

**KEMAMPUAN FITOREMEDIASI TANAMAN ECENG GONDOK
(*Eichhornia crassipes*) DAN KIAMBANG (*Salvinia molesta*) TERHADAP
LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE DI DESA GADINGWATU
KABUPATEN GRESIK**

SKRIPSI



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

Disusun oleh:

**EKA ANDINI SAN PUTRI
NIM: 09020121026**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2025**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Eka Andini San Putri

NIM : 09020121021

Program Studi : Biologi

Angkatan : 2021

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul “KEMAMPUAN FITOREMEDIASI TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) DAN KIAMBANG (*Salvinia molesta*) TERHADAP LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE DI DESA GADINGWATU KABUPATEN GRESIK”. 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, 27 Juni 2025

menyatakan,


Eka Andini San Putri
NIM 09020121026

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi

Kemampuan Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan
Kiambang (*Salvinia molesta*) Terhadap Limbah Cair Industri Tempe di Desa
Gadingwatu Kabupaten Gresik

Diajukan oleh:
Eka Andini San Putri
NIM: 09020121026

Telah diperiksa dan disetujui
di Surabaya, 16 Juni 2025

Dosen Pembimbing Utama



Esti Tyastirin, M. KM.
NIP. 198706242014032001

Dosen Pembimbing Pendamping



Atiqoh Zummah, S. Si., M. Sc.
NIP. 199111112019032026

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi Eka Andini San Putri ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 26 Juni 2025

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I



Esti Tyastirin, M. KM.
NIP. 198706242014032001

Penguji II



Atiqoh Zummah, S. Si., M. Sc.
NIP. 199111112019032026

Penguji III



Saiful Bahri, S.Pd., M.Si.
NIP. 198804202018011002

Penguji IV



Dr. Eko Teguh Pribadi, S. KM., M. Kes.
NIP. 198001152014031001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



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

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Eka Andini San Putri
NIM : 09020121026
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi
E-mail address : echandini27@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:

**Kemampuan Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan
Kiambang (*Salvinia molesta*) Terhadap Limbah Cair Industri Tempe Di Desa
Gadingwatu Kabupaten Gresik**

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, 27 Juni 2025
Penulis,

(Eka Andini San Putri)

ABSTRAK

KEMAMPUAN FITOREMEDIASI TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) DAN KIAMBANG (*Salvinia molesta*) TERHADAP LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE DI DESA GADINGWATU KABUPATEN GRESIK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas fitoremediasi menggunakan tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) dengan variasi usia muda dan tua dalam menurunkan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada limbah cair industri tempe di Desa Gadingwatu. Uji pendahuluan menunjukkan karakteristik jauh dari batas baku mutu, yaitu warna kuning pekat, bau basi, pH asam (4,2), dan kadar BOD tinggi (309 mg/L). Penelitian ini dilakukan dengan mengukur kadar sebelum dan sesudah proses fitoremediasi selama 10 hari. Pengukuran BOD dilakukan sesuai SNI 6989.72:2009, dengan prinsip pengukuran kadar oksigen terlarut awal (DO_0) dan setelah inkubasi 5 hari (DO_5) pada suhu 20°C dalam kondisi gelap, dimana selisih DO_0 dan DO_5 merupakan nilai BOD, pengukuran ini menggunakan alat DO meter. Sedangkan pengukuran pH dilakukan menggunakan alat pH meter. Hasilnya menunjukkan perubahan signifikan pada parameter warna, bau, dan kejernihan air limbah pada perlakuan dengan tanaman air dibandingkan kontrol. Penurunan kadar BOD tertinggi dicapai oleh Eceng Gondok tua (18,71 mg/L) dengan daya penyerapan sebesar 88,9% dan pH normal sebesar 7,5, diikuti oleh Kiambang tua, Eceng Gondok muda, dan Kiambang muda, sedangkan kontrol tanpa tanaman penurunan BOD hanya mencapai 52,6% dan pH sebesar 4,9. Analisis statistik menggunakan *Two-Way ANOVA* menunjukkan bahwa jenis maupun usia tanaman berpengaruh signifikan terhadap penurunan BOD. Perubahan morfologi tanaman yakni munculnya tunas, pertambahan tinggi dan panjang tanaman, serta perubahan warna beberapa daun. Sehingga fitoremediasi menggunakan Eceng Gondok dan Kiambang, khususnya usia tua, terbukti efektif menurunkan kadar BOD dan menetralkan pH limbah cair tempe hingga memenuhi syarat baku mutu.

Kata Kunci: Fitoremediasi, Eceng Gondok, Kiambang, BOD, Limbah Cair Tempe.

ABSTRACT

PHYTOREMEDIATION CAPABILITY OF WATER HYACINTH (*Eichhornia crassipes*) AND WATER FERN (*Salvinia molesta*) ON TEMPEH INDUSTRY WASTEWATER IN GADINGWATU VILLAGE, GRESIK REGENCY

This study aims to examine the effectiveness of phytoremediation using Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and Water Fern (*Salvinia molesta*) with variations in young and mature plant ages in reducing Biological Oxygen Demand (BOD) levels in tempeh industry wastewater in Gadingwatu Village. Preliminary tests showed characteristics far from quality standards, including deep yellow color, foul odor, acidic pH (4.2), and high BOD concentration (309 mg/L). The study was conducted by measuring BOD levels before and after the phytoremediation process over 10 days. BOD measurement was performed according to SNI 6989.72:2009, based on the principle of measuring initial dissolved oxygen (DO0) and after 5 days of incubation (DO5) at 20°C in dark conditions, where the difference between DO0 and DO5 represents the BOD value; measurements were carried out using a DO meter. Meanwhile, pH was measured using a pH meter. The results showed significant changes in the parameters of color, odor, and clarity of the wastewater treated with aquatic plants compared to the control. The highest BOD reduction was achieved by mature Water Hyacinth (18.71 mg/L) with an absorption capacity of 88.9% and a neutral pH of 7.5, followed by mature Water Fern, young Water Hyacinth, and young Water Fern. The control without plants only showed a BOD reduction of 52.6% and a pH of 4.9. Statistical analysis using Two-Way ANOVA indicated that both plant species and age had a significant effect on BOD reduction. Morphological changes in the plants included the emergence of shoots, increases in plant height and length, as well as color changes in some leaves. Therefore, phytoremediation using Water Hyacinth and Water Fern, especially at mature stages, has proven effective in reducing BOD levels and neutralizing the pH of tempeh wastewater to meet the required quality standards.

Keywords: Phytoremediation, Water Hyacinth, Water Fern, BOD, Tempeh Wastewater

DAFTAR ISI

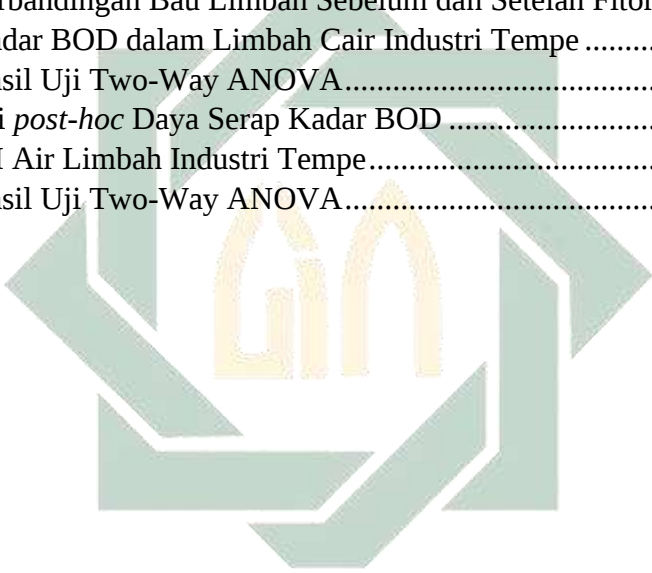
HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN MOTTO	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Batasan Penelitian.....	8
1.6 Hipotesis Penelitian	8
BAB II LANDASAN TEORI	9
2.1 Industri Pembuatan Tempe	9
2.2 Pencemaran Air.....	11
2.3 Karakteristik Limbah Cair Tempe	12
2.4 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD).....	16
2.5 pH atau Derajat Keasaman	20
2.6 Fitoremediasi	22
2.7 Tanaman Eceng Gondok.....	24
2.8 Tanaman Kiambang.....	29
2.9 Usia Tanaman	33
2.10 Penelitian Terdahulu	34

BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Rancangan Penelitian.....	36
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	37
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	37
3.4 Variabel Penelitian.....	37
3.5 Prosedur Penelitian	38
3.6 Analisis Data.....	46
BAB IV PEMBAHASAN.....	47
4.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tempe.....	47
4.2 Penurunan Kadar <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) dalam Limbah Cair Industri Tempe oleh Tanaman Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) dan Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>).....	51
4.3 <i>Removal Efficiency</i> atau Daya Penyerapan Tanaman Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) dan Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>)	54
4.4 pH atau Derajat Keasaman	56
4.5 Morfologi Tanaman Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>).....	60
4.6 Morfologi Tanaman Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>)	65
BAB V PENUTUP.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN.....	80

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Cair Tempe.....	14
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Pengolahan Kedelai.....	15
Tabel 2.3 Baku Mutu Air Danau dan Sejenisnya	15
Tabel 2.4 Kelebihan dan Kekurangan Fitoremediasi	24
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu.....	34
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian	36
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian	37
Tabel 3.3 Perbandingan Tanaman Muda dan Tua	40
Tabel 3.4 Jumlah Contoh Uji	44
Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tempe	47
Tabel 4.2 Perbandingan Bau Limbah Sebelum dan Setelah Fitoremediasi.....	49
Tabel 4.3 Kadar BOD dalam Limbah Cair Industri Tempe	51
Tabel 4.4 Hasil Uji Two-Way ANOVA.....	55
Tabel 4.5 Uji <i>post-hoc</i> Daya Serap Kadar BOD	56
Tabel 4.6 pH Air Limbah Industri Tempe	57
Tabel 4.7 Hasil Uji Two-Way ANOVA.....	59



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

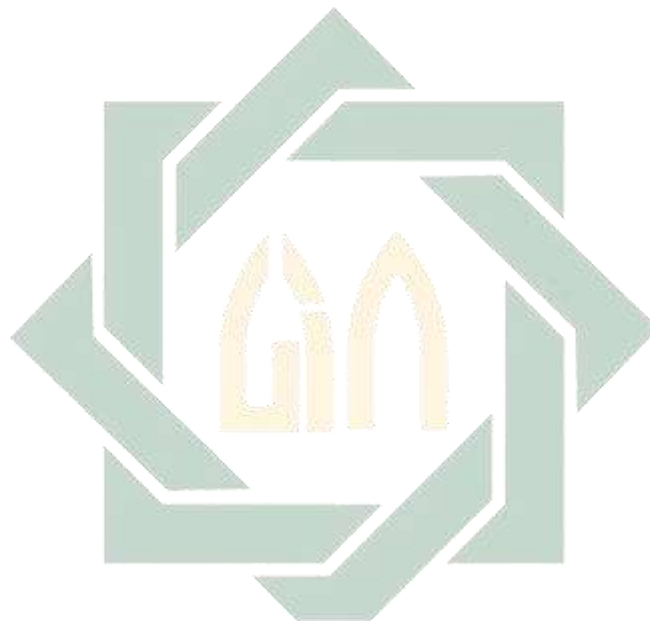
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Alir Proses Pembuatan Tempe.....	14
Gambar 2.2	(a) Tanaman Eceng Gondok, (b) Daun Eceng Gondok (c) Bunga Eceng Gondok (d) Akar adventif Eceng Gondok (e) Root Pocket	26
Gambar 2.3	Daun Tanaman Eceng Gondok Perbesaran Mikroskop 100x.....	27
Gambar 2.4	Tanaman Kiambang.....	30
Gambar 2.5	(a) Daun Mengapung (b) Ukuran Daun Kiambang (c) Daun Tenggelam (d) Papila Daun dilihat dari bawah Mikroskop (e) Papila Daun dilihat secara langsung.....	31
Gambar 4.1	(a) Kondisi Air pada Perlakuan dengan Tanaman (b) Kondisi Air pada Perlakuan Kontrol.....	48
Gambar 4.2	(a) Kondisi Air Hari ke-6 dan seterusnya (b) Kekeruhan Air pada Perlakuan dengan Tanaman (c) Kekeruhan Air pada Perlakuan Kontrol.....	49
Gambar 4.3	Grafik <i>Removal Efficiency</i> Tanaman	54
Gambar 4.4	Kondisi Eceng Gondok Muda dan Tua sebelum Fitoremediasi	60
Gambar 4.5	Grafik Jumlah Daun Tanaman Eceng Gondok selama Proses Fitoremediasi	61
Gambar 4.6	(a) Gejala Klorosis, (b) Gejala Nekrosis (c) Kematian Daun Eceng Gondok	62
Gambar 4.7	Grafik Tinggi Tanaman Eceng Gondok selama Fitoremediasi	63
Gambar 4.8	Tunas Baru pada Tanaman Eceng Gondok Usia Tua.....	64
Gambar 4.9	Bentuk Daun Tanaman Eceng Gondok	65
Gambar 4.10	Kondisi Kiambang Muda dan Tua sebelum Fitoremediasi	66
Gambar 4.11	Grafik Panjang Tanaman Kiambang selama Fitoremediasi	66
Gambar 4.12	Gejala Klorosis dan Nekrosis pada Tanaman Kiambang Tua.....	67
Gambar 4.13	Gejala Klorosis dan Nekrosis pada Tanaman Kiambang Muda....	67
Gambar 4.14	Daun Tanaman Kiambang Perbesaran 40x Mikroskop	68

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan Pengenceran Limbah Cair Industri Tempe	80
Lampiran 2	Perhitungan Faktor Pengenceran Pengujian BOD	80
Lampiran 3	Perhitungan Removal Efficiency atau Daya Penyerapan BOD...	82
Lampiran 4	Hasil Uji BOD Air Limbah Murni.....	83
Lampiran 5	Hasil Uji SPSS	85
Lampiran 6	Dokumentasi Penelitian	89
Lampiran 7	Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai	91



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Afifudin, A. F. M., Agustina, E., Firdhausi, N. F., & Irawanto, R. (2022). Respon Tanaman Daun Tombak (*Sagittaria lancifolia*) Dalam Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu). *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 7(2), 87-93.
- Al-Hadeethi, M. A., Al-Obaidi, B. M., Khalaf, F. K., & Saleh, B. H. (2017). *Anatomical Features of (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) Growing in Iraq. In 8th international conference on agricultural, environment, biology and medical sciences (AEBMS-2017)*, 1(1), 155-161.
- Al Idrus, S. W. (2015). Analisis Pencemaran Air Menggunakan Metode Sederhana pada Sungai Jangkuk, Kekalik dan Sekarbela Kota Mataram. *Jurnal Pijar MIPA*, 10(2). 37-42.
- Al Qohar, A. Q., & Rahmayanti, A. (2024). Efektivitas Fitoremediasi Limbah Pabrik Kerupuk Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dalam Menurunkan BOD dan COD. *Nusantara Technology and Engineering Review*, 2(1), 14-20.
- Alisa, N., & Purnomo, Y. S. (2020). Penurunan Kandungan Polutan Pada Air Limbah Industri Tempe Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbr). *EnviroUS*, 1(1), 42-47.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1), 14-22.
- Ardiatma, D., Riyadi, A., & Azis, A. A. (2022). Efektifitas Penurunan Kadar COD, BOD, TSS dan pH Menggunakan Metode Kombinasi Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok Dengan Filtrasi Menggunakan Karbon Aktif dan Silika Pada Air Limbah Domestik. *Pelita Teknologi*, 17(1), 1-11.
- Arsawan, M., Suyasa, B., Wayan, I., & Suarna, W. (2007). Pemanfaatan Metode Aerasi dalam Pengolahan Limbah Berminyak. *Ecotrophic*, 2(2), 379-387.
- Aryanta, I. W. R. (2020). Manfaat Tempe untuk Kesehatan. *Widya Kesehatan*, 2(1), 44-50.
- Astawan, M., Wresdiyati, T., Widowati, S., Bintari, S. H., & Ichsani, N. (2013). Karakteristik Fisikokimia dan Sifat Fungsional Tempe yang dihasilkan dari Berbagai Varietas Kedelai (*Phsyco-chemical Characteristics and Functional Properties of Tempe Made from Different Soybeans Varieties*). *Jurnal Pangan*, 22(3), 241-252.
- Ayuni, S., & Putri, E. S. (2022). Pengelolaan Limbah Industri Tempe Rumah Tangga di Kecamatan Meurebo Kabupaten Aceh Barat. *Jurnal Mahasiswa Kesehatan Masyarakat (Jurmakemas)*, 2(2), 288-307.
- Ayuningtyas, E., Muyasaroh, N., Hermawan, H. B., AS, I. A., Susetyaningsih, R., & KR, M. N. (2023). Pengolahan Limbah Domestik Secara Fitoremediasi Sistem Constructed Wetlands dengan Tanaman Hias Iris (*Iris pseudacorus*) dan Melati Air (*Echinodorus palifolius*). *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 23(2), 80-87.

- Badan Standarisasi Nasional. (2012). Tempe: Persembahan Indonesia untuk Dunia. *Badan Standarisasi Nasional*. Jakarta.
- Basuki, K. H. (2021). Aplikasi Logaritma Dalam Penentuan Derajat Keasaman (pH). *Diskusi Panel Nasional Pendidikan Matematika*, 7(1), 29-38.
- Christiyanto, M., Surono, Munarifdah, F. I., & Utama, C. S. (2021). *Volatile Fatty Acids* (VFA) dan Amonia (NH₃) Litter Ayam Fermentasi dengan Lama Peram yang Berbeda secara In Vitro. *JITP*. 9(2). 69-74.
- Dahruji, D., Wilianarti, P. F., & Hendarto, javascript:void(0) T. T. (2017). Studi Pengolahan Limbah Usaha Mandiri Rumah Tangga dan Dampak Bagi Kesehatan di Wilayah Kenjeran, Surabaya. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 36-44.
- Damanik, M. O., & Purwanti, I. F. (2018). *Range Finding Test* (RFT) *Cyperus rotundus* L. dan *Scirpus grossus* sebagai Penelitian Pendahuluan dalam Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), F161-F164.
- Departemen Agama (2007). *Al-Quran dan Tafsirnya*. Jakarta: Departemen Agama Republik Indonesia.
- Dewi, A. A. D. (2024). Karakteristik Struktur Morfologi dan Anatomi Tumbuhan Kiambang dan Eceng Gondok Sebagai Sumber Belajar Pada Mata Kuliah Tumbuhan Air. *Science Education And Development Journal Archives*, 2(2), 51-60.
- Dewi, M. K. (2022). Pencemaran Laut Akibat Tumpahan Batu Bara di Laut Meulaboh ditinjau dari Sudut Hukum Lingkungan. *JHP17 (Jurnal Hasil Penelitian)*, 6(2), 58-70.
- Dewi, Y. S. (2012). Efektivitas Jumlah Rumpun Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm) dalam Pengendalian Limbah Cair Domestik. *Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT*, 13(2), 151-158.
- Duhupo, D., Akili, R. H., & Pinontoan, O. R. (2019). Perbandingan Analisis Pencemaran Air Sungai dengan Menggunakan Parameter Kimia BOD dan COD di Kelurahan Ketang Baru Kecamatan Singkil Kota Manado Tahun 2018 dan 2019. *KESMAS*, 8(7). 1-5.
- Doraja, P. H., Shovitri, M., & Kuswytasari, N. D. (2012). Biodegradasi Limbah Domestik dengan Menggunakan Inokulum Alami dari Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), E44-E47.
- Elystia, S. (2014). Pengolahan Kandungan COD Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit oleh *Typha latifolia* dengan Metode Fitoremediasi. *Dampak*, 11(2), 88-95.
- Euis Nurul, H., & Wahyu, A. (2010). Potensi dan Pengaruh Tanaman pada Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem *Constructed Wetland*. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2), 11-18.
- Fatiha, I. I., Firdhausi, N. F., & Zummah, A. (2025). Potensi Tumbuhan Melati Air (*Echinodorus radicans*) Terhadap Penurunan Kadar Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Pada Limbah Cair Home Industry Batik di Desa Sendang Kabupaten Lamongan. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(1), 176-196.
- Fauziah, R., Susanti, R., & Mulyani, A. (2018). Karakteristik Limbah Cair Industri Tempe dan Alternatif Pengolahannya. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 4(2), 70-75.

- Febriningrum, P. N., & Nur, M. S. M. (2021). *The Addition Effect of Chitosan and Bacillus amyloliquefasciens Bacteria in the Tapioca Liquid Waste Phytoremediation Process. Indonesian Journal of Chemical Science*, 10(1), 1–7.
- Febriningrum, P. N., & Rohmah, A. N. (2024). *Effectiveness of the EAPR (Electro Assisted Phytoremediation) Method For Palm Oil Mill Effluent Using Water Hyacinth Plants (Eichhornia crassipes) Varying Electrical Voltage and Surface Area of Zinc (Zn) Electrodes. Indonesian Journal of Chemical Science*, 13(2), 103-110.
- Ghony, M. A., Sandy, A., Putra, P., & Hariyadi, A. (2023). Optimalisasi Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan Penambahan Proses Biofilter Anaerob Aerob pada PLTU Tanjung Enim 3 X 10 MW PT. BEST. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, 1(2), 87-92.
- Hakim, L., Rahayu, A., & Jamilatun, S. (2024). Potensi Teknologi Fitoremediasi Sebagai Polishing Treatment Palm Oil Mill Effluent: A Review. *Prosiding Semnastek*. 1-10.
- Hardyanta, A., Nurozaqia, A., & Gunawan, H. A. (2022, December). Perancangan Smart Water Tank untuk UKM Tempe Menggunakan Metode Brainstorming. In *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, 5(2), 343-349.
- Hasyim, N. A. (2016). Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo. *Universitas Islam Negri Alauddin Makassar*.
- Herlambang, A. (2006). Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangannya. *Jurnal Air Indonesia*, 2(1). 16-29.
- Herlambang, P., & Hendriyanto, O. (2015). Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Genjer (*Limnocharis flava* L.). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 100-114.
- Hidayah, E. N., Djalalembah, A., Asmar, G. A., & Cahyonugroho, O. H. (2018). Pengaruh Aerasi dalam Constructed Wetland pada Pengolahan Air Limbah Domestik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(2), 155.
- Hidayati, N. (2005). Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *Hayati Journal of Biosciences*, 12(1), 35-40.
- Hidayati, N., Nuraini, L., & Handayani, D. (2020). Efektivitas Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menurunkan Parameter Fisika dan Kimia Limbah Cair Tempe. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 55–63.
- Hikma, N., Alwi, M., & Umrah, U. (2014). Potensi Limbah Cair Tempe Secara Mikrobiologis Sebagai Alternatif Penghasil Biogas. *Biocelbes*, 8(1). 54-59.
- Ihtiar, A. (2024). Efektivitas Bambu Air (*Equisetum hyemale*) sebagai Agen Fitoremediasi Lindi TPA Jatibarang Terhadap BOD dan COD serta Implementasi Hasil Penelitian Pada Pembelajaran Biologi. *Skripsi*. Semarang: Universitas PGRI Semarang.
- Ilham, A. S., Masri, M., & Rosmah, R. (2023). Analisis Kadar Biochemical Oxygen Demand (BOD) Salah Satu Sungai di Sulawesi Selatan. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 3(2), 112-116.
- Irawanto, R., & Baroroh, F. (2017). Kemampuan Tumbuhan Akuatik *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes* sebagai Fitoremediator Logam Berat

- Tembaga. In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 3(3), 138-145.
- Irhamni, I., Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2018). Analisis Limbah Tumbuhan Fitoremediasi (*Typha latifolia*, Enceng Gondok, Kiambang) dalam Menyerap Logam Berat. *Jurnal Serambi Engineering*, 3(2), 334-351.
- Jafar, J., Syam, A., & Utamingsih, D. (2024). Fermentasi Limbah Cair Produksi Tempe Terhadap Pertumbuhan Seledri (*Apium graveolens* L.). *Jurnal Biotek*, 12(1), 18-28.
- Jasmine, H. N. (2018). Kajian Pengaruh Limbah Domestik (Ipal Komunal) Terhadap Kualitas Air Sungai Metro Di Kota Malang. *Skripsi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Jouanneau, S., Recoules, L., Durand, M. J., Boukabache, A., Picot, V., Primault, Y., Lakel, A., Sengelin, M., Barillon, B., & Thouand, G. (2014). *Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review*. *Water research*, 49, 62-82.
- Kim, H., Lee, H., Choi, E., Choi, I., Shin, T., Im, H., & Ahn, S. (2014). *Characterization of Odor Emission from Alternating Aerobic and Anoxic Activated Sludge Systems using Real-Time Total Reduced Sulfur Analyzer*. *Chemosphere*, 117, 394-401.
- Kusumaningtyas, R. L. (2022). Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Tempe dengan Sedimentasi dan Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam Menurunkan BOD COD dan TSS. *Skripsi*. Yogyakarta: Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Lestari, I., Ayu, S. P., & Ngatijo, N. (2021). Penyerapan Ion Logam Cu (II) menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) secara Fitoremediasi. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 46-55.
- Malina, L., Rasyidah, R., & Ramadhani, A. A. (2021). Analisis Kadar BOD dan pH pada Limbah Laboratorium dengan Metode Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *EnviroScientiae*, 17(1), 45-52.
- Mallongi, R. B. A. (2018). Studi Karakteristik Dan Kualitas BOD Dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Lanto DG. Pasewang Kabupaten Jenepono. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(1), 1-19.
- Masruroh, S., & Purnomo, T. (2024). Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Tumbuhan Akuatik Sebagai Indikator Pencemaran di Sungai Brantas Mojokerto. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 13(1), 131-140.
- Meilani, D. I., & Rahmadanik, D. (2022). Pemberdayaan Eceng Gondok Sebagai Pupuk Organik di Dusun Kepetingan, Desa Sawohan, Kecamatan Buduran, Kabupaten Sidoarjo. *Prosiding Patriot Mengabdikan*, 1(01), 1-5.
- Moningkey, A. T., Lihiang, A., & Rampengan, M. M. (2020). Sebaran Spasial Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) di Danau Tondano. *Jurnal Episentrum*, 1(3), 32-37.
- Mulia, M. I., & Syafiuddin, A. (2022). Kemampuan Saringan Pasir Lambat Dikombinasikan dengan Karbon Aktif sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah Tempe. *Jurnal sosial dan sains*, 2(8), 874-888.
- Musaffa, M. (2021). Analisis Kandungan Klorofil Pada Tingkat Perkembangan Daun Kopi Robusta (*Coffea canephora*). *Jurnal Agropiant*, 4(2), 1-10.

- 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), 79-82.
- Nimkande, V. D., & Bafana, A. (2022). *A Review on the Utility of Microbial Lipases in Wastewater Treatment. Journal of Water Process Engineering*, 46, 102591.
- Ningsih, M. S., Susilo, E., Rahmadina, R., Qolby, F. H., Tanjung, D. D., Anis, U., ... & Wisnubroto, M. P. (2024). Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. *Padang, Indonesia: CV Hei Publishing Indonesia*.
- Ningtyas, D. R., & Amaliah, R. (2023). Intervensi Ergonomi pada Pengrajin Tempe dengan Pendekatan REBA dan OWAS (Studi Kasus di PRIMKOPTI Jakarta Selatan). *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*, 7(1), 47-55.
- Novita, E., Hermawan, A. A. G., & Wahyuningsih, S. (2019). Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Jenis Tanaman Air. *Jurnal Agroteknologi*, 13(1), 16-24.
- Nur, F. (2013). Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(1), 74-83.
- Oktavia, Z., Budiyono, B., & Dewanti, N. A. Y. (2016). Pengaruh Variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) Terhadap Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Home Industry Batik "X" Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(5), 238-245.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Perdana, A. T., & Widiawati, D. (2021). Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengolahan Limbah Cair Produksi Tempe di Kampung Tempe Kota Tangerang. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Universitas Al Azhar Indonesia*, 4(1), 437236.
- Purbawati, T., & Widyastuti, M. (2014). Kajian Kualitas Limbah Cair Industri Pupuk PT. Pupuk Kalimantan Timur. *Jurnal Bumi Indonesia*, 3(4), 228621.
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan Kombinasi Metode Filtrasi dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolaan Limbah*, 15(1), 129–136.
- Puspita, U. R., A. S. Siregar & N. V. Hidayanti. (2011). Kemampuan Tumbuhan Air sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) yang terdapat pada Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Penelitian Berkala Perikanan Terubuk*, 39(1). 77-83.
- Radiati, A., & Sumarto, S. (2015). Analisis Sifat Fisik, Sifat Organoleptik, dan Kandungan Gizi pada Produk Tempe dari Kacang Non-Kedelai. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 5(1). 16-22.
- Rahadian, R., Sutrisno, E., & Sumiyati, S. (2017). Efisiensi Penurunan COD dan TSS dengan Fitoremediasi menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L) Studi Kasus: Limbah Laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1-8.

- Raissa, D. G., & Tangahu, B. V. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), F233-F237.
- Ramadani, R., Samsunar, S., & Utami, M. (2021). Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(12), 12-22.
- Rankenberg, T., Geldhof, B., van Veen, H., Holsteens, K., Van de Poel, B., & Sasidharan, R. (2021). *Age-Dependent Abiotic Stress Resilience in Plants*. *Trends in Plant Science*, 26(7), 692-705.
- Ratnani, R. D. (2012). Kemampuan Kombinasi Eceng Gondok dan Lumpur Aktif untuk Menurunkan Pencemaran pada Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 8(2). 1-5.
- Retno Ken, R., Indah, A. W. N. J. L., & Yulianti, M. (2019). Peranan Bakteri Indigenus dalam Degradasi Limbah Cair Pabrik Tahu. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 8-15.
- Retnoningrum, R. A. (2014). Pemanfaatan Enceng Gondok Sebagai Produk Kerajinan: Studi Kasus di Kupp Karya Muda "Æsyarina Production" Desa Kebondowo Kecamatan Banyubiru. *Eduarts: Jurnal Pendidikan Seni*, 3(1). 73-80.
- Rezania, S., Ponraj, M., Din, M. F. M., Song, Y. C., & Kumar, Y. (2016). *The Diverse Applications of Water Hyacinth with Main Focus on Sustainable Energy and Production for New Era: an Overview*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54(1), 265–272.
- Ridwan, R. N. M. R., Izzaty, F. S., Aprisa, N., Yuliana, A., Rangkutty, M. N. S., & Febriyossa, A. (2024). Fitoremediasi Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) untuk Mengurangi Kadar Logam Berat dalam Limbah Cair Pabrik Tahu. *Jurnal Biogenerasi*, 9(2), 1438-1447.
- Rijal, M. (2016). Studi Morfologi Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*). *Biosel: Biology Science and Education*, 3(2). 94-105.
- Sa'diyah, H., Afati, N., & Purnomo, P. W. (2018). Kandungan Bahan Organik Sedimen dan Kadar H₂S Air di Dalam dan di Luar Tegakan Mangrove Desa Bedono, Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(1), 78-85.
- Sadarman, S., Ridla, M., Nahrowi, N., Ridwan, R., Harahap, R. P., Nurfitriani, R. A., & Jayanegara, A. (2019). Kualitas Fisik Silase Ampas Kecap dengan Aditif Tanin Akasia (*Acacia mangium* Wild.) dan Aditif lainnya. *Jurnal Peternakan*, 16(2), 66-75.
- Saha, P., Roy, S., & Chaudhuri, S. (2017). *Phytoremediation Potential of Eichhornia crassipes for Removing Heavy Metals from Waste Water*. *International Journal of Environmental Sciences*, 7(1), 21–27.
- Saha, P., Shinde, O., & Sarkar, S. (2017). *Phytoremediation of Industrial Mines Wastewater Using Water Hyacinth*. *International journal of phytoremediation*, 19(1), 87-96.

- Salmin, S. (2005). Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, 30(3), 21-26.
- Sandro, M., Syahroni, A., & Arif, M. (2024). Identifikasi Kandungan Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Rebusan Kedelai pada Pabrik Tempe Rumahan di Kecamatan Pringkumpul Pringsewu. *Journal Of Science And Medical Laboratory*, 2(1). 7-11.
- Sandy, N. J., Nurhidayati, T., & Purwani, K. I. (2009). Profil Protein Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) yang dikulturkan Pada Media Modifikasi Air Lumpur Sidoarjo. *Program Studi Biologi, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Institut teknologi Sepuluh November, Surabaya*.
- Sari, C. M., Karnilawati, K., & Khairurrahmi, K. (2020). Analisis Kualitas Kompos dengan Perbedaan Jenis Limbah Dan Lama Fermentasi. *Jurnal Agroristek*, 3(1), 21-27.
- Sari, I. D. M., & Thohari, I. (2020). Pengaruh Fitoremediasi Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Terhadap Penurunan Kadar Fosfat pada Limbah Laundry. *Jurnal Penelitian Kesehatan" SUARA FORIKES"(Journal of Health Research" Forikes Voice")*, 12(1), 10-13.
- Sayow, F., Polii, B. V. J., Tilaar, W., & Augustine, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245-252.
- Setyawati, H., ST Salamia, L. A., & Sari, S. A. (2018). Penerapan Penggunaan Serbuk Biji Kelor Sebagai Koagulan pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu di Sentra Industri Tahu Kota Malang. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 8(1), 21-31.
- Setyobudiarso, H., & Agnes, A. T. (2022). Perancangan dan Pembuatan Alat Penjernih Air Buangan Industri Kecil (Produksi Tempe). *Prosiding SENIATI*, 6(4), 798-803.
- Shinta, D. R., Santoso, S., & Proklamasiningsih, E. (2023). Fitoremediasi Logam Berat Seng (Zn) dari Limbah Cair Tekstil Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 5(1), 33-40.
- Siahaan, B. C., Utami, S. R., & Handayanto, E. (2014). Fitoremediasi Tanah Tercemar Merkuri menggunakan *Lindernia crustacea*, *Digitaria radicosaa*, dan *Cyperus rotundus* serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(2), 35-51.
- Siaka, I. M., Wijayanthi, I. A. G. S., & Ratnayani, O. (2024). Fitoremediasi Tanah Pertanian Tercemar Logam Berat Tembaga (Cu) dengan Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta L.*). *Jurnal Kimia (Journal Of Chemistry)*, 18 (1), 41-50.
- Simatupang, I., Fatonah, S., & Iriani, D. (2015). Pemanfaatan Kiambang (*Salvinia molesta* D.Mitch) untuk Fitoremediasi Limbah Organik Pulp dan Kertas. (P. U. Riau, Ed.) *JOM FMIPA*, 2(1), 130-143.
- SNI 6989.11:2019 tentang Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan pH Meter.

- SNI 6989.72:2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*).
- Soetrisno, Y. (2000). Uji BOD, Indikator Kekuatan Limbah yang Masih Bermasalah. *Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT*, 1(1), 96-100.
- Soheti, P., & Marisi, D. P. (2020). Fitoremediasi Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) untuk Menurunkan Kadar Torium. *Eksplorium: Buletin Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir*, 41(2), 139-150.
- Solikhah, R., Purwantoyo, E., & Rudyatmi, E. (2019). Aktivitas Antioksidan dan Kadar Klorofil Kultivar Singkong di Daerah Wonosobo. *Life science*, 8(1), 86-95.
- Sukono, G. A. B., Hikmawan, F. R., Evitasari, D. S., & Satriawan, D. (2020). Mekanisme Fitoremediasi. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(02), 40-46.
- Sullivan, P. R., & Wood, R. (2012). *Water Hyacinth (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) Seed Longevity and the Implications for Management*. 1(1), 37-40.
- Suprayitno, I. A. (2013). Dampak Limbah Cair Industri Tempe Terhadap Kualitas Air Sungai Cileungsi Di Desa Citeureup, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Syaifudin, A., & Nazila, Z. R. (2020). Alternatif Remediasi Limbah Cair Industri Keripik Singkong (*Manihot utilissima*) Menggunakan Tanaman Air dan Tawas. *Jurnal Litbang Edusaintech*, 1(1), 44-50.
- Truu, M., Juhanson, J., & Truu J. (2009). *Microbial Biomass, Activity, and Community Composition in Constructed Wetlands, Science of The Total Environment*, 407: 3958-3971.
- Utami, F. R., Jalius, J., & Kalsum, U. (2021). Perbandingan Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Berbagai Tanaman Fitoremediasi (Eceng Gondok, Kangkung Air dan Kiambang). *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 4(1), 31-37.
- Vidyawati, D. S., & Fitrihidajati, H. (2019). Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) melalui Pengenceran Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 8(2), 113-119.
- Wibisono, P. ., & Rahaswanti, L. (2002). Pengaruh Pasta Gigi yang Mengandung Enzim Terhadap Plak. *Jurnal PDGI*, 401-403.
- Wijayanti, F. D., & Purnomo, Y. S. (2021). Pengolahan Limbah Cair Bengkel dengan Menggunakan Grease Trap dan Fitoremediasi. *Enviroous*, 2(1), 115-123.
- Yuliani, D. E., Sitorus, S., & Wirawan, T. (2013). Analisis Kemampuan Kiambang (*Salvinia molesta*) untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Logam Cu (II) pada Media Tumbuh Air. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 10(2). 68-73.
- Yusuf, A. I., & Amaro, M. (2021). Analisis Mutu Kimia, Mikrobiologi dan Organoleptik Tempe Kedelai dengan Penambahan Sari Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) Pada Proses Perendaman Kedelai. *Pro Food*, 7(2), 41-52.
- Zahro, N. M., & Nisa, V. C. (2020). Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Limbah Domestik dan Timbal di Hilir Sungai Bengawan Solo Gresik Sebagai Solusi Ketersediaan Air Bersih

Sekarang dan Masa Depan. *JCAE (Journal of Chemistry And Education)*, 4(2), 73-83.

Zhang, H., Zhao, Y., & Zhu, J. K. (2020). *Thriving Under Stress: How Plants Balance Growth and the Stress Response. Developmental Cell*, 55(5), 529-543.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A