

Kemampuan Tanaman Air Sebagai Fitoremediator Limbah Cair Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit

(The Ability of Aquatic Plants as Phytoremediators for Liquid Palm Oil Processing Factory Waste)

*Lidya Putri Ande Siregar, Wahyu Lestari**

*Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau,
Kampus Bina Widya, Pekanbaru, 28293, Indonesia*

**Email korespondensi: wahyu.lestari@lecturer.unri.ac.id*

ABSTRAK

Limbah cair dari pabrik pengolahan kelapa sawit merupakan limbah utama sehingga berpotensi sebagai pencemar lingkungan yang paling tinggi. Pengolahan limbah dapat dilakukan secara Fitoremediasi menggunakan tanaman air. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kemampuan tanaman *L. flava*, *P. stratiotes* dan *I. aquatica* sebagai fitoremediator dalam pengolahan limbah cair kelapa sawit. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 4 perlakuan (jenis tanaman air: *Limnocharis flava*, *Pistia stratiotes* dan *Ipomoea aquatica*) dan kontrol tanpa menggunakan tanaman. Penelitian dilakukan selama 15 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, ketiga tanaman air (*Limnocharis flava*, *Pistia stratiotes* dan *Ipomoea aquatica*) mampu meningkatkan pH dan menurunkan COD pada limbah cair kelapa sawit. Ketiga tanaman air mengalami penurunan biomassa segar tanaman.

Kata Kunci: *Fitoremediasi; limbah cair; pabrik pengolahan kelapa sawit; tanaman air*

ABSTRACT

*Liquid waste from palm oil processing factories is the main waste so it has the potential to be the highest environmental pollutant. Waste processing can be done using phytoremediation using aquatic plants. The aim of the research was to determine the ability of *L. flava*, *P. stratiotes* and *I. aquatica* plants as phytoremediators in processing palm oil liquid waste. The research used a completely randomized design with 4 treatments (types of aquatic plants: *Limnocharis flava*, *Pistia stratiotes* and *Ipomoea aquatica*) and a control without using plants. The research was conducted for 15 days. The research results showed that the three aquatic plants (*Limnocharis flava*, *Pistia stratiotes* and *Ipomoea aquatica*) were able to increase pH and reduce COD in palm oil wastewater. All three aquatic plants experienced a decrease in fresh plant biomass.*

Keywords: *Aquatic plants; liquid waste; palm oil processing factory; phytoremediation.*

PENDAHULUAN

Limbah cair dari pabrik pengolahan kelapa sawit merupakan limbah utama sehingga berpotensi sebagai pencemar lingkungan yang paling tinggi. Limbah cair dari pabrik pengolahan kelapa sawit merupakan limbah utama sehingga berpotensi sebagai pencemar lingkungan yang paling tinggi. Produksi 1 ton minyak sawit mentah membutuhkan 5-7,5 ton air, dimana lebih dari 50% berakhir menjadi limbah cair. Limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit berwarna kecoklatan, terdiri dari padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid bersifat asam (pH-nya 3,5- 4), 95% air, 4-5% bahan-bahan terlarut dan tersuspensi serta 0,5-1% residu minyak yang sebagian besar berupa emulsi (Ma 2000).

Limbah cair kelapa sawit juga memiliki kandungan *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan padatan tersuspensi yang tinggi (Chan *et al.* 2013). Kadar BOD dan COD dalam limbah yang dihasilkan pabrik kelapa sawit jika langsung dibuang ke lingkungan dan tidak memenuhi syarat nilai baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 untuk COD 350 mg/L dan BOD

100 mg/L, dapat memberikan dampak negatif. Seperti mengakibatkan iritasi, keracunan, mutasi gen, dan kanker pada manusia (Valerie *et al.* 2018).

Salah satu perkebunan kelapa sawit di kabupaten Pelalawan telah melakukan pengolahan limbah cair kelapa sawit sejauh ini dengan pemanfaatan bakteri termofilik. Penggunaan bakteri mampu menurunkan konsentrasi BOD dari 20.500 mg/L menjadi 5.000 mg/L dan konsentrasi COD 86.240 mg/L menjadi 10.000 mg/L. Selain menggunakan bakteri, limbah dapat di remediasi dengan menggunakan tanaman yang biasa disebut fitoremediasi. Rondonuwu (2014) menyatakan fitoremediasi merupakan upaya mengurangi kadar pencemar pada tanah maupun perairan dengan menggunakan tanaman.

Tanaman diketahui memiliki kemampuan untuk mengakumulasi polutan dengan kadar yang tinggi pada tajuk ataupun akar pada tanaman, adapun syarat tanaman fitoremediasi adalah memiliki percepatan tumbuh yang tinggi, mampu hidup pada habitat yang kosmopolitan, dapat tumbuh tanpa adanya perawatan dan mampu meremediasi lebih dari satu polutan (Hidayati 2013). Beberapa tanaman yang dapat digunakan sebagai fitoremediator antara lain *Typha latifolia*, *Ipomoea aquatica*, *Limnocharis flava*, *Pistia stratiotes* dan *Eichhornia crassipes*.

Hasil penelitian Zahra (2022) menyatakan tanaman *L. flava* mampu menurunkan konsentrasi BOD sebesar 96,09% (69 mg/L menjadi 2,70 mg/L) dan konsentrasi COD sebesar 79,27% (150 mg/L menjadi 3,1 mg/L) pada hari ke-5 perlakuan dalam limbah cair domestik. Rubianti & Amir (2022) pada penelitiannya mengenai pengendalian limbah cair laundry, mengungkapkan bahwa *P. stratiotes* mampu menaikkan pH dari 4 menjadi 5,5. Tanaman air *I. aquatica* mampu menurunkan kadar COD pada limbah cair kelapa sawit pada konsentrasi 75% dengan waktu pemaparan 15 hari dari 3228,88 mg/L menjadi 8,63 mg/L (Nila 2019). Nurkemalasarini *et al.* (2013) dalam penelitiannya pada limbah cair tapioka menyatakan *I. aquatica* mampu menurunkan kadar BOD pada perlakuan II (200 g) sebesar 81,13% (513,72 mg/L menjadi 146,06 mg/L) dibandingkan dengan perlakuan I (100 g) sebesar 75,65% (513,72 mg/L menjadi 188,50 mg/L), hal ini sejalan dengan terjadinya peningkatan biomassa sebesar 67,05% (200 g menjadi 334,1 g) pada perlakuan II. Berdasarkan kemampuan pada beberapa tanaman air dan pada beberapa limbah cair diharapkan *L. flava*, *P. stratiotes* dan *I. aquatica* juga efektif dalam menurunkan kadar pencemar pada limbah cair kelapa sawit.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari - Maret 2023 di Kebun Percobaan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau. Pekanbaru. Analisis kadar COD dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tanaman *L. flava*, *P. stratiotes*, *I. aquatica* dan tanpa tanaman sebagai kontrol. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 6 kali.

Pengambilan Tanaman dan Aklimatisasi

L. flava dan *I. aquatica* yang digunakan pada penelitian ini diambil di salah satu perumahan daerah Kubang Jaya, Siak Hulu, Riau sedangkan untuk *P. stratiotes* diambil di Waduk Universitas Riau, Pekanbaru, Riau. Tanaman

dibersihkan dari kotoran yang menempel lalu diaklimatisasi selama 7 hari pada media air bersih. Tanaman air yang dipilih berdasarkan keseragaman tanaman seperti warna, ukuran dan berat awal yaitu *L. flava* \pm 72 g (Wardiah *et al.* 2019), *P. stratiotes* \pm 150 g (Ningsih *et al.* 2014) dan *I. aquatica* \pm 25 g (Nila 2019).

Pengambilan Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit (Pengukuran pH dan COD awal)

Limbah cair kelapa sawit yang akan digunakan diambil langsung dari salah satu PT yang berada di daerah Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau yang berada pada kolam ke-4 menggunakan jerigen dan selanjutnya dibawa ke kebun percobaan jurusan biologi. Pengukuran pH awal limbah dilakukan dengan menggunakan pH meter, pengukuran COD awal limbah dilakukan di laboratorium Teknik Kimia, Universitas Riau dengan metode menurut Andika (2020).

Tahapan analisis COD adalah sebagai berikut:

Analisis Chemical Oxygen Demand

a. Persiapan Pengujian COD

Larutan baku ferro ammonium sulfat (FAS) dilakukan standarisasi dengan larutan baku kalium dikromat yaitu dengan cara sebagai berikut: Larutan baku kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) dipipet 5 ml dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Larutan baku ditambahkan akuades 2,5 ml dan 1-2 tetes indikator ferroin kemudian dititrasi dengan larutan titrasi FAS.

b. Prosedur Pengujian COD

Adapun tahapan pengujian COD terhadap sampel adalah sebagai berikut:

1. Sampel uji dipipet 2,5 ml kemudian ditambahkan 1,5 ml larutan baku $K_2Cr_2O_7$, dan ditambahkan 3,5 ml larutan pereaksi asam sulfat (H_2SO_4 dan Ag_2SO_4) ke dalam tabung.
2. Tabung ditutup dan dikocok perlahan sampai homogen.
3. Tabung diletakkan pada heating block yang telah dipanaskan pada suhu $150^\circ C$ dan digestion dilakukan selama 2 jam.
4. Sampel uji yang sudah direfluks didinginkan perlahan-lahan sampai suhu ruang. Tutup sampel uji dibuka sesekali disaat pendinginan untuk mencegah adanya tekanan gas.
5. Sampel uji dipindahkan secara kuantitatif dari tabung ke dalam erlenmeyer untuk dititrasi.
6. Indikator ferroin ditambahkan 1-2 tetes ke dalam erlenmeyer dan dititrasi dengan larutan baku FAS 0,05 M sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau-biru menjadi coklat kemerahan. Selanjutnya volume larutan FAS yang digunakan dicatat sebagai B.
7. Dilakukan tahapan pengerjaan sampel terhadap akuades sebagai blanko dan dicatat volume larutan FAS yang digunakan sebagai A.

Dilakukan tahapan pengerjaan sampel terhadap larutan KHP sebagai kontrol standar. Dicatat volume larutan FAS yang digunakan

Perlakuan Fitoremediasi

Tanaman yang telah diaklimatisasi selanjutnya dipindahkan ke dalam masing-masing wadah sesuai perlakuan. Limbah cair yang digunakan pada masing-masing wadah sebanyak 5 L (Ningsih *et al.* 2014) dan tanaman dipelihara selama 15 hari.

Parameter

pH Akhir Limbah Cair Kelapa Sawit

pH limbah cair kelapa sawit diukur pada hari terakhir yaitu hari ke-15 dengan metode yang sama pada awal pengukuran.

Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) (mg/L)

Kadar COD akhir limbah diukur dengan metode yang sama dengan metode awal.

Biomassa Segar Tanaman (g)

Biomassa segar ketiga jenis tanaman air diketahui melalui penimbangan tanaman pada masing-masing perlakuan dengan menggunakan timbangan digital. Biomassa segar tanaman ditimbang pada awal dan akhir perlakuan

Analisis Data

Data yang diperoleh dari parameter pengamatan berupa rata-rata nilai hasil penelitian setiap ulangan yang disajikan dalam bentuk tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH dan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran pH bertujuan untuk mengetahui kondisi keasaman suatu lingkungan. Peningkatan pH pada limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit pada hari ke-15 terjadi pada semua limbah yang diberi tanaman air maupun pada kontrol limbah cair kelapa sawit (Tabel 1)

Tabel 1 Pengukuran pH dan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Perlakuan	pH		COD (mg/L)	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Tanpa Tanaman (P0)	7,86	8,75	500	390
<i>Limnocharis flava</i> (P1)	7,86	8,72	500	650
<i>Pistia stratiotes</i> (P2)	7,86	9,02	500	280
<i>Ipomoea aquatica</i> (P3)	7,86	8,68	500	240

Perlakuan tanpa tanaman (kontrol) mengalami peningkatan pH diakhir perlakuan yaitu mencapai 8,75 hal itu kemungkinan disebabkan karena adanya reaksi CO_2 dan H_2O membentuk karbonat oleh mikroorganisme pada limbah pabrik pengolahan kelapa sawit. Menurut Ghani (2020) mekanisme peningkatan pH berlangsung secara kimia dengan reaksi antara CO_2 dengan H_2O untuk membentuk karbonat (H_2CO_3) yang terpisah dalam air membentuk ion H^+ dan ion bikarbonat (HCO_3^-). Meningkatnya jumlah ion karbonat pada limbah akan meningkatkan ion hidroksida dan selanjutnya meningkatkan nilai pH.

Pengolahan air limbah dengan proses fitoremediasi menggunakan tanaman dapat meningkatkan pH. Proses fotosintesis pada tanaman membutuhkan CO₂ yang akan menghasilkan oksigen untuk digunakan oleh mikroorganisme dalam menyerap bahan pencemar pada limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit. Semakin banyak kandungan CO₂ yang diserap oleh tanaman pada proses fotosintesis akan menyebabkan naiknya pH pada limbah cair. Hia (2019) menyatakan peningkatan pH menggunakan tanaman terjadi karena adanya proses fotosintesis. Hasil fotosintesis tanaman menyebabkan kandungan O₂ terlarut dalam air meningkat, yang mana kandungan tersebut akan dimanfaatkan mikroorganisme untuk respirasi dan menghasilkan CO₂. CO₂ yang terlarut didalam air akan mengalami keseimbangan menghasilkan ion OH⁻ penyebab meningkatnya nilai pH.

Hasil pengukuran pH sebelum dan sesudah diberi perlakuan fitoremediasi dapat dikatakan sudah memenuhi syarat baku mutu yang telah ditetapkan dalam dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 karena tidak melebihi standar kualitas yang ditetapkan yaitu 6-9 sehingga limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit tersebut masih aman jika dibuang ke lingkungan.

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat kadar COD awal limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit yaitu 500 mg/L dan setelah dilakukan perlakuan fitoremediasi terjadi penurunan kadar COD hampir pada tiap perlakuan P0 tanpa tanaman (kontrol) yaitu 390 mg/L, P2 (*Pistia stratiotes*) 280 mg/L dan P3 (*Ipomoea aquatica*) yaitu 240 mg/L yang mana hal tersebut sudah sesuai dengan standar baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 yaitu COD 350 mg/L.

Penurunan kadar COD tertinggi ditunjukkan oleh tanaman *I. aquatica* yaitu sebesar 240 mg/L, penurunan tersebut kemungkinan disebabkan karena *I. aquatica* memiliki kemampuan sebagai biofilter dalam menguraikan bahan organik dan anorganik. Hapsari (2018) menyatakan *I. aquatica* memiliki fungsi sebagai biofilter yaitu kemampuan untuk menguraikan bahan organik dan anorganik di sekitar akar. Batang dan akar tanaman *I. aquatica* mempunyai jaringan yang khas yang disebut *aerenchima* yang berfungsi sebagai alat transportasi oksigen ke perakaran, adanya jaringan *aerenchima* tersebut, maka unsur hara dari tanah dan air dapat diserap dengan cepat sehingga dapat menurunkan konsentrasi COD.

Penurunan kadar COD juga terjadi pada tanaman *P. stratiotes* yang kemungkinan disebabkan karena adanya proses rhizofiltrasi dalam menyerap dan mengakumulasi zat kontaminan pada akar tanaman. Taurisna (2020) menyatakan penurunan kadar COD terjadi karena adanya mekanisme proses rhizofiltrasi selama fitoremediasi yaitu pemanfaatan akar tanaman untuk menyerap dan mengakumulasi zat kontaminan yang dalam hal ini adalah COD dari air limbah.

Kadar COD pada perlakuan kontrol tanpa tanaman juga mengalami penurunan hal itu disebabkan karena terjadi proses biodegradasi. Biodegradasi didefinisikan sebagai suatu proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme, baik di tanah, perairan, atau pada instalasi pengolahan air limbah. Menurut Ruzzi *et al.* (2023) berkurangnya zat-zat organik sebagai akibat dari proses biodegradasi dalam limbah, akan menurunkan nilai COD. Hal itu karena oksigen yang terlarut di dalam air diserap oleh mikroorganisme untuk

memecah atau mendegradasi bahan organik sehingga menjadi bahan yang mudah menguap.

Perlakuan P1 (*L. flava*) tidak mengalami penurunan melainkan mengalami peningkatan COD yaitu menjadi 650 mg/L, hal ini kemungkinan dikarenakan oleh kondisi tanaman *L. flava* yang hampir mengalami kematian. Menurut Nurliansyah (2016) kematian tanaman pada limbah menyebabkan bahan organik semakin meningkat dan mikroorganisme mengalami kejenuhan sehingga materi organik tidak terurai dengan baik yang mana hal tersebut dapat meningkatkan nilai COD.

Sisnayati *et. al* (2021) menyatakan limbah cair kelapa sawit mengandung bahan pencemar lain seperti BOD dengan kadar sekitar 20.00 mg/L dan *Total Suspend Solid* (TSS) sekitar 1.606 mg/L yang dapat digunakan sebagai parameter untuk menentukan kualitas air limbah yang layak dibuang ke lingkungan. Tingginya kadar BOD dan TSS yang ada pada limbah jika langsung dibuang ke lingkungan akan menyebabkan menurunnya daya dukung perairan serta mengakibatkan terganggunya kehidupan biota perairan.

Biomassa Segar Tanaman *Limnocharis flava*, *Pistia stratiotes* dan *Ipomea aquatica*

Pengujian pada air limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit sebelum dan sesudah perlakuan fitoremediasi selama 15 hari didapatkan hasil terjadinya penurunan terhadap biomassa ketiga jenis tanaman air yaitu *L. flava*, *P. stratiotes* dan *I. aquatica* yang dapat di lihat pada Tabel 2

Tabel 2 Rerata Biomassa Segar Tanaman *L. flava*, *P.stratiotes* dan *I. aquatica*

Perlakuan	Biomassa (g)	
	Awal	Akhir
Tanpa Tanaman (P0)	-	-
<i>Limnocharis flava</i> (P1)	74,16	32,5
<i>Pistia stratiotes</i> (P2)	152	133,67
<i>Ipomoea aquatica</i> (P3)	76,5	69,16

Berdasarkan Tabel 2 biomassa tanaman air selama masa fitoremediasi pada limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit menunjukkan bahwa terjadi penurunan biomassa pada semua perlakuan. Penurunan biomassa tertinggi terjadi pada perlakuan P1 (*Limnocharis flava*) yaitu dari 74,16 g menjadi 32,5 g diikuti P2 (*Pistia stratiotes*) yaitu dari 152 g menjadi 133,67 g dan terendah pada perlakuan P3 (*Ipomoea aquatica*) yaitu 76,5 g menjadi 69,16 g. Kondisi tanaman *L. flava*, *P. stratiotes* dan *I. aquatica* setelah 15 hari perlakuan fitoremediasi menunjukkan gejala klorosis yang ditandai dengan perubahan warna daun menjadi menguning dan tanaman juga mengalami kerontokan akar akibat tingginya kadar bahan pencemar seperti kadar COD pada limbah kelapa sawit yang mana dengan kondisi tanaman yang sudah mengalami klorosis tersebut dapat menyebabkan tanaman mengalami penurunan berat biomassa (Tabel 3)

Tabel 3 Morfologi Tanaman *L. flava*, *P. stratiotes* dan *I.aquatica*

Perlakuan	Pengamatan Hari ke-....	
	0	15
<i>Limnocharis flava</i> (P1)		
<i>Pistia stratiotes</i> (P2)		
<i>Ipomoea aquatica</i> (P3)		

Penurunan biomassa kemungkinan disebabkan karena kepekatan konsentrasi limbah yang digunakan, dimana dalam penelitian ini menggunakan konsentrasi limbah 100% atau tanpa menggunakan pengenceran. Menurut Yustiningsih *et al.* (2019) tingginya konsentrasi limbah yang digunakan dapat menjadi faktor penghambat tanaman dalam menyerap nutrisi yang berakibat pada rendahnya metabolisme dan fotosintesis tanaman sehingga pertumbuhan tanaman menjadi tidak optimal.

Penurunan biomassa tertinggi terjadi pada tanaman *L. flava* hal ini kemungkinan disebabkan karena tanaman *L. flava* sudah melewati titik jenuh. Titik jenuh merupakan batas waktu maksimum yang dapat ditolerir tanaman dalam menyerap kontaminan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Faruq (2014) yang menyatakan jika sudah mencapai batas titik jenuh, tanaman mulai kehilangan kemampuan dalam menyerap bahan pencemar seperti BOD dan COD. BOD dan COD yang diserap oleh tanaman dapat dikeluarkan dengan menggurkan daun dan akar.

Penurunan biomassa terendah terjadi pada *I. aquatica*, dimana dibanding dengan tanaman *P. stratiotes* dan *L. flava*, *I. aquatica* memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit walaupun biomasnya mengalami penurunan, dapat dilihat dari secara keseluruhan pada morfologi akhir tanaman *I. aquatica* setelah perlakuan hanya beberapa helai daun yang mengalami klorosis dan kerontokan akar. Hal ini kemungkinan

disebabkan karena *I. aquatica* memiliki mekanisme penanggulangan terhadap bahan pencemar, yaitu: 1) dengan mengabsorpsi ion dan melakukan mekanisme untuk meminimalkan pengaruhnya, dengan pembentukan khelat, pengenceran, lokalisasi dan ekskresi, 2) Toleransi dengan melakukan metabolisme agar mampu bertahan pada lingkungan toksik (Wulandari 2014).

Tanaman *I. aquatica* juga mengalami penurunan biomassa kemungkinan disebabkan karena *I. aquatica* banyak menyerap kandungan COD pada limbah, hal ini dibuktikan dengan hasil akhir analisis kandungan COD menunjukkan bahwa terjadinya penurunan kandungan COD pada limbah sebesar 280 mg/l hingga memenuhi baku. Menurut Valerie *et al.* (2018) kandungan BOD dan COD yang tinggi dapat mengganggu proses fotosintesis yang berujung pada defisiensi oksigen yang mana hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya penurunan biomassa pada tanaman. Penurunan biomassa ditandai dengan adanya tanaman yang mengalami klorosis yaitu warna daun menjadi pucat dan kekuningan akibat terhambatnya fotosintesis.

KESIMPULAN

Ketiga tanaman air (*P. stratiotes*, *L. flava*, *I. aquatica*) efektif dalam meningkatkan pH dan menurunkan kadar COD. Tanaman fitoremediator yang paling berpotensi adalah tanaman *I. aquatica*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak *Advanced Kolowledge And Skills For Sustainable Growth In Indonesia* (AKSI) Project *Asian Development Bank* (ADB) Universitas Riau Tahun 2023 dengan Nomor Kontrak 12810.35/UN19/KM.05.01/2023, dan semua pihak yang telah membantu serta memberi saran dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- 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. *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*. 2(1):14-22.
- Chan, Y, J., Mei-Fong, C., & Chung-Lim, L. (2013). Optimization of Palm Oil Mill Effluent Treatment in an Integreted Anaerobic-Aerobic. *Journal Bioreactor.Sustainable Enviroment*. 23(3):153-170.
- Faruq, F. (2018). Penggunaan Reaktor Subsurface Flow System Wetland (SSF) Guna Mengolah Limbah Rumah Potong Hewan. *Skripsi*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Hapsari, J. E., Amri, C., & Suyanto, A. (2018). Efektivitas Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Sebagai Fitoremediasi dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Air Limbah Batik. *Analytical and Environmental Chemistry*. 3(1):2540 – 8267.

- Hia, M, S. (2019). Perbedaan Penurunan pH dan BOD Dalam Limbah Cair Rumah Tangga Dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Air Apu-Apu (*Pistia Stratiotes*) Dan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*. *skripsi*. Politeknik Kesehatan Kemenkes Medan.
- Ningsih, I, S, R., Lestari, W., Azis, Y. (2014). Fitoremediasi Zn dari Limbah Cair Pabrik Pengolahan Karet dengan Pemanfaatan *Pistia stratiotes L*. *JOM FMIPA*. 1(2):1-9.
- Nila, R. (2019). Fitoremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea Aquatic Forsk*). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Nurkemalasar, R., Sutisna M., & Wardhani, E. (2013). Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka Dengan Menggunakan Tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*). *Jurnal Institut Teknologi Nasional*. 1(2):81-92.
- Nurliansyah, M, I., Rita, H., & Isna. (2016). Efektivitas Tanaman Genjer Dalam Menurunkan BOD dan COD Limbah Cair Tahu Hasil Proses Anaerob. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 4(1):1-10.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Rondonuwu, S, B. (2014). Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman dan Sistem Reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains*. 14 (1):52-59.
- Rubianti, I., Amir, A. (2022). Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Untuk Mengukur Kadar Fosfat dan COD Pada Limbah Cair. *Jurnal Sains dan Terapan*. 1(1):1-7.
- Ruzzi, F., Irawan, A., & Yanti, L. (2023). Uji Efektivitas *Salvinia Molesta* dan *Eichhornia crassipes* Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS pada Limbah Cair Tahu. *Journal of Civil Engineering and Vocational Education*. 10(1):311-329.
- Sisnayati, S., Dewi, D, S., Apriani, R., & Faizal, M. (2021). Penurunan BOD, TSS, Minyak dan Lemak pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Proses Aerasi Plat Berlubang. *Jurnal Teknik Kimia* 27(2):38-45.
- Taurisna, L, T. (2020). Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*) Untuk Menurunkan kadar COD, BOD dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tempe Dengan Menggunakan Fitoremediasi Sistem Batch. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

- Valerie., Wijaya, J, C., & Pinontoan, R. (2018). Kajian Pustaka: Pemanfaatan Mikroba yang Berpotensi sebagai Agen Bioremediasi Limbah Pewarna Tekstil. *FaST-Jurnal Sains dan Teknologi*. 2(1):32-47.
- Wardiah., Supriatno., Amalia, A., & Andayani, D. (2019). Potential Of Three Aquatic Plants As Phytoremediator For Liquid Waste Of Tofu. *Journal of Physics* 1(2):1-7.
- Wulandari, R., Purnomo, T., & Winarsih. (2014). Kemampuan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Dalam Menyerap Logam Berat Kadmium (Cd) Berdasarkan Konsentrasi dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda. *Jurnal Lentera Bio*. 3(1):83-89.
- Yustiningsih, M., Naisumu, Y, G., & Berek, A. (2019). Deep Flow Technique (DFT) hidroponik menggunakan media nutrisi limbah cair tahu dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L) untuk peningkatan produktivitas tanaman. *Mangifera Edu: Jurnal Biologi and Pendidikan Biologi*. 32(1):110-121.
- Zahra, F. (2022). Fitoremediasi Limbah Cair Domestik Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava*) Dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.