

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI MENGGUNAKAN  
METODE MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR)  
BERMEDIA KALDNESS DALAM MENURUNKAN COD DAN BOD**

**Elvina Dzakiyyah Ramadhani<sup>1</sup>, Fransiska Ariana Audri<sup>2</sup>, Ketut Sumada<sup>3</sup>, Mu'tasim  
Billah<sup>4</sup>, Suprihatin<sup>5</sup>**

UPN "Veteran" Jawa Timur

E-mail: [elvinadzakiyyah25@gmail.com](mailto:elvinadzakiyyah25@gmail.com)<sup>1</sup>, [fransiskariana1207@gmail.com](mailto:fransiskariana1207@gmail.com)<sup>2</sup>,  
[sumadaketut@gmail.com](mailto:sumadaketut@gmail.com)<sup>3</sup>, [mutasimbillah.tk@upnjatim.ac.id](mailto:mutasimbillah.tk@upnjatim.ac.id)<sup>4</sup>, [suprihatin.tk@upnjatim.ac.id](mailto:suprihatin.tk@upnjatim.ac.id)<sup>5</sup>

**Abstract**

*Environmental pollution is the entry of living things, energy substances, and/or other components into the environment, or changes in the structure of the environment as a result of human activities or natural processes. The printing industry is the industry that produces writing and painting with ink on paper using printing machines. The negative impact of the expansion of the printing industry is the disturbance of health, the disruption of beauty, and the deterioration of objects. Therefore, the objective of this study is to lower the levels of COD and BOD in liquid ink waste, determine the optimal retention time required to lower COD & BOD levels in liquid Ink waste, know the coagulation performance of PAC (Poly Aluminium Chloride) in ink liquid. Reduction of COD and BOD levels of ink waste using the moving bed biofilm reactor method to fulfill waste quality standards. The results of the analysis of the study are COD and BOD. The conclusion of this study is that in reducing the COD level and the BOD level on the ink industry waste can be used the method Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) and the lowest COD levels obtained at the time of contact 90 minutes with the addition of 55 mg / L of coagulation is 139 mg/L, whereas the lower BOD levels are at the contact time of 90 min with the addition of resin 55 mg/L is 54 mg/L.*

**Keywords** — BOD, COD, MBBR, Waste, Coagulants.

**Abstrak**

Pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya makhluk hidup, zat energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup, atau berubahnya struktur lingkungan hidup oleh kegiatan manusia atau proses alam. Industri percetakan adalah industri yang menghasilkan tulisan dan lukisan dengan tinta di atas kertas dengan menggunakan mesin cetak. Dampak negatif dari perluasan industri percetakan adalah terganggunya kesehatan, terganggunya keindahan, dan rusaknya benda-benda. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menurunkan kadar COD dan BOD pada limbah cair tinta, mengetahui waktu retensi optimal yang diperlukan untuk menurunkan kadar COD & BOD pada limbah cair Tinta, mengetahui kinerja koagulasi PAC (Poly Aluminium Chloride) pada limbah cair tinta. Penurunan kadar COD dan BOD limbah tinta dengan menggunakan metode moving bed biofilm reactor untuk memenuhi baku mutu limbah. Hasil analisis dari penelitian tersebut adalah COD dan BOD. Kesimpulan dari penelitian ini adalah dalam menurunkan kadar COD dan kadar BOD pada limbah industri tinta dapat digunakan metode Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dan kadar COD terendah diperoleh pada waktu kontak 90 menit dengan penambahan koagulan 55 mg/L yaitu 139 mg/L, sedangkan kadar BOD terendah terdapat pada waktu kontak 90 menit dengan penambahan resin 55 mg/L yaitu 54 mg/L.

**Kata Kunci**— BOD, COD, MBBR, Limbah, Koagulan.

## 1. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan dalam dua atau tiga decade terakhir menjadi suatu masalah yang hangat dibicarakan dan menjadi perhatian khusus baik dari berbagai pihak akademisi atau ilmuwan. Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alami, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang baik atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Masalah ini terjadi karena semakin banyaknya bahan-bahan industri dan nonindustri yang masuk ke dalam lingkungan alam dan mengakibatkan kerusakan-kerusakan yang terjadi secara alami baik secara langsung maupun tidak langsung. Sumber pencemaran air yang sangat potensial adalah limbah cair pabrik industri. Limbah industri anorganik lebih sulit untuk dikontrol dan mempunyai potensi bahaya yang lebih besar. Industri kimia berbahaya mengeluarkan limbah berbahaya yang mengandung senyawa yang bersifat racun (toxic material) serta logam berat yang bersifat toksik [1].

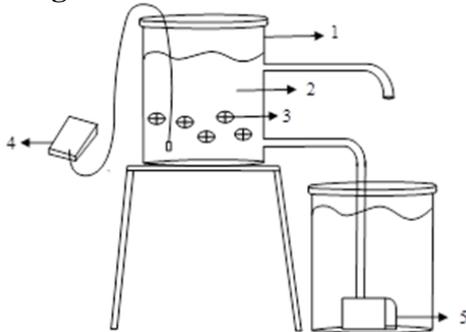
Pada penelitian terdahulu oleh Dian Khristiani Suhari dan Peni Pujiastuti pada tahun 2020 yang berjudul Analisis Chemical Oxygen Demand (COD) Air Limbah Tinta Industri Percetakan Menggunakan Metode Titrimetri. Bahan baku yang digunakan adalah limbah cair tinta yang diambil dari bak penampungan sementara dengan bantuan larutan Ferro Aluminium Sulfat (FAS). Setelah dilakukan titrasi oksidasi-reduksi didapatkan hasil penelitian hari pertama diperoleh angka COD sebesar 33.088 mg/L; hari kedua sebesar 69.484,6 mg/L; hari ketiga sebesar 67.830,4 mg/L. Ketiga sampel memiliki angka COD melebihi baku mutu air limbah industri percetakan sebesar 125 mg/L [2]. Pada penelitian terdahulu oleh Dhimas Aji Kusuma, Laili Fitria, dan Ulli Kadaria pada tahun 2019 yang berjudul Pengolahan Limbah Laundry dengan Metode Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). Didapatkan hasil penelitian bahwa dengan media Kaldnes K1 (media isian 20%) dengan proses seeding selama 15 hari mampu menurunkan parameter COD, BOD, Fosfat, dan Surfaktan. Penurunan parameter BOD dari konsentrasi 441 mg/L menjadi 39,67 mg/L (efektivitas penurunan sebesar 91%). Penurunan parameter COD dari konsentrasi 910 mg/L menjadi 56,3 mg/L (efektivitas penurunan COD sebesar 93,81 %) [3].

Pada penelitian terdahulu oleh Arlini Dyah Radityaningrum dan Jenny Caroline pada tahun 2017 yang berjudul Penurunan BOD, COD, dan TSS Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Koagulan PAC Pada Proses Koagulasi Flokulasi. Didapatkan hasil penelitian bahwa dosis optimum koagulan PAC dalam menurunkan COD, BOD, dan TSS adalah 25 mg/L. Penurunan konsentrasi COD, BOD, dan TSS terbesar terjadi pada proses koagulasi flokulasi di hari ketiga jam ke-3 dengan nilai konsentrasi COD sebesar 103 mg/L dari 352,3 mg/L, nilai BOD sebesar 59 mg/L dari 211,4 mg/L, dan nilai TSS sebesar 100 mg/L dari 1200 mg/L [4]. Pada Penelitian terdahulu oleh Riza Rizkiah, Luciana pada tahun 2022 yang berjudul Optimasi Pengolahan Limbah Cair Tekstil Menggunakan Metode Sono-Fenton. Bahwa didapatkan hasil Kondisi optimum pada penurunan beban pencemaran limbah cair tekstil dengan menggunakan sono-fenton adalah konsentrasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  10% 1 ml/100mL dan konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  35% 1 ml/100 mL dengan waktu sonikasi selama 30 menit, di mana nilai warna turun sebesar 99,61%, kadar COD turun sebesar 90,64%, kadar BOD turun sebesar 97,48% [5]. Dalam rangka mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair industri percetakan berbasis tinta, maka pada penelitian ini digunakan proses pengolahan limbah Cair industri berbasis tinta dengan menggunakan reaktor Bio Filter.

## 2. METODE

Bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair industri berbasis tinta (Pabrik X dengan limbah industri tekstil bekas pewarnaan benang), poly aluminium chloride (PAC), mikroorganisme EM4 biru.

### Rangkaian Alat Penelitian



Keterangan :

1. Reaktor biofilter
2. Air Limbah Cair Tinta
3. Media Kaldness
4. Pompa Udara/Aerator
5. Pompa Celup Air

### Prosedur Penelitian

#### Analisis Karakteristik Awal Limbah

Kondisi pada air limbah cair tinta di lokasi memiliki ciri –ciri fisik berwarna keruh gelap. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi senyawa organik pada limbah yang akan diolah sehingga ketika penelitian dilakukan dapat memudahkan dalam penentuan variasi konsentrasi yang digunakan. Parameter yang diuji dalam analisis awal ini adalah parameter yang digunakan sebagai parameter utama selama berjalannya penelitian, yaitu COD dan BOD. Sebelum diolah, air limbah diambil sebanyak 1500 ml untuk dilakukan uji laboratorium.

#### Aktivasi Mikroorganisme pada media (Proses Seeding)

Proses pengembangbiakan mikroorganisme (seeding) untuk menumbuhkan mikroorganisme secara alami pada media lekat Kaldness K1 dengan bantuan aerator sebagai suplai oksigen di dalam reaktor selama 2 minggu dan menambahkan bakteri starter sebanyak 150 ml pada air sebanyak 2500 ml pada bak penampungan. Setelah seeding dilakukan, dan biofilm sudah terbentuk di media lekat, hal ini ditunjukkan dengan licinnya permukaan media lekat dan tumbuhnya mikro pada media. Setelah 2 minggu, air yang telah digunakan kemudian dibuang.

#### Aklimatisasi

Proses Aklimatisasi untuk menyeleksi dan mengadaptasi mikroorganisme hasil seeding sehingga dapat digunakan untuk mengolah limbah cair tinta. Aklimatisasi dilakukan dengan memasukkan limbah baru yang telah diendapkan ke dalam reaktor dan diberi aerasi. Aklimatisasi mikroorganisme pada media lekat dapat dilakukan selama 30 menit.

#### Pretreatment dan Running

Air limbah yang akan diolah pada reaktor didapatkan dari limbah cair tinta. Setelah itu limbah cair dimasukkan ke dalam bak penampungan yang akan dialirkan ke dalam bak reaktor bio filter. Setelah itu proses running, pada reaktor bio filter akan disuplai udara dengan laju alir yang sudah ditentukan dan ditambahkan koagulan sesuai dengan yang

ditentukan (variabel yang dijalankan). Proses dilakukan pada lima titik waktu sesuai dengan yang ditentukan (variabel yang dijalankan). Setelah proses yang dilakukan selesai maka akan muncul flok-flok pada media kaldness dan liquid yang tersisa di bak reaktor. Setelah itu diambil sampel cair dari bak reaktor kemudian dilakukan pengukuran kadar COD dan BOD akhir. Setelah dilakukan pengendapan, kemudian air limbah dialirkan ke bak reactor pengolahan. Setelah air limbah diolah, air limbah tersebut diambil sebanyak 8000 ml dan diuji laboratorium.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisa Awal Limbah

Pada tabel di bawah terdapat Tabel 1 dengan data kadar awal COD dan BOD serta standar baku mutu yang diizinkan dan data kadar awal COD dan BOD didapatkan dari hasil uji pada laboratorium Dinas Lingkungan Hidup.

Tabel 1 Hasil Analisa Awal Limbah Cair Industri Tinta

Parameter	Kadar Awal (mg / L)	Standar Baku Mutu (mg / L)
COD	1320	150
BOD	510	60

Pada Tabel 1 terdapat hasil analisa kadar COD dan BOD terhadap sampel air limbah industri tinta sebelum dilakukan pengolahan. Kadar COD sebelum pengolahan sebesar 1320 mg/L dengan standar baku mutu yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan sebesar 150 mg/L. Kadar BOD sebelum pengolahan sebesar 510 mg/L dengan standar baku mutu yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan sebesar 60 mg/L.

#### Tabel Hasil Analisa Limbah Yang Telah Diolah

Pada bagian ini akan terdapat dua tabel yang menampilkan data hasil analisa limbah cair industri tinta yang telah diberi perlakuan sesuai dengan variabel yang terdapat pada metodologi penelitian. Variabel yang digunakan sebagai variabel peubah yaitu jumlah koagulan PAC dalam satuan mg/liter limbah dan waktu operasi dalam satuan menit. Hasil analisa COD pada Tabel 2 dan BOD pada Tabel 3 keduanya dalam satuan mg/liter.

Tabel 2 Hasil analisa COD limbah yang telah diproses pada berbagai volume koagulan

Jumlah Koagulan PAC (mg / L)	Waktu Operasi (menit)				
	30	45	60	75	90
15	1304	1244	1191	1132	1075
25	1062	1004	950	893	837
35	824	770	711	658	604
45	592	537	486	430	377
55	363	304	246	193	139

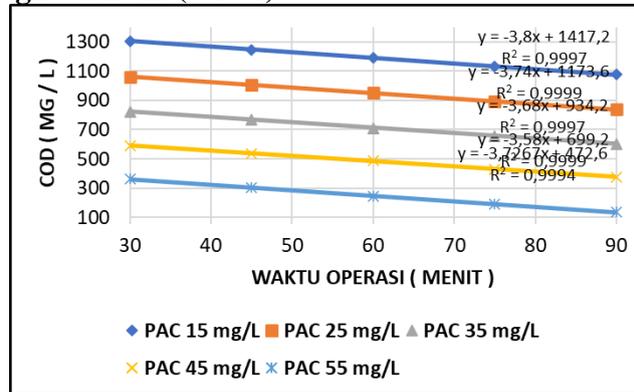
Tabel 3 Hasil analisa BOD limbah yang telah diproses pada berbagai volume koagulan (mg) dan waktu (menit)

Jumlah Koagulan PAC (mg / L)	Waktu Operasi (menit)				
	30	45	60	75	90
15	507	491	485	469	451
25	444	436	425	405	384
35	371	342	317	297	276
45	264	243	216	193	171
55	158	131	105	77	54

Pada Tabel 2 dan 3 terdapat hasil analisa COD dan BOD terhadap limbah cair industri tinta yang telah diberi perlakuan dengan penambahan koagulan PAC serta bantuan

mikroorganismenya yang terdapat pada media kaldness. Dari hasil analisis pada Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar koagulan PAC serta waktu operasi yang semakin lama maka nilai COD dan BOD secara perlahan mengalami penurunan.

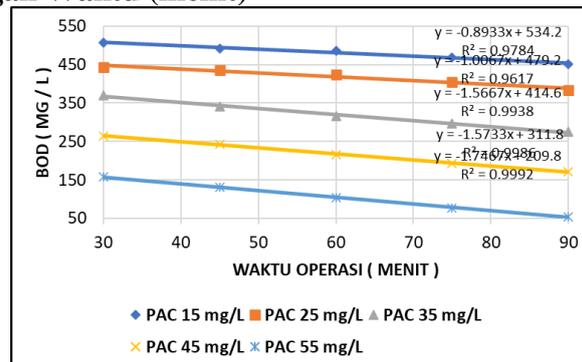
### Hubungan COD dengan Waktu (menit)



Gambar 1 Penurunan COD terhadap waktu (menit) pada berbagai penambahan berat (mg/L) koagulan

Pada Gambar 1 bahwa mula-mula hasil COD analisa awal sebelum dilakukan proses pengolahan sekitar 1320 mg/L. Pada proses pengadukan secara umum kadar COD mengalami penurunan dengan bertambahnya penambahan berat koagulan, hal ini terjadi karena semakin banyak koagulan yang ditambahkan maka semakin banyak senyawa organik dalam limbah cair industri tinta yang terurai. Setelah dilakukan perlakuan dengan mengubah waktu pengadukan dan berat (mg) koagulan, didapatkan nilai COD yang terendah diperoleh pada proses pengadukan dengan bantuan suplai udara dari aerator selama 90 menit dengan berat koagulan 55 mg/L yaitu sebesar 139 mg/L dan nilai COD tertinggi pada pengadukan selama 15 menit dengan berat koagulan 15 mg/L yaitu sebesar 1304 mg/L. Namun pada penelitian ini penambahan koagulan dan lama waktu pengadukan menunjukkan hasil penurunan. Hal ini dapat terjadi karena banyaknya konsentrasi ion di dalam limbah cair yang dipertukarkan, sehingga semakin banyak koagulan yang ditambahkan maka semakin banyak senyawa organik dalam limbah cair industri tinta yang terurai dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganismenya atau metabolisme sel yang terdapat pada media biofilter untuk menurunkan atau menghilangkan substrat tertentu terutama senyawa biodegradable yang terdapat dalam air limbah. Menurut Pergub Jawa Timur tentang baku mutu air limbah untuk industri pengolahan industri tekstil batas maksimum COD adalah 150 mg/L, sedangkan hasil terbaik diperoleh COD sebesar 139 mg/L, yang mana limbah sudah memenuhi standar baku mutu.

### Hubungan BOD dengan Waktu (menit)



Gambar 2 Penurunan BOD terhadap waktu (menit) pada berbagai penambahan berat (mg/L) koagulan

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa mula-mula nilai BOD awal limbah cair tinta sebesar 510 mg/L, setelah dilakukan pengolahan didapatkan penurunan hasil BOD terendah diperoleh pada proses pengadukan selama 90 menit dengan berat koagulan 55 mg/L yaitu sebesar 54 mg/L dan hasil BOD tertinggi pada pengadukan selama 15 menit dengan berat resin 15 mg/L yaitu sebesar 507 mg/L. Pada proses pengadukan dengan bantuan suplai udara dari aerator secara umum penurunan BOD meningkat dengan bertambahnya waktu pengadukan, hal ini terjadi karena semakin lama waktu pengadukan semakin banyak koagulan yang dapat mengikat senyawa amina dalam limbah. Penurunan hasil BOD sangat signifikan karena koagulan mampu untuk menurunkan nilai BOD disebabkan koagulan memiliki jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air dan juga memanfaatkan aktivitas mikroorganisme atau metabolisme sel yang terdapat pada media biofilter untuk menurunkan atau menghilangkan substrat. Menurut Pergub Jawa Timur tentang baku mutu air limbah untuk industri pengolahan industri tekstil batas maksimum BOD adalah 60 mg/L, sedangkan hasil terbaik pada penelitian diperoleh BOD sebesar 54 mg/L, yang mana limbah sudah memenuhi standar baku mutu.

### **KESIMPULAN**

Dalam menurunkan kadar COD dan BOD pada limbah industri tinta dapat menggunakan metode Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dan didapatkan kadar COD terendah pada waktu pengontakan 90 menit dengan penambahan koagulan sebanyak 55 mg/L yaitu 139 mg/L, sedangkan kadar BOD terendah pada waktu pengontakan 90 menit dengan penambahan resin sebanyak 55 mg/L yaitu 54 mg/L. Dalam penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa waktu tinggal dalam menurunkan kadar COD dan BOD adalah selama 90 menit. Dalam penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa koagulan PAC sebanyak 55 mg/L dapat secara maksimal menurunkan kadar COD dan BOD hingga memenuhi kadar baku mutu.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] E. Lourrinx et al., Toksikologi lingkungan, 2022.
- [2] D. K. Suhari and P. Pujiastuti, "Analisis Chemical Oxygen Demand ( COD ) Air Limbah Tinta Industri Percetakan Menggunakan Metode Titrimetri," *J. Kim. dan Rekayasa*, vol. 1, no. 1, pp. 24–31, 2020.
- [3] D. A. Kusuma, L. Fitria, and U. Kadaria, "PENGOLAHAN LIMBAH LAUNDRY DENGAN METODE MOVING BED BIOFILM REACTOR ( MBBR )," vol. 02, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- [4] A. D. Radityaningrum and J. Caroline, "Penurunan BOD, COD dan TSS pada Limbah Cair Industri Batik dengan Koagulan PAC pada Proses Koagulasi Flokulasi," *Semin. Natl. Sains dan Teknol. Terap.*, pp. 1–6, 2017.
- [5] R. Rizkiah and L. Luciana, "Optimasi Pengolahan Limbah Cair Textile Menggunakan Metode Sono-Fenton," *Sainteks J. Sains dan Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2022, doi: 10.37577/sainteks.v4i1.388.