

ANALISIS EKOEFISIENSI DAUR ULANG AIR LIMBAH MESIN WASHING IP DI PT X

Astrid Carolina¹, Yusriani Sapta Dewi²

¹ Teknik Lingkungan; Universitas Satya Negara Indonesia; Jakarta

² Teknik Lingkungan; Universitas Satya Negara Indonesia; Jakarta

Correspondent author: astridcrlna@gmail.com

yusrianisaptadewi@usni.ac.id

Diterima : 28 Agustus 2023	Revisi : 13 September 2023	Disetujui : 8 Oktober 2023	Diterbitkan: 30 Oktober 2023
-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	---------------------------------

Abstract

The amount of water usage is not comparable to the amount flowed to WWTP due to the remote location and indications of leaks in the wastewater piping system, so an ecoefficient analysis of wastewater recycling of IP washing machines at PT X is needed. The type of data in this study consists of primary and secondary data. The primary data needed are the amount of clean water usage per machine, the amount of wastewater generation, and the effluent quality of wastewater. The results showed that the efficiency process was carried out by analyzing clean water usage, measuring wastewater generation, calculating the cost of using clean water and wastewater treatment costs, as well as measuring effluent quality on color parameters and TDS. It is obtained that the effluent quality results still meet government regulatory standards, so that it can be used as raw water in applying wastewater recycling, and wastewater can be flowed directly through sand filter media and carbon filters contained in IP plants, without being treated first at wastewater treatment plants. The amount of savings in implementing ecoefficiency in reducing groundwater use is 87% or 2331.8 m³ / month from the use of IP washing process water and wastewater treatment cost savings of Rp 3,807,370 / month.

Keywords: Ecoefficiency, IP Washing, Recycling

PENDAHULUAN

Berkembang pesatnya perindustrian di Indonesia membawa dampak yang signifikan dari segi perekonomian dan teknologi, salah satunya adalah industri manufaktur sepatu. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat pada tahun 2021 ekspor sektor alas kaki (sepatu) mengalami kenaikan sebesar 38% atau setara dengan 63.300 ton dari tahun 2020. Seiring dengan itu, perindustrian juga membawa dampak negatif terhadap lingkungan yaitu dalam penggunaan sumberdaya alam serta limbah yang dihasilkan dari kegiatan proses produksi. Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar lingkungan. Selain aktivitas alam, hampir seluruh aktivitas manusia juga berpotensi menghasilkan logam berat sebagai efek samping (Dewi, 2022). Beberapa industri termasuk manufaktur sepatu telah melakukan usaha pengurangan air limbah melalui perancangan proses kegiatan produksi yang lebih efektif dan efisien. Meningkatnya efisiensi produksi akan meminimalkan material yang terbuang yang diikuti dengan menurunnya biaya produksi dan dampak terhadap lingkungan. Manajemen bisnis yang memadukan keunggulan keterkaitan efisiensi lingkungan dan efisiensi ekonomi disebut ekoefisiensi (Soemarwoto, 2004).

Eko-efisiensi merupakan strategi yang mengkombinasikan konsep efisiensi ekonomi dan konsep efisiensi ekologi berdasarkan prinsip efisiensi penggunaan sumber daya alam (Sari et al., 2011). Menurut kamus Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, ekoefisiensi didefinisikan sebagai suatu konsep efisiensi yang memasukkan aspek sumber daya alam dan energi atau suatu proses produksi yang meminimalkan pemakaian bahan baku (air dan energi) serta dampak lingkungan per unit produk. Sehingga, ekoefisiensi dapat diartikan sebagai strategi dalam menghasilkan suatu produk, dengan sedikit penggunaan sumber daya alam dan tetap menjaga keseimbangan ekologi. Singkatnya, ekoefisiensi berhubungan dengan menciptakan nilai lebih dengan

dampak yang sedikit, dan digunakan sebagai strategi manajemen yang memadukan kinerja lingkungan dan ekonomi (WBCSD, 2006). Menurut Rizal (2010), komponen lingkungan dan parameter yang dapat digunakan untuk mengukur keefisiensi dari suatu aktifitas kegiatan industri antara lain adalah jumlah pemakaian air (jumlah total air bersih yang dikonsumsi selama proses manufaktur dan jumlah total air bersih yang dikonsumsi selama produk barang digunakan oleh pengguna produk) dan nilai ekonomi (Biaya rata-rata daur hidup material pada proses industri dan manufaktur). Ehrenfeld (2005), salah satu metode analisis keefisiensi yang dapat digunakan adalah metode analisis biaya untuk melihat perbandingan biaya penggunaan sumber daya yang diharapkan dengan upaya desain atau saran yang telah dirancang. Gtz ProLH (2007) mengkaji bahwa tata kelola yang baik dapat meningkatkan efisiensi ekonomi dalam mendapatkan keuntungan bagi perusahaan, serta meningkatkan kinerja lingkungan yang lebih baik dengan mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan industri.

Injection molding adalah proses pembentukan plastic dengan cara melelehkan plastic tersebut ke dalam sebuah cetakan dengan sistem injeksi. Bahan plastic yang digunakan dalam pembuatan midsole phylon adalah EVA (Ethylene vinyl acetate). Teknik injection molding mempermudah proses pembentukan sesuai dengan desain yang diinginkan. Menurut Wahyudi (2015), injection molding didefinisikan sebagai suatu proses pembentukan benda atau produk dari bahan plastic dengan bentuk atau ukuran dalam suhu tertentu dengan gaya tekan menggunakan alat berupa cetakan. Mesin ini terdiri dari mold clamp unit, injection unit, dan molding unit. Mold clamp unit berfungsi sebagai penekam dua bagian mold, agar mold tetap dalam keadaan tertutup, dan juga digunakan sebagai penahan tekanan injeksi saat proses berlangsung. Injection unit berfungsi untuk melumerkan dan sebagai jalan material plastic ke dalam mold. Kemudian mold unit memiliki fungsi yang sangat kritical yaitu untuk membentuk atau mencetak produk plastic dalam proses injeksi. Setelah proses injeksi pembuatan midsole selesai, phylon akan di alirkan ke mesin pencucian untuk menghilangkan minyak atau kotoran yang berada pada mold saat proses injeksi berlangsung.

PT X merupakan salah satu manufaktur yang memproduksi sepatu olahraga yang berlokasi di provinsi Banten. PT X telah menerapkan metode daur ulang air limbah sejak tahun 2011 yang digunakan untuk keperluan *flushing* toilet dan proses produksi. Hal ini dilakukan mengingat jumlah kebutuhan air bersih sangat banyak yaitu 13.297 m³/bulan dan juga banyaknya air limbah yang dihasilkan dari kegiatan domestik dan proses produksi. Proses produksi yang membutuhkan banyak air berasal dari proses pencucian produk dan pencucian alat kerja. Pada proses produksi *Injection Phylon* (IP) terdapat mesin pencucian *midsole* yang menggunakan air secara berkelanjutan selama 24 jam dalam jam operasional atau sebesar 2683.3 m³/bulan berdasarkan data pencatatan meteran air yang dimiliki Perusahaan. Jumlah pemakaian air pada proses ini tidak sebanding dengan jumlah yang dialirkan ke WWTP dikarenakan lokasi yang jauh dan adanya indikasi kebocoran pada sistem perpipaan air limbah. Hal ini memungkinkan terjadinya pencemaran lingkungan serta menyebabkan volume air yang di daur-ulang tidak maksimal dan tidak efisien, sehingga dibutuhkan penelitian mengenai analisis keefisiensi daur ulang air limbah mesin *washing* IP di PT X

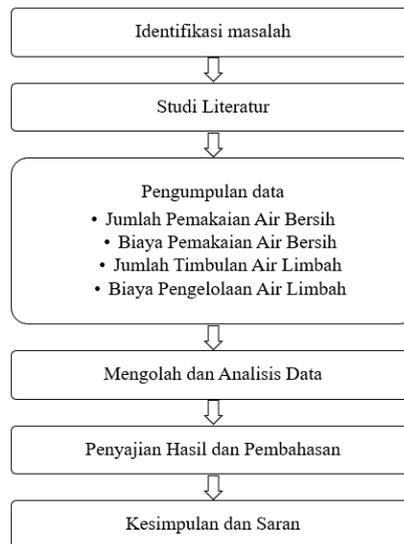
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif dengan metode pengumpulan data secara observasi. Analisis deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran dan identifikasi penggunaan air bersih yang akan dikaji berdasarkan konsep

ekoefisiensi. Metode pengumpulan data digunakan untuk perhitungan penggunaan air bersih, biaya penggunaan air bersih, jumlah timbulan air limbah, biaya pengelolaan air limbah, dan rasio ekoefisiensi

Diagram Alir

Berikut merupakan diagram alur dari aktivitas penelitian, tertera pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir Aktivitas Penelitian

Jenis data dalam penelitian ini, terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dengan melakukan pengukuran dan observasi terhadap obyek yang di teliti. Data primer yang dibutuhkan adalah jumlah pemakaian air bersih setiap mesin, jumlah timbulan air limbah, dan kualitas efluen air limbah. Sedangkan data sekunder dikumpulkan dari dokumen dan referensi yang telah ada. Data sekunder yang dibutuhkan adalah data profil perusahaan, jam operasional IP, data biaya pemakaian air bersih, data metode daur ulang air limbah yang sudah ada, data unit pengolahan air limbah yang sudah ada, dan data biaya pemakaian bahan kimia dalam unit IPAL

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data primer dengan menggunakan perlengkapan, seperti :

1. Meter air yang sudah terpasang untuk melihat kebutuhan air bersih pada seluruh mesin *washing* IP.
2. Gelas ukur plastik 1000 ml, sebagai wadah untuk mengukur debit air yang keluar pada setiap mesin.
3. *Stopwatch*, untuk menghitung waktu aliran.
4. Meteran gulung 3 meter, untuk mengukur kapasitas tangki.
5. Botol sampel sebagai wadah sampel
6. Spektrofotometer DR 3900 HACH, untuk mengukur warna pada kualitas air limbah mesin

Prosedur pengukuran timbulan air limbah pada setiap mesin dilakukan sebagai

berikut :

1. Melakukan pengambilan sampel air limbah IP yang sudah dihomogenkan
2. Air sampel dikirim ke laboratorium internal PT X untuk mengetahui kualitas TDS dan warna sampel
3. Efluen air limbah pada setiap mesin di alirkan ke dalam gelas ukur plastik 1000 ml, dan dicatat waktu alirannya sampai wadah tersebut penuh.
4. Prosedur pertama dilakukan 10 kali pengulangan pada setiap mesin untuk mendapatkan nilai rata-rata.
5. Dilakukan pengukuran debit untuk mengetahui timbulan air limbah

Analisis Data

Analisis data menggunakan pendekatan metode kuantitatif. Data dari hasil observasi atau pengukuran diambil dalam bentuk angka dan grafik, yang menunjukkan jumlah pemakaian air bersih, jumlah efluen air limbah, dan kualitas efluen air limbah. Perhitungan efisiensi biaya dapat dievaluasi menggunakan rumus berikut (Soeparman & Suparmin, 2002) :

$$\text{Efisiensi (x)} = \frac{\text{inlet cost} - \text{outlet cost}}{\text{inlet cost}} \times 100\%$$

Persamaan di atas digunakan untuk menentukan tingkat efisiensi yang dapat dikelompokkan sebagai berikut dalam standar yang digunakan oleh Badan Litbang Depdagri RI 1991 (dalam Budiani N W, 2017) :

- Tidak efisien : $x \leq 20\%$
- Kurang efisien : $20\% < x \leq 40\%$
- Cukup efisien : $40\% < x \leq 60\%$
- Efisien : $60\% < x \leq 80\%$
- Sangat efisien : $x > 80\%$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengamatan Penggunaan Air

Air merupakan peranan penting dalam proses produksi maupun non produksi. PT X menggunakan air sumur bawah tanah dan air hasil olahan WTP sebagai sumber air bersih dalam semua proses kegiatan yang berlangsung. Pada plant IP, air bersih yang telah terkumpul di dalam tandon air, akan di alirkan terlebih dahulu melewati *sand filter* dan *carbon filter* untuk proses penyaringan dalam menghilangkan partikel padat dalam air melalui media berpori dengan diameter butiran dan ketebalan tertentu (Rahmawati, 2009). Penyaringan ini juga berfungsi untuk menjaga kualitas dalam proses pencucian midsole, dan menghindari timbulnya warna kekuningan pada produk. Kemudian, air yang telah melewati proses penyaringan ditampung pada tandon kedua dan selanjutnya dialirkan ke setiap mesin melalui bantuan pompa sentrifugal. Jumlah penggunaan air bersih yang digunakan sebagai input mesin washing IP, di hitung berdasarkan pencatatan meteran air selama 5 hari dan di didapatkan jumlah sebesar 2683.3 m³/bulan untuk pemakaian air bersih seluruh mesin washing IP.

2. Hasil Pengukuran Efluen Air Limbah

Terdapat 7 mesin pencucian *phylon* yang masing masing dibedakan dengan nama mesin *washing* 1, 2, 3, auto UV, dan mesin UV 1, 2, 3. Mekanisme pencucian dilakukan dengan cara pencelupan produk atau komponen midsole kedalam mesin conveyor

dengan durasi 10 menit, sehingga dari proses ini terbentuk timbulan air limbah yang akan di teliti. Jumlah timbulan air limbah diperoleh dari pengukuran efluen setiap mesin selama 5 hari berturut-turut dengan 10 kali pengulangan, menggunakan rumus perhitungan yang tercantum pada teknik pengolahan data dengan satuan m^3 /hari dan ditambah dengan dengan kapasitas tangki penyimpanan air di dalam mesin sebagai pengukuran pada saat dilakukan pengurasan. Untuk mesin washing 1,2,3 memiliki 3 tangki berbentuk persegi panjang dengan volume 947.38 liter, mesin auto UV hanya memiliki 2 tangki dengan volume 547.47 liter, dan mesin UV 1,2,3 juga hanya memiliki 2 tangki dengan volume 560.7 liter. Sehingga, hasil perhitungan timbulan air limbah per bulan dapat dilihat pada tabel 2 didapatkan hasil perhitungan pada tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Pengukuran Timbulan Air Limbah

	Timbulan per Mesin (m^3 /hari)	Kapasitas tangki (L)	Timbulan per Hari (m^3 /hari)
Washing 1	19,3	947,38	83,5
Washing 2	16,6	947,38	83,5
Washing 3	24,1	947,38	83,5
Auto UV	11,5	547,47	83,1
UV 1	1,9	560,70	83,1
UV 2	4,2	560,70	83,1
UV 3	5,1	560,70	83,1
Timbulan Air Limbah (m^3 /minggu)			583,0
Timbulan Air Limbah (m^3/bulan)			2331,8

Pada tabel 1 jumlah timbulan mesin washing per hari yaitu $82.6 m^3$ /hari dan setelah adanya faktor pengurasan terdapat kenaikan sebesar 0.5 dan 0.9 m^3 /hari nya. Berdasarkan perhitungan pada tabel 2, total timbulan air limbah yang dihasilkan diseluruh mesin washing IP yaitu 2331.8 m^3 /bulan. Metcalf and Eddy (dalam Nurhidayanti & Khawari, 2020) mengatakan bahwa, penentuan jumlah air limbah di dapatkan dari besarnya penggunaan air bersih dengan memperhatikan faktor kehilangan air, dimana jumlah air limbah sama dengan 80% dari pemakaian air bersih. Jika dibandingkan dengan hasil pencatatan pemakaian air bersih, maka hal ini telah sesuai karena 87% dari 2683.3 m^3 telah menjadi air limbah atau setara dengan 2331.8 m^3

3. Proses Pengolahan Air Limbah

Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan atau mesin pencucian phylon dikumpulkan sementara di bak pengumpul sebelum di alirkan menuju IPAL. Terdapat 4 bak pengumpul yang menampung air limbah dari 7 mesin pencucian phylon. Bak pengumpul ini bertujuan untuk menurunkan suhu air limbah dari 380C menjadi 340C. Bak ini berbentuk persegi panjang yang dilengkapi dengan rangkaian kontrol level air dan pompa, ketika ketinggian air sudah menyentuh rangkaian tersebut, maka air limbah secara otomatis dialirkan ke bak pengumpul selanjutnya, dan kemudian mengalir menuju IPAL. PT X memiliki 11 bak pengumpul yang digunakan sebagai media kontrol aliran air limbah yang berasal dari setiap sumber, serta digunakan untuk menghindari terjadinya perubahan secara tiba-tiba yang dapat mengganggu proses keseimbangan mikroorganisme dalam proses pengolahan air limbah (shock loading). Proses pengolahan air limbah di PT

ini terdiri dari 3 proses yaitu, fisika, biologi, dan kimia. Pada limbah kantin, air limbah terlebih dahulu melewati unit grease trap untuk mencegah lemak dan minyak masuk ke unit pengolahan IPAL. Setelah itu, air limbah domestik dan air limbah produksi yang berasal dari setiap sumber, akan mengalir ke bak pengumpul secara berkelanjutan, menuju bak pengumpul lainnya dan kemudian mengalir menuju IPAL.

4. Proses Penerapan Metode Daur Ulang Air Limbah

Dalam memenuhi kebutuhan air untuk kegiatan domestik dan produksi, pada awalnya PT X menggunakan air tanah sebagai sumber utama air bersih, namun karena adanya tuntutan dari pihak buyer untuk melakukan pengurangan penggunaan air tanah, maka pada tahun 2011 PT X membangun instalasi pengolahan air bersih (WTP) dengan kapasitas 850 m³, dan sejak saat itu mulai diterapkan metode daur ulang air limbah. Metode ini dilakukan dengan memanfaatkan 100% efluent yang dihasilkan dari IPAL serta memanfaatkan air hujan, dan juga air bekas cuci tangan, yang digunakan sebagai air baku dalam proses pengolahan air bersih (WTP). Proses daur ulang hanya melibatkan tahap penyaringan dan disinfeksi dalam menghilangkan zat-zat pencemar, karena 80% sumber air baku berasal dari efluent ipal yang telah diolah dan memenuhi kriteria desain untuk diolah menjadi air bersih sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No.32 Tahun 2017 Lamp I.A Tentang Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi.

Proses daur ulang diawali dengan pengumpulan sumber air pada unit bak air baku yang dilengkapi dengan rangkaian kontrol level air dengan kedalaman bak yaitu 4 meter. Kemudian air dialirkan melalui pompa menuju unit sand filter untuk menyaring 60% suspended solid (TSS) input. Media yang digunakan adalah pasir silica 10-14 mesh dan gravel dengan ketebalan 4 mesh. Selanjutnya, air akan tertampung sementara pada unit tangki kontrol, tangki ini digunakan jika terdapat perbaikan pada unit atau pergantian media penyaringan. Jika dalam keadaan normal, air yang telah melewati sand filter dapat langsung mengalir ke unit carbon filter. Unit ini berfungsi untuk mengurangi 70% warna, 70% bau, dan 40% menyerap kekeruhan dari air input yang masuk. Setelah itu, air akan melewati tahapan terakhir yaitu proses disinfeksi pada unit tangki proses kimia. Unit ini dilengkapi dengan mixer dan dosing pump untuk proses homogenisasi bahan kimia dengan air. Disinfektan yang digunakan yaitu sodium hipoklorit (cair) dan kaporit (padat). Kemudian, air yang telah melewati semua proses akan ditampung sementara di bak penampungan air bersih WTP, dan selanjutnya dialirkan melalui pompa menuju bak penampungan air yang berada di bawah tanah. Pada unit bak air bersih, terdapat rangkaian kontrol level air beserta floatless relay yang mengatur secara otomatis supply aliran air bersih WTP menuju bak penampungan air bersih, dan juga dilengkapi dengan meteran air untuk menghitung jumlah air yang telah di daur ulang. Bak penampungan air bersih ini terdiri dari kombinasi air bersih WTP dan air bawah tanah yang digabung menjadi satu, dan kemudian di distribusikan ke area plant 5, plant 2, dan plant 1. Air daur ulang tersebut digunakan untuk kegiatan industri dan domestik seperti air proses pencucian bahan baku sepatu, air pengencer bahan kimia, air pendingin mesin rolling mixing, air pemadam kebakaran, dan air bilas toilet.

5. Analisis Peluang Penerapan Ekoefisiensi Daur Ulang Air Limbah

Eko-efisiensi merupakan strategi yang menggabungkan konsep efisiensi ekonomi dan konsep efisiensi ekologi berdasarkan prinsip efisiensi penggunaan sumber daya alam (Sari et al., 2011), ekoefisiensi dapat dicapai melalui minimalisasi limbah dengan penerapan 3R (reduction, reuse, recycle) Berdasarkan data yang telah diperoleh dari hasil

pencatatan penggunaan air dan data timbulan air limbah mesin washing IP, maka peneliti melakukan perhitungan persentase daur ulang air limbah secara keseluruhan beserta efektivitas penerapan metode daur ulang air limbah. Data perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Pemakaian Harian Air Bersih

Nomor	Proses	(m ³ /day)	Keterangan
1	Cooling tower	109,06	Air tidak di olah
2	Pencucian Midsole Pyhlon	83,50	Aliran ke WWTP
3	Boiler	11,18	Air tidak di olah
4	Rubber Degreasing	7,96	Aliran ke WWTP
5	Mold release agent	4,80	Air tidak di olah
6	Cooling water	2,49	Air tidak di olah
7	Brush cleaning	1,03	Aliran ke WWTP
8	Screen cleaning	0,20	Aliran ke WWTP
9	Calendering	0,18	Air tidak di olah
10	Material colour test	0,10	Air tidak di olah
11	Mold cleaning	0,07	Air tidak di olah
12	Airbag dipping	0,06	Air tidak di olah
13	Mixer cleaning	0,04	Aliran ke WWTP
14	Brushing PU	0,03	Air tidak di olah
15	Pouring PU	0,00	Air tidak di olah
16	Cuci Tangan	197,70	Aliran ke WTP
17	Toilet	40,63	Air tidak di olah
18	Mess	32,09	Air tidak di olah
19	Kantin	14,27	Aliran ke WWTP
20	Taman	39,51	Air tidak di olah
21	Air ke warga	30,00	Air tidak di olah
22	Pembersihan gedung	25,00	Air tidak di olah
23	Latihan Pemadam Kebakaran	24,11	Air tidak di olah
24	Kolam Ikan	9,07	Air tidak di olah
25	Pencucian Mobil	5,40	Aliran ke WWTP
Total		638	

Dalam menentukan persentase daur ulang air limbah, peneliti melakukan observasi yang dibantu oleh staff X untuk pengambilan data primer dan juga data yang diperoleh dari departemen Environmental Sustainability untuk mengetahui pemakaian penggunaan air keseluruhan. Dapat dilihat pada tabel 3, terdapat 25 kegiatan atau proses yang telah di klasifikasikan berdasarkan kegiatan industrial, kegiatan domestik, dan kegiatan lainnya. Pada kolom keterangan terdapat 3 kategori yaitu air tidak diolah, aliran ke WWTP, dan aliran ke WTP. Air tidak diolah merupakan air yang digunakan untuk keperluan pengenceran bahan kimia dalam proses produksi, dimana terdapat proses yang menghasilkan efluen dan juga yang tidak menghasilkan efluen. Proses yang tidak menghasilkan efluen adalah proses penggunaan bahan kimia yang dijadikan kesatuan dalam produk sepatu, sedangkan proses yang menghasilkan efluen adalah proses pencucian material sepatu yang efluen nya dijadikan limbah B3 cair karena kandungan bahan kimia tersebut tidak dapat diolah di IPAL. Berdasarkan tabel 3, diketahui jumlah pemakaian air yang tidak diolah sebesar 328 m³/day atau 51% dari total pemakaian air bersih yang efluen nya tidak diolah atau tidak dialirkan ke WWTP. Jumlah pemakaian

air yang efluen nya dialirkan ke WWTP sebesar 112 m³/day atau 18%, dan yang langsung masuk ke proses WTP untuk di daur ulang sebesar 198 m³/day atau 31%.

Berdasarkan data pemakaian air yang efluennya dialirkan ke WWTP maka peneliti menjadikan data tersebut sebagai dasar untuk membandingkan jumlah air limbah aktual yang masuk ke WWTP. Metcalf and Eddy (dalam Nurhidayanti & Khawari, 2020) mengatakan bahwa jumlah air limbah sama dengan 80% dari jumlah pemakaian air bersih, jika diketahui pemakaian air sebesar 112 m³/day maka 90 m³/day akan menjadi debit harian limbah yang dialirkan dan diolah di WWTP. Namun data yang diterima peneliti dari bulan Oktober-Desember 2022, debit rata rata harian WWTP di PT X adalah 74.4m³/hari atau setara dengan 66% dari total pemakaian air bersih. Jika dilihat dari hasil data pengukuran timbulan limbah mesin washing IP (Tabel 2), didapatkan jumlah efluen rata-rata yaitu 83.1 m³/hari atau sebesar 74%, sehingga terdapat selisih 8% dari air limbah yang dialirkan dan seharusnya menjadi debit input air limbah yang diolah di WWTP. Maka hal tersebut tidak sesuai dengan teori Metcalf dan Eddy. Dari hasil observasi, rendahnya persentase air limbah yang mengalir ke WWTP disebabkan karena sistem perpipaan yang berada di dalam tanah, sehingga sulit untuk dideteksi kemungkinan terjadinya kebocoran. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Baskoro et al (2017), bahwa kebocoran saluran pipa dapat menyebabkan kehilangan air. Faktor faktor yang menyebabkan kebocoran pipa antara lain umur pipa, bahan pipa, tekanan air limbah. dan faktor lingkungan seperti kerikil dan bahan kimia. Dalam hal ini penerapan ekofisiensi daur ulang air limbah di PT X sudah terlaksana, namun belum optimal karena timbulan air limbah pada mesin washing IP tidak sepenuhnya mengalir ke IPAL. Sehingga dapat dikaji peluang penerapan daur ulang air limbah pada aspek ekonomi dan lingkungan melalui penerapan 3R.

6. Reduce

Berdasarkan data pemakaian air yang efluen nya dialirkan ke WWTP maka peneliti menjadikan data tersebut sebagai dasar untuk membandingkan jumlah air limbah aktual yang masuk ke WWTP. Metcalf and Eddy (dalam Nurhidayanti & Khawari, 2020) mengatakan bahwa jumlah. Kajian dari penerapan reduce (mengurangi) adalah dengan mengkaji peluang atau tindakan untuk mengurangi penggunaan air tanah dalam meningkatkan efisiensi produksi. Berdasarkan observasi di lapangan, upaya penerapan reduce yang dapat dilakukan PT X adalah dengan mengurangi penggunaan air tanah melalui daur ulang efluen air limbah pencucian midsole phylon, dan juga pengurangan penggunaan bahan kimia untuk proses pengolahan air limbah. Diketahui selama 3 bulan masa penelitian, diperoleh jumlah rata-rata pemakaian air bersih input mesin washing IP sebesar 2683.3 m³ dan timbulan air limbah sebesar 2331.8 m³.

Dalam melakukan kajian peluang, peneliti melakukan observasi dan pengukuran pada parameter warna dan TDS untuk melihat karakteristik efluen kualitas air limbah mesin washing IP, sebagai air baku yang dapat di daur ulang menggunakan media sand filter dan carbon filter yang telah tersedia pada plant IP. Pengukuran dilakukan dengan mengambil sampel yang telah homogen, dan kemudian dianalisis di lab internal PT X menggunakan HACH DR 3900 spectrophotometer. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 1. Pengukuran Kualitas Air Limbah

Hari ke-	Parameter	
	Warna (PtCo)	TDS (mg/L)
1	33	190
2	29	178
3	32	211
4	41	257
5	30	164

Sumber: Data Primer 2022

Berdasarkan data di atas, didapatkan hasil tertinggi pada parameter warna yaitu 41 PtCo dan 257 mg/L pada parameter TDS dengan baku mutu warna yaitu 50 TCU dan TDS sebesar 1000 mg/L. Observasi dilakukan selama 5 hari dengan teknik pengambilan sampel air limbah adalah grab sampling atau sampel sesaat. Mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan No.32 Tahun 2017 Lamp I.A Tentang Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, yang dijadikan sebagai dasar kualitas air dalam proses pencucian midsole phylon, maka data efluen masih memenuhi baku mutu dan dapat dijadikan air baku. Media yang digunakan dalam pengolahan air baku yaitu sand filter dan carbon fileter. Filter pasir silika (*sand filter*) terbukti sangat efektif mengurangi sifat fisik dalam air seperti bau, kekeruhan, dan rasa dengan efektifitas penyisihan warna sebesar 97.1% dan TDS sebesar 39.6%. Filter karbon aktif juga terbukti dapat mengurangi 21% TDS dan kekeruhan dengan mengadsorpsi atau bereaksi pada kontaminan dalam air, yang kemudian mengikat dan menarik kontaminan pada permukaan partikel karbon (Nawiswary & Tangahu, 2022).

Dalam menerapkan program pengurangan air tanah, terdapat selisih antara penggunaan air tanah dengan jumlah timbulan air limbah yang dijadikan air baku sebesar 351.5 m³, sehingga masih diperlukan air tanah sebagai sumber pemakaian air bersih dalam proses pencucian mesin washing IP dengan biaya yang disajikan pada tabel 5

Tabel 2. Perbandingan Harga Pemakaian Air Bersih

Keterangan	Jumlah	Harga (Rp/m ³)	Total Harga
Biaya sebelum dilakukan daur ulang	2683,3	335,68	900.725
Penghematan biaya setelah daur ulang	2331,8	335,68	782.734
Biaya Penggunaan Air Bersih Setelah Daur Ulang	351,5	335,68	117.991

Sumber: Data Sekunder 2022

Dari tabel di atas dapat dilakukan perhitungan efisiensi biaya pemakaian air bersih dengan menggunakan rumus dibawah ini (Soeparman & Suparmin, 2002)

Efisiensi

$$= \frac{\text{Biaya sebelum dilakukan daur ulang} - \text{biaya setelah daur ulang}}{\text{Biaya sebelum dilakukan daur ulang}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Rp } 900.725 - \text{Rp } 117.991}{\text{Rp } 900.725} \times 100\%$$

Efisiensi = 87%, sehingga dengan menerapkan program reduce dalam daur ulang

air limbah dapat mengurangi 87% penggunaan air tanah dengan biaya atau pengurangan biaya sebesar Rp 782.734/bln.

Program *reduce* air limbah ini juga akan berpengaruh pada pengurangan pemakaian bahan kimia karena efluen proses pencucian phylon yang tidak lagi dialirkan ke dalam instalasi pengolahan air limbah dan ke WTP. Sehingga dapat dilakukan perhitungan efisiensi biaya pemakaian bahan kimia dalam proses IPAL sebelum dilakukan daur ulang dan setelah dilakukan daur ulang. Diketahui instalasi pengolahan air limbah menggunakan bahan kimia seperti methanol, chlorine cair (NaOCl), chlorine tablet (Kaporit), aluminium sulfat, dan polimer,. Harga bahan kimia dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 3. Biaya Pengolahan Air Limbah

Bahan Kimia	Pemakaian per bulan	Satuan	Harga per satuan	Total/bulan
NaOCl	16	Liter	12.000	190.696
Methanol	25	Liter	17.500	439.720
Kaporit	37	ea	14.300	532.916
Polimer	0,41	kg	95.000	39.352
Alum Sulfat	247	kg	6.000	1.479.352
Biaya Total				2.682.036
Biaya Pengolahan Air Limbah per m3				1.150

Sumber: Data Sekunder 2022

Tabel 4. Biaya Pengolahan Daur Ulang Air Limbah

Bahan Kimia atau Media Filter	Pemakaian/ tahun	Satuan	Harga/satuan	Total/Tahun	Total/Bulan
Sand Filter	1	Unit	4.330.300	4.330.300	360.858
Carbon Filter	1	Unit	10.750.000	10.750.000	895.833
Kaporit	288	ea	14.300	4.118.400	343.200
Biaya Total				19.198.700	1.599.892

Sumber: Data Sekunder 2022

Tabel 5. Perbandingan Harga

Keterangan	Sebelum	Setelah
Pemakaian Air Bersih	900.725	117.991
Pengolahan Air Limbah	2.682.036	-
Pengolahan Daur ulang	1.599.892	1.256.692
Jumlah	5.182.653	1.374.682

Sumber: Data Primer 2022

Berdasarkan tabel 8, didapatkan penghematan dari sisi biaya pengolahan air limbah dan biaya pengolahan air daur ulang (WTP) sebesar Rp 3.807.970/bulan. Setelah dilakukan analisis ekoefisiensi tidak ada lagi pengolahan air limbah, melainkan hanya pengolahan air daur ulang limbah mesin washing tanpa menggunakan kaporit. Penggunaan kaporit pada sistem WTP digunakan sebagai disinfektan dalam efluen pemenuhan regulasi yang digunakan untuk kegiatan domestik, sedangkan pada daur ulang limbah washing hanya digunakan untuk proses pencucian midsole sepatu sehingga

kaporit tidak digunakan dalam proses ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan terjadi proses keefisiensi di PT X. Proses keefisiensi dilakukan dengan melakukan analisis pemakaian air bersih, pengukuran timbulan air limbah, perhitungan biaya pemakaian air bersih dan biaya pengolahan air limbah, serta pengukuran kualitas efluen pada parameter warna dan TDS. Didapatkan hasil kualitas efluen masih memenuhi standar regulasi pemerintah, sehingga dapat dijadikan air baku dalam menerapkan daur ulang air limbah, dan air limbah dapat dialirkan secara langsung melewati media sand filter dan carbon filter yang terdapat di plant IP, tanpa diolah terlebih dahulu di instalasi pengolahan air limbah. Besarnya penghematan dalam menerapkan keefisiensi pengurangan penggunaan air tanah yaitu 87% atau 2331,8 m³/bulan dari pemakaian air proses washing IP dan penghematan biaya pengolahan air limbah sebesar Rp 3.807.370/bulan.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah didapatkan terdapat beberapa saran dalam upaya daur ulang air limbah :

1. Melakukan sosialisasi mengenai keefisiensi sehingga para karyawan lebih peduli dalam penghematan penggunaan sumber daya.
2. Melakukan pemantauan dan pemeriksaan kebocoran air limbah, agar jumlah air yang digunakan dapat mengalir ke WWTP (Waste Water Treatment Plant) sebesar 80% sesuai dengan teori yang telah dikaji.
3. Perlu dilakukan pengujian lanjutan dengan memperhatikan faktor penggunaan energi, timbulan limbah B3, dan tingkat risiko terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- Budiani, N. W. (2017). Efektivitas Program Penanggulangan Pengangguran Karang Taruna “Eka Taruna Bhakti” Desa Sumerta Kelod Kecamatan Denpasar Timur Kota Denpasar. *Jurnal Ekonomi Dan Sosial (INPUT)*, 2(1), 49–57.
- Ehrenfeld, J. (2005). Eco-efficiency: Philosophy, Theory, and Tools. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4),6-8
- Dewi, Y.S. (2022), The Influence of Zeolite on the Level of Mercury (Hg) And Chromium (Cr) in Adsorption Treatment, *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, Volume 11, Number 5, DOI 10.1149/2162-8777/ac6b54.
- GTZ-ProLH, 2007, Panduan Penerapan Eko-efisiensi, UKM Sektor batik
- Nawiswary, A. Al, & Tangahu, B. V. (2022). Desain Media Filter Pasir Silika Dan Filter Karbon Aktif Sebagai Teknologi Pengolahan Air Tanah Tercemar Di Sekitar Lahan Bekas Tpa Keputih. *Jurnal Purifikasi*, 21(1), 1–10. <https://doi.org/10.12962/j25983806.v21.i1.431>
- Rizal, Reda. 2010. “Perancangan Lingkungan Industri Dalam Upaya Meningkatkan Keefisiensi Proses Dan Produk Industri.” : 1–18
- Sari, D. P., Hartini, S., Rinawati, D. I., & Wicaksono, T. S. (2011). Pengukuran Tingkat Eko-efisiensi Menggunakan Life Cycle Assessment untuk Menciptakan Sustainable

- Production di Usaha Kecil Menengah Batik. *Jurnal Teknik Industri*, 14(2).
<https://doi.org/10.9744/jti.14.2.137-144>
- Wahyudi U. (2015). Pengaruh Injection Time dan Backpressure Terhadap Cacat Penyusutan Pada Produk Kemasan Toples dengan Injection Molding Menggunakan Material Polistyrene. *Jurnal Teknik Mesin*, 04(3), 81–90
- WBCSD. (2006). Eco-efficiency Learning Module. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), Five Winds International, 231.
<https://www.wbcsd.org/Projects/Education/Resources/Eco-efficiency-Learning-Module>

TechLINK

JURNAL TEKNIK LINGKUNGAN

PENGARUH PEMAHAMAN MITIGASI BENCANA GEMPA BUMI DAN KONSEP DIRI TERHADAP KESIAPSIAGAAN BENCANA

Ning Setianti

PENGARUH PENGETAHUAN SANITASI DAN PERILAKU HIDUP BERSIH TERHADAP KUALITAS SANITASI MANDI CUCI KAKUS DI KAMPUNG BENGKAK MUARA BARU

Nita Wulandari dan Yusriani Sapta Dewi

ANALISIS EKOEFISIENSI DAUR ULANG AIR LIMBAH MESIN WASHING IP DI PT X

Astrid Carolina dan Yusriani Sapta Dewi

PENGARUH KEMAMPUAN INTELEKTUAL, *ENVIRONMENTAL LEADERSHIP*, DAN MOTIVASI MENGAJAR SEBAGAI VARIABEL INTERVENING TERHADAP KINERJA LINGKUNGAN DOSEN

Deni Kurniawan dan Ning Setianti

PENGARUH JARAK PERTAMBANGAN EMAS SKALA KECIL (PESK) TERHADAP MERKURI DALAM AIR SUNGAI DAN BENTHOS DI KABUPATEN BANDUNG

Risna Agustina, Nurhayati, Benjamin J. Lekatompessy



JURNAL ILMIAH TechLINK

Pelindung

Dekan Fakultas Teknik

PenanggungJawab

Ir. Nurhayati, M.Si

Dewan Redaksi

Ir. Nurhayati, M.Si

Drs. Charles Situmorang, M.Si

MitraBestari

Dr. Rofiq Sunaryanto, M.Si (BRIN)

Ir. Asep Jatmika, MM (DLH)

Ir. Rahmawati, M.Si (DLH)

Ir. Mudarisin, ST. MT (BNSP)

Penyunting Pelaksana

Ai Silmi S.Si., M.T

Adnan Mulyana, SE. MM

Nurul Chafid, S.Kom., M.Kom

JURNAL TechLINK merupakan Jurnal Ilmiah yang menyajikan artikel original tentang pengetahuan dan informasi teknologi lingkungan beserta aplikasi pengembangan terkini yang berhubungan dengan unsur Abiotik, Biotik dan Cultural.

Redaksi menerima naskah artikel dari siapapun yang mempunyai perhatian dan kepedulian pada pengembangan teknologi lingkungan. Pemuatan artikel di Jurnal ini dapat dikirim kealamat Penerbit. Informasi lebih lengkap untuk pemuatan artikel dan petunjuk penulisan artikel tersedia pada halaman terakhir yakni pada Pedoman Penulisan Jurnal Ilmiah atau dapat dibaca pada setiap terbitan. Artikel yang masuk akan melalui proses seleksi editor atau mitra bestari.

Jurnal ini terbit secara berkala sebanyak dua kali dalam setahun yakni bulan April dan Oktober serta akan diunggah ke Portal resmi Kemenristek Dikti. Pemuatan naskah dipungut biaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Alamat Penerbit / Redaksi

Program Studi Teknik Lingkungan, FakultasTeknik
Universitas Satya Negara Indonesia

Jl. Arteri Pondok Indah No.11 Kebayoran Lama Utara
Jakarta Selatan 12240 – Indonesia

Telp. (021) 7398393/7224963. Hunting, Fax 7200352/7224963

Homepage : <http://www.usni.ac.id>

E-mail :

redaksi_jurnalft@usni.ac.id

Frekuensi Terbit

2 kali setahun :April dan Oktober

DAFTAR ISI

PENGARUH PEMAHAMAN MITIGASI BENCANA GEMPA BUMI DAN KONSEP DIRI TERHADAP KESIAPSIAGAAN BENCANA Ning Setianti	1 - 12
PENGARUH PENGETAHUAN SANITASI DAN PERILAKU HIDUP BERSIH TERHADAP KUALITAS SANITASI MANDI CUCI KAKUS DI KAMPUNG BENGEK MUARA BARU Nita Wulandari dan Yusriani Sapta Dewi	13 - 21
ANALISIS EKOEFISIENSI DAUR ULANG AIR LIMBAH MESIN <i>WASHING</i> IP DI PT X Astrid Carolina dan Yusriani Sapta Dewi	22 - 33
PENGARUH KEMAMPUAN INTELEKTUAL, <i>ENVIRONMENTAL LEADERSHIP</i> , DAN MOTIVASI MENGAJAR SEBAGAI VARIABEL INTERVENING TERHADAP KINERJA LINGKUNGAN DOSEN Deni Kurniawan dan Ning Setianti	24 - 47
PENGARUH JARAK PERTAMBANGAN EMAS SKALA KECIL (PESK) TERHADAP MERKURI DALAM AIR SUNGAI DAN BENTHOS DI KABUPATEN BANDUNG Risna Agustina, Nurhayati, Benjamin J. Lekatompessy	48 - 53