

**BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR TAHU MENGGUNAKAN EM-4 DAN
BACILLUS SUBTILIS UNTUK MENURUNKAN BOD, COD, TSS**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada
Program Studi Teknik Lingkungan



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh

DEWI AGUSTIN

NIM. 09010522007

Dosen Pembimbing

Widya Nilandita, M.KL

Ir. Teguh Taruna Utama., S.T., M.T

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**

2026

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : DEWI AGUSTIN
NIM : 09010522007
Program Studi : TEKNIK LINGKUNGAN
Angkatan : 2022

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul "BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR TAHU MENGGUNAKAN EM-4 DAN *BACILLUS SUBTILIS* UNTUK MENURUNKAN BOD, COD, TSS". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 17 Juni 2026


METERAI
TIMBIL
14DA0X0M143213
Dewi Agustin
NIM. 09010522007

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh:

Nama : Dewi Agustin

NIM : 09010522007

Judul : Bioremediasi Limbah Cair Tahu Menggunakan EM-4 dan *Bacillus Subtilis*
untuk Menurunkan BOD, COD, TSS

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan,

Surabaya, 17 Juni 2026

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Widya Nilandita, M.KI
NIP. 198410072014032001



Ir. Teguh Taruna Utama, S.T., M.T
NIP. 198705022023211021

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Oleh:

Nama : Dewi Agustin

NIM : 09010522007

Judul Tugas Akhir : Bioremediasi Limbah Cair Tahu Menggunakan EM-4 dan *Bacillus Subtilis* untuk Menurunkan BOD, COD, TSS

Telah dipertahankan di depan tim penguji tugas akhir
Surabaya, 17 Juni 2026

Mengesahkan,

Dewan Penguji

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



Widya Nilandita, M.KL
NIP. 198410072014032001



Ir. Teguh Taruna Utama, S.T., M.T
NIP. 198705022023211021

Dosen Penguji III

Dosen Penguji IV



Dedy Supravogi, M.KL
NIP. 198512112014031002



Dr. Rhenny Ratnawati, S.T., M.T
NIP. 198705272025052001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. A. Saepul Hamdani, M. Pd.
NIP. 196507312000031002

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : DEWI AGUSTIN
NIM : 09010522007
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : dewiagustin2003@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

**BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR TAHU MENGGUNAKAN EM-4 DAN BACILLUS
SUBTILIS UNTUK MENURUNKAN BOD, COD, TSS**

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 17 Juni 2026

Penulis



(DEWI AGUSTIN)

ABSTRAK
BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR TAHU MENGGUNAKAN EM-4 DAN
***BACILLUS SUBTILIS* UNTUK MENURUNKAN BOD, COD, TSS**

Produksi pembuatan tahu menghasilkan limbah cair yang mengandung BOD, COD, serta TSS yang tinggi. Limbah cair tahu apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu teknologi pengolahan air limbah yang ramah lingkungan adalah bioremediasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui efisiensi penyisihan bioremediasi menggunakan EM-4, *Bacillus subtilis*, dan kombinasinya serta perbedaan jenis aktivator dan waktu kontak untuk menurunkan konsentrasi air limbah. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimental dengan pengoperasian reaktor dilakukan menggunakan sistem *batch* secara aerob. Penelitian dilakukan selama 14 hari dengan pengamatan dan pengujian parameter pada hari ke-0, ke-7, dan ke-14, parameter yang diuji diantaranya ada BOD, COD, dan TSS. Hasil penelitian menunjukkan reaktor air limbah dengan penambahan EM-4, *Bacillus subtilis*, dan gabungan keduanya memiliki nilai efisiensi penyisihan parameter BOD secara berturut-turut 52%, 60%, 67%. Hasil penelitian menunjukkan reaktor air limbah dengan penambahan EM-4, *Bacillus subtilis*, dan gabungan keduanya memiliki nilai efisiensi penyisihan parameter COD secara berturut-turut 50%, 57%, 66%. Hasil penelitian menunjukkan reaktor air limbah dengan penambahan EM-4, *Bacillus subtilis*, dan gabungan keduanya memiliki nilai efisiensi penyisihan parameter TSS secara berturut-turut 60%, 67%, 59%. Hasil analisis *one way anova* menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan mengenai jenis aktivator terhadap penurunan BOD, COD, TSS. Sedangkan pada variabel waktu kontak terdapat perbedaan terhadap penurunan BOD, COD, TSS. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh perlakuan mampu menurunkan kadar BOD, COD, TSS limbah cair tahu. Reaktor dengan penambahan perlakuan gabungan EM-4 dan *Bacillus subtilis* menunjukkan hasil efisiensi penyisihan yang tertinggi sehingga menjadi perlakuan yang paling efektif. Selain itu variasi waktu kontak memberikan perbedaan terhadap efisiensi penurunan BOD, COD, TSS.

Kata Kunci : Aerob, *Bacillus subtilis*, Bioremediasi, EM-4, Limbah Tahu

ABSTRACT
BIOREMEDIATION OF TOFU LIQUID WASTE USING EM-4 AND
BACILLUS SUBTILIS TO REDUCE BOD, COD, TSS

Tofu production generates wastewater containing high concentrations of BOD, COD, and TSS. If discharged without prior treatment, tofu wastewater can cause environmental pollution. One environmentally friendly wastewater treatment technology is bioremediation. The objective of this study is to determine the efficiency of bioremediation using EM-4, Bacillus subtilis, and a combination of the two, as well as the effects of different activator types and contact times on reducing wastewater concentrations. This study employed an experimental method using aerobic batch reactors. The experiment was conducted for 14 days, with observations carried out on days 0, 7, and 14. The parameters analyzed were BOD, COD, and TSS. The results showed that reactors treated with EM-4, Bacillus subtilis, and their combination achieved BOD removal efficiencies of 52%, 60%, and 67%, respectively. The results of the study showed that wastewater reactors with the addition of EM-4, Bacillus subtilis, and a combination of both had COD removal efficiencies of 50%, 57%, and 66%, respectively. The results of the study show that wastewater reactors with the addition of EM-4, Bacillus subtilis, and a combination of both had TSS removal efficiencies of 60%, 67%, and 59%, respectively. The results of the one-way ANOVA analysis showed that there were no significant difference among activator type in reducing BOD, COD, and TSS. In contrast, significant difference were observed among contact times in the reduction of BOD, COD, and TSS. The results showed that all treatments were able to reduce BOD, COD, and TSS levels of tofu liquid waste. The reactor with the addition of the combined treatment of EM-4 and Bacillus subtilis showed the highest removal efficiency results, making it the most effective treatment. Furthermore, variations in contact time contributed to differences in the removal efficiencies of BOD, COD, and TSS.

Keywords: *Aerobic, Bacillus subtilis, Bioremediation, EM-4, Tofu waste*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
LEMBAR TURNITIN	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Industri Tahu	6
2.2 Limbah Industri Tahu	8
2.3 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu	9
2.4 Dampak Limbah Cair Industri Tahu.....	11
2.5 Teknologi Pengolahan Limbah Cair.....	11
2.6 Bioremediasi.....	12
2.6.1 Mekanisme Bioremediasi.....	13
2.6.2 Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi proses bioremediasi	14
2.6.3 EM-4 (<i>Effective Microorganisms-4</i>)	15

2.6.4	<i>Bacillus subtilis</i>	16
2.7	Integrasi Keislaman	17
2.8	Penelitian Terdahulu	19
BAB III METODE PENELITIAN		25
3.1	Rancangan Penelitian	25
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	27
3.4	Variabel Penelitian	29
3.4.1	Variabel Bebas	29
3.4.2	Variabel Terikat	29
3.4.3	Variabel Terkontrol	29
3.5	Prosedur Penelitian	29
3.5.1	Kerangka Pikir Penelitian	30
3.5.2	Tahapan Penelitian	31
3.6	Desain Penelitian	38
3.7	Analisa Data	39
3.7.1	Analisis Parameter Limbah Cair Tahu	39
3.7.2	Analisis Statistika	43
3.8	Hipotesis Penelitian dan Definisi Operasional	44
3.8.1	Hipotesis Penelitian	44
3.8.2	Definisi Operasional	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Peremajaan Bakteri dan Aktivasi EM-4	46
4.1.1	Peremajaan Bakteri	46
4.1.2	Aktivasi EM-4	48
4.2	Pengoperasian Reaktor	50
4.2.1	Perubahan nilai BOD	54

4.2.2	Perubahan nilai COD	57
4.2.3	Perubahan nilai TSS.....	60
4.3	Analisis Data	63
4.3.1	Efisiensi penyisihan nilai BOD	63
4.3.2	Efisiensi penyisihan nilai COD.....	68
4.3.3	Efisiensi penyisihan nilai TSS	71
4.4	Analisis Mikroskopis Mikroorganisme	75
4.5	Analisis Statistika	77
BAB V	PENUTUP.....	82
5.1	Kesimpulan.....	82
5.2	Saran	82
DAFTAR PUSTAKA.....		83
Lampiran		98

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Industri Tahu	9
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu.....	19
Tabel 3.1 Alat yang Diperlukan untuk Pengujian	27
Tabel 3.2 Bahan yang Diperlukan untuk Pengujian.....	28
Tabel 3.3 Desain Penelitian.....	38
Tabel 3.4 Definisi Operasional Variabel	44
Tabel 4.1 Hasil Aktivasi EM-4.....	48
Tabel 4.2 Hasil Bioremediasi Limbah Cair Tahu.....	51
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Parameter BOD	55
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Parameter COD	57
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Parameter TSS	60
Tabel 4.6 Efisiensi Penyisihan BOD	63
Tabel 4.7 Perbandingan Efektifitas Aktivator untuk Parameter BOD	66
Tabel 4.8 Efisiensi Penyisihan COD	68
Tabel 4.9 Perbandingan Efektifitas Aktivator untuk Parameter COD	69
Tabel 4.10 Efisiensi Penyisihan TSS	71
Tabel 4.11 Perbandingan Efektifitas Aktivator untuk Parameter TSS.....	73
Tabel 4.12 Pengamatan Mikroskopis	75
Tabel 4.13 Uji One way Anova Variabel Jenis Aktivator Parameter BOD	78
Tabel 4.14 Uji One way Anova Variabel Waktu Kontak Parameter BOD.....	78
Tabel 4.15 Uji <i>One way Anova</i> Variabel Jenis Aktivator Parameter COD.....	79
Tabel 4.16 Uji <i>One way Anova</i> Variabel Waktu Kontak Parameter COD.....	79
Tabel 4.17 Uji <i>One way Anova</i> Variabel Jenis Aktivator Parameter TSS	80
Tabel 4.18 Uji <i>One way Anova</i> Variabel Waktu Kontak Parameter TSS	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta Lokasi Pabrik Tahu	26
Gambar 3.2 Kerangka Pikir Penelitian	30
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian.....	32
Gambar 3.4 Reaktor Bioremediasi Secara Aerob.....	37
Gambar 4.1 Biakan Bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	47
Gambar 4.2 Bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	47
Gambar 4.3 Grafik Perubahan Nilai BOD.....	56
Gambar 4.4 Grafik Perubahan Nilai COD.....	59
Gambar 4.5 Grafik Perubahan Nilai TSS	62



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R. N., Shalah Dina Devy, Angga Syfa Kurniawan, Nur Hasanah, Elisa Destephani Salsabila, Dira Anis Ageung Ratnawati, Febry Muhammad Fadil, Nur Aqsan Syarif, & Guntur Arsi Aturdin. (2022). Potensi Limbah Cair Tahu sebagai Pupuk Organik Cair di RT. 31 Kelurahan Lempake Kota Samarinda. *ABDIKU: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Mulawarman*, 1(1), 36–41. <https://doi.org/10.32522/abdiku.v1i1.38>
- Anggara, O. C., Asyrofi, A. A. A., Sya Roni, D. R., & Putro, A. B. (2023). Pengujian Kualitas Air Limbah Industri Tahu Di Desa Kuncen Kecamatan Padangan. *Aptekmas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.36257/aps.7412>
- Andayani, N., Nurhayati, D., & Saing, M. D. (2022). Optimasilisasi Pertumbuhan Bakteri E. Coli dan Bacillus Subtilis pada Media Edamame Agar. *Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium*, 1(1), 45–53. <https://doi.org/10.25047/plp.v1i1.3095>
- Anggraini, S. I. (2019). *Bioremediasi Bahan Organik Pada Air Limbah Budidaya Ikan Lele (Clarias gariepinus) Menggunakan Bacillus subtilis Dengan Kombinasi Dosis yang Berbeda* [Thesis]. Universitas Brawijaya.
- Ariadi, H., Linayati, L., & Mardiana, T. Y. (2022). Pengaruh Bakteri Indigenous dalam Degradasi Senyawa Fisika Kimia Limbah Batik dan Tekstil. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 20(2). <https://doi.org/10.54911/litbang.v20i2.218>
- Aritonang, B., Ritonga, A. H., Harefa, K., Dicky Yuswardi Wiratma, & Herlina, H. (2025). Pengaruh Kombinasi Arang Aktif dan Bentonit dalam Menurunkan

- Kadar COD, BOD, dan TSS pada Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Farmasimed (JFM)*, 8(1), 405–412. <https://doi.org/10.35451/cbxjb379>
- Berthouex, P. M., & Brown, L. C. (2002). *Statistic for Environmental Engineer* (Second Edition). Lewis Publisher.
- Blanco, A. S., Durive, O. P., Pérez, S. B., Montes, Z. D., & Guerra, N. P. (2016). Simultaneous production of amylases and proteases by *Bacillus subtilis* in brewery wastes. *Brazilian Journal of Microbiology*, 47(3), 665–674. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.04.019>
- Cahyani, A. P., & Febrianti, D. A. (2024). Penurunan Kadar BOD, COD, Dan TSS Dalam Limbah Cair Tahu Dengan Metode Aerasi Dan Ozonisasi. *Jurnal Integrasi Proses*, 13(2).
- Dayanti, D. R., & Dj, R. S. (2025). Evaluasi Penerapan Media Biofilter Anaerob dan Mikroorganisme di Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Industri Cat PT.X. *Jurnal Serambi Engineering*.
- Deffy, T. (2020). *Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Larutan Effective Microorganism-4 (EM4) Secara Anaerob Aerob* [Tugas Akhir]. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Delina, S., Arina, Y., Oktarina, T., & Erpa, M. (2024). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Ciplukan (*Physalis Angulata* L.) Terhadap Bakteri *Bacillus Subtilis*. *Jurnal Kesehatan Lentera 'Aisyiyah*, 7(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.58170/jkla.v7i2.215>
- Dermawan, H., & Hasibuan, A. (2025). Metode Penelitian Eksperimen: Prinsip, Prosedur, dan Aplikasi dalam Penelitian Ilmiah. *Factory Jurnal Industri*,

Manajemen dan Rekayasa Sistem Industri, 3(2), 47–50.

<https://doi.org/10.56211/factory.v3i2.729>

Dewi, S. R., Winardi, & Sulastri, A. (2023). Bioremediasi Tanah Tercemar Limbah Oli Bekas Dengan Metode Composting. *Jurnal Envirotek*, 15(2), 149–154.

<https://doi.org/10.33005/envirotek.v15i2.153>

Ekoputri, S. F., Rahmatunnissa, A., Nulfaidah, F., Ratnasari, Y., Djaeni, M., & Sari, D. A. (2023). Pengolahan Air Limbah dengan Metode Koagulasi Flokulasi pada Industri Kimia. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1), 7781–7787.

<https://doi.org/10.32672/jse.v9i1.715>

Faradila, R., Huboyo, H. S., & Syakur, A. (2023). Rekayasa Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Metode Kombinasi Filtrasi Untuk Menurunkan Tingkat Polutan Air. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(3), 342–

350. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.3.342-350>

Fathina, D. S. (2024). *Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Bakteri Indigenous Tanah TPA Piyungan Pada Air Limbah Industri Tekstil* [Tugas Akhir]. Universitas Islam Indonesia.

Fatih, F. A., & Lubis, N. P. (2026). Konsep Homogenitas dan Normalitas dalam Statistik serta Teknik Pengujiannya (Pt. 805-817). *Jurnal Pendidikan*, 1((3)). <https://doi.org/https://doi.org/10.63822/b98bqe88>

Fidiastuti, H. R., Lathifah, A. S., Amin, M., & Utomo, Y. (2020). Studies of *Bacillus subtilis* NAP1 to degrade BOD, COD, TSS, and pH: The indigenous bacteria in Indonesia batik wastewater. *Journal of Physics: Conference Series*, 1511(1), 012060. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1511/1/012060>

Fidiastuti, H. R., Prabowo, C. A., Lathifah, A. S., Amin, M., & Utomo, Y. (2019). *Bioremediasi Limbah Industri Pemanfaatan Mikroba dalam Pengolahan Limbah Industri*. Penerbit Forin.

Firmansyah, I., Utomo, B., & Ikhsan, C. (2025). *Literature Review: Pengolahan Data Statistik dan Uji Signifikansi pada Persentase Penurunan BOD, COD, dan TSS Limbah Cair dengan Penambahan Bakteri Probiotik*. *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*
<https://doi.org/10.47134/scbmej.v2i3.3947>

Fitria, K. A., Nurhayati, I., & Sutrisno, J. (2023). Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Fosfat (PO₄-P) Limbah Laundry Menggunakan EM4 dan Mikroalga *Spirulina* sp. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*,
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol15.iss1.art3>

Fritts, R. K., McCully, A. L., & McKinlay, J. B. (2021). Extracellular Metabolism Sets the Table for Microbial Cross-Feeding. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 85(1), e00135-20. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00135-20>

Halim, M. A., Hendrarianti, E., & Setyobudiarso, H. (2023). *Pengaruh Waktu Terhadap Penurunan BOD, COD, Dan TSS Limbah Rumah Makan Menggunakan Biofilter Anaerob*. *Jurnal Enviro*.

Haloho, J. D., & Kartinaty, T. (2020). Perbandingan Bahan Baku Kedelai Lokal Dengan Kedelai Impport Terhadap Mutu Tahu. *Journal TABARO Agriculture Science*, 4(1), 49. <https://doi.org/10.35914/tabaro.v4i1.363>

Hasdar, M., Wadli, W., & Meilani, D. (2021). Rancangan Acak Lengkap Dan Rancangan Acak Kelompok Pada pH Gelatin Kulit Domba Dengan

- Pretreatment Larutan NaOH. *Journal of Technology and Food Processing (JTFP)*, 1(01), 17–23. <https://doi.org/10.46772/jtfp.v1i01.338>
- Herdhiansyah, D., Reza, & Sakir. (2022). *Kajian proses pengolahan tahu: Studi kasus industri tahu di Kecamatan Kabangka Kabupaten Muna*. Agritech: *Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, 24(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.30595/agritech.v24i2.13375>
- Herdiana, V., & Soedjono, E. S. (2021). *Efek EM4 pada Penguraian Lumpur Tinja Secara Anaerobik* (Pt. 50-56). 10((2)).
- Hidayat, A., & Siregar, C. A. (2017). *Buku Telaah Mendalam Bioremediasi: Teori dan Aplikasi dalam Upaya Konservasi Tanah dan Air*. PT Penerbit IPB Press.
- Irianto, I. K. (2017). *Sistem Teknologi Pengolahan Limbah* [Buku]. Warmadewa University Press.
- Isworo, S., Oetari, P. S., Prabowo, D., & Cerlyawati, H. (2022). *Bioremediation Tofu Liquid Waste Based on Chemical Oxygen Demand (COD) Parameters*. <https://doi.org/10.9734/arab/2022/v37i1230561>
- Jonathan, K., & Goeltom, M. T. (2025). *Evaluasi Efektivitas Efektif Mikroorganisme (EM) Berbasis Buah- Buahan Dan Sayur-Sayuran Dalam Menurunkan Parameter Pencemar Limbah Cair Tahu*. <https://doi.org/https://doi.org/10.37329/metta.v5i2.4151>
- Kardena, E., & Helmy, Q. (2022). Organic Pollutant Biodegradation by an Immobilized Mixed Bacterial Culture. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 28(2), 12–18. <https://doi.org/10.5614/j.tl.2022.28.2.2>

- Kehinde, L. I., Adekanmi, A. A., Ahmad, L. K., Olasunkanmi Busayo Tomi, & Oluwagbemiga Micheal Ajewole. (2022). Bioremediation of Waste Water from Pharmaceutical Industry by Bacteria (*Bacillus subtilis*). *Journal of Environmental Issues and Climate Change*, 1(1), 38–50. <https://doi.org/10.59110/jeicc.v1i1.64>
- Ken, R., Jati, . Wibowo Nugroho, & Yulianti, L. I. M. (2019). *Peranan Bakteri Indigenus dalam Degradasi Limbah Cair Pabrik Tahu*. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayat*, [https://doi.org/https://doi.org/10.24002/biota.v4il.2362](https://doi.org/10.24002/biota.v4il.2362)
- Khastini, R. O., Zahranie, L. R., Rozma, R. A., & Saputri, Y. A. (2022). Review: Peranan Bakteri Pendegradasi Senyawa Pencemar Lingkungan melalui Proses Bioremediasi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 345. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.4836>
- Kurniawan, L., Maryudi, M., & Astuti, E. (2024). Utilization of Tofu Liquid Waste as Liquid Organic Fertilizer Using the Fermentation Method with Activator Effective Microorganisms 4 (EM-4): A Review. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 8(1), 100. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v8i1.84056>
- Kurniawan, S. E., Mahyarudin, M., & Rialita, A. (2021). Aktivitas antibakteri isolat bakteri endofit daun pegagan (*Centella asiatica*) terhadap *Staphylococcus aureus*. *Bioma: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 14–29. <https://doi.org/10.26877/bioma.v10i1.7140>
- Kusdini, K., Kastilon, K., Rokky Gumanti, Reflis, R., & Satria P Utama. (2024). Kajian Penggunaan Bakteri *Bacillus subtilis* dalam Penanganan Tumpahan

- Minyak Mentah. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(3), 262–270.
<https://doi.org/10.55123/insologi.v3i3.3483>
- Latifah, L., & Marhayuni, Y. (2023). Bioremediasi Sebagai Implementasi Q.S Al-A'raf Ayat 56 dalam Menangani Pencemaran Tanah. *Kaunia: Integration and Interconnection Islam and Science Journal*, 19(1), 23–28.
<https://doi.org/10.14421/kaunia.3780>
- Li, J., Xiao, Z., Gu, J., Yang, Z., Dong, W., Liu, Y., Xu, Z., & Zhu, W. (2025). Brewery wastewater as an alternative external carbon source for full-scale municipal wastewater treatment plants: A performance, cost, and environmental assessment. *Journal of Water Process Engineering*, 72, 107483.
- Listyaningrum, R. (2022). Analisis Kandungan DO, BOD, COD, TS, TDS, TSS dan Analisis Karakteristik Fisikokimia Limbah Cair Industri Tahu di UMKM Daerah Imogiri Barat Yogyakarta. *Teknologi Industri*, June.
- Liu, M., Chen, W.-J., Si, G., Yan, C., Song, H., Mishra, S., Ghorab, M. A., & Chen, S. (2025). *Bacillus subtilis* as a powerful weapon in the removal of environmental pollutants. *Journal of Environmental Management*, 396, 127894. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127894>
- Marsyea, R. F., Oktiawan, W., & Djaeni, Moh. (2025). Integrated EM4-based anaerobic and aerobic wastewater treatment for sustainable tofu industry effluent management. *Waste Handling and Environmental Monitoring*, 2(1), 71–90. <https://doi.org/10.61511/whem.v2i1.2025.1851>

- Maysabila, A., Heryanti, R., Permana, R., & Hasan, Z. (2023). Bioremediation of shrimp pond wastewater using effective microorganism-4 (EM4). *Aceh Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.13170/ajas.8.3.28971>
- Mohamad, A. Z., Jusuf, H., & Nakoe, Moh. R. (2025). *Efektivitas EM-4 (Effective Microorganism-4) Dalam menurunkan Kadar Cod Pada Air Limbah Industri Tempe. Jurnal Kolaboratif Sain*, <https://doi.org/DOI:%2010.56338/jks.v8i7.8308>
- Muliyadi, M., Purwanto, P., Sumiyati, S., Budiyo, B., Sudarno, S., & Warsito, B. (2025). Kinetika Degradasi Air Limbah Menggunakan Media Tutup Botol Plastik PET dengan Reaktor Aerobik MBBR. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(1), 59–67. <https://doi.org/10.14710/jkli.24.1.59-67>
- Nainggolan, Y., Hutapea, D. L., Sirait, W. F., & Sirait, M. (2025). *Anava Satu Jalur (One Way – Anova)*. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/innovative.v5i1.17989>
- Napitupulu, R. T., & Putra, M. H. S. (2024). Pengaruh BOD, COD dan DO Terhadap Lingkungan dalam Penentuan Kualitas Air Bersih di Sungai Pesanggrahan. *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 79. <https://doi.org/10.30595/civeng.v5i2.17878>
- Nasrul, N., Amal Arfan, Nasiah Badwi, Ichsan Invanni Baharuddin, & Dinil Qaiyimah. (2024). Impact of Tofu X Factory Liquid Waste Discharge on Gentung River Water Quality, Pangkep Regency: Dampak Buangan Limbah Cair Pabrik Tahu X Terhadap Kualitas Air Sungai Gentung,

- Kabupaten Pangkep. *Jurnal Ecosolum*, 13(2), 144–159.
<https://doi.org/10.20956/ecosolum.v13i2.36772>
- Panjaitan, A. A., Hukiyanto, H., Gionanda, K. R., Fadrullah, M. F., Asshidqi, M. M., Ramadhan, R., Reza, M., Rizki, N. N., Srikandi, N., & Utami, W. D. (2025). Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Metode Bioremediasi Di Kawasan Wisata. *Seminar Nasional Pariwisata dan Kewirausahaan*, 4(2829).
- Patmawati, Y., Alwathan, A., & Azizi, I. A. (2021). Effective Microorganism-4 (EM-4) pada Proses Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu. *MEDIA PERSPEKTIF : Journal of Technology*, 13(1), 37.
<https://doi.org/10.46964/jtmp.v13i1.1315>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*.
- Permatasari, I., Senania, A., Dara, F., Sholihah, A., Sambas, S., Syamsudin, A., Muchlis, M., & Widyarani, W. (2023). Protein Recovery from Tofu Whey Wastewater Using a Column Reactor: Preliminary Results: Pemulihan Protein dari Limbah Tahu Pekat Menggunakan Reaktor Kolom: Hasil Pendahuluan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 258–263.
<https://doi.org/10.55981/jtl.2023.728>
- Pham, V. H. T., Kim, J., Shim, J., Chang, S., & Chung, W. (2021). Purification and Characterization of Strong Simultaneous Enzyme Production of Protease and α -Amylase from an Extremophile-Bacillus sp. FW2 and Its Possibility

- in Food Waste Degradation. *Fermentation*, 8(1), 12.
<https://doi.org/10.3390/fermentation8010012>
- Ponidi, P., & Rizaly, A. (2023). Pengembangan Mikroba EM4 Untuk Fermentasi Pupuk Organik Di Desa Carang Wulung Wonosalam. *Jurnal Kreativitas dan Inovasi (Jurnal Kreanova)*, 3(2), 76–80.
<https://doi.org/10.24034/kreanova.v3i2.5547>
- Pratiwi, T. D. (2025). Analisis Kualitas Air Sungai Sumur Putri Di Kecamatan Teluk Betung Selatan, Kota Bandar Lampung. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 10(2).
<https://doi.org/https://doi.org/10.35508/fisa.v10i2.23642>
- Purba, J. K., Harteman, E., & Veronica, E. (2023). Pengaruh Pemberian Efektivitas Mikroorganisme (EM4) Yang Berbeda Terhadap Kualitas Air Limbah Laundry. *JOURNAL OF TROPICAL FISHERIES*, 17(2), 66–73.
<https://doi.org/10.36873/jtf.v17i2.8771>
- Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. (2024). *Buletin Konsumsi Pangan 2024*.
- Putra, C. A., Rachmadi, D., Anggoro Restio Widodo, R., & Alana Devanty, S. (2022). Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menjadi Pupuk Organik Cair Di Kelurahan Pakunden Kota Blitar. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 2(2), 195–202. <https://doi.org/10.33379/icom.v2i2.1438>
- Putri, N. A. H. A., Indraswari, A., Wulandari, Y., & Juniatmoko, R. (2022). Green Accounting: Analisis Penerapan Green Innovation Pada Pengelolaan Limbah Pabrik Tahu di Kartasura. *Jurnal Akuntansi dan Audit Syariah (JAAiS)*, 3(2), 196–214. <https://doi.org/10.28918/jaais.v3i2.5964>

- Rabbani, R., Audita, M. U., & Hamida, N. (2022). *Potensi Bioremediasi dengan Pemanfaatan Bakteri Indigenous dalam Menurunkan Nilai BOD-COD Limbah Air TPST Piyungan* [Proceeding of Kist].
- Ramadhan, A. (2023). *Proses Pembuatan Tahu di Pabrik Tahu Desa Dadimulyo serta Dampak Pandemi Covid-19 terhadap Produksi Tahu. JPKMI (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Indonesia)*, (Pt. 135-145.). 4(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.36596/jpkmi.v4i2.472>
- Ramadhani, A., & Purnama, V. (2022). *Analysis of BOD (Biological Oxygen Demand) and COD (Chemical Oxygen Demand) In the Batang Masumai River Water, Merangin Regency at the UPTD Laboratory of the Environmental Service. IJCR (Indonesian Journal of Chemical Research)*, 7(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.20885/ijcr.vol7.iss2.art5>
- Rosazza, T., Earl, C., Eigentler, L., Davidson, F. A., & Stanley-Wall, N. R. (2024). Reciprocal sharing of extracellular proteases and extracellular matrix molecules facilitates *Bacillus subtilis* biofilm formation. *Molecular Microbiology*, 122(2), 184–200. <https://doi.org/10.1111/mmi.15288>
- Ruhmawati, T., Sukandar, D., Karmini, M., & Roni S., T. (2017). Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu Dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Permukiman*, 12(1), 25. <https://doi.org/10.31815/jp.2017.12.25-32>
- Sahani, W., & Alfian, A. Muh. (2024). Kombinasi Constructed Wetland Dan Koagulasi Dalam Menurunkan Kadar BOD Dan TSS Air Limbah Domestik. *Media Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar*, 19(1), 48–52. <https://doi.org/10.32382/medkes.v19i1.555>

- Saini, S., Tewari, S., Dwivedi, J., & Sharma, V. (2023). Biofilm-mediated wastewater treatment: A comprehensive review. *Materials Advances*, 4(6), 1415–1443. <https://doi.org/10.1039/D2MA00945E>
- Sardi, A. (2025). *Mekanisme dan Implementasi Bioremediasi Berbasis Mikroorganisme Untuk Pemulihan Lahan Tercemar Limbah Industri. EnviroSan : Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.31848/ejtl.v8i2.4384>
- Sari, K. L., As, Z. A., & Hardiono, H. (2017). Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS pada Limbah Tahu Menggunakan Effective Microorganism-4 (EM4) Secara Aerob. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 14(1), 449–458. <https://doi.org/10.31964/jkl.v14i1.61>
- Sari, R., Apridamayanti, P., & Pratiwi, L. (2022). Efektivitas SNEDDS Kombinasi Fraksi Etil Asetat Daun Cengkodok (*Melastoma malabathricum*)-Antibiotik terhadap Bakteri Hasil Isolat dari Pasien Ulkus Diabetik (Pt. 105-114). *Pharmaceutical Journal Of Indonesia*, 7(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.pji.2022.007.02.5>
- Sari, S. A., Nurhayati, N., & Sunaryanto, R. (2022). Pengaruh Penambahan Effective Microorganisms (Em-4) Terhadap Kualitas limbah Cair Tahu Dengan Teknik Aerasi. *Metrik Serial Teknologi dan Sains*, 3(1), 36–41. <https://doi.org/10.51616/teksi.v3i1.276>
- Sasdika, A. H., Arohmah, N. E., Rachmanto, T. A., & Farahdiba, A. U. (2022). Pengaruh Ph dan Substrat terhadap Nilai Kinetika Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas* sp. Dan *Bacillus* sp. Pada Pengolahan Limbah Cair Batik (Pt.

- 144-151). *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 14((2)).
<https://doi.org/https://doi.org/10.33005/envirotek.v14i2.256>
- Setiani, A., Safira, L. R., Sumada, K., Susilowati, T., & Perwitasari, D. S. (2025). *Pengaruh Debit Dan Recycle Mikroba Aerob Pada Pengolahan Limbah Kerupuk Udang Dengan Kontak- Stabilitas. Jurnal Teknik Kimia* 19(2).
https://doi.org/https://doi.org/10.33005/jurnal_tekkim.v19i2.5075
- Setyaningrum, D., Anisa, Z., & Rasyda, H. (2022). Pengujian Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Air Limbah Tinggi Kalsium Klorida Menggunakan Metode Refluks Terbuka. *Formosa Journal of Science and Technology*, 1(4), 353–362. <https://doi.org/10.55927/fjst.v1i4.1050>
- Setyawati, D. A., Nuzula, N. I., Jayanthi, O. W., Kartika, A. G. D., & Rahayu, E. P. (2023). Pola Persebaran Vertikal dan Horizontal Total Suspended Solid di Perairan Padelegan, Pamekasan. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(2), 213–222. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i2.49510>
- Setyaningrum, R. I., & Nisa, S. Q. Z. (2024). Perbandingan Pengaruh Aktivator Effective Microorganisme 4 (EM 4) dan Promoting Microbes (PROMI) Terhadap Kualitas Kompos Organik Di Industri Galangan Kapal. *Flora : Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, 1(2), 09–21.
<https://doi.org/10.62951/flora.v1i2.35>
- Sharma, D., Misba, L., & Khan, A. U. (2019). Antibiotics versus biofilm: An emerging battleground in microbial communities. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 8(1), 76. <https://doi.org/10.1186/s13756-019-0533-3>
- Sunaryo, S., & Rahmatiyah, R. (2024). Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Hasil Fermentasi Menggunakan Em4, Air Kelapa & Gula Sebagai Pupuk Organik

- Cair. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 1(2), 35–49. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v1i2.59>
- Supriatna, F. (2025). *Literature Review: Pemanfaatan Bakteri Dalam Penguraian Senyawa Organik Pada Sistem Bioremediasi Dalam Pengolahan Air Limbah. Jurnal Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan*, 01.
- Sutarti, Fadillah, D. M., & Jarek, K. (2025). *Dampak Pengolahan Air Limbah Industri terhadap Pencemaran Sungai: Sebuah Tinjauan Evaluasi Teknologi*. <https://doi.org/https://doi.org/10.XXXX/eduscotech.xxxx.xxx>
- Utomo, M. A. P., Prabaningtyas, S., Leilitawati, M., Rizqiyah, A., Lovely, F. C., Zahidah, N. S., & Pratama, N. R. (2022). *Perbandingan Kemampuan Effective Microorganisms (EM4) dan Bacillus subtilis Sebagai Agen Bioremediasi Limbah Cair Tahu pada Kondisi Aerob. Jurnal Ilmu Hayat*.
- Wang, Z., Li, Z., Gao, C., Jiang, Z., Huang, S., Li, X., & Yang, H. (2025). *Bacillus Subtilis as an Excellent Microbial Treatment Agent for Environmental Pollution: A Review. Biotechnology Journal*, 20(4), e70026. <https://doi.org/10.1002/biot.70026>
- Warnares, S. A., Kamulyan, B., & Yuliansyah, A. T. (2022). *Bioremediation of Tofu Industry Liquid Waste Using Effective Microorganisme-4 (EM4) Solution (Case Study Of Tofu Sentosa Industry, Yogyakarta). ASEAN Journal of Systems Engineering*, 6(1). <https://doi.org/10.22146/ajse.v6i1.75615>
- Wimpy, Pradika, Y., Tandjungbulu, Y. F., Virgiawan, A. R., Warsinah, Wibowo, Lestari, M. W., Ariana, D., Rohayati, & Widyastuti, R. (2025). *Pengantar Laboratorium Medik*. Penerbit PT. Ganesha Kreasi Semesta.

Wulandhani, S., Lohing, R., Hasyim, A., & Misnarliah, M. (2023). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Indigen Yang Berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi Dari Limbah Bimedis Cair. *Healthcaring: Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 2(2), 34–42. <https://doi.org/10.47709/healthcaring.v2i2.2484>

Yustinah, Redjeki, A. S., Sari, F., Gustia, H., & Ramadhani, A. (2025). *Pelatihan Pembuatan Nata De Soya Dari Limbah Cair Pabrik Tahu Untuk Meningkatkan Wirausaha Murid SMK Jayabeka 02 Karawang*.

Zhang, T., & Zhang, H. (2022). Microbial Consortia Are Needed to Degrade Soil Pollutants. *Microorganisms*, 10(2), 261. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020261>



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A