

RESEARCH ARTICLE

## Tempe Wastewater Treatment Using Effective Microorganism (EM) Based on Kepok Banana Peel Waste

(Pengolahan Air Limbah Tempe Menggunakan Effective Microorganism (EM) Berbahan Dasar Limbah Kulit Pisang Kepok)

Dwi Yolanda Putri, Indah Nurhayati<sup>\*</sup>, Joko Sutrisno, Muhammad Al Kholif, Sri Widyastuti  
Program Studi Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya Jl. Dukuh Menanggal XII Surabaya, Indonesia

### ABSTRACT

This study aims to evaluate the effectiveness of using *Lactobacillus* sp. bacteria as an Effective Microorganism (EM) solution derived from kepok banana peel waste to treat tempeh wastewater. The research was conducted using four reactors with varying EM concentrations (0%, 10%, 20%, and 30%) that were processed over 16 days. The results demonstrated a significant decrease in COD, BOD, and TSS levels. Reactor R4, containing 30% EM, reduced BOD by 78.01%, increased DO to 1.31 mg/L, and raised pH to 5.86. Reactor R3, with 20% EM, achieved the highest COD reduction of 78.13%. Additionally, Reactor R2, containing 10% EM, reduced TSS by 66.81%. This study indicates that EM derived from kepok banana peel waste can effectively degrade organic pollutants in tempeh wastewater, offering an environmentally friendly treatment method.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan bakteri *Lactobacillus* sp. dalam larutan *Effective Microorganism* (EM) yang berasal dari limbah kulit pisang kepok untuk mengolah air limbah tempe. Penelitian dilakukan dengan menggunakan empat reaktor dengan berbagai konsentrasi EM (0%, 10%, 20%, dan 30%) selama 16 hari. Hasil penelitian menunjukkan penurunan COD, BOD, dan TSS yang signifikan. Reaktor R4 dengan 30% EM menurunkan BOD sebesar 78,01%, meningkatkan DO menjadi 1,31 mg/L, dan meningkatkan pH menjadi 5,86. Reaktor R3 dengan 20% EM mencapai pengurangan COD tertinggi sebesar 78,13%. Sementara itu, Reaktor R2 dengan 10% EM dapat mengurangi TSS hingga 66,81%. Penelitian ini menunjukkan bahwa EM dari limbah kulit pisang kepok dapat secara efektif mendegradasi polutan organik dalam air limbah tempe dan menyediakan metode pengolahan yang ramah lingkungan.

**Keywords:** Tempeh industry, COD, BOD, TSS, Effective microorganism.

<sup>\*</sup>Corresponding author:  
Indah Nurhayati  
E-mail: indahnurhayati@unipasby.ac.id

## PENDAHULUAN

Industri tempe yang ada di Surabaya belum semua mengolah limbahnya dengan baik, sehingga air limbah mayoritas langsung dibuang ke sungai. Menumpuknya air limbah di sungai berpotensi menimbulkan pencemaran air. Industri tempe membutuhkan air bersih untuk mencuci, merendam, dan merebus kedelai. Air limbah tempe mengandung zat organik dan TSS yang tinggi [1], biasanya bersifat asam dan berbau [2]. Kandungan zat organik yang tinggi menyebabkan sulit diuraikan oleh mikroorganisme [2]. Konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) di salah satu industri tempe di kampung tempe Tenggilis Surabaya masing-masing sebesar 25933 mg/L, 14108 mg/L dan 1935 mg/L, sehingga

melebihi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya [3].

Salah satu metode pengolahan limbah yang ramah lingkungan dengan biaya relatif terjangkau adalah menggunakan proses biologis dengan memanfaatkan mikroorganisme [4]. Pemanfaatan larutan EM untuk mendegradasi zat organik dapat dijadikan alternatif pengolahan limbah tempe. EM4 mengandung mikroorganisme aerob dan anaerob, dan memiliki pH antara 3.5 - 4 [5]. EM4 mengandung bakteri *Lactobacillus* sp., yang dapat memfermentasi bahan organik menjadi asam laktat, sehingga dapat meningkatkan degradasi zat organik dalam limbah [6], [7]. EM dapat menetralkan bahan organik pada limbah yang bersifat asam maupun basa, dan mampu memisahkan komponen karbon (C), hidrogen (H),

oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S) yang terkandung pada limbah [4].

Sudah banyak penelitian tentang pengolahan limbah menggunakan EM, yaitu pengolahan limbah tahu menggunakan EM4 selama 8 hari dapat menurunkan COD 70.87%, BOD 75.20%, dan kekeruhan 44.5% [8]. Pengolahan limbah laundry dengan mikroalga *Spirulina* sp. dan penambahan 5% EM4 dapat menurunkan COD tertinggi yaitu sebesar 83% [6]. Pengolahan limbah laundry dengan EM dosis 15% dapat menurunkan kadar fosfat 65.2% dan COD 59.9% [9]. Pengolahan limbah tahu menggunakan EM dapat menurunkan BOD 97% dan COD 96% [10]. Pengolahan limbah tahu menggunakan EM4 dalam biofilter lebih efektif dalam menurunkan COD dan BOD dibandingkan hanya menggunakan biofilter [11]. Penelitian yang sudah dilakukan mayoritas menggunakan EM4 yang dijual di pasaran.

Bakteri *Lactobacillus* sp. dapat memfermentasi kulit pisang menjadi asam laktat. Fermentasi kulit pisang dapat meningkatkan pertumbuhan *Lactobacillus* sp. sebesar  $4.3 \times 10^{10}$  CFU/ml [12]. Kulit pisang kepok mengandung karbohidrat sekitar 22.84% [13], sehingga dapat dimanfaatkan untuk membuat EM. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh konsentrasi EM dari kulit pisang dan waktu tinggal dalam menurunkan COD, BOD, TSS, nilai pH dan kenaikan DO limbah cair industri tempe.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan bahan

Penelitian dilakukan secara *batch* dalam skala laboratorium. Reaktor yang digunakan berupa drum plastik kapasitas 5 liter. yang dilengkapi dengan aerator, dengan volume efektif 4 liter. Air limbah limbah tempe diambil dari Kampung Tempe Tenggilis Kauman Surabaya. Kulit pisang kepok sebagai bahan pembuatan EM adalah kulit buah pisang kepok yang sudah matang dan masih segar.

### Pembuatan EM dari Kulit Pisang

Penelitian ini diawali dengan pembuatan EM dari kulit pisang. Bahan yang digunakan untuk membuat EM adalah kulit buah pisang kepok yang masak dan masih segar sebanyak 3200 gr dan gula merah 400 gr. Kulit pisang dihaluskan menggunakan blender. Gula dilarutkan dengan 100 ml air, kemudian ditambah air sehingga volume menjadi 600 ml. Kulit pisang yang

sudah halus dicampur dengan larutan gula merah, dan disimpan selama 7 hari dalam reaktor tertutup. Untuk mengetahui karakteristik EM kulit pisang, maka dilakukan uji nilai pH dan jumlah bakteri *Lactobacillus* sp.

### Pengolahan Limbah Tempe Menggunakan EM

Penelitian ini menggunakan 4 buah reaktor. Reaktor R1 kadar EM 0% (reaktor control), R2 kadar EM 10%, R3 kadar EM 20% dan R4 kadar EM 30%. Secara rinci volume limbah dan EM yang dituangkan ke masing-masing reaktor adalah sebagai berikut : reaktor R1 dituangkan 4000 ml air limbah dan tidak ditambah EM4 (kadar EM4 0%), reaktor R2 diisi air limbah 3600 ml dan EM 400 ml, reaktor R3 diisi air limbah 3200 ml dan EM 800 ml, reaktor R4 diisi air limbah 2800 ml dan EM1200 ml (Tabel 1).

Tabel 1. Kode Reaktor

No	Reaktor	Volume EM (ml)	Volume Limbah Tempe (ml)
1	R1 (dosis EM 0%/kontrol)	0	4000
2	R2 (dosis EM 10%)	400	3600
3	R3 (dosis EM 20%)	800	3200
4	R4 (dosis EM 30%)	1200	2800

Reaktor ditempatkan pada ruang yang tidak terkena sinar matahari langsung dan diaerasi secara terus menerus. Analisis sampel dilakukan pada hari ke- 0, 4, 8, 12 dan 16. Analisis COD mengacu pada [14], BOD mengacu pada [15], TSS mengacu pada [16], pH mengacu pada [17], DO menggunakan [18], Analisis jenis bakteri dalam EM menggunakan metode TPC dengan media MRS agar [19].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Awal Limbah Tempe

Limbah cair industri tempe yang berasal dari proses perendaman, pencucian dan perebusan kedelai, secara visual berwarna coklat, keruh dan agak kental seperti tersaji pada Gambar 1. Tabel 2 menunjukkan bahwa limbah cair industri tempe sebelum diolah konsentrasi BOD sebesar 14108 mg/L, COD sebesar 25933 mg/L dan TSS 1935 mg/L. Konsentrasi BOD, COD dan TSS melebihi baku mutu kualitas air limbah kedelai menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, untuk parameter BOD, COD, pH dan TSS. Limbah tempe

memiliki karakteristik yaitu mengandung sejumlah besar bahan organik seperti protein, karbohidrat, lemak, padatan tersuspensi sehingga konsentrasi BOD, COD dan TSS tinggi.



Gambar 1. Air Limbah Industri Tempe Sebelum Diolah

Tabel 2. Karakteristik Limbah Industri Tempe Sebelum Diolah

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu *
1	COD	mg/L	25933	300
2	BOD	mg/L	14108	150
3	TSS	mg/L	1935	100
4	pH	-	3.94	6.0 – 9.0
5	Suhu	°C	29	-
6	DO	mg/L	ttd	-

Keterangan: Ttd= tidak terdeteksi \*[3]

TSS limbah tempe berasal dari kulit kedelai, selaput lendir kedelai dan zat organik organik. Limbah yang berasal dari proses perendaman dan pengelupasan kulit kedelai berwarna putih dan keruh, karena kadar karbohidrat tinggi. Sedangkan limbah yang berasal dari perebusan kedelai berwarna kuning juga keruh. Kandungan TSS yang tinggi dalam air limbah menyebabkan air limbah keruh, sehingga sinar matahari sulit menembus, dan kehidupan biota di Sungai terganggu [1].

*Dissolved Oksigen* (DO) dalam air limbah tempe tidak terdeteksi karena konsentrasi BOD, COD dan TSS tinggi, sehingga mengurangi kadar DO dalam air limbah. DO air yang rendah menyebabkan mikroorganisme stress, bahkan kematian, kondisi perairan menjadi *anaerobic*, sehingga menimbulkan bau kurang sedap. Air limbah tempe sebelum diolah berbau busuk dan bersifat asam dengan nilai pH 3.94. Karakteristik limbah air limbah tempe dalam penelitian ini juga hamper sama dengan penelitian sebelumnya bahwa air limbah tempe cenderung asam

dan berbau busuk, sehingga berpengaruh terhadap penurunan kadar DO [2].

Level degradasi suatu limbah dapat dilihat dari rasio BOD/COD. Semakin tinggi rasio BOD/COD semakin mudah terdegradasi [20]. Rasio BOD/COD yang optimal untuk proses pengolahan biologis antara 0.3 - 0.8. Pada rasio BOD/COD yang optimal menunjukkan bahwa limbah mudah terurai secara alami [20]. Air limbah tempe kadar BOD awal 14108 mg/L dan COD 25933 mg/L sehingga nilai ratio BOD/COD yaitu 0.54. Hal ini menunjukkan 54% air limbah tempe bersifat *biodegradable*. Berdasarkan hasil perhitungan rasio tersebut maka dapat disimpulkan bahwa limbah tempe dapat diolah secara biologis.

### Analisis Bakteri *Lactobacillus* sp. pada EM Kulit Pisang Kepok

Analisis jenis bakteri dalam EM kulit pisang kepok dilakukan di laboratorium Biologi Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Kandungan bakteri *Lactobacillus* sp. dalam EM kulit pisang dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, EM kulit pisang kepok mengandung bakteri *Lactobacillus* sp. yang dominan dan mempunyai pH 3.5 - 4.0, sehingga EM dari kulit pisang kepok dapat digunakan untuk mempercepat degradasi organik dalam limbah cair tempe.

Table 3. Kandungan Bakteri *Lactobacillus* sp. pada EM Kulit Pisang

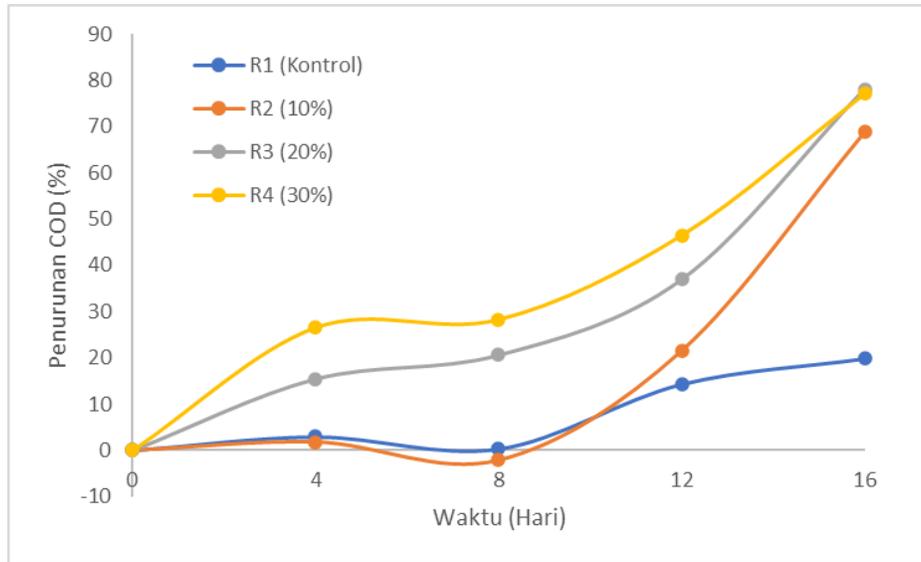
Sampel	Parameter	Satuan	Jumlah Mikroba	Metode
EM Cair	<i>Lactobacillus</i> sp. 1 (koloni putih)	cfu/ml	1x10 <sup>9</sup>	Pour Plate
	<i>Lactobacillus</i> sp. 2 (koloni krem)	cfu/ml	3x10 <sup>8</sup>	Pour Plate

### Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD)

Konsentrasi COD selama proses degradasi oleh EM disajikan pada Tabel 4. Konsentrasi COD hari ke-0 masing-masing reaktor mengalami perbedaan karena adanya penambahan EM dengan dosis yang bervariasi, sehingga mempengaruhi kandungan zat organik pada limbah. Semua reaktor mengalami penurunan COD mulai hari ke-4 hingga hari ke-16. Konsentrasi COD di akhir penelitian, R1 sebesar 20600 mg/L, R2 7267 mg/L, R3 6017 mg/L dan R4 6600 mg/L.

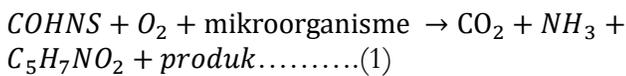
Tabel 4. Konsentrasi COD

Hari ke	R1 (mg/L)	R2 (mg/L)	R3 (mg/L)	R4 (mg/L)	Penurunan (%)			
					R1	R2	R3	R4
0	25683	23267	27517	28850	0	0	0	0
4	24933	22850	23267	21183	2.92	1.79	15.44	26.58
8	25600	23767	21850	20683	0.32	-2.15	20.59	28.31
12	22017	18267	17350	15433	14.27	21.49	36.95	46.51
16	20600	7267	6017	6600	19.79	68.77	78.13	77.12



Gambar 2. Efisiensi Penurunan Konsentrasi COD

Terjadinya penurunan COD pada limbah tempe menunjukkan bahwa zat organik dalam limbah dapat didegradasi secara biologi menggunakan EM kulit pisang kepok. Persamaan reaksi peruraian senyawa organik oleh mikroorganisme, seperti dalam persamaan reaksi 1 [21]:



Berdasarkan persamaan reaksi tersebut menunjukkan bahwa mikroorganisme mendegradasi zat organik dengan bantuan oksigen (O<sub>2</sub>) menjadi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan NH<sub>3</sub> sehingga secara tidak langsung akan menurunkan konsentrasi COD dan BOD pada limbah tempe [10].

Berdasarkan pada waktu tinggal maka Gambar 2 menunjukkan semakin lama waktu tinggal semakin tinggi penurunan COD. Pada reaktor R1 dan R2 hari ke-4 sampai hari ke-8 penurunan COD belum signifikan, hal ini karena mikroorganisme masih berada dalam masa adaptasi terhadap lingkungan baru sehingga kemampuan mendegradasi zat organik

belum optimal [20]. Pada hari ke-12 sampai hari ke-16 semua reaktor dapat menurunkan COD secara signifikan. Peningkatan removal COD yang signifikan terjadi karena hari ke-12 sampai ke-16 merupakan fase eksponensial mikroorganisme, karena nutrisi masih tinggi sehingga bakteri tumbuh dengan cepat dan zat organik terurai secara optimal [20]. Penelitian sejalan dengan penelitian sebelumnya, pengolahan limbah tahu dengan EM4 semakin lama waktu tinggal penurunan COD semakin tinggi, waktu tinggal 72 jam dapat menurunkan COD 86%, dan waktu tinggal 216 jam dapat menurunkan COD 96% [7].

Berdasarkan perbedaan konsentrasi EM di setiap reaktor maka terlihat bahwa R1 mengalami penurunan COD paling kecil karena tanpa adanya penambahan EM sehingga proses dekomposisi terjadi secara alami, sedangkan R3 dengan penambahan dosis EM 20% mampu menurunkan COD paling tinggi yaitu 78.13% dalam waktu tinggal 16 hari. Hal ini terjadi karena bakteri *Lactobacillus* sp. memfermentasi zat organik dalam air limbah menjadi asam laktat yang dapat

mempercepat proses degradasi [10]. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang lain, yaitu pengolahan limbah laundry dengan EM dosis 15% selama 15 hari dapat menurunkan kadar COD sebesar 59.9 % [9]. Penurunan COD semakin lama waktu semakin tinggi, penurunan COD tertinggi sebesar 70,87% pada hari kedelapan [8].

**Konsentrasi Biological Oxygen Demand (BOD)**

Konsentrasi BOD limbah tempe selama penelitian disajikan pada Tabel 5. BOD limbah tempe awal penelitian bervariasi antara 12401-17079 mg/L. Semua reaktor mengalami penurunan BOD selama penelitian. Konsentrasi BOD diakhir penelitian pada reaktor R1 sebesar 11474 mg/L, R2 4273 mg/L, R3 3478 mg/L dan R4 3755 mg/L.

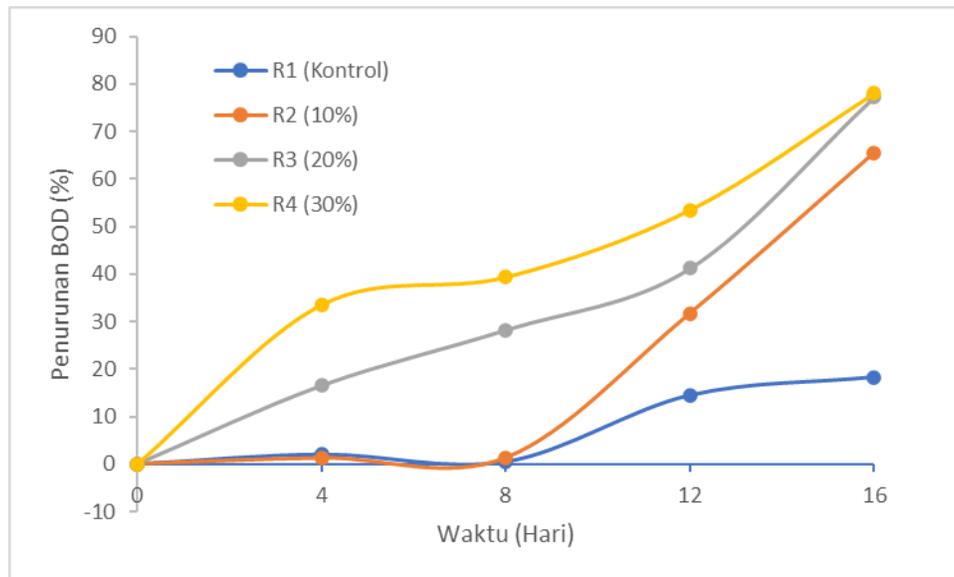
Berdasarkan waktu tinggal, Gambar 3 menunjukkan bahwa seiring bertambahnya waktu tinggal dari 4 hari sampai 16 hari penurunan BOD semakin tinggi. Pada

reaktor R1 dan R2 pada hari ke-4 sampai hari ke-8 penurunan BOD belum signifikan. Keadaan ini terjadi karena mikroorganismenya masih mengalami fase adaptasi. Pada hari ke-12 sampai 16 penurunan BOD mengalami peningkatan secara signifikan, karena mikroorganismenya sudah mencapai fase eksponensial. Kadar nutrient dalam limbah tempe masih tinggi sehingga dimanfaatkan mikroorganismenya untuk tumbuhan dan berkembang secara optimal [20].

Gambar 3 juga menunjukkan bahwa konsentrasi EM berpengaruh terhadap penurunan BOD. Berdasarkan perbedaan konsentrasi EM maka terlihat bahwa reaktor kontrol (R1) yaitu reaktor tanpa penambahan EM mengalami penurunan BOD paling kecil. Hal ini terjadi karena tanpa adanya penambahan EM sehingga proses dekomposisi zat organik terjadi secara alami oleh mikroorganismenya yang ada dalam limbah tempe. Reaktor R4 dengan penambahan EM 30% dapat menurunkan BOD paling tinggi yaitu 78.01%.

Tabel 5. Konsentrasi BOD

Hari ke	R1 (mg/L)	R2 (mg/L)	R3 (mg/L)	R4 (mg/L)	Penurunan (%)			
					R1	R2	R3	R4
0	14049	12401	15272	17079	0	0	0	0
4	13763	12248	12750	11354	2.04	1.23	16.51	33.52
8	13978	12240	10969	10362	0.51	1.30	28.18	39.33
12	12008	9627	8984	7948	14.53	31.76	41.17	53.46
16	11474	4273	3478	3755	18.33	65.54	77.23	78.01



Gambar 3. Efisiensi Penurunan Konsentrasi BOD

Keadaan ini terjadi karena semakin banyak kadar EM yang ditambahkan semakin tinggi aktivitas mikroorganismenya yang dapat mengurai zat organik pada limbah tempe [4]. Kandungan bakteri *Lactobacillus* sp. dari EM akan memfermentasi bahan organik menjadi asam laktat yang akan mempercepat proses degradasi zat organik [10]. Selain itu adanya bakteri *Lactobacillus* sp. juga akan mempercepat proses perombakan zat organik menjadi lebih sederhana [4]. Penurunan BOD terjadi karena zat organik dibutuhkan oleh mikroorganismenya untuk pertumbuhannya [22]. Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yaitu pengolahan limbah tahu menggunakan EM4 dosis 10 % selama 8 hari dapat menurunkan BOD paling tinggi yaitu 48.98 % [4].

**Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS)**

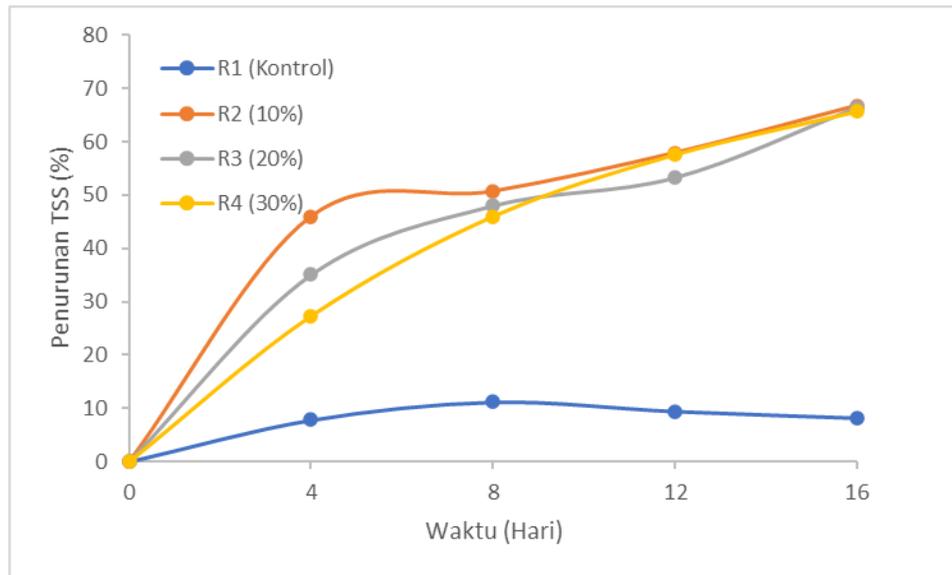
Konsentrasi TSS limbah tempe selama penelitian tersaji dalam Tabel 6. Konsentrasi awal TSS limbah

tempe antara 1925 - 2260 mg/L. Semua reaktor mengalami penurunan konsentrasi TSS setelah diolah menggunakan EM kulit pisang kepok. Pada akhir penelitian konsentrasi TSS antara 717 - 1767 mg/L.

Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan EM kulit kepok dan waktu tinggal berpengaruh terhadap penurunan TSS limbah tempe. Reaktor R1 yaitu reaktor tanpa penambahan EM dapat menurunkan TSS hanya 11.17%. Sedangkan reaktor R2, R3, dan R4 yaitu reaktor dengan penambahan EM kulit pisang dapat menurunkan TSS lebih signifikan yaitu antara 27.32 - 66.81%. Hal ini terjadi karena mikroorganismenya *Lactobacillus* sp. yang terdapat dalam EM berperan merombak karbohidrat menjadi asam laktat. Asam laktat yang dihasilkan bermanfaat untuk mempercepat degradasi zat organik dan menekan perkembangan mikroorganismenya patogen.

Tabel 6. Konsentrasi TSS

Hari ke	R1 (mg/L)	R2 (mg/L)	R3 (mg/L)	R4 (mg/L)	Penurunan (%)			
					R1	R2	R3	R4
0	1925	2260	2135	2105	0	0	0	0
4	1775	1220	1387	1530	7.79	46.02	35.04	27.32
8	1710	1113	1110	1137	11.17	50.75	48.01	45.99
12	1743	950	997	893	9.45	57.96	53.30	57.58
16	1767	750	717	723	8.21	66.81	66.42	65.65



Gambar 4. Efisiensi Penurunan Konsentrasi TSS

Pada hari ke-2 sampai ke-16 semua reaktor mengalami kenaikan penurunan TSS. Reaktor R1 semakin lama waktu tinggal penurunan TSS fluktuatif. Sedangkan pada reaktor R2, R3 dan R4 semakin lama waktu tinggal semakin tinggi penurunan TSS. Menurut [7]. Penurunan TSS disebabkan karena mikroorganisme *Lactobacillus* sp. mampu hidup pada kondisi asam sesuai dengan pH limbah tempe. Mikroorganisme akan beradaptasi dengan lingkungan baru sehingga dengan seiring bertambahnya waktu pengolahan akan terjadi penurunan TSS. Penurunan TSS juga disebabkan pertumbuhan mikroorganisme yang begitu pesat membutuhkan makanan berupa limbah tempe.

Berdasarkan pada perbedaan konsentrasi EM maka terlihat bahwa R1 mengalami peningkatan removal paling kecil karena tanpa adanya penambahan EM sehingga proses dekomposisi terjadi secara alami, sedangkan R2 dengan penambahan EM dosis 10 % dapat menurunkan TSS paling tinggi yaitu sebesar 66.81% di hari ke-16. Tingginya penurunan TSS karena bakteri dalam EM dapat mendegradasi padatan yang kompleks zat yang sederhana sehingga kadar TSS menurun secara cepat dan bakteri *Lactobacillus* sp. dapat bertahan pada limbah yang bersifat asam [4].

Efisiensi penurunan TSS tertinggi pada R2 sebesar 66.81% pada hari ke-16 dengan konsentrasi akhir 750 mg/L. Hasil penelitian sejalan dengan penelitian tentang pengolahan limbah cair tahu dengan EM4 dosis 7% dengan waktu tinggal 9 hari dapat menurunkan TSS sebesar 72.7% [7].

### Nilai pH

pH berperan dalam kehidupan biota air dan mikroorganisme. Nilai pH selama penelitian disajikan dalam Table 7. Nilai pH awal antara 3.93 - 4.08. Pada akhir penelitian nilai pH antara 5.49 - 5.86. Kenaikan pH tertinggi terjadi pada reaktor R4 pada hari ke-16 dari pH awal 4.08 menjadi 5.86. Nilai pH optimum untuk proses penguraian bahan organik antara 5 - 8 [10]. Dengan demikian pH akhir penelitian sesuai untuk penguraian limbah secara biologis.

Tabel 7 menunjukkan nilai pH semua reaktor semakin lama waktu tinggal semakin naik. Kenaikan pH limbah tempe disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme baik yang terdapat pada limbah tempe maupun yang terdapat dalam EM. Kenaikan pH terjadi karena mikroorganisme dalam EM

merombak zat organik dalam limbah tempe. EM dapat menetralkan zat organik dalam limbah yang bersifat asam atau basa [4]. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian tentang pengolahan limbah *laundry* menggunakan EM limbah sayur semakin lama nilai pH semakin meningkat [9].

Tabel 7. Nilai pH

Hari ke	R1	R2	R3	R4
0	3.93	3.97	4.03	4.08
4	4.15	4.29	4.37	4.43
8	4.76	4.53	4.71	4.53
12	5.12	5.12	5.04	5.11
16	5.49	5.54	5.66	5.86

### Dissolved Oxygen (DO)

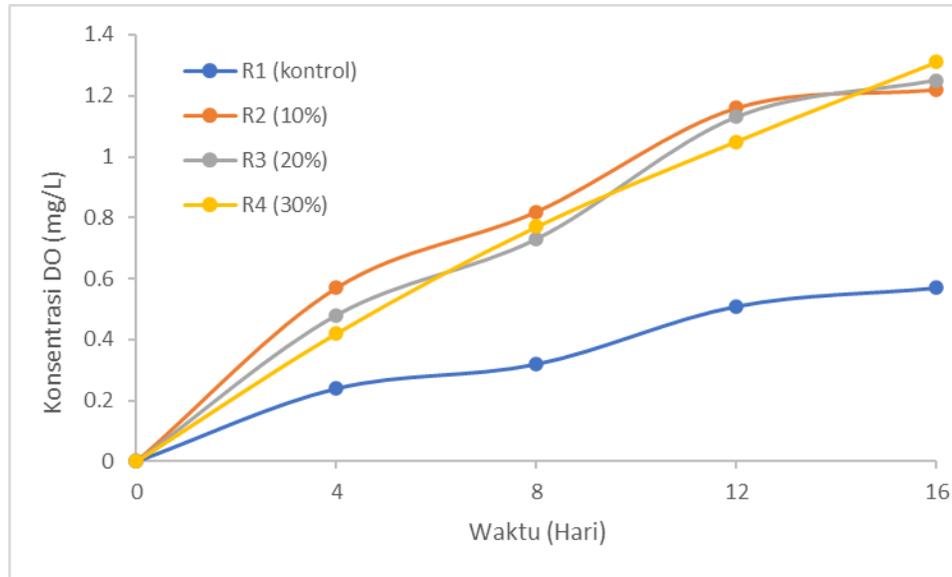
Oksigen terlarut sangat diperlukan oleh mikroorganisme aerob dalam mendegradasi limbah organik. Konsentrasi DO selama proses pengolahan disajikan dalam Table 8. Konsentrasi DO pada awal penelitian tidak terdeteksi, sedangkan pada akhir penelitian konsentrasi DO mengalami kenaikan dengan konsentrasi akhir antara 1.22 - 1.31 mg/L. Rendahnya nilai DO disebabkan tingginya kandungan polutan organik pada limbah tempe. Nilai DO berbanding terbalik dengan nilai BOD, semakin tinggi kadar zat organik yang terdapat pada limbah, maka konsentrasi BOD semakin besar, sedangkan nilai DO semakin rendah. Baku mutu kadar DO dalam perairan normal yaitu sebesar 2 mg/L dan pada kondisi tersebut dapat mendukung kehidupan organisme perairan.

Tabel 8. Konsentrasi DO

Hari ke	R1 mg/L	R2 (mg/L)	R3 (mg/L)	R4 (mg/L)
0	ttd	ttd	ttd	ttd
4	0.24	0.57	0.48	0.42
8	0.32	0.82	0.73	0.77
12	0.51	1.16	1.13	1.05
16	0.57	1.22	1.25	1.31

Keterangan: Ttd = tidak terdeteksi

Kenaikan DO disebabkan karena adanya proses aerasi dan berkurangnya kadar zat organik dalam air limbah. Udara yang dialirkan ke dalam limbah akan membantu proses fermentasi menjadi lebih cepat dibandingkan dengan proses dekomposisi secara alami [21].



Gambar 5. Kadar DO

Gambar 5 menunjukkan bahwa semua reaktor mengalami kenaikan DO mulai hari ke-2 sampai dengan hari ke-16. Reaktor R1 sebagai reaktor kontrol mengalami kenaikan DO yang kurang signifikan dibandingkan reaktor dengan penambahan EM yaitu R2, R3 dan R4. Hal ini terjadi karena reaktor R1 tanpa penambahan EM sehingga proses degradasi zat organik lebih lambat. Sedangkan reaktor dengan penambahan EM proses degradasi zat organik lebih cepat sehingga kadar DO mengalami kenaikan dengan cepat. Pada akhir penelitian COD, BOD, TSS, DO dan nilai pH belum memenuhi baku mutu PERGUB JATIM No 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

## KESIMPULAN

Penelitian pemanfaatan Effective Microorganism (EM) kulit pisang kepok untuk mengolah limbah cair tempe dapat disimpulkan bahwa EM limbah kulit pisang kepok mengandung bakteri *Lactobacillus* sp. sebanyak  $1 \times 10^9$  cfu/ml untuk koloni putih dan  $3 \times 10^8$  cfu/ml untuk koloni krem. Reaktor R4 dengan penambahan EM 30% dengan waktu tinggal 16 hari dapat menurunkan BOD paling tinggi sebesar 78.01% dari 17079 mg/L menjadi 3755 mg/L, menaikkan DO dari tidak terdeteksi menjadi 1.31 mg/L dan menaikkan nilai pH dari 4.0 menjadi 5.86. Reaktor R3 dengan penambahan EM 20% waktu tinggal 16 hari dapat menurunkan COD tertinggi yaitu sebesar 78.13% dari

28850 mg/L menjadi 6600 mg/L Reaktor R2 dengan penambahan EM 10% dapat menurunkan TSS paling tinggi yaitu 66.81% dari 2260 mg/L menjadi 750 mg/L.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Sari and A. Rahmawati, "Analisa kandungan limbah cair tempe air rebusan dan air rendaman kedelai," *J. Ilm. Kesebat. Media Husada*, vol. 9, no. 1, pp. 36-41, 2020, doi: 10.33475/jikmh.v9i1.210.
- [2] F. Sayow, B. V. J. P. W. Tilaar, and K. D. Augustine, "Analisis kandungan limbah industri tahu dan tempe rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa," *Agri-Sosioekonomi*, vol. 16, no. 2, pp. 245-252, 2020, doi: 10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758.
- [3] Peraturan Gubernur Jawa Timur 72 tahun 2013, *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha lainnya*. Pemerintah Provinsi Jawa Timur, 2013.
- [4] T. Deffy, W. Nilandita, and I. Munfarida, "Bioremediasi limbah cair industri tahu menggunakan larutan EM4 secara Anaerob-Aerob," *J. Presipitasi*, vol. 17, no. 3, pp. 233-241, 2020.
- [5] A. Rinaldi, Ridwan, and M. Tang, "Analisis kandungan pupuk bokashi dari limbah ampas teh dan kotoran sapi," *Saintis*, vol. 2, no. 1, pp. 5-13, 2021.
- [6] K. A. Fitria, I. Nurhayati, and J. Sutrisno, "Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) dan fosfat (PO<sub>4</sub>-P) limbah laundry menggunakan EM4 dan mikroalga

- Spirulina* sp.,” *J. Sains & Teknologi Lingkungan*, vol. 15, no. 1, pp. 31-44, 2023, doi: 10.20885/jstl.vol15.iss1.art3.
- [7] K. L. Sari, Z. Ali, and Hardiono, “Penurunan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah tahu menggunakan Effective Microorganism-4 (EM4) Secara Aerob,” *J. Kesehat. Lingkungan*, vol. 14, no. 1, pp. 449-458, 2017.
- [8] S. A. Sari, N. Nurhayati, and R. Sunaryanto, “Pengaruh penambahan Effective Microorganisms (EM4) terhadap kualitas limbah cair tahu dengan teknik aerasi,” *Metr. Ser. Teknol. dan Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 36-41, 2022, doi: 10.51616/teksi.v3i1.276.
- [9] A. R. Alifia and R. Ratnawati, “Pemanfaatan Effective Microorganism (EM) limbah sayur untuk pengolahan limbah laundry,” *J. Emvirotek*, vol. 12, no. 2, pp. 106-112, 2020, doi: 10.33005/envirotek.v12i2.96.
- [10] U. Munawaroh, M. Sutisna, and K. Pharmawati, “Penyisihan parameter pencemar lingkungan pada limbah cair industri tahu menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) serta pemanfaatannya,” *J. Inst. Teknol. Nas.*, vol. 1, no. 2, pp. 93-104, 2013.
- [11] J. Siringoringo, S. Harahap, and E. Purwanto, “Efektifitas pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan EM4 dalam Biofilter untuk Menurunkan Kadar BOD5 dan COD,” *J. Sumberd. dan Lingkungan. Akuatik*, vol. 2, no. 1, pp. 174-183, 2021.
- [12] H. P. Yana, “Pertumbuhan probiotik *Lactobacillus casei* pada media kulit buah pisang kepok (*Musa balbisiana*),” Universitas Jember. Tugas Akhir, 2020.
- [13] A. I. Pangestika and M. Srimati, “Pemanfaatan kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca*) dalam pembuatan bolu kukus,” *Nutr. J. Gizi, Pangan dan Apl.*, vol. 4, no. 1, pp. 39-50, 2021, doi: 10.21580/ns.2020.4.1.4132.
- [14] N. S. Agency, *SNI 06-6989.15-2004 Test method for chemical oxygen demand (COD) open reflux with open reflux titrimetrically*. Indonesia, 2004, p. 6.
- [15] Aqualytic®, *Lovibond BOD System BD-600 Instruction Manual*, no. March. 2014, pp. 108-113.
- [16] V. Pramaningsih, H. Hansen, S. M. Praveena, and U. I. E. Styana, “Wastewater quality and pollution load of each stage in Tempeh Production,” *Indones. J. Urban Environ. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 209-222, 2022, doi: 10.25105/urbanenvirotech.v5i3.12838.
- [17] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 6989.11:2019*. pp. 1-7, 2019.
- [18] SNI 06-6989.14, “Air dan air limbah - bagian 14: Cara uji oksigen terlarut secara yodometri (modifikasi azida),” 2004.
- [19] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 2981:2009*. 2009, pp. 1-60.
- [20] I. Nurhayati, R. Ratnawati, and Sugito, “Effects of potassium and carbon addition on bacterial algae bioremediation of boezem water,” *Environ. Eng. Res.*, vol. 24, no. 3, pp. 495-500, 2019, doi: 10.4491/EER.2018.270.
- [21] S. Sisnayati, D. S. Dewi, R. Apriani, and M. Faizal, “Penurunan BOD, TSS, minyak dan lemak pada limbah cair pabrik kelapa sawit menggunakan proses aerasi plat berlubang,” *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 27, no. 2, pp. 38-45, 2021.
- [22] I. Nurhayati and M. Syafi'i, “Combination of diffused aeration, biosand filter and active carbon for treating domestic waste,” *Jukung J. Tek. Lingkungan*, vol. 8, no. 1, pp. 105-116, 2022.