

## EFEKTIVITAS PENGOLAHAN LINDI (TPA BENGKALA) DENGAN KOMBINASI *TRICKLING FILTER* DAN ELEKTROKOAGULASI

Luh Putu Desy Udayani<sup>1</sup>, Iryanti E. Suprihatin<sup>1</sup>, I Made Gunamantha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magister Kimia Terapan, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Udayana, Jimbaran-Bali, Indonesia

<sup>2</sup>Program Analis Kimia, Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja-Bali, Indonesia

[desy.udayani123@gmail.com](mailto:desy.udayani123@gmail.com)

**ABSTRAK:** Penelitian tentang proses pengolahan lindi TPA Bengkala menggunakan kombinasi *trickling filter* dan elektrokoagulasi bertujuan untuk mengetahui efektivitas metode kombinasi elektrokoagulasi dan TF dalam menurunkan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand*(COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang terkandung dalam lindi dan untuk mengetahui perbedaan kinerja *trickling filter* dengan menggunakan starter *biofilm* dari lindi TPA Bengkala dan lindi TPA Temesi. Penelitian ini diawali dengan pembuatan media biofilm dari batu krikil dengan variasi sumber mikroorganisme lindi TPA Bengkala dan lindi TPA Temesi selama 27 hari. Setelah biofilm terbentuk, lindi dipercikkan ke dalam bak yang berisi biofilm tersebut, kemudian air yang diperoleh dari hasil sirkulasi ditambahkan dengan koagulan dan selanjutnya dilakukan elektrokoagulasi. Setelah kombinasi *Trickling Filter* – elektokoagulasi dilakukan, kemudian BOD, COD dan TSS diukur pada masing-masing kombinasi. Sumber mikroorganisme dari lindi memberikan biofilm pada media *Trickling Filter*. Kombinasi *Trickling Filter* - elektokoagulasi efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS pada lindi yang ada di TPA Bengkala. Sumber mikroorganisme berpengaruh dalam meningkatkan kinerja *Trickling Filter*. Pengolahan limbah menggunakan sumber mikroorganisme dari TPA Bengkala memperlihatkan penurunan yang paling efektif terhadap BOD,COD dan TSS. Efektifitas penurunan nilai BOD, COD dan TSS pada dengan kombinasi metode TF dan Elektrokoagulasi terbaik dihasilkan pada perlakuan TF-elektrokoagulasi dengan sumber mikroorganisme lindi TPA Bengkala secara berurutan sebesar 91,15%, 83,33%, dan 78,57%.

**Kata Kunci:** Lindi, TPA Bengkala, *Trickling Filter*, Elektrokoagulasi

**ABSTRACT:** Research on Bengkala Landfill's leachate processing using a combination of trickling filter and electrocoagulation aims to determine the effectiveness of the combination of electrocoagulation and TF methods in reducing Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), and Total Suspended Solid (TSS) contained in leachate and to determine differences in the performance of trickling filter by using a biofilm starter from the Bengkala Landfill's leachate and Temesi Landfill's leachate. This research was started by making biofilm media from gravel with variations in sources of Bengkala Landfill's leachate and Temesi Landfill's leachate for 27 days. After the biofilm was formed, the leachate was sprinkled into a tub containing the biofilm, then the water obtained from the circulation was added to the coagulant and then electrocoagulated. After *Trickling Filter*

combinations - electrocoagulation done, then BOD, COD, and TSS were measured in each combinations. Source of microorganism from leachate gives biofilms in the Trickling Filter media. The combination of Trickling Filter - elektrokoagulation is effective in reducing BOD, COD, and TSS levels on Bengkala Landfill's leachate. The source of microorganism influences the performance of the Trickling Filter. Waste processing using a source of microorganism from Bengkala Landfill shows the most effective reduction of BOD, COD and TSS. The effectiveness of the decrease in the value of BOD, COD and TSS on the best combination of TF and Electrocoagulation methods resulted in the TF-electrocoagulation treatment with Bengkala landfill leachate microorganism sources sequentially by 91.15%, 83.33% and 78.57%.

**Keywords:** Leachate, Bengkala Landfill, Trickling Filter, Electrocoagulation

## 1. PENDAHULUAN

Sampah merupakan sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi, atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia [1]. Sampah yang tidak dikelola dengan baik akan berpotensi menimbulkan dampak pencemaran terhadap lingkungan. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat mengganggu kelestarian lingkungan hidup baik terhadap komponen abiotik, biotik, maupun komponen sosial budaya [2]. Pemerintah Kabupaten Buleleng telah menyediakan lokasi pembuangan sampah yang memadai dan memenuhi persyaratan ambang batas lingkungan yaitu Tempat Pengolahan Akhir (TPA) Bengkala. TPA Bengkala berlokasi di Desa Bengkala Kecamatan Kubutambahan dengan sistem pengelolaan sampah yaitu dengan *incenerator* (pembakaran), *sanitary landfill* (penimbunan) dan *open dumping* (penumpukan), proses ini menghasilkan lindi selain gas *landfill*. Kandungan senyawa organik air lindi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, yang ditunjukkan dengan tingginya parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) [3]. Untuk meminimalisir terbentuknya lindi pada pengolahan limbah di TPA, pengolahan limbah dapat

dilakukan dengan metode *Trickling filter* (TF) yang dipadukan dengan metode Elektrokoagulasi sebagai solusi penanganan lindi di TPA Bengkala. Penggabungan metode elektrokagulasi dan *trickling filter* akan berfokus pada parameter BOD, COD dan TSS. Pembentukan biofilm pada *trickling filter* akan menggunakan dua sumber mikroorganisme yaitu yang berasal dari limbah itu sendiri yaitu air lindi TPA Bengkala dan air lindi TPA Temesi Gianyar.

## 2. PERCOBAAN

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air lindi TPA Bengkala; sampel air lindi TPA Temesi; koagulan tawas; koagulan  $\text{FeCl}_3$ ;  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ;  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat;  $\text{HgSO}_4$ ;  $\text{MnSO}_4$ ; alkali iodide azida, n-heksan; MTBE;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ; amilum; aquades; kertas saring; batu kerikil (media *trickling filter*).

### Alat Penelitian

Bak penampung; reaktor; aerator, pipa; termos es; seperangkat alat refluks; buret; pH meter; thermometer; statif; klem; peralatan gelas; timbangan analitik; desikator; pompa vacuum; oven; spektrofotometer UV-Vis.

### Prosedur pembentukan *biofilm* dengan metode *Trickling Filter* (TF)

Tabel 1. Efektivitas Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS dengan Koagulan Tawas

Parameter	Sumber Lumpur	Perlakuan	Kadar (mg/L)		Persentase Penurunan Kadar (%)	Efektivitas Pengolahan
			T <sub>0</sub>	T <sub>6</sub>		
BOD	TPA Bengkala	E-TF (P1)	96	41,2	57,08	Cukup efektif
		TF -E (P2)	69,6	6,16	91,15	Sangat efektif
	TPA Temesi	E- TF (P3)	76	58	23,68	Kurang efektif
		TF-E (P4)	50,8	33,6	33,86	Kurang efektif
COD	TPA Bengkala	E- TF (P1)	170	60	64,71	Efektif
		TF -E (P2)	120	20	83,33	Sangat efektif
	TPA Temesi	E- TF (P3)	150	40	73,33	Efektif
		TF-E (P4)	80	60	25,00	Kurang efektif
TSS	TPA Bengkala	E- TF (P1)	50	25	50,00	Cukup efektif
		TF -E (P2)	70	15	78,57	Efektif
	TPA Temesi	E- TF (P3)	60	45	25,00	Kurang efektif
		TF-E (P4)	30	20	33,33	Kurang efektif

Kerikil berdiameter  $\pm 2$  cm dimasukkan kedalam dua buah bak dengan ketentuan bak pertama berisi sumber mikroorganisme dari lindi TPA Bengkala (S1), bak kedua berisi sumber mikroorganisme dari lindi TPA Temesi Gianyar (S2), kerikil dimasukkan ke dalam masing-masing bak hingga ketebalan  $\pm 5$  cm lalu direndam dengan air limbah sesuai perlakuan selama masing-masing 21 hari. Aerasi dilakukan dengan meneteskan sumber mikroorganisme secara terus menerus agar terbentuk lapisan biofilm pada media. Sirkulasi dilakukan sebanyak 2 (dua) kali. Waktu optimum ditentukan pada saat pengolahan lindi pada media TF

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Penumbuhan *Biofilm*

Penumbuhan *biofilm* dilakukan selama 27 hari. Perkembangan pertumbuhan bakteri dapat diamati dengan menentukan massa dari bakteri yang dilakukan dengan menentukan VSSnya, aktivitas metabolisme atau dengan cara menghitung selnya [5]. *Biofilm* dibentuk dengan menggunakan mikroorganisme TPA Bengkala dan TPA Temesi. Pembentukan biofilm pada sistem *Trickling Filter* (TF) dilakukan dengan menggunakan air dari TPA Bengkala dan TPA Temesi sebagai sumber mikroorganisme. Analisis VSS (*volatil suspended solid*) dilakukan selama proses pembentukan biofilm untuk

Tabel 2. Perbandingan Efektivitas Penggunaan Tawas dan FeCl<sub>3</sub> dalam Metode *Trickling Filter* (TF) – Elektrokoagulasi (E) pada Lindi Bengkala

Lindi Bengkala	TF-E		E-TF	
	Efektivitas penurunan (%)		Efektivitas penurunan (%)	
Parameter	Tawas	FeCl <sub>3</sub>	Tawas	FeCl <sub>3</sub>
BOD	91,15	32,63	57,08	31,27
COD	83,33	42,86	64,71	36,47
TSS	78,57	44,44	50	39,22
pH	9,47	9,58	9,63	9,89
Suhu	35,5	31,7	33,8	32,1
DHL	24,2	34,8	29,5	39,6

Tabel 3. Perbandingan Penggunaan Tawas dan FeCl<sub>3</sub> dalam Metode *Trickling Filter* (TF) – Elektrokoagulasi (E) pada Lindi Temesi

Lindi Temesi	TF-E		E-TF	
	efektivitas penurunan (%)		Efektivitas penurunan (%)	
Parameter	Tawas	FeCl <sub>3</sub>	Tawas	FeCl <sub>3</sub>
BOD	33,85	3,77	23,68	39,44
COD	25	16,67	73,33	45,14
TSS	33,33	15,22	25	48,93
pH	10,18	10,1	10,04	10,16
Suhu	34,8	30,6	32,1	33,3
DHL	5	7,4	5,6	6,5

mengetahui proses pertumbuhan mikroorganisme pada *biofilm*. Dalam proses pertumbuhan *biofilm*, dilakukan analisis pH dan DO untuk mengetahui keterkaitan kedua parameter tersebut selama proses pembibitan. Hasil analisis pH selama proses pembibitan ditunjukkan pada tabel 3.2. Nilai pH selama proses penumbuhan *biofilm* berada pada rentang 9,165–9,63. Pada proses penumbuhan *biofilm* cenderung terjadi kenaikan nilai pH

seiring waktu pembibitan. Kondisi ini disebabkan karena terjadi proses penguraian oleh mikroorganisme terhadap nutrisi yang diberikan seperti pupuk Urea, TSP dan Glukosa yang disebabkan karena penguraian nutrisi menghasilkan senyawa-senyawa yang bersifat basa.

#### Analisis *Volatile Suspended Solid* (VSS)

Hasil analisis VSS berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa sumber mikroorganisme dari TPA Bengkala pada

hari ke 27 VSS melebihi 2000 mg/L yaitu sebesar 2030 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa pada hari ke 27 mikroorganisme telah tumbuh secara optimal dan sudah bisa digunakan untuk mendegradasi senyawa organik yang terdapat pada limbah. Konsentrasi VSS yang melebihi 2000 mg/L menunjukkan pertumbuhan mikroorganisme pada media TF sehingga biofilm telah mulai bisa melakukan aktivitas penguraian senyawa organik dan anorganik dalam limbah.

### **Pengaruh Perlakuan**

Kombinasi perlakuan dalam penelitian memiliki pengaruh yang signifikan pada penurunan kadar BOD, COD, dan TSS di dua TPA. Perlakuan P2 (yaitu perlakuan yang diawali dengan penambahan koagulan tawas atau koagulan  $\text{FeCl}_3$  kemudian metode elektrokoagulasi, dilanjutkan dengan metode TF dengan sumber mikroorganisme yang berasal dari air lindi TPA Temesi) menunjukkan hasil yang signifikan. Proses pengolahan air limbah dengan biofilter dilakukan dengan memercikkan air limbah ke dalam TF. Kombinasi proses anaerob dan aerob dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang paling efektif untuk penurunan BOD, COD, dan TSS dengan perlakuan P2 di TPA Bengkala.

### **Efektivitas Penurunan Kadar**

Tingkat efektivitas pengolahan air limbah dapat dilihat pada Tabel 3.1. Kriteria efektivitas pengolahan mengacu pada [4]., yaitu :

1. % efektivitas > 80% (sangat efektif)
2. % efektivitas antara 60% - 80% (efektif)
3. % efektivitas antara 40% - 60% (cukup efektif)
4. % efektivitas antara 20% - 40% (kurang efektif)
5. % efektivitas < 20% (tidak efektif)

### **Efektivitas Penurunan Nilai COD, BOD dan TSS dengan Koagulan Tawas dan $\text{FeCl}_3$**

Dua faktor yang penting dalam proses koagulasi terutama pada saat penambahan koagulan adalah faktor pH dan dosis koagulan. Range pH optimal alum adalah antara 5.5 – 6.5 dengan proses koagulasi yang memadai rangnya antara pH 5.0 – 8.0 pada beberapa kondisi. Pada Tabel 2 dan Tabel 3 terlihat penurunan BOD, COD dan TSS oleh koagulan tawas memberikan efektivitas yang cukup baik.

### **Efektivitas penurunan nilai COD dengan menggunakan metode kombinasi elektrokoagulasi dan *Trickling filter* (TF)**

Perbandingan penurunan nilai COD sebesar 83,33% dilakukan dengan kombinasi TF dan elektrokoagulasi, menggunakan koagulan tawas. Ini karena tawas merupakan koagulan yang dapat menyebabkan hilangnya atau berkurangnya zat-zat tersuspensi yang terdapat didalam air, baik bahan organik maupun anorganik. Dibandingkan dengan nilai baku mutu, kombinasi perlakuan ini menunjukkan hasil yang efektif karena COD yang didapatkan dibawah baku mutu limbah yang sudah ditentukan. Dari data yang didapatkan *TF-E* yang digunakan untuk proses pengolahan limbah sangat efektif dalam penurunan nilai COD limbah lindi. Efektivitas P2 ditunjukkan oleh presentase penurunan kadar sebesar 83.33% dengan nilai signifikansi 0,000. Perbandingan efektivitas perlakuan pada penurunan COD juga ditunjukkan melalui Tabel 4.

### **Efektivitas penurunan nilai BOD dengan menggunakan metode kombinasi elektrokoagulasi dan *trickling filter* (TF)**

Dari besarnya penurunan nilai BOD limbah lindi menggunakan metode kombinasi elektrokoagulasi dan TF dengan koagulan tawas dan  $\text{FeCl}_3$ , menunjukkan bahwa koagulan tawas lebih efektif dibandingkan  $\text{FeCl}_3$  (Tabel 2 dan Tabel 3). Perbandingan prosentase penurunan BOD dengan koagulan tawas disajikan pada Tabel 5 sehingga dapat dilihat bahwa kombinasi elektrokoagulasi dan TF paling efektif didapatkan pada koagulan tawas

Tabel 4. Penurunan Nilai COD dengan Menggunakan Kombinasi Elektrokoagulasi dan Koagulan Tawas

Sumber Lindi	Perlakuan	Kadar (mg/L)		Persentase Penurunan Kadar (%)	Efektivitas
		T <sub>0</sub>	T <sub>6</sub>		
TPA Bengkala	P1 (E-TF)	170	60	64,71	Efektif
	P2 (TF-E)	120	20	83,33	Sangat efektif
TPA Temesi	P3 (E-TF)	150	40	73,33	Efektif
	P4 (TF-E)	80	60	25,00	Kurang efektif

Tabel 5. Penurunan Nilai BOD dengan Menggunakan Kombinasi Elektrokoagulasi dan Koagulan Tawas

Sumber Lumpur	Perlakuan	Kadar (mg/L)		Persentase Penurunan Kadar (%)	Efektivitas
		T <sub>0</sub>	T <sub>6</sub>		
TPA Bengkala	P1 (E-TF)	96	41,2	57,08	Cukup efektif
	P2 (TF-E)	69,6	6,16	91,15	Sangat efektif
TPA Temesi	P3 (E-TF)	76	58	23,68	Kurang efektif
	P4 (TF-E)	50,8	33,6	33,86	Kurang efektif

Tabel 6. Penurunan Nilai TSS Dengan Menggunakan Kombinasi Elektrokoagulasi Dengan Koagulan Tawas

Sumber Lumpur	Perlakuan	Perlakuan	Kadar (mg/L)		Persentase Penurunan Kadar (%)	Efektivitas
			T <sub>0</sub>	T <sub>6</sub>		
TPA Bengkala	P1	E- TF	50	25	50.00	Cukup efektif
	P2	TF-E	70	15	78.5	Efektif
TPA Temesi	P3	E- TF	60	45	25.0	Kurang efektif
	P4	TF-E	30	20	33.33	Kurang efektif

karena tawas dapat mengikat partikel-partikel koloid. Melalui proses ini konsentrasi zat yang tidak terlarut, baik organik maupun anorganik dapat diturunkan, sehingga dapat menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi polutan tersebut, sehingga nilai BOD akan menurun [6]. Efektivitas P2 ditunjukkan oleh presentase penurunan kadar sebesar 91,15% dengan nilai signifikansi 0,000. Perlakuan TF-elektrokoagulasi dengan sumber mikroorganisme dari lindi TPA Bengkulu paling efektif karena sumber mikroorganismenya lebih banyak sebesar 91,15%, sehingga lebih banyak mikroorganisme yang menempel pada *biofilm* dan menguraikan lebih banyak bahan organik yang terkandung dalam limbah. Perbandingan perlakuan TF-elektrokoagulasi pada penurunan BOD, perlakuan P4 (TF-elektrokoagulasi) di TPA Temesi efektif dalam menurunkan BOD. Namun presentase penurunan BOD yang paling tinggi didapatkan pada perlakuan P2.

#### **Efektivitas penurunan TSS dengan menggunakan metode kombinasi elektrokoagulasi dan *Trickling Filter* (TF)**

Hasil yang diperoleh dalam proses penurunan nilai TSS limbah lindi menggunakan metode kombinasi elektrokoagulasi dan TF dengan koagulan tawas dan  $\text{FeCl}_3$ , hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa penggunaan koagulan tawas dalam proses penurunan nilai TSS lindi lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan koagulan  $\text{FeCl}_3$  (Tabel 2 dan Tabel 3). Perbandingan penurunan nilai TSS dengan koagulan tawas disajikan pada Tabel 6

Pada Tabel 6 dapat dilihat hasil penurunan yang telah dilakukan dengan proses elektrokoagulasi dan TF. Hasil yang paling efektif ditunjukkan oleh pengolahan menggunakan penambahan koagulan tawas (P2). Dibandingkan dengan baku mutu penurunan nilai TSS menunjukkan hasil yang efektif karena nilai TSS yang

didapatkan dibawah baku mutu limbah yang sudah ditentukan. Berdasarkan hasil uji signifikansi perlakuan pengolahan limbah didapatkan hasil yang paling efektif adalah pada perlakuan P2 (TF-E dengan sumber mikroorganisme dari TPA Bengkulu) dengan presentase penurunan sebesar 78,57%. Penurunan TSS terjadi karena tertahannya partikel-partikel padatan oleh *biofilm* yang menyebabkan jumlah padatan dalam limbah pengolahan menjadi berkurang. Kombinasi TF-E mampu menahan laju air limbah sehingga terjadi interaksi antara limbah dengan mikroorganisme yang terdapat pada TF.

Penyaringan diawali dengan penahanan dan pengikatan padatan tersuspensi sehingga dapat menurunkan TSS. Penyaringan diawali dengan penahanan dan pengikatan padatan tersuspensi sehingga dapat menurunkan TSS. Berdasarkan Tabel 6 didapatkan bahwa pengolahan limbah menggunakan kombinasi metode E-TF dan TF-E yang terbaik dilakukan dengan sumber mikroorganisme dari TPA Bengkulu (P2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber mikroorganisme TPA Bengkulu memiliki pengaruh yang lebih besar dari pada TPA Temesi, sedangkan kombinasi TF-E menunjukkan kinerja yang lebih tinggi.

#### **4. KESIMPULAN**

1. Kombinasi *Trickling Filter* (TF)-elektrokoagulasi efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS pada lindi yang ada di TPA Bengkulu.
2. Sumber mikroorganisme memiliki pengaruh meningkatkan kinerja *Trickling Filter* (TF). Pengolahan limbah menggunakan sumber mikroorganisme dari TPA Bengkulu memperlihatkan penurunan BOD, COD dan TSS yang paling efektif dibandingkan dengan sumber mikroorganisme lindi TPA Temesi.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Tan, K.H. 1994. *Environmental Soil Science*. Marcell Dekker, Inc. , New York
- [2] Guntar, M. S. 1999. Optimasi Pembuangan Limbah Akhir Sampah Urug Saniter Melalui Usaha Pengomposan dan Pemulungan (Studi Kasus TPA Sampah Kodya Jambi) (tesis). Yogyakarta : Program Pascasarjana UGM.
- [3] Moertinah, S. 2010. *Kajian Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Organik Tinggi*. Jurnal Riset dan Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri. Vol. I (2), Hal. 104 – 114
- [4] Soeparman dan Suparmin, 2002. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- [5] Agustina, A., 2017. Pengaruh Biofilm Terhadap Efektivitas Penurunan BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak dari Limbah Pengolahan Ikan Menggunakan *Trickling Filter*” (tesis) Denpasar : Program Pasca Sarjana Universitas Udayana.
- [6] Aziz, T., Pratiwi, D. Y., Rethiana, L., 2013. Pengaruh penambahan tawas  $Al_2(SO_4)_3$  dan kaporit  $CaCl_2$  terhadap karakteristik fisik dan kimia air sungai lambidaro. jurnal teknik kimia, 19(3): 6 – 11