

## Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Ayam Menggunakan Sistem Filtrasi dan Ozon Dalam Menurunkan Nilai BOD, COD, dan TSS

Donny Yuslan Cortheo<sup>1\*</sup>, Agus Budianto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya Jl. Arif Rahman Hakim No.100, Klampis Ngasem, Kec.Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60117 Indonesia

\*Koresponden E-mail: donnycortheo@gmail.com

(Diterima: 1 Februari 2023 | Disetujui: 30 Januari 2024 | Diterbitkan: 31 Januari 2024)

**Abstract:** *Processing of wastewater in chicken slaughterhouses is a must in the framework of environmental preservation. Currently, there are many water outputs resulting from wastewater treatment in chicken slaughterhouses that still do not meet the quality standards for wastewater treatment set by the government. Problems in the wastewater treatment plant are mainly caused by the design and capacity of the incoming waste to the wastewater treatment plant which exceeds the initial design. The use of Filtration and Ozone technology is used to reduce the values of BOD, COD, and TSS in wastewater. This study aims to look at the values of BOD, COD, and TSS and their effectiveness with the use of Filtration systems and a combination of Filtration systems and Ozone systems. The research method uses physical and chemical methods, namely the filtration system which is expected to reduce the TSS value and also react wastewater after filtration with ozone mixed water to reduce BOD and COD values. The results of this study showed that the BOD value decreased by 97.14%, the COD value decreased by 64.27%, while the TSS value decreased by 97.14%.*

**Keywords:** *filtration; ozone; BOD; COD; TSS*

### PENDAHULUAN

Pembangunan rumah potong ayam merupakan solusi terbaik untuk meminimalkan dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses pemotongan ayam tersebut, karena jika proses pemotongan ayam dilakukan secara tradisional seperti halnya dipasar pasar tradisional atau di pedagang daging ayam kellinging, masalah limbah dari pemotongan ayam seperti darah, bulu dan lain-lain akan secara langsung dibuang ke saluran air kotor atau selokan tanpa melalui proses pengolahan limbah terlebih dahulu, namun jika proses pemotongan ayam dilakukan di Rumah Potong Ayam (RPA) maka limbah cair yang berupa darah, lemak dan lainnya harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air atau saluran air. Hal ini akan sangat membantu bagi pelestarian lingkungan hidup. Hal inilah yang mendorong pemilik Rumah Potong Ayam "X" untuk membuat Rumah Potong Ayam (RPA) yang berlokasi di Madiun Jawa Timur yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan daging ayam potong di kawasan Madiun dan sekitarnya secara lebih modern dan higienis.

Namun demikian permasalahan yang sering ditimbulkan di Instalasi Pengolahan Limbah Cair (IPAL) di rumah potong ayam yang lain adalah desain, dan kapasitas serta perawatan peralatan limbah yang belum sepenuhnya baik. Untuk masalah desain awal IPAL, kebanyakan para pemilik Rumah

Potong Ayam masih berusaha membuat sendiri IPAL tidak berdasarkan perhitungan debit, beban pencemaran dan masa tinggal yang benar, karena itu Standart Baku Mutu Limbah Cair effluent dari dari IPAL akan kurang baik atau diatas ambang baku mutu. Jika desain awal IPAL sudah sesuai masalah berikutnya yang biasanya terjadi adalah terbatasnya lahan untuk membangun IPAL atau kemungkinan lonjakan jumlah ayam pada proses potong ayam sehingga mengakibatkan kapasitas atau debit serta beban pencemaran di influent IPAL akan meningkat, sehingga waktu tinggal di unit IPAL akan tidak sesuai sehingga effluent limbah juga akan melebihi Standart Baku Mutu Limbah Cair.

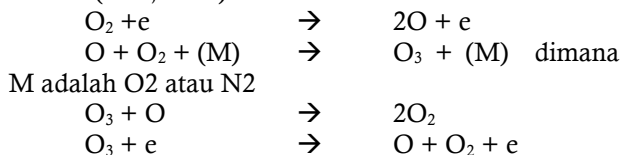
Permasalahan limbah ini akan berhubungan dengan isu perlindungan lingkungan yang mana akan diawasi oleh pemerintah dan akan berdampak langsung dengan warga masyarakat sekitar. Limbah yang dihasilkan oleh Rumah Potong Ayam ada 3 jenis yaitu limbah padat yang berupa bulu ayam, kotoran ayam, sisa daging atau kulit yang terlepas, kotoran lain dari perut ayam dan lemak, juga terkadang ada bangkai ayam yang mati sebelum dipotong. Kemudian limbah cair yang berupa darah, air dari proses pencucian ayam, air dari proses perendaman ayam, air dari proses pencucian darah, air hasil pencucian peralatan dan air hasil pembersihan lantai dan dinding ruang produksi. Dan yang terakhir adalah limbah udara yang dapat terjadi

dari proses penguraian oleh bakteri dari limbah padat dan cair hasil dari Rumah Potong Ayam yang tidak dikelola dengan baik.

Untuk limbah padat yang dihasilkan di Rumah Potong Ayam dapat dimanfaatkan lebih lanjut, contohnya bulu ayam dapat diolah lebih lanjut menjadi tepung bulu untuk pakan ternak atau alternative bahan ransup pakan berprotein (Erlita, D, Puspitasari, A, Isbandi, T. 2016). ataupun dapat dilakukan proses pembakaran atau insenerator. Sedangkan limbah cair inilah yang harus kita olah sebelum dibuang ke badan air dengan menggunakan IPAL. Pada penelitian ini kami akan menggunakan 2 sistem pengolahan secara Fisika yaitu :

Ozon yang merupakan oksidan yang sangat kuat jika dibandingkan dengan klorin dan fungsi ozon untuk inaktivasi bakteri sangat cepat pada konsentrasi hanya sebesar 0,1 mg/l dalam waktu 10 menit. Ozon tidak menimbulkan dampak samping seperti jika menggunakan klor yaitu terbentuknya senyawa trihalomethan yang bersifat karsinogen (Syarifudin, A dan Novia, 2013). Di dalam suatu media cair ozon akan menghasilkan radikal bebas yang berfungsi untuk menginaktivasi mikroorganisme, karena ozon mempengaruhi permeabilitas, aktivitas enzim dan DNA dari sel bakteri. Pengolahan ozon mengakibatkan konversi *circular plasmid* DNA tertutup (ccDNA) E. Coli menjadi *circular* DNA terbuka (ocDNA). Ozon juga menginaktivasi virus dengan cara merusak inti asam nukleat (Nusa Idaman Said, 2017).

Massa jenis ozon adalah 2154 g/m<sup>3</sup>. Ozon berbau sangat kuat dan juga merupakan gas yang sangat beracun dan korosif. Kadar maksimum ozon di udara sekitar instalasi adalah 0,2 mg/m<sup>3</sup> (Hadi, Wahyono. 2012). Reaksi pembentukan Ozon sebagai berikut (Fair, 1971) :



Kadar ozon dari udara sekitar 1% dan oksigen 2%. Sedangkan energi yang harus dikeluarkan untuk mengkonversi 0,5 – 1% oksigen di atmosfer menjadi ozon adalah 0,025 – 0,030 kwh per gram ozon (Hadi, W. 2012).

Menurut penelitian dari Estikarini, H.D, dkk (2016) tentang Penurunan Kadar COD dan TSS Pada Limbah Tekstil Dengan Metode Ozonisasi dengan menggunakan variasi dosis ozon 24 ppm dan 32 ppm selama 3 jam, dan sampel air limbah yang digunakan sebanyak 2 liter dengan pengambilan sampel sebanyak 100 ml setiap 15 menit. Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif setelah proses ozonisasi didapatkan hasil penurunan kadar COD dan TSS berturut-turut sebesar 90,5% dan 97,2% pada penggunaan dosis ozon 32 pmm dan waktu pengolahan 180 menit dengan proses adsorpsi. Hal ini menunjukkan semakin besar dosis ozon dan waktu

pengolahan maka penurunan kadar COD dan TSS akan semakin besar.

Sistem Filtrasi berfungsi untuk memisahkan partikel padat dari limbah cair. Pemisahan ini berfungsi untuk dapat mengefektifkan kinerja ozon dalam membunuh bakteri di dalam limbah cair. Pada sistem Filtrasi ini menggunakan Bag Filter pada aplikasi di lapangan dan pada percobaan ini juga menggunakan Filter Bag yang mana filter media nya menggunakan material Polypropylene. Material lainnya pada filter bag adalah Polyester atau Nylon sebagai media filtrasi. Selain itu ada juga penggunaan Cartridge Filter atau Bag Filter yang umum digunakan di limbah biasanya menggunakan material Polypropylene dan Polyester yang termasuk dalam jenis depth filtration. Sedangkan jika filter menggunakan material Nylon Monofilament termasuk dalam jenis surface filtration. Padatan yang dapat disaring maksimal 1 micron. Untuk aplikasi standar dengan kapasitas yang tidak terlalu besar dan yang memiliki cara pengoperasian yang termudah adalah dengan menggunakan Bag Filter. Jadi akan digunakan sistem Filtrasi pada limbah cair ini dengan menggunakan Bag Filter. Sedangkan fungsi filtrasi dengan menggunakan Bag Filter ini adalah untuk menurunkan kandungan partikel padat yang terdapat dalam air limbah sehingga Ozon dapat mengoksidasi limbah cair dengan lebih baik.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis penggunaan sistem filtrasi dan penggunaan system filtrasi dan sistem ozon dan pada pengolahan limbah cair di rumah potong ayam dengan tiga macam dosis konsentrasi BOD, COD dan TSS pada limbah cair di rumah potong ayam. Dan juga untuk menganalisis penurunan nilai BOD, COD, dan TSS dengan penggunaan metode filtrasi dan ozonisasi.

## BAHAN DAN METODE

### Peralatan

Pada penelitian ini menggunakan peralatan kerja yaitu : 1 buah jerigen plastik 20 liter untuk mengambil sample limbah cair awal. 1 buah jerigen plastic 5 liter untuk mengambil air bersih hasil reactor ozone 0,4 sampai 0,6 ppm. 1 buah Filter Bag 10 micron nominal. 1 buah jerigen plastik 5 liter sebagai pengganti reactor sebelum dimasukkan ke botol plastic 1,5 liter. Agitator atau alat pengaduk. Stopwatch atau pencatat waktu. 8 buah botol plastik 1,5 liter untuk membawa hasil pengujian ke Laboratorium Pengujian untuk diujikan parameter BOD, COD dan TSS.

### Metode

Adapun metodologi penelitian efektifitas penambahan sistem filtrasi dan ozone dalam menurunkan BOD, COD di hasil pengolahan limbah cair sebagai berikut :

Pengambilan Sampel Limbah Cair diambil dari effluent IPAL di RPA “X” sebanyak 20 liter

menggunakan 1 buah jerigen plastik 20 liter. Sampel ditutup rapat sebelum dilakukan penelitian dan percobaan.

Filtrasi Sampel Limbah Cair dilakukan dengan cara manual dengan menggunakan media Filter Bag Polypropylene 10 micron nominal. Cairan hasil filtrasi disimpan di ember plastik bersih sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut.

Pembuatan Air Campuran Ozon untuk percobaan akan dibuat air campuran ozon dari air bersih sampai mencapai kadar ozon di dalam air 0,4 sampai 0,6 ppm.

Sampel A menggunakan sampel air limbah sebanyak 1,5 liter dilakukan test BOD, COD, ini berfungsi sebagai data awal.

Sampel B menggunakan sampel air limbah sebanyak 1,5 liter dilakukan penyaringan secara manual dengan menggunakan bag filter 10 micron nominal, lalu dilakukan test BOD, COD dan TSS ini berfungsi sebagai pembanding data awal setelah melalui proses filtrasi.

Sampel C menggunakan sampel air limbah sebanyak 1,35 liter ditambahkan dengan 0,15 liter air bersih lalu diaduk merata selama 5 menit, kemudian dilakukan test BOD, COD dan TSS ini berfungsi sebagai data awal atau pembanding data dari sample 4.

Sampel D menggunakan sampel air limbah sebanyak 1,35 liter ditambahkan dengan 0,15 liter air ozon 0,6 mg/l lalu diaduk merata selama 5 menit, kemudian dilakukan test BOD, COD dan TSS.

Sampel E menggunakan penyesuaian dosis konsentrasi 20% dengan mencampurkan sample air limbah sebanyak 1,2 liter ditambahkan dengan 0,15 liter air bersih lalu diaduk merata selama 5 menit, kemudian dilakukan test BOD, COD dan TSS ini berfungsi sebagai data awal atau pembanding data dari sample 6.

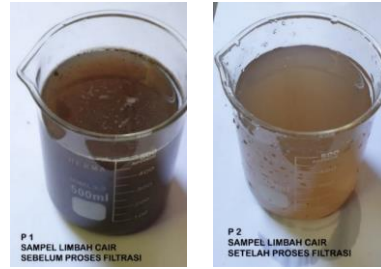
Sampel F menggunakan penyesuaian dosis konsentrasi 20% dengan mencampurkan sample air limbah sebanyak 1,2 liter dengan 0,15 liter air bersih dan 0,15 liter air ozon 0,6 mg/l lalu diaduk merata selama 5 menit, kemudian dilakukan test BOD, COD dan TSS.

Sampel G menggunakan penyesuaian dosis konsentrasi 40% dengan mencampurkan sample air limbah sebanyak 0,9 liter ditambahkan dengan 0,6 liter air bersih lalu diaduk merata selama 5 menit, kemudian dilakukan test BOD, COD dan TSS ini berfungsi sebagai data awal atau pembanding data dari sample 8.

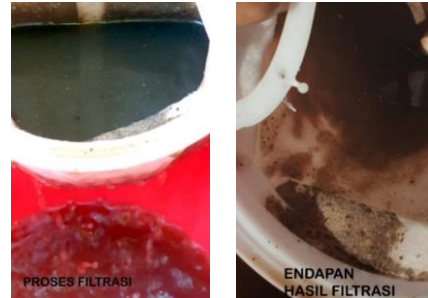
Sampel H menggunakan penyesuaian dosis konsentrasi 40% dengan mencampurkan sample air limbah sebanyak 0,9 liter ditambahkan dengan 0,45 liter air bersih dan 0,15 liter air ozon 0,6 mg/l lalu diaduk merata selama 5, kemudian dilakukan test BOD, COD dan TSS.

Sampel hasil percobaan eksperimental dibawa ke Laboratorium Pengujian di PDAM Surabaya untuk di test BOD, COD dan TSS. Kemudian

dilakukan pengolahan data hasil pengujian dan diperbandingkan nilainya.



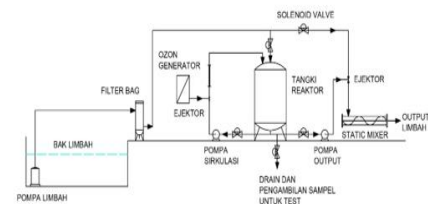
**Gambar 1.** Sampel Limbah Cair Sebelum Dan Sesudah Proses Filtrasi



**Gambar 2.** Proses Filtrasi Dengan Menggunakan Filter Bag



**Gambar 3.** Pengecekan Kandungan Ozon Dalam Air



**Gambar 4.** Rencana Pengaplikasian di IPAL

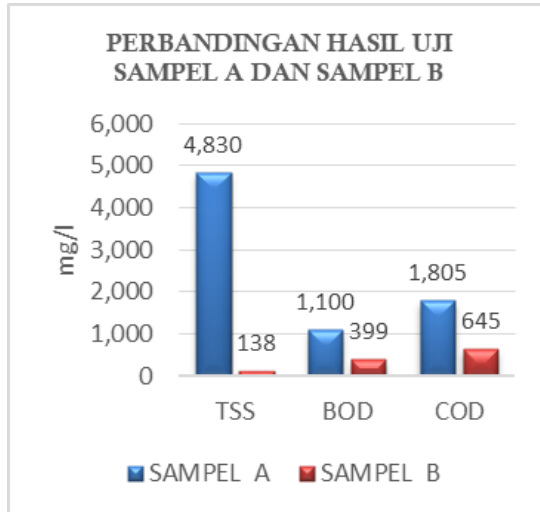


**Gambar 5.** Sampel Limbah Cair Sebelum Dilakukan Pengetesan di Laboratorium

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Proses Filtrasi

Dari hasil percobaan limbah cair sebelum dan sesudah dilakukan proses filtrasi didapatkan perbandingan hasil uji nilai BOD, COD, dan TSS yaitu sebagai berikut :



**Gambar 6.** Perbandingan Nilai TSS, BOD dan COD Sampel A : 1.500 ml Limbah Tanpa Perlakuan dan Sampel B : 1.500 ml Limbah Dengan Filtrasi

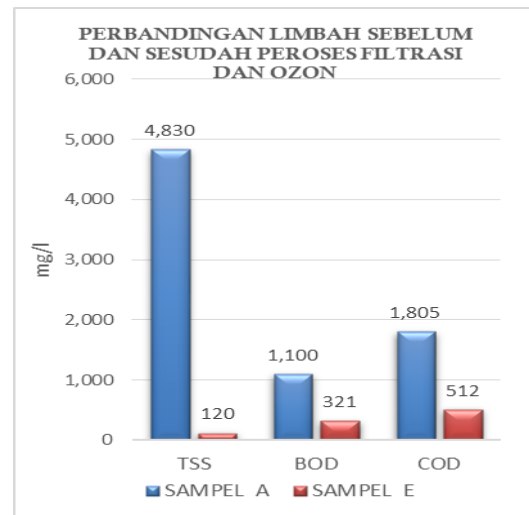
Gambar 6. perbandingan hasil uji sampel A dan hasil uji sampel B yang menerangkan perbandingan nilai TSS, BOD dan COD pada sampel limbah A tanpa proses filtrasi dan sampel B dengan menggunakan proses filtrasi. Untuk pengujian nilai TSS pada sampel B setelah dilakukan proses filtrasi terjadi penurunan nilai sebesar 97,14%. Pada pengujian nilai BOD pada sampel B terjadi penurunan nilai sebesar 63,73%. Sedangkan pada pengujian nilai COD sampel A terjadi penurunan nilai sebesar 64,27%. Hal ini terjadi karena fungsi utama dari proses filtrasi adalah mengurangi nilai TSS, tetapi juga bisa mengakibatkan nilai BOD dan COD ikut menurun. Menurut penelitian Meity Pungus dkk 2013, penggunaan filtrasi dengan pasir silika, arang aktif, zeolit, antrasit dan ferolit dapat menurunkan nilai BOD 53% dan COD 54%. Jadi menurut data hasil uji lab dalam penelitian ini penggunaan Filter Bag lebih efektif dalam menurunkan nilai BOD dan COD dibandingkan dengan penggunaan pasir silika, arang aktif, zeolit, antrasit dan ferolit.

Hasil percobaan dan penelitian ini membuktikan bahwa sistem filtrasi dengan menggunakan filter bag dapat menurunkan nilai BOD sebesar 63,73%, COD sebesar 64,27%, dan TSS sebesar 97,14%. Sistem filtrasi dengan menggunakan filter bag lebih baik dalam menurunkan nilai BOD,

COD, dan TSS dibandingkan dengan percobaan sebelumnya yang menggunakan system filtrasi lain.

### Proses Filtrasi dan Ozon

Data hasil uji sampel perbandingan nilai BOD, COD, dan TSS pada limbah cair dengan tanpa penambahan ozon dan adanya proses penambahan ozon didapatkan perbandingan hasil uji nilai BOD, COD, dan TSS sebagai berikut :

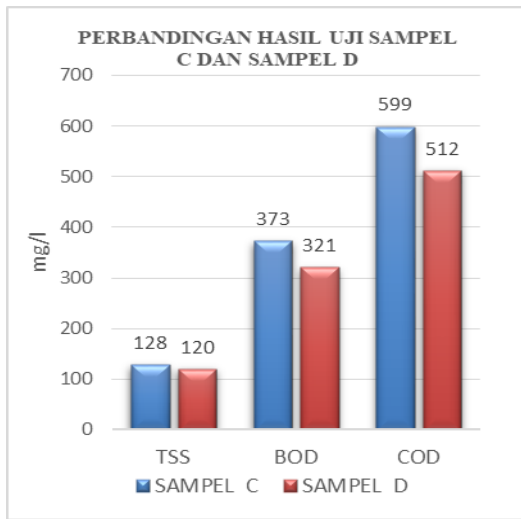


**Gambar 7.** Perbandingan Nilai TSS, BOD dan COD Pada Sampel A : 1. 500 ml Limbah dan Pada Sampel D : 1.350 ml Limbah Ditambah 150 ml Ozon Dengan Proses Filtrasi

Gambar 7. perbandingan nilai TSS, BOD dan COD pada hasil uji sampel A tanpa melalui proses filtrasi dan hasil uji sampel D dengan proses filtrasi dan ozon. Untuk pengujian nilai TSS pada sampel D setelah dilakukan proses filtrasi dan ozon terjadi penurunan nilai sebesar 97,52%. Pengujian nilai BOD pada sampel D terjadi penurunan nilai sebesar 70,82%. Sedangkan pengujian nilai COD pada sampel D terjadi penurunan nilai sebesar 71,63%. Seperti yang telah dijelaskan diatas hal ini terjadi karena fungsi utama dari proses filtrasi adalah menurunkan nilai TSS, tetapi bisa berakibat nilai BOD dan COD juga ikut turun dan fungsi utama ozon adalah mengurangi nilai BOD dan COD. Sedangkan menurut penelitian dari Is Yuniarto, dkk, tahun 2009 dihasilkan penurunan TSS, BOD dan COD pada limbah udang yang telah melalui proses ozonisasi selama 20 menit dan penyesuaian pH limbah dengan kapur tohor didapatkan hasil penurunan TSS 47,9%, BOD 68,5% dan COD sebesar 68,2%.

### Dosis Konsentrasi 10%

Dibawah ini adalah perbandingan antara sampel C dan sampel D dengan variabel dosis konsentrasi 10% dari data hasil uji sampel limbah cair.



**Gambar 8.** Perbandingan Nilai TSS, BOD dan COD Pada Sampel C : 1.350 ml Limbah Ditambah 150 ml dan Sampel D : 1.350 ml Limbah Ditambah 150 ml Ozon Dengan Filtrasi

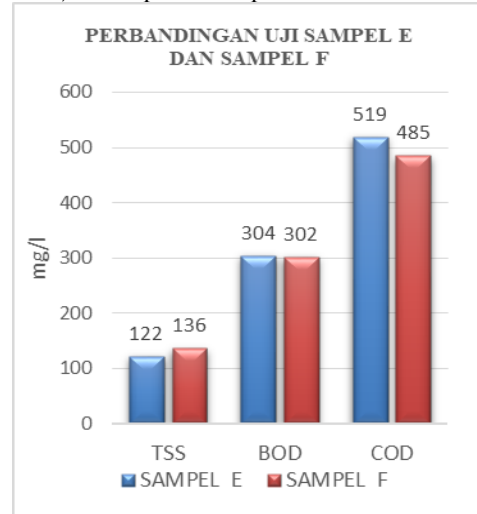
Gambar 8. hasil percobaan dengan variabel dosis konsentrasi 10%. Perbandingan hasil uji sampel C yaitu 1.350 ml limbah cair ditambah 150 ml air bersih dan hasil uji sampel D yaitu 1.350 ml limbah ditambah 150 ml ozon dengan filtrasi menerangkan bahwa perbandingan nilai TSS, BOD dan COD untuk pengujian nilai TSS pada sampel 2 setelah dilakukan proses filtrasi terjadi penurunan nilai sebesar 6,25%.. Pada pengujian nilai BOD pada sampel 4 terjadi penurunan nilai sebesar 13,94%. Sedangkan pada pengujian nilai COD pada sampel 4 terjadi penurunan nilai sebesar 14,52%. Dari hasil percobaan ini yang menggunakan dosis konsentrasi 0% membuktikan bahwa penggunaan sistem ozon dengan sistem filtrasi efektif menurunkan nilai BOD, COD, dan TSS pada sampel limbah cair.

**Dosis Konsentrasi 20%**

Dibawah ini adalah perbandingan antara sampel E dan sampel F dengan variabel dosis konsentrasi 20% dari data hasil uji sampel limbah cair.

Gambar 9. hasil percobaan dengan variabel dosis konsentrasi 20%. Perbandingan hasil uji sampel E yaitu 1.200 ml limbah cair ditambah 300 ml air bersih dan hasil uji sampel F yaitu 1.200 ml limbah ditambah 150 ml air bersih dan 150 ml ozon dengan filtrasi menerangkan bahwa pada pengujian nilai TSS pada sampel F terjadi kenaikan nilai sebesar 11,48%. Pada pengujian nilai BOD sampel F terjadi penurunan nilai sebesar 0,66%. Sedangkan pada pengujian nilai COD pada sampel F terjadi penurunan nilai sebesar 6,55%. Kenaikan pada nilai TSS dapat diasumsikan bahwa distribusi suspended solid pada tiap sampel limbah yang tidak merata pada saat pengambilan sampel limbah sebelum dilakukan percobaan dan kemudian diujikan ke laboratorium. Dari hasil percobaan ini yang menggunakan dosis

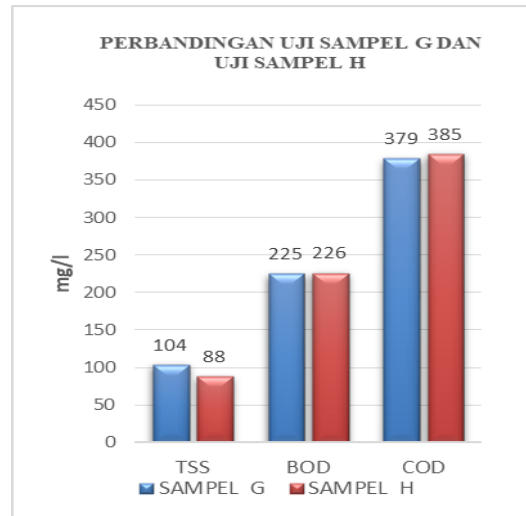
konsentrasi 20% membuktikan bahwa penggunaan sistem ozon dengan sitem filtrasi efektif menurunkan nilai BOD, COD pada sampel limbah cair.



**Gambar 9.** Perbandingan Nilai TSS, BOD dan COD Pada Sampel E : 1.200 ml Limbah Ditambah 300 ml dan Pada Sampel F : 1.200 ml Limbah Ditambah 150 ml Air dan 150 ml Ozon Dengan Filtrasi

**Dosis Konsentrasi 40%**

Dibawah ini adalah perbandingan antara sampel G dan sampel H dengan variable dosis konsentrasi 40% dari data hasil uji sampel limbah cair.



**Gambar 10.** Perbandingan Nilai TSS, BOD dan COD Pada Sampel G : 900 ml Limbah Ditambah 600 ml dan Pada Sampel H : 900 ml Limbah Ditambah 450 ml air dan 150 ml Ozon Dengan Filtrasi

Gambar 10. hasil percobaan dengan variabel dosis konsentrasi 40%. Perbandingan hasil uji sampel G yaitu 900 ml limbah cair ditambah 600 ml air bersih dan hasil uji sampel H yaitu 900 ml limbah ditambah 450 ml air bersih dan 150 ml ozon dengan

filtrasi menerangkan bahwa penurunan nilai TSS sebesar 15,38%. Pada pengujian nilai BOD sampel H terjadi kenaikan nilai sebesar 0,44%. Sedangkan pada pengujian nilai COD sampel H terjadi kenaikan nilai sebesar 1,58%. Kenaikan nilai BOD dan COD yang berkisar di antara nilai 0,44% sampai 1,58% dapat diasumsikan bahwa efektifitas penggunaan sistem ozon dan sistem filtrasi akan menurun bahkan tidak efektif pada nilai BOD dan COD yang kecil.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, proses filtrasi efektif menurunkan nilai BOD, COD, dan TSS pada limbah cair, sebesar 63,73%, 64,27%, dan 97,14%. Sedangkan penggunaan sistem filtrasi dan ozon efektif dalam menurunkan nilai BOD, COD, dan TSS sebesar 70,82%, 71,63%, 97,52%. Jadi penggunaan sistem filtrasi dan sistem ozon lebih efektif dalam menurunkan nilai BOD, COD, dan TSS pada limbah cair di Rumah Potong Ayam. Tetapi efektifitas penggunaan sistem ozon dan sistem filtrasi akan menurun bahkan tidak efektif pada nilai BOD dan COD yang kecil.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada pemilik Rumah Potong Ayam "X" di Madiun atas kesempatan untuk melakukan penelitian pada hasil pengolahan limbah cair di Rumah Potong Ayam.

## DAFTAR PUSTAKA

Metcalf, & Eddy. (2003). "Waste Water Engineering : Treatment and Reuse (Fourth Edition)", Mc Graw Hill.

Sofia, Rosmaniar, D. (2019). Perbandingan Hasil Disinfeksi Menggunakan Ozon dan Sinar Ultra Violet Terhadap Kandungan Mikroorganisme Pada Air Minum Isi Ulang. *Agroscience* 9(1). <https://doi.org/10.35194/agsci.v9i1.636>.

Said, N. I. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi*. Penerbit Erlangga

Said, N.I. & Yudo, S. (2006). Rancang Bangun Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Ayam Dengan Proses Biofilter. *Jurnal Air Indonesia*

Ginantaka, A. (2015). Disinfeksi Limbah Cair dengan Menggunakan Ozon. *Jurnal Agroindustri Halal* 1(2): 86-94.

Erlita, D, Puspitasari, A , Isbandi, T. (2016). Reduksi Limbah Rumah Potong Ayam (RPA) Sebagai Alternatif Bahan Ransum Pakan Berprotein. Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Yogyakarta

Pungus, M., Palilingan, S., Tumimomor, F. (2019). Penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair laundry menggunakan kombinasi adsorben alam sebagai media filtrasi. *Fullerene Journ. Of Chemistry* 4(2): 54-60. <https://indochembull.com/index.php/fullerene/article/view/58>.

Utami ,F, Resti, Samudro, G, Sumiyati, S. (2013). Studi Penurunan Parameter BOD, COD dan BOD/COD Menggunakan Gabungan Vertikal dan Horizontal Roughing Filter Pada Limbah Cair Domestik Artificial. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/tlingkungan/article/view/2711>.

Singgih, M. L, & Kariana, Mera. (2008). Perancangan Alat Teknologi Tepat Guna Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan dan Meningkatkan Pendapatan Rumah Pemotongan Ayam. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.