengurangi Beban dan Konsentrasi Air Limbah dari Pencucian Mesin

No	Tahapan	Strategi	Upaya yang Dilakukan
1	Tahap Perencanaan	Membuat matriks <i>planning</i>	1. Menyusun <i>planning</i> yang efisien untuk produksi 2. Membuat batasan maksimum jumlah pergantian produk perhari
		Melakukan revisi untuk beberapa <i>batch card</i> /formula produk	Membuat <i>common base</i> /produk dasar yang sama untuk beberapa produk
2	Tahap Produksi	Membakukan prosedur pencucian saat penggantian produk/ <i>Change Over Product</i> (COP) di area manufaktur	Revisi prosedur pencucian alat saat penggantian produk

Matriks *planning* menjadi acuan bagian produksi untuk membuat produk. Semakin sedikit pergantian produk, semakin sedikit proses pencucian yang dilakukan, semakin sedikit material atau produk sisa yang terbuang, dan semakin sedikit pula waktu yang hilang untuk menghasilkan produk. Pada akhirnya, produktivitas produksi akan semakin meningkat.

### Melakukan Sosialisasi, Penyuluhan, dan Pelatihan Mengenai Pengelolaan Limbah Cair

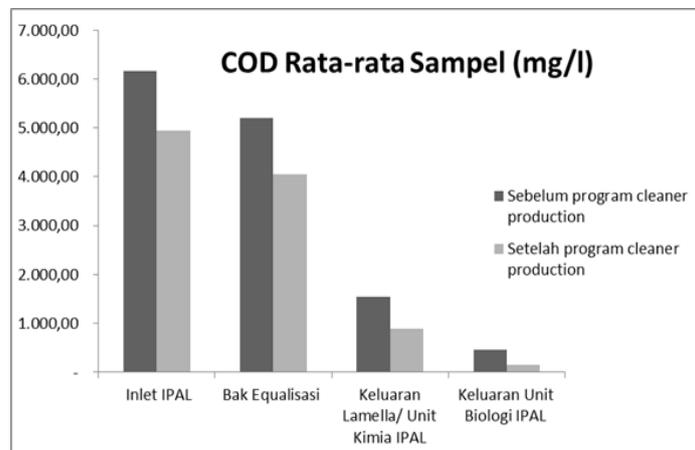
Perusahaan PT XYZ sudah mempunyai komitmen yang baik dalam pengelolaan lingkungan yang dituangkan dalam kebijakan perusahaan terkait dengan lingkungan. Kebijakan lingkungan yang dimiliki memang masih bersifat umum, namun sudah diturunkan ke dalam sebuah *master plan* yang lengkap. Acuan yang digunakan adalah panduan dari group yang merupakan target dari *shareholder* atau pemegang saham ditingkat global untuk melaksanakan salah satu program CSR (*Corporate Social Responsibility*) dibidang lingkungan untuk meminimalkan dampak negatif dari kegiatan industrinya. Komunikasi kepada pihak internal perusahaan untuk kebijakan perusahaan terkait lingkungan ini sudah dilakukan kepada semua karyawan, mulai dari level manajemen sampai level pekerja umum.

### D. Manfaat Pelaksanaan Program *Cleaner production* pada Kinerja IPAL

Perbandingan rata-rata untuk data sampel yang diambil setelah dilakukannya program *cleaner production*, memperlihatkan hasil pengolahan IPAL yang lebih baik. Berdasarkan paparan sebelumnya, diketahui bahwa PT XYZ menghadapi masalah pada pengolahan air

limbahnya. Hasil air limbah yang diolah dan keluar dari IPAL seringkali melampaui baku mutu yang dipersyaratkan. Air limbah yang dihasilkan sebagian besar berasal dari proses pencucian pada unit produksi, khususnya dari area *line* manufaktur (*mixing process*) yang menyumbangkan 73% beban kandungan bahan kimia ke dalam IPAL. Untuk mengurangi beban dan mengoptimalkan kinerja IPAL, PT XYZ melakukan program *cleaner production*. Berdasarkan data sampel yang diambil oleh peneliti, terlihat adanya perubahan dan manfaat positif dari pelaksanaan program *cleaner production*. Volume air limbah sampel rata-rata harian yang diambil menunjukkan penurunan dari 98,93 m<sup>3</sup> menjadi 54,77 m<sup>3</sup> setelah program *cleaner production* berlangsung. Demikian juga dengan nilai COD air limbah yang memperlihatkan penurunan jika dibandingkan antara sebelum dan sesudah pelaksanaan program *cleaner production*, seperti yang terlihat pada Gambar 2. Nilai COD inlet IPAL turun dari 6161,83 mg/l menjadi 4936,14 mg/l; COD pada bak *equalisasi*, dari 5193,89 mg/l turun menjadi 4045,13 mg/l; keluaran *lamella*/unit pengolahan kimia IPAL juga menjadi lebih baik, dari 1538,62 mg/l turun menjadi 891,45 mg/l setelah program *cleaner production*.

Hasil pengolahan IPAL yang sebelumnya melampaui baku mutu yang dipersyaratkan, yaitu rata-rata 458,70 mg/l turun menjadi 153,22 mg/l atau sebesar 67% setelah pelaksanaan program *cleaner production*. Kecenderungan yang diamati dari data hasil keluaran unit pengolahan biologi IPAL setelah program *cleaner production* memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

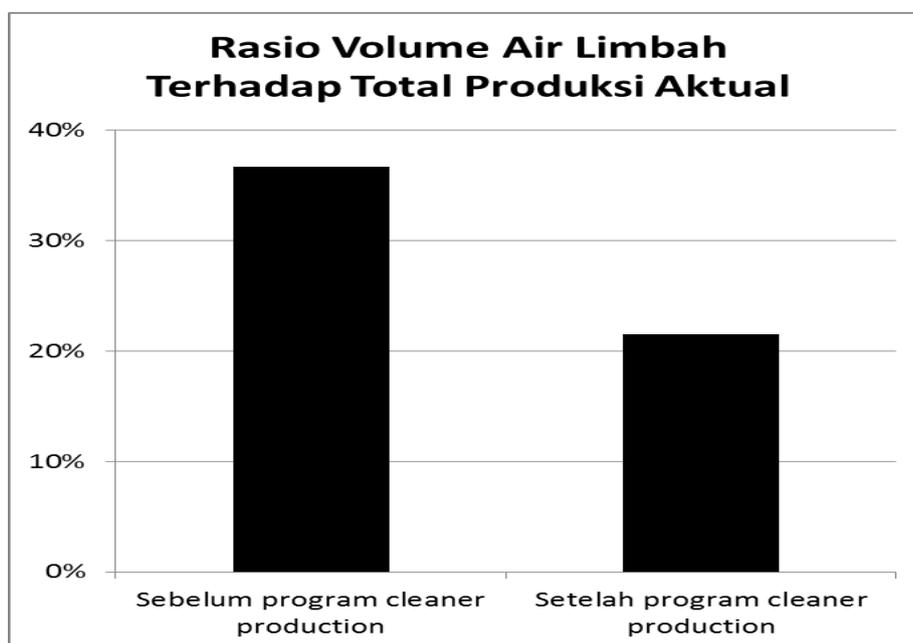


Gambar 2. Perbandingan COD Rata-rata Sampel Sebelum dan Sesudah Dilakukannya Program *Cleaner Production*

Hasil pengolahan data memperlihatkan adanya korelasi yang kuat dan signifikan untuk COD air limbah yang masuk ke dalam IPAL dengan COD air limbah yang keluar dari unit pengolahan kimia IPAL dan kualitas air limbah yang dihasilkan dari *outlet* IPAL. Semakin kecil COD dan volume yang terkandung pada air limbah, semakin baik juga optimalisasi kinerja IPAL dan semakin baik juga kualitas air limbah yang keluar dari unit pengolahan biologi.

Selanjutnya Gambar 3 dibuat untuk memperlihatkan adanya rasio penurunan volume

rata-rata air limbah yang dihasilkan terhadap total produksi di PT XYZ. Perbandingan terhadap total produksi ini perlu dilakukan, karena PT XYZ menghasilkan produk yang bermacam-macam, dan membutuhkan adanya pencucian mesin disetiap pergantian produk. Artinya, kenaikan total produksi akan menyebabkan kenaikan volume air limbah. Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa rasio volume air limbah terhadap volume produksi cenderung menurun setelah dilakukannya program *cleaner production*.



**Gambar 3.** Perbandingan Volume Rata-rata Air Limbah Sebelum dan Sesudah Dilakukannya Program *Cleaner Production*

Secara umum jika dihubungkan dengan rumus pengenceran, diketahui bahwa semakin sedikit volume air limbah yang dihasilkan, semakin meningkat pula konsentrasi air limbahnya. Oleh karena itu, penurunan volume air limbah di PT XYZ harus dilakukan sejalan dengan penurunan kandungan bahan kimia atau konsentrasi air limbahnya. Penurunan volume dan konsentrasi air limbah ini sangat tepat dilakukan dalam rangka menjalankan program *cleaner production*. Kedua hal ini akan memberikan manfaat positif kepada IPAL, yaitu mempermudah proses pengolahan dan pengoperasian IPAL.

#### E. Analisis Biaya Pengelolaan IPAL

Upaya *cleaner production* ini tidak hanya bermanfaat untuk mengurangi beban IPAL, tetapi juga berdampak pada penghematan biaya pengolahan air limbah. Dengan dikurangnya beban IPAL, proses pengolahan IPAL menjadi lebih baik, hasil olahan IPAL memenuhi baku mutu secara konsisten, perusahaan akan terhindar dari protes masyarakat sekitar, perusahaan tidak akan mendapatkan teguran/sanksi dari pemerintah, sehingga operasional perusahaan tidak terganggu. Artinya, biaya eksternal dapat dihindari dengan melakukan pengelolaan air limbah yang baik, sehingga dampak negatif dapat dihindari [13].

Selain mengurangi biaya eksternal, upaya *cleaner production* dapat menurunkan beban dan konsentrasi limbah sehingga biaya pengolahannya berkurang. Artinya, upaya *cleaner production* dapat mengurangi beban atau biaya pengeluaran perusahaan yang tidak perlu. Penurunan biaya ini dapat menaikkan keuntungan perusahaan, sehingga pada akhirnya meningkatkan daya saing perusahaan dengan perusahaan sejenis. Biaya pengelolaan air limbah terdiri atas biaya langsung dan tidak langsung. Namun peneliti hanya akan menganalisis melihat biaya langsung yang dibutuhkan.

### Biaya Langsung Pengolahan Air Limbah

Biaya langsung adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mengoperasikan IPAL dengan mengolah 1 m<sup>3</sup> air limbah. Biaya langsung yang dihitung di PT XYZ terdiri atas: a) Biaya pemakaian bahan kimia; b) Biaya pengelolaan *sludge* IPAL; c) Biaya operator yang mengelola IPAL.

Berdasarkan data resmi perusahaan, diperoleh informasi mengenai biaya pemakaian

bahan kimia sebelum dan sesudah dilakukannya program *cleaner production*. Semakin rendah konsentrasi COD air limbah yang akan diolah, semakin sedikit juga penggunaan bahan kimia yang dibutuhkan. COD air limbah yang diambil adalah COD air limbah pada bak equalisasi yang akan diolah di unit kimia IPAL.

Biaya pengelolaan *sludge* IPAL bersifat tetap, karena harganya ditentukan oleh pihak eksternal. Dengan penurunan volume air limbah, *sludge* yang dihasilkan juga akan berkurang. Berdasarkan data dari perusahaan, *sludge* IPAL yang dihasilkan berjumlah 3% dari air limbah yang diolah atau setiap 33,3 m<sup>3</sup> air limbah yang diolah, akan menghasilkan 1 ton *sludge*. Asumsi yang digunakan untuk memudahkan perhitungan adalah berat jenis air limbah dianggap sama dengan air.

Biaya operator yang mengelola IPAL juga bersifat tetap, karena tidak akan berubah dengan penurunan volume maupun kadar COD air limbah. Total perbandingan biaya pengolahan air limbah berdasarkan COD di IPAL dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Perhitungan Biaya Langsung IPAL untuk Pengolahan Air Limbah per-m<sup>3</sup>

	<b>Sebelum Program <i>Cleaner production</i></b>	<b>Setelah Program <i>Cleaner production</i></b>
COD bak <i>equalisasi</i> (mg/l)	5193,89	4045,13
Biaya pemakaian bahan kimia per-m <sup>3</sup> limbah yang diolah (Rp)	68.805	42.643
Biaya pengelolaan <i>sludge</i> IPAL per-m <sup>3</sup> limbah yang diolah (Rp)	31.588	31.588
Biaya operator (Rp)	22.497	22.497
<b>Total Biaya Langsung per-m<sup>3</sup> (Rp)</b>	<b>122.890</b>	<b>96.728</b>

(Sumber: Hasil Survei, 2015)

Berdasarkan Tabel 3 diketahui persentase penurunan biaya langsung pengoperasian IPAL berdasarkan penurunan beban/konsentrasi COD air limbah yang diolah adalah sebesar 21% untuk per m<sup>3</sup> air limbah yang diolah. Artinya, perusahaan mendapatkan penghematan biaya pengolahan air limbah sebesar 21% untuk setiap air limbah yang diolah dengan melakukan program *cleaner production*.

### F. Rasio Eko-efisiensi

Rasio eko-efisiensi yang dihitung oleh peneliti merupakan rasio pengaruh kinerja terhadap lingkungan. Unsur penyusun komponen nilai eko-efisiensi ini dihitung dari data beban *input* sumber daya pada penelitian ini, berupa volume air yang digunakan. Rumus yang digunakan adalah [14]:

$$\text{Rasio Eko - efisiensi} = \frac{\text{Produk yang dihasilkan}}{\text{Air yang Digunakan}} \dots\dots\dots (1)$$

Tabel 4 menunjukkan bahwa ada peningkatan rasio eko-efisiensi untuk penggunaan air, setelah dilaksanakannya program *cleaner production* di area produksi. Rasio eko-efisiensi naik sebesar 2%, dari 0,55 menjadi 0,56. Nilai 0,56 berarti bahwa perusahaan dapat menghasilkan 0,56 m<sup>3</sup> produk dari tiap 1 m<sup>3</sup> air yang digunakan. Nilai ini masih belum optimal, jika dibandingkan dengan nilai standar rasio eko-efisiensi untuk penggunaan air di perusahaan sejenis dengan PT XYZ, yaitu rasionya bernilai 1 (satu). Nilai standar 1 merupakan kontribusi dari :

- a. Rata-rata kandungan air pada produk sejenis seperti di PT XYZ adalah 70%.
- b. Selain air untuk bahan baku, pembuatan produk membutuhkan air untuk pencucian peralatan produksi dan kebutuhan *utility* sekitar 30% dari volume produk yang dihasilkan.

Berdasarkan kebutuhan air tersebut, dapat diketahui bahwa seharusnya 1 m<sup>3</sup> produk di PT XYZ dapat dibuat dari 0,7 m<sup>3</sup> air baku untuk produk dan 0,3 m<sup>3</sup> air untuk proses penunjang.

**Tabel 4.** Perhitungan Rasio Eko-efisiensi

Kondisi	Rata-rata Produksi Perhari (m <sup>3</sup> )	Rata-rata Penggunaan Air Perhari (m <sup>3</sup> )	Rasio Eko-efisiensi
Sebelum program <i>cleaner production</i>	269,61	492,03	0,55
Setelah program <i>cleaner production</i>	254,80	458,12	0,56

(Sumber: Hasil Penelitian, 2015. Telah diolah kembali)

Nilai rasio eko-efisiensi dari kinerja lingkungan yang bernilai <1 ini mengindikasikan bahwa *cleaner production* dalam hal penghematan penggunaan air di PT XYZ belum maksimal. Peneliti melihat bahwa perusahaan baru fokus pada upaya pelaksanaan program *cleaner production* untuk mengurangi timbulan air limbah dari area produksi saja.

**G. Tingkat Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku Pekerja dalam Pelaksanaan Program Cleaner Production**

Tingkat rata-rata pengetahuan, sikap, dan perilaku untuk level manajemen dan operator saat ini diketahui sudah sangat baik. Nilai untuk level manajemen dan level operator berturut-turut adalah: tingkat pengetahuan sebesar 89% dan 76%; tingkat sikap sebesar 89% dan 79%; tingkat perilaku sebesar 94% dan 76%. Pengetahuan, sikap, dan perilaku pekerja PT XYZ sangat baik pada kondisi telah diterapkannya program *cleaner production* di area produksi dan optimalisasi kinerja IPAL. Hal ini memperkuat pendapat yang mengatakan bahwa pengetahuan, sikap, dan perilaku dari

pekerja dapat mempengaruhi keberhasilan suatu program yang dilakukan oleh perusahaan [11].

Ada kecenderungan nilai pengetahuan lebih rendah atau sama dengan nilai sikap dan perilaku. Peneliti mencoba untuk melakukan pengamatan langsung dan mengumpulkan informasi di lapangan. Peneliti menduga masih banyak perilaku yang dilakukan oleh pekerja lebih karena paksaan atau dorongan yang sifatnya dari atasan ke bawahan (*top to down*). Perilaku seperti ini belum tentu bertahan lama dan konsisten, sehingga perlu lebih ditingkatkan upaya berupa diskusi, partisipasi, maupun pemberian informasi kepada karyawan [15]. Diharapkan program *cleaner production* benar-benar dapat menjadi budaya dan nilai yang tertanam pada setiap karyawan di PT XYZ.

Secara umum, program *cleaner production* yang dilakukan oleh PT XYZ ini juga mendukung beberapa dari 17 tujuan global yang diharapkan dari *Sustainable Development Goals* (SDGs), antara lain:

- a. Tujuan nomor enam dari SDGs, yaitu air bersih dan sanitasi.

Dengan naiknya rasio eko-efisiensi penggunaan air, artinya perusahaan telah berusaha untuk menjamin ketersediaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan.

- b. Tujuan nomor dua belas dari SDGs, yaitu konsumsi dan produksi bertanggung jawab.

Dengan melakukan program *cleaner production*, maka perusahaan telah melakukan pola produksi yang baik. Walaupun PT XYZ belum menerapkan konsep *eco-labelling* secara menyeluruh pada semua produknya, namun dengan upaya pengurangan limbah dari sumbernya yang dilakukan melalui perbaikan proses produksi, dapat memberikan jaminan kualitas produk kepada konsumennya. Selain itu, penerapan *cleaner production* di PT XYZ juga memberikan manfaat positif tidak hanya bagi perusahaan, tetapi juga bagi lingkungan sekitar. Hal ini menolak pendapat yang menyatakan bahwa upaya yang dilakukan oleh industri untuk mengatasi dampak negatif terhadap lingkungan lebih mengarah kepada upaya menghilangkan sebanyak mungkin limbah dari lokasi pabrik tanpa mepedulikan bentuk akhir dari limbah tersebut di luar pabrik [16].

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pelaksanaan program *cleaner production* di area produksi dapat mengoptimalkan kinerja IPAL, sehingga *outlet* IPAL memenuhi baku mutu.
2. Tingkat rata-rata pengetahuan, sikap, dan perilaku untuk level manajemen dan operator di PT XYZ dalam pelaksanaan program *cleaner production* di area produksi saat ini sudah sangat baik.
3. Melalui pelaksanaan program *cleaner production* di area produksi dan optimalisasi kinerja IPAL, biaya langsung untuk pengolahan air limbah di PT XYZ menurun sebesar 21% untuk per m<sup>3</sup>-nya berdasarkan penurunan beban COD.
4. Rasio eko-efisiensi di PT XYZ meningkat sebesar 2% dengan pelaksanaan program *cleaner production*.

Secara umum disimpulkan bahwa PT XYZ yang merupakan industri sabun, kosmetik, dan bahan pembersih rumah tangga, dapat melakukan optimalisasi pengolahan air limbah di IPAL melalui program *cleaner production* di area

produksi. Selanjutnya pengurangan biaya pengolahan air limbah dan kenaikan rasio eko-efisiensi dari penggunaan air dapat diperoleh dengan dukungan dari pekerja yang mempunyai tingkat pengetahuan, sikap, dan perilaku yang sangat baik.

## SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan, keterbatasan, dan kesimpulan penelitian, maka disarankan beberapa hal berikut:

1. Program *cleaner production* sebaiknya diterapkan untuk semua area, tidak hanya di area produksi, namun juga untuk bagian *utility*, *office*, dan area pendukung lainnya.
2. *Cleaner production* belum menjadi istilah yang umum untuk karyawan di PT XYZ. Sebagian besar responden sudah melakukannya, namun mereka tidak menyadari bahwa upaya yang telah dilakukan tersebut merupakan bagian dari program *cleaner production*. Manajemen yang bertanggung jawab terhadap lingkungan perlu melakukan upaya yang lebih intensif terkait program kampanye lingkungan. Perlu adanya sosialisasi mengenai semua program perusahaan terkait lingkungan, terutama untuk program *cleaner production* sampai ke level yang paling bawah dengan bahasa yang sederhana, sehingga mudah dimengerti dan dipahami.
3. Pengusaha perlu mengkaji potensi untuk melakukan *recycle* air limbah untuk keperluan *utility*, sehingga dapat mengurangi biaya dan sekaligus melakukan upaya menghemat sumber daya air.
4. Perusahaan sebaiknya membuat revisi untuk neraca air yang ada secara lebih detail. Hal ini diperlukan agar perusahaan bisa memantau dan melihat potensi pengurangan penggunaan air di masa mendatang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Mahaesa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains Ilmu Lingkungan program studi Ilmu Lingkungan pada program Pascasarjana Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa,

tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, M.Si., sebagai ketua Program Studi Ilmu Lingkungan dan selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, bantuan, nasihat, motivasi, dan petunjuk dalam penyusunan tesis ini;
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Roekmijati Widaningroem Soemantojo, M.Si., selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, nasihat, dan arahan untuk menyelesaikan tesis ini;
3. Ibu Dr. Hayati Sari Hasibuan, ST, MT., selaku sekretaris Program Studi Ilmu Lingkungan beserta seluruh staf administrasi dan akademik Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia yang telah membantu kelancaran penulis semasa studi (*Mas Azhar, Mbak Wezia, Mbak Pricil, Mbak Pipit, Mas Juju, Mbak Sri, Mas Nasrullah dan Ibu Irna*);
4. Pihak PT XYZ, yang telah membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan;
5. Kepada suami tercinta Rendra Kurniawan, ST, anak-anakku tersayang, Rafi Yudha Wirawan dan Rifqaila Yasmin Thufailah, serta orangtua tercinta yang telah banyak memberikan semangat, cinta, dorongan, doa, bantuan, serta pengertian atas waktu yang terbagi untuk kuliah;
6. Bapak Ir. Erie Hartono, MM., selaku atasan yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi, memberikan bantuan, nasihat, dorongan, dan masukan yang membangun;
7. Teman-teman Angkatan 33A khusus, Angkatan 32B khusus, Angkatan 33B khusus yang telah memberikan dukungan moral;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Zulkifli, A. (2014). *Pengelolaan Limbah Berkelanjutan*. Cetakan Pertama. Jakarta: Graha Ilmu.
2. Durai, D. C., & Singaravelu, K. (2013). Rural Consumer Behaviour on Fast Moving Consumer Goods. *International Journal of Development Research*, 3, 073-075.
3. KLH. (2014). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta.
4. Miller Jr., & Spoolman, S. E. (2012). *Living in the Environment*. Seventeenth Edition. USA: Brooks/Cole, Cengage Learning.
5. Capra dalam Keraf, A. S. (2014). *Filsafat Lingkungan Hidup, Alam Sebagai Sebuah Sistem Kehidupan, Bersama Fritjof Capra*. Cetakan Pertama. Yogyakarta: Kanisius.
6. Soemarwoto, O. (2004). *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Edisi Kesepuluh. Jakarta: Djambatan.
7. Mol and Gee, 1999 dalam Levidow, L., Jorgensen, P. L., Nilsson, A., Skenhall, S. A., & Assimacopoulos, D. (2015). Process Eco-Innovation: Assessing Meso-Level Eco-Efficiency in Industrial Water-Service System. *Journal of Cleaner production*, xxx, 1-12.
8. BAPEDAL, 1995 dalam Soemantojo, R.W. (1997). *Pengelolaan Limbah*. Diklat Penyelenggaraan Pendidikan Percepatan Insinyur Program Studi Teknik Gas dan Petrokimia. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
9. Environmental Protection Agency. (1997). *Waste Water Treatment Manuals, Primary, Secondary and Tertiary Treatment*. Ireland: Environmental Protection Agency.
10. Eckenfelder Jr., W. W. (2000). *Industrial Water Pollution Control*. Third edition. California: McGraw-Hill, Inc.
11. Berkel, R. van. (2007). Cleaner production and Eco-Efficiency Initiatives in Western Australia 1996-2004. *Journal of Cleaner production*, 15, 741-755.
12. Widiyani, P. (2010). *Dampak dan Penanganan Limbah Deterjen*. Skripsi. Bogor: Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor.
13. Suparmoko, M., dan Irawan, M. (2014). *Ekonomika Pembangunan*. Edisi Keenam, Cetakan Kelima. Yogyakarta: BPF.
14. Verfaillie, H. A., and Bidwell, R. (2000). *Measuring Eco-efficiency, A Guide to Reporting Company Performance*. First Edition: World Business Council for Sustainable Development
15. Pruss, Giroult, & Rushbrook, 1999 dalam Maharani, Z. (2012). *Kajian Pengelolaan dan Minimasi Limbah Padat Non Medis Rumah Sakit Dr. Cipto Mangunkusumo*

*Jakarta. Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana Universitas Indonesia, Jakarta.*

16. Dadang, B. M. (2005). *Pengembangan Eko-Industrial Sebagai Alternatif Pengelolaan Lingkungan Industri. Tesis. Jakarta: Program Studi Ilmu Lingkungan.*