



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL SAINS DAN ENTREPRENEURSHIP VII TAHUN 2021**
"Digitalisasi Biosains dan Pembelajaran Bervisi Entrepreneurship di Era
Pandemi Covid 19"

Semarang, 28 Agustus 2021

Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Farmasi

Rustiana Yuliasni¹⁾, Ningsih Ika Pratiwi²⁾, Novarina Irnaning Handayani³⁾, Agung Budiarto⁴⁾

BBTPPI Semarang, Kementerian Perindustrian

Email : rustianay@kemenperin.go.id

Abstrak - Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja instalasi pengolahan limbah (IPAL) industri farmasi dan mencari alternative teknologi pengolah limbah yang lebih efektif dalam menurunkan polutan. Penelitian dilakukan dengan terlebih dahulu melihat performa dari IPAL eksisting industri farmasi. Kemudian dicoba dua alternatif teknologi pengolahan yaitu teknologi kimia reagen fenton dan teknologi kombinasi anaerobic-aerobik. Reagen fenton menggunakan kombinasi $FeCl_3$ dan H_2O_2 menghasilkan penurunan COD sebesar 44.8%. Sedangkan teknologi kombinasi anaerob dan aerob menghasilkan penurunan COD sebesar 88-90%. Pengolahan dengan teknologi kombinasi anaerobic-aerobik mampu mengolah limbah farmasi sampai memenuhi baku mutu air limbah.

Kata kunci : air limbah; anaerobic-aerobik; industri farmasi; reagen fenton

PENDAHULUAN

Kementerian perindustrian Republic Indonesia telah menambahkan industri farmasi sebagai salah satu industri prioritas. Indonesia dengan penduduk sebesar 238 juta, Indonesia memiliki ratusan perusahaan farmasi yang terdiri dari perusahaan farmasi local maupun multinasional. Volume farmasi local pada tahun 2011 sebesar 43 triliun dan herbal sebesar 10 triliun (Ariana et al. 2015). Dengan banyaknya industri farmasi, salah satu permasalahan yang timbul adalah air limbah. Selain mengandung kadar organik yang tinggi, air limbah industri farmasi mengandung komponen recalcitrant yang sangat sulit diolah dengan menggunakan teknologi berbasis biologi misalnya: gula, glycosides, pigment organik anthraquinone, tannins, Alkali, cellulose, lignin and banyak sekali komponen organik lainnya (Y guo, Qi, and Liu 2017).

Biasanya instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di Industri farmasi menggunakan kombinasi teknologi kimia dan biologi agar air keluaran dari IPAL dapat memenuhi syarat dibuang ke badan air. Dalam IPAL Industri Farmasi, teknologi kimia yang sering dipakai adalah teknologi koagulasi dan flokulasi dengan menggunakan PAC, Alumunium Sulfat atau Ferro Klorida (Chrisnaningtyas and Vistanty 2016). Kelemahan dari teknologi kimia adalah timbulnya lumpur kimia dengan volume yang besar dan sulit diolah dan termasuk limbah B3.

Alternatif yang juga banyak digunakan adalah teknologi kimia advanced, seperti teknologi fenton dimana teknologi ini menggunakan H_2O_2 sebagai oksidator dengan efektifitas yang tinggi dalam menghilangkan zat organik recalcitrant. Namun kelemahannya adalah kebutuhan H_2O_2 yang sangat besar sehingga biaya operasional IPAL yang tinggi.

Untuk membuat biaya operasional IPAL yang rendah dengan efektivitas pengolahan yang tinggi, kombinasi teknologi kimia dan biologi umumnya dipakai. Salah satu industri Farmasi di Semarang sudah memiliki IPAL dan sudah menerapkan kombinasi teknologi kimia memakai klorin dan peroksida, dan teknologi biologi dengan memakai tanaman enceng gondok. Hasil dari kombinasi teknologi ini tidak berhasil membuat effluent memenuhi syarat pembuangan ke badan sungai.

Untuk membantu mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan penelitian dengan menggunakan dua metode alternative. Yaitu mengganti metode kimia yang sudah ada (yaitu dengan klorin) menjadi dengan menggunakan kombinasi Ferro Klorida dan H_2O_2 (fenton reagent) dan yang kedua adalah mengganti bak enceng gondok menjadi bak anaerobic dan aerobic. Tulisan ini akan mereview performance dari kedua alternative pengolahan tersebut.

METODE

Alat dan Bahan:

Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah:

1. Alat Jartest , merk Stuart Scientific, type flocculator SW1



Gambar 1. Alat Jartest untuk



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL SAINS DAN ENTREPRENEURSHIP VII TAHUN 2021**
"Digitalisasi Biosains dan Pembelajaran Bervisi Entrepreneurship di Era
Pandemi Covid 19"

Semarang, 28 Agustus 2021

pengadukan

2. Reaktor Upflow Anaerobic dengan Volume 5 L



Gambar 2. Reaktor Upflow Anaerobic V = 5 L

3. Reaktor lumpur aktif Volume 5 L



Gambar 3 reaktor lumpur aktif (reaktor Activated Sludge /AS), V = 5 L

Bahan yang dibutuhkan untuk percobaan ini adalah:

1. Air limbah farmasi dengan range COD: 846 – 3123 mg/L dengan pH 4.8 .
2. Fenton teknologi menggunakan asam sulfat, FeCl_3 , hydrogen peroksida 30%, dan CaOH yang diaduk dengan menggunakan alat pengaduk (gambar 1)

Percobaan anaerob menggunakan sludge anaerob yang di biakkan dalam reactor UAF (gambar 2), sedangkan percobaan aerob menggunakan sludhe aerob yang dibiakkan di reactor lumpur aktif (gambar 3)

Metode:

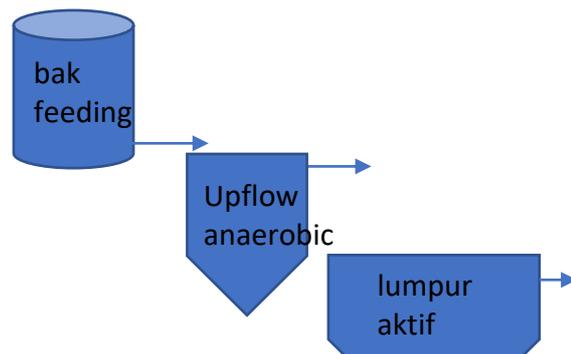
Air limbah farmasi dicoba diolah dengan 2 teknologi, yaitu teknologi kimia menggunakan oksidasi fenton dan teknologi biologi, dengan menggunakan kombinasi anaerobic dan aerobic.

a) Proses kimia menggunakan oksidasi fenton:

Proses ini dilakukan dengan cara menjadikan pH awal air limbah dari 4,68 menjadi pH 3 dengan menambahkan asam sulfat p.a. kemudian diambil sampel sebanyak 500 ml, kemudian ditambahkan 3,24 gr dan ditambahkan H_2O_2 30% = 5,45 mg. Sampel diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 2 jam. setelah itu, sampel di tamhakan CaOH 10% sampai pH mendekati 7 sambil diaduk dengan kecepatan 50 rpm sampai terbentuk lumpur yang dapat mengendap. Setelah pengadukan, sampel diendapkan selama 10 menit. Dilakukan pengecekan nilai COD sampel air limbah awal dan nilai COD setelah perlakuan.

b) Proses Anaerob diikuti dengan aerobik

Teknologi kombinasi anaerob dan aerob dilakukan seperti skema dibawa ini:



Gambar 4. Skema teknologi biologi kombinasi anaerobic-aerobik

Gambar 4 adalah teknologi biologi anaerobic-aerobik yang digunakan di laboratorium. reactor upflow anaerobik mempunyai waktu tinggal selama 1 hari, sedangkan reactor lumpur aktif juga mempunyai waktu tinggal 1 hari. Sebelum air limbah dialirkan, reactor Upflow anaerobic dan reactor lumpur aktif diisi dengan lumpur berisikan bakteri anaerobik dan aerobik, yang dikembang biakkan didalam reactor.



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL SAINS DAN ENTREPRENEURSHIP VII TAHUN 2021**
"Digitalisasi Biosains dan Pembelajaran Bervisi Entrepreneurship di Era
Pandemi Covid 19"

Semarang, 28 Agustus 2021

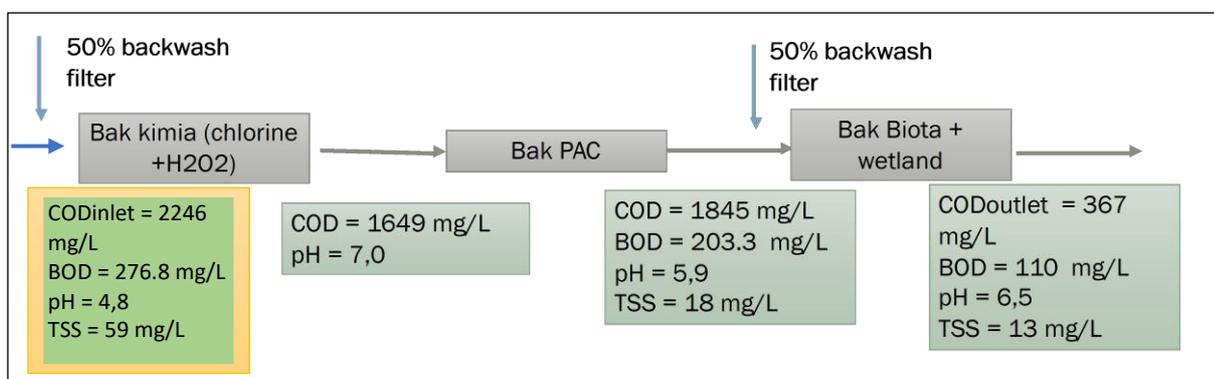
Percobaan dilakukan secara kontinyu selama 7 hari secara kontinyu dengan cara mengisi bak feeding dengan limbah farmasi dan kemudian air limbah dipompa ke reactor upflow anaerobic dan kemudian akan mengalir secara gravitasi ke reactor lumpur aktif. Air limbah farmasi yang dipakai pada percobaan ini adalah keluaran dari bak kimia (klorin + peroksida). Industri farmasi yang menjadi obyek studi adalah industri yang memproduksi obat batuk sirup untuk anak. Industri ini mengeluarkan limbah dengan karakteristik campuran antara limbah produk sirup dengan limbah beta lactam. Limbah sirup, beta lactam dan limbah dari backwash filter di jadikan satu di bak ekualisasi. Sebelum di campur di bak ekualisasi,

Untuk mengetahui efektifitas pengolahan, diambil sampel limbah sebelum dan setelah pengolahan setiap hari. Parameter kualitas air limbah yang diuji adalah COD.

HASIL DAN PEMBAHASAN:

Evaluasi Unit Pengolahan Limbah eksisting:

limbah yang mengandung beta lactam diolah pendahuluan dulu secara tersendiri dengan ditambah NaOH baru kemudian digabungkan bersama limbah produk sirup. Industri farmasi sudah mempunyai unit pengolahan sendiri. Skema unit pengolahan limbah industry farmasi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Kondisi eksisting IPAL salah satu industri farmasi dan hasil analisa kualitas air limbah inlet dan outlet

Gambar 5 memperlihatkan flowchart pengolahan limbah industri farmasi. Air limbah campuran, berisi limbah sirup, beta lactam dan 50% V/V backwash filter, dalam bak ekualisasi dengan nilai COD sebesar 2246 mg/L, dialirkan ke dalam bak kimia berisi klorin dan H₂O₂. Pengolahan di bak kimia menghasilkan penurunan COD menjadi 1649 mg/L. Keluaran dari bak kimia kemudian mengalir ke dalam bak berisi PAC. Bak berisi PAC ini tidak memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penurunan COD. PAC sendiri lebih efektif dalam mengurangi polutan yang bersifat padatan tersuspensi bukan terlarut (Gaspillo, Tun, and Baraoidan 2008;

Irfan et al. 2013), seperti yang terlihat pada gambar 5, nilai TSS (Total Suspended Solid) turun drastic setelah melalui bak PAC, dari 59 mg/L menjadi 18 mg/L. Namun PAC tidak efektif untuk menurunkan zat organik terlarut, dalam hal ini terlihat dari nilai COD yang tidak turun.

Keluaran dari bak kimia setelah itu dialirkan ke dalam bak berisikan enceng gondok dan tanaman Parikesit (yang disebut bak biota dan wetland) dan dicampur dengan 50% limbah sisa dari backwash filter. Kualitas air limbah effluent unit pengolah limbah eksisting industry farmasi ini masih belum memenuhi baku mutu (lihat table 1).

Tabel 1 Komparasi outlet IPAL eksisting dengan baku mutu air limbah farmasi menurut permenLH no 05/2014:

NO	PARAMETER	OUTLET INDUSTRIFARMASI	BAKU MUTU INDUSTRI FARMASI PERMENLHK NO 5 TAHUN 2014
1	BOD (mg/L)	110	100
2	COD (mg/L)	367	300
3	TSS (mg/L)	13	100
4	pH	6,5	6 - 9



PROSIDING SEMINAR NASIONAL SAINS DAN ENTREPRENEURSHIP VII TAHUN 2021 "Digitalisasi Biosains dan Pembelajaran Bervisi Entrepreneurship di Era Pandemi Covid 19"

Semarang, 28 Agustus 2021

Tabel 1 memperlihatkan komparasi antara baku mutu acuan dengan karakteristik outlet IPAL eksisting. Dari table 1 tampak bahwa parameter yang tidak memenuhi baku mutu adalah parameter BOD dan COD. Dari evaluasi table 1, dicari 2 opsi teknologi yang kira-kira dapat menurunkan kandungan organik dibawah standar baku mutu.

Ada 2 alternatif teknologi yang dicoba di laboratorium yaitu:

- Mengganti teknologi kimia, dari memakai klorin dan hydrogen peroksida menjadi memakai ferrochloride dan hydrogen peroksida
- Mengganti bak PAC dan bak biota-wetland dengan teknologi biologi anaerob dan aerob



Gambar 6. Proses pengadukan menggunakan alat jartest dengan kecepatan 100 rpm untuk *rapid mixing* dan 50 rpm untuk *slow mixing*

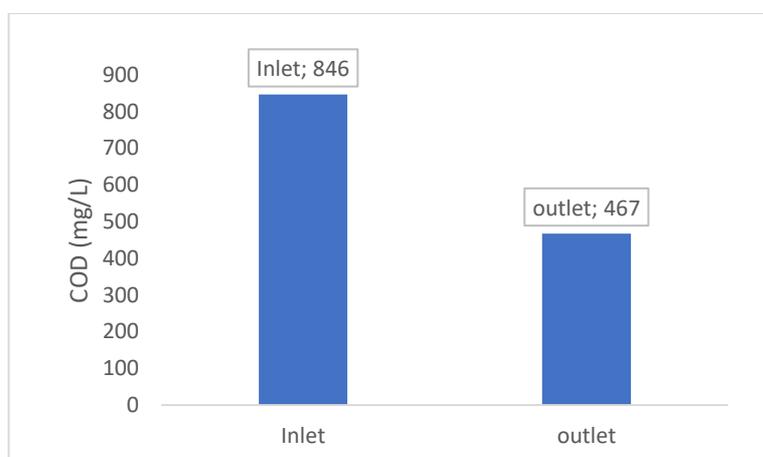
Skema alternative penggantian proses kimia memakai klotin dan H_2O_2 menjadi memakai $FeCl_3$ dan H_2O

Di dalam experiment ini, larutan yang digunakan adalah kombinasi $FeCl_3$ dan H_2O_2 . Dengan Bantuan katalis Fe^{3+} , H_2O_2 akan membentuk OH radikal yang akan mengoksidasi polutan organik didalam air limbah (Chen et al. 2019; Nadochenko 1998). Gambar 6 memperlihatkan proses pengadukan setelah air limbah di tambahkan dengan $FeCl_3$ dan H_2O_2 dengan pengadukan cepat kemudian ditambahkan $CaOH$ sampai pH mendekati 7 sambil diaduk dengan pengadukan lambat. Gambar 7 memperlihatkan kondisi air limbah setelah proses pengadukan yang kemudian diendapkan selama 10 menit.

Hasil komparasi nilai COD sebelum proses fenton dengan sesudah proses disajikan pada gambar 8



Gambar 7. Setelah pengendapan 10 menit



Gambar 8. Grafik penurunan COD sebelum pengolahan dengan fenton (inlet) dan setelah pengolahan dengan fenton (outlet)



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL SAINS DAN ENTREPRENEURSHIP VII TAHUN 2021**
"Digitalisasi Biosains dan Pembelajaran Bervisi Entrepreneurship di Era
Pandemi Covid 19"

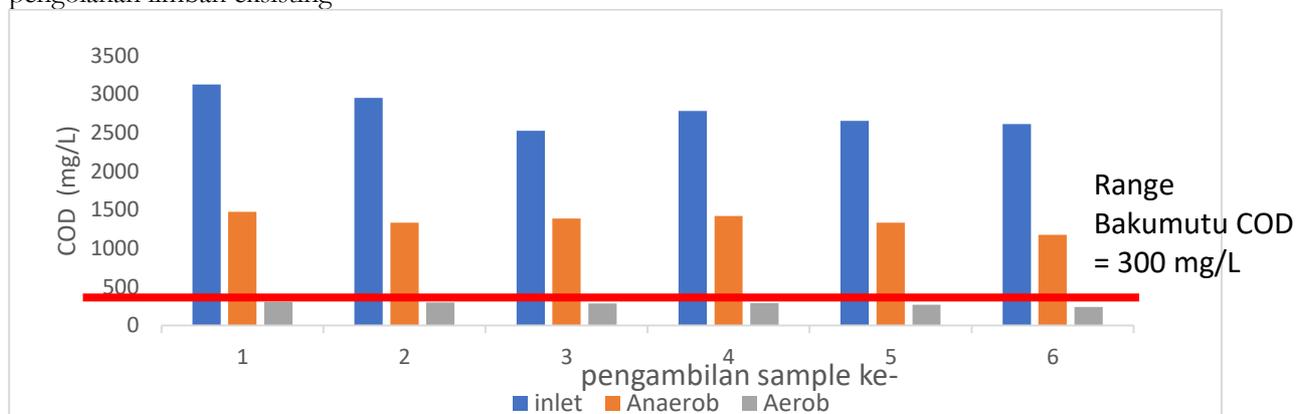
Semarang, 28 Agustus 2021

Grafik 7 menunjukkan bahwa penurunan COD sebesar 44,8 %, dari COD sebesar 846 mg/L menjadi COD sebesar 476 mg/L. Sayangnya hasil COD outlet belum bisa memenuhi Baku Mutu air limbah farmasi sesuai PermenLHK No 5 tahun

2014 yaitu sebesar 300 mg/L. Selain itu jika air limbah diolah menggunakan reagen fenton, sludge yang dihasilkan terlalu banyak, yaitu sebesar 20% V/V dari volume sampel. Jumlah ini terlalu besar dan akan membebani biaya pengolahan lumpur dan lumpur yang dihasilkan juga sama besarnya jika dibandingkan pengolahan kimia dengan menggunakan kombinasi klorin dan H₂O₂ pada unit pengolahan limbah eksisting

Percobaan mengolah keluaran dari bak kimia dengan teknologi kombinasi anaerob-aerob

Percobaan penggantian proses kimia dari memakai kombinasi klorin dengan hydrogen peroksida menjadi memakai kombinasi FeCl₃ dan H₂O₂ ternyata tidak bisa menghilangkan COD sampai dibawah baku mutu air limbah farmasi dan menghasilkan lebih banyak lumpur kimia. Oleh karena itu, dicoba alternatif kedua yaitu mengolah hasil keluaran dari proses kimia kombinasi klorin dan peroksida dengan menggunakan teknologi gabungan anaerob - aerob.



Gambar 9. Grafik penurunan nilai COD dengan teknologi kombinasi anaerobic- aerobik

Gambar 9 memperlihatkan grafik penurunan nilai COD dengan menggunakan teknologi kombinasi anaerobic-aerobik. dari gambar terlihat bahwa hasil keluaran dari proses aerob telah memenuhi baku mutu yaitu rata-rata dibawah 300 mg/L. hasil efektivitas pengolahan anaerobik, aerobik dan pengolahan total tersaji pada table 2. Tabel 2 memperlihatkan bahwa rata-rata efektivitas pengolahan secara anaerobic adalah 45-55%, sedangkan pengolahan secara aerobik adalah 77 -80%. Total efektivitas pengolahan teknologi gabungan anaerobic-aerobik adalah sekitar 88 -90%. Efektivitas ini lebih rendah sedikit jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Crisnaningtyas dan Vistanty, 2016 (Crisnaningtyas and Vistanty 2016) yang sebesar 97%.

Tabel 2. Efektifitas pengolahan masing-masing proses anaerob, aerob dan efektifitas total

Pengambilan sampel ke-	Efektivitas anaerob (%)	Efektivitas aerob (%)	Efektivitas total (%)
1	52,80	79,39	90,27
2	54,81	77,74	89,94
3	45,13	79,56	88,78
4	48,95	79,57	89,57
5	49,73	80,04	89,97
6	55,03	79,51	90,79

KESIMPULAN

Industry farmasi menghasilkan air limbah dengan kadar organik yang cukup tinggi. Instalasi pengolahan limbah menggunakan kombinasi kimia dan biologi adalah teknologi yang tepat untuk mengolah limbah farmasi sambil memenuhi baku mutu. Teknologi yang direkomendasikan adalah teknologi kimia menggunakan kombinasi klorin dan hydrogen peroksida yang kemudian digabungkan dengan teknologi biologi anaerobic-aerobik.



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL SAINS DAN ENTREPRENEURSHIP VII TAHUN 2021**
"Digitalisasi Biosains dan Pembelajaran Bervisi Entrepreneurship di Era
Pandemi Covid 19"

Semarang, 28 Agustus 2021

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT Grasia Husada Farma atas kesediaannya sebagai lokasi penelitian. Selain itu ucapan terimakasih penulis tujukan kepada Saifuddin atas bantuannya sebagai analis dan membantu kelancaran penelitian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Ariana, Lutfah et al. 2015. *Technological Catch-up Industri Farmasi*. 1st ed. Jakarta: LIPI Press.

Chen, Yan-jhang et al. 2019. "Application of Fenton Method for the Removal of Organic Matter in Sewage Sludge at Room Temperature." *Sustainability (Switzerland)* 12(1518): 1–10.

Chrisnaningtyas, Farida, and Hanny Vistanty. 2016. "Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi Formulasi Dengan Metode Anaerob-Aerob Dan Anaerobic-Koagulasi." *JRTPPI* 1: 13–22.

Gaspillo, Pag-asa D, Lin Lin Tun, and Wilheliza A.

Baraoidan. 2008. "A Study on the Relative Performance of Different Coagulants and the Kinetics of COD in the Treatment of a Textile Bleaching and Dyeing Industrial Wastewater." *ASEAN Journal of Chemical Engineering* 7(1): 49–60.

Irfan, Muhammad et al. 2013. "The Removal of COD , TSS and Colour of Black Liquor by Coagulation – Flocculation Process at Optimized PH , Settling and Dosing Rate." *ARABIAN JOURNAL OF CHEMISTRY*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.08.007>.

Nadtochenko, V. 1998. "Primary Photochemical Reactions in the Photo-Fenton System with Ferric Chloride . 1 . A Case Study of Xylidine Oxidation as a Model Compound." *Environmental Science and Technology* 32(21): 3273–81.

Y guo, P S Qi, and Y Z Liu. 2017. "A Review on Advanced Treatment of Pharmaceutical Wastewater A Review on Advanced Treatment of Pharmaceutical Wastewater." In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 63 012025, , 1–7.