



Biogenerasi Vol 9 No 1, Februari 2024

Biogenerasi

Jurnal Pendidikan Biologi

<https://e-journal.my.id/biogenerasi>



PERBANDINGAN BAKTERI *Pseudomonas putida* DAN *Bacillus cereus* DALAM MENURUNKAN KADAR COD BOD PADA LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT

Ayu Riwanda, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia
Ulfayani Mayasari, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia
Rasyidah, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia
*Corresponding author E-mail: ayuriwandaa@gmail.com

Abstract

Palm oil plantations are one of the commodities with the highest value in the Indonesian economy, so they can create a lot of waste that is thrown away, such as empty palm oil bunches. One of the bacteria used for biofertilizer is cellulotic bacteria with the potential to break down cellulose. This research aims to determine the potential of cellulotic bacteria as an in vitro biofertilizer in palm oil solid waste and determine the genus of cellulotic bacteria in palm oil solid waste. This research was carried out in June 2023. The research method used laboratory experiments with descriptive qualitative and quantitative data analysis. The isolation results obtained 12 isolates then screening was carried out to obtain 5 potential bacterial isolates, namely isolates TL 2, TL 4, TL 5, TL 6 and TL 8. The highest cellulolytic activity was isolate TL 6 which was 2.04 mm. Apart from TL 6 isolates, TL 2, TL 4, TL 5 and TL 8 isolates also have potential as biofertilizers based on their abilities. The results of the identification of cellulolytic bacteria were 4 genera of bacteria which were declared as the genus of cellulolytic bacteria namely the Genus Monococcus, Genus Lysinibacillus, Genus Pseudomonas and Genus Bacillus.

Keywords: *Bacillus cereus*, BOD, COD, Palm Oil Factory, *Pseudomonas putida* liquid waste

Abstrak

Limbah cair kelapa sawit memiliki potensi sebagai bahan pencemar lingkungan karena memiliki kandungan Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan padatan tersuspensi yang tinggi sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran yang dapat menurunkan kualitas suatu perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biochemical Oxygen Demand (BOD) dengan penambahan Bakteri *Pseudomonas putida* dan Bakteri *Bacillus cereus* pada limbah cair pabrik kelapa sawit. Analisis data pada penelitian ini menggunakan data deskriptif kuantitatif. Penelitian kuantitatif dilakukan dengan menguji kadar COD dan BOD menggunakan Metode SNI-6989.2-2019. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa penambahan bakteri *Pseudomonas putida* mampu menurunkan Kadar COD tertinggi sebesar 39.050mg/l dengan persentase penurunan 49.44% dibandingkan bakteri *Bacillus cereus* hanya mampu menurunkan kadar COD sebesar 39.825mg/l dengan persentase penurunan 48.44%. Dan hasil penelitian menunjukkan Penambahan bakteri *Pseudomonas putida* mampu menurunkan Kadar BOD tertinggi sebesar 414.5 mg/l dengan persentase penurunan 97.92% dibandingkan bakteri *Bacillus cereus* hanya mampu menurunkan kadar BOD sebesar 503.5 mg/l dengan persentase penurunan 97.48%. disimpulkan bahwa bakteri *Pseudomonas putida* dan *Bacillus aureus* dapat menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair pabrik kelapa sawit.

Kata Kunci: *Bacillus cereus*, BOD, COD, Limbah cair pabrik kelapa sawit, *Pseudomonas putida*

© 2024 Universitas Cokroaminoto palopo

Correspondence Author :
Jl. Lap. Golf No. 120, Kp. Tengah, Kec. Pancur Batu,
Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, 20353

p-ISSN 2573-5163
e-ISSN 2579-7085

PENDAHULUAN

Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit memiliki produk sampingan. Produk sampingan dari kelapa sawit menghasilkan limbah padat maupun cair yang dapat menjadi bahan pencemar dari industri kelapa sawit yang dapat merusak lingkungan paling tinggi dibandingkan dengan limbah lainnya (Ilmannafi, 2020).

Menurut Widyastuti *et al.*, (2019) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa senyawa organik yang tinggi pada pabrik limbah kelapa sawit dapat mencemari ekosistem. Sedangkan menurut Baihaqi *et al.*, (2017) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa limbah kelapa sawit yang padat maupun cair dapat berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan maupun merusak ekosistem yang partikel tersuspensi dalam jumlah besar, BOD, COD, serta menghasilkan sampah yang dapat merusak kualitas udara, dengan kadar BOD pada limbah cair kelapa sawit sebesar 21.500-28.500 mg.L-1, COD sebesar 45.000-85.000 mg.L-1 dan TTS sebesar 15.600-23.560 mg.L-1.

BOD merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan sampah organik (Santoso, 2018). Menurut Andika *et al.*, (2020) bahwa parameter yang penting dalam menentukan kualitas limbah adalah BOD dan COD karena diasumsikan sebagai praduga kualitas pencemaran dari udara yang berhubungan dengan bahan organik serta penurunan oksigen terlarut. Dari alasan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa untuk menurunkan kadar bahan pencemar pada limbah sawit diperlukan degradasi bahan organik.

Degradasi berhubungan dengan bioremediasi yaitu proses dari perbaikan lahan yang sudah tercemar dengan menggunakan bantuan mikroorganisme untuk mendegradasi komponen lingkungan yang sudah tercemar menjadi bentuk yang lebih bagus atau sudah tidak mengandung racun. bioremediasi

merupakan salah satu langkah awal dari proses biodegradasi. Rumah dalam penelitian Maulana (2017) bahwa mikroorganisme yang dapat menguraikan bahan pencemar yaitu seperti *Bacillus*, *Citrobacter*, *Pseudomonas*, *Plectonema*, dan *Aspergillus*. Bakteri *Pseudomonas* dapat menurunkan kadar BOD dalam bahan pencemar dikarenakan bakteri tersebut bisa memecah senyawa organik yaitu fenol. Fenol akan teroksidasi dan menghasilkan respirasi yang nantinya menjadi molekul sederhana. *Pseudomonas putida* ini sangat penting di lingkungan disebabkan dengan metabolisme yang lebih sulit dan dapat mengatur polusi.

Terdapat bakteri lain yang dapat mendegradasi bahan pencemar di lingkungan seperti *Bacillus cereus*. Berdasarkan penelitian dari Safitri *et al.*, (2014) bahwa bakteri tersebut akan mendegradasi polimer selulosa dari senyawa yaitu lipid protein, pati dan pektin serta akan menurunkan kadar BOD sebesar 9,29%. Selain itu bakteri *Bacillus cereus* dapat meremediasi dan mereduksi bahan pencemar lainnya yang akan memecah senyawa kimia berbahaya menjadi senyawa yang lebih sederhana dan bisa digunakan sebagai sumber energi (Rizka *et al.*, 2022).

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk meneliti perbandingan bakteri *Pseudomonas putida* dan *Bacillus cereus* dalam menurunkan kadar COD dan BOD pada limbah cair pabrik kelapa sawit yang nantinya hasilnya akan digunakan sebagai pengolahan limbah cair yang berwawasan lingkungan.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai Juli 2023. Penelitian bertempat di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas MIPA USU dan di Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit kelas 1 Medan. (kapital)

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini seperti oven, bunsen, Erlenmeyer, tabung reaksi, Mat pipet, cawan petri gelas ukur, beker gelas, kapas, kain kasa batang pengaduk, timbangan analitik, autoklaf, hot plate, jarum Ose, seker inkubator botol Winter, magnetic stir, mikropipet, termometer, lemari inkubasi, desikator komadometer COD meter, kamera dan spidol,

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah media , media MB, aquades inokulum sudomonas putida, inokulum bacillus alkohol, aluminium foil limbah cair kelapa sawit, COD Cell larutan MgSO₄ larutan cac12 larutan FeCl₃ dan larutan buffer fosfat.

Prosedur

Pembuatan Media Padat dan Cair

Pembuatan media padat menggunakan media na dengan 8 gram dan ditambahkan 400 mili aquades ke dalam beker glass lalu di homogenkan dengan magnetik strirer. Pembuatan media cair dengan menggunakan media NB dengan 5,2 gram ditambahkan 400 ml aquades dan dihomogenkan.

Perbanyak Isolat Bakteri *Pseudomonas putida* dan *Bacillus cereus*

Isolat bakteri dikeluarkan dengan menggunakan lup needle dari media Na dan diinokulasi pada media NB, diinkubasi selama 24 jam di dalam inkubator seker.

Pengujian COD dan BOD

Diambil 350 ml limbah cair kelapa sawit kemudian diambil sebanyak 2 ml Larutan bakteri bacillus dan dimasukkan ke dalam labu ukur, dan 5% bakteri pseudomonas, lalu ditutup. Selanjutnya diencerkan sebanyak 50 kali dan diambil 3 mili dicampurkan ke dalam COD cells homogenkan, Dipanaskan di atas

termoreaktor selama 2 jam dan diukur kadar COD dengan alat spektrofotometer. Diambil sampel limbah cair kelapa sawit sebanyak 350 ml. Diencerkan dengan menggunakan air suling sebanyak 4500 liter dan ditambahkan 4,5 ml buffer fosfat, Larutan kalsium klorida, larutan magnesium sulfat, dan larutan FeCl₃. Aerasi dengan menggunakan aerator selama 30 menit. Ambil konsentrasi 5% untuk bakteri bacillus dan Bakteri pseudomonas sebanyak 300 ml. Penentuan BOD dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

Koreksi Volume Pengencer=

$$\frac{300 - ml \ sample}{300} \quad (1)$$

BOD Larutan Pengencer (5) = (DO₀-DO₅) x Koreksi Volume Pengencer

BOD Sample 5 = (DO₀ – D05) – BOD Larutan Pengencer (5) x Faktor Pengencer

Analisis Data

Pengambilan data dilakukan pada hari ke 0,2,4,6,8 dengan jenis analisis data deskriptif dalam bentuk grafik dan tabel dan melihat bagaimana efektivitas penurunan kadar COD dan BOD serta untuk mengetahui penurunan COD dan BOD menggunakan rumus berikut (Deffy, 2020).

$$Degradasi\% = \frac{C \ Awal - C \ Akhir \times 100\%}{C \ Awal}$$

Keterangan

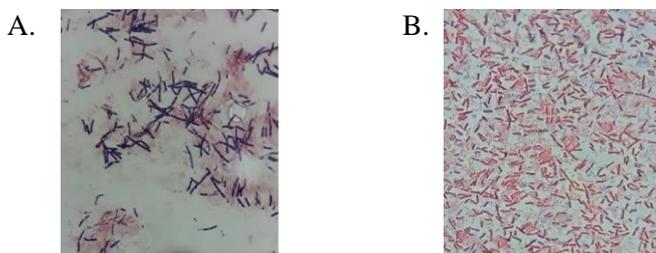
C Awal: Konsentrasi Awal Sebelum Perlakuan

C Akhir: Konsentrasi Akhir Sesudah Perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Morfologi Bakteri Uji

Berdasarkan hasil penelitian karakterisasi morfologi bakteri dengan menggunakan metode Pewarnaan Gram dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 40 kali disajikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. A. *Bacillus cereus*, B. *Pseudomonas putida*

Berdasarkan gambar 1 diketahui bahwa bakteri bacillus merupakan bakteri gram positif dengan ciri dapat dilihat berdasarkan hasilnya yaitu berbentuk batang panjang dan selnya terlihat berwarna ungu yang berasal dari dinding sel bakteri tersebut karena memiliki peptidoglikan yang kuat (Indrawati & Andita, 2017). Sedangkan bakteri *Pseudomonas putida* merupakan bakteri gram negatif yang bercirikan pada basil berbentuk batang, dan bakteri tersebut tidak dapat menahan pewarna kristal violet karena bakteri ini merupakan bakteri gram negatif dan berwarna merah apabila dilihat di bawah mikroskop (Rahmadian *et al.*, 2018).

Remediasi

Terdapat Perubahan fisik yang ditemukan pada sampel limbah cair kelapa sawit sebelum dan setelah dilakukan bioremediasi yang dimulai dari hari ke 0,2,4,6 dan 8.

Tabel 1. Perubahan Fisik Limbah Kelapa Sawit Sebelum dan Setelah Bioremediasi

		0 Hari	2 Hari	4 Hari	6 Hari	8 Hari	
Warna	Kontrol <i>Pseudomonas</i> <i>Bacillus</i>	Coklat Pekat	Coklat Gelap	Coklat Memudar (Muda)	Coklat Muda	Coklat Muda	
Aroma	Kontrol <i>Pseudomonas</i> <i>Bacillus</i>	Menyengat Seperti gula aren gosong	Menyengat pada perlakuan bakteri <i>Pseudomonas putida</i>	Menyengat pada perlakuan bakteri <i>Pseudomonas putida</i> dan <i>Bacillus cereus</i>	Sangat menyengat seperti bau busuk	Sangat menyengat dan baunya tidak enak	Semakin menyengat dan baunya semakin busuk
Gelembung	Kontrol <i>Pseudomonas</i> <i>Bacillus</i>	Tidak ada gelembung	Tidak ada gelembung	Terdapat gelembung (degradasi)	Terdapat banyak gelembung	Terdapat banyak gelembung	

Dilihat pada tabel 1, limbah kelapa sawit yang belum diremediasi memiliki ciri warna coklat yang pekat memiliki bau yang menyengat dan tidak memiliki gelembung serta tidak memiliki endapan. Sedangkan pada hasil bioremediasi di hari kedua sampai di hari ke-8 limbah cair kelapa sawit mengalami perubahan secara fisik dengan ciri memiliki warna yang sebelumnya coklat gelap dan memiliki tekstur yang sangat kental setelah dilakukan bioremediasi berubah menjadi berwarna coklat terang. Bioremediasi pada limbah cair kelapa sawit dengan perlakuan bakteri bacillus memiliki bau yang Semakin hari semakin menyengat dan pada bakteri *Pseudomonas putida* memiliki gelembung, yang asal gelembung tersebut Berasal dari aktivitas katabolisme bakteri yang diproses untuk mendegradasi limbah cair pabrik sawit yang sudah di bioremediasi (Deffy, 2020).

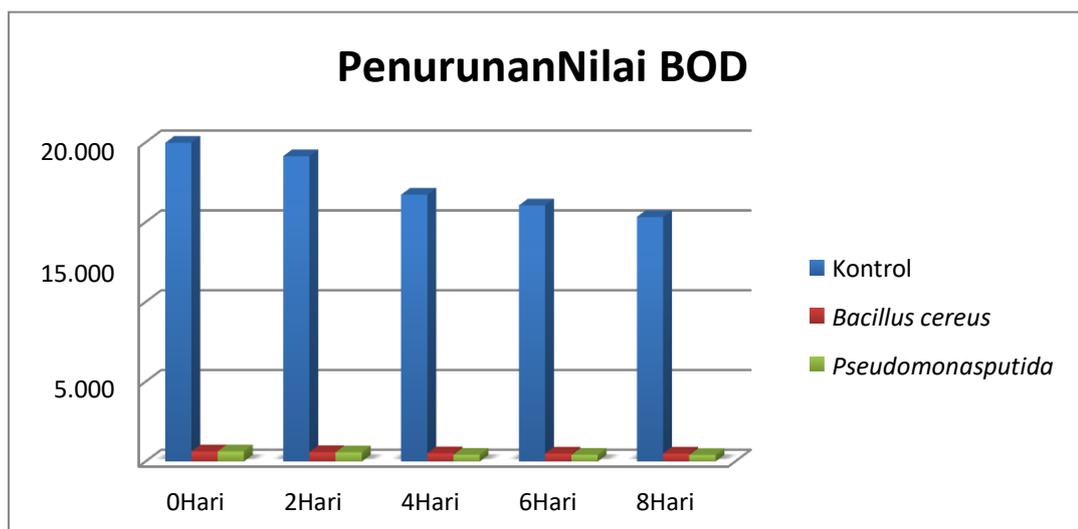
Hasil dari bioremediasi adalah bahan-bahan organik akan terurai di dalam sampah dan melepaskan gas seperti amoniak yang menghasilkan bau menyengat. hal tersebut terjadi karena adanya pemecahan protein dari

limbah yang akhirnya tercampur senyawa-senyawa seperti nitrogen dan fosfor (Wignyanto *et al.*, 2009). Hasil dari bioremediasi juga menghasilkan gelembung-gelembung pada limbah cair kelapa sawit yang artinya dari proses tersebut sedang terjadi proses bioremediasi. Gelembung tersebut juga terjadi karena bakteri dan mikroorganismelainnya mengonsumsi bahan-bahan organik yang ada pada limbah cair pabrik kelapa sawit dan menghasilkan gas-gas sisa dan akhirnya dapat membentuk gelembung.

Uji Kadar Chemical Oxygen Demand (COD)

COD merupakan parameter yang penting untuk mengukur kualitas dari air limbah karena fungsi dari COD adalah sebagai praduga pertama adanya pencemaran bahan organik yang ada di air sebagai penurunan kadar oksigen terlarut (Andika, 2020).

Pengukuran kadar COD dilakukan pada rentang hari ke- 0,2,4,6 dan 8 hari dengan mengacu pada metode SNI 06-6989.14-2004 dengan menambahkan bakteri bacillus dan bakteri *Pseudomonas putida* pada sampel limbah cair kelapa sawit.



Gambar 2. Penurunan Nilai BOD Pada Limbah Cair Kelapa Sawit

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat penurunan kadar BOD selama 8 hari. Pada hari ke nol dengan perlakuan kontrol awal

(tanpa ada bakteri) memiliki kadar yang tinggi sebesar 19972 mg/l, Perlakuan dengan konsentrasi 5% bakteri *Bacillus xerous* sebesar 627,5 mg/l dan perlakuan dengan

konsentrasi 5% bakteri *Pseudomonas putida* dengan sebesar 632,1 MG per liter. Dapat kita lihat pada hari ke-0 kadar BOD pada perlakuan bakteri *Bacillus cereus* lebih banyak menurun dibandingkan dengan perlakuan bakteri *Pseudomonas putida* sebesar 50,625 mg/l.

Kadar BOD pada hari ke-8 dengan perlakuan kontrol sebesar 15,330 mg/l, kadar tersebut mengalami penurunan terbanyak. Kadar BOD pada perlakuan bakteri *Bacillus cereus* 5% sebesar 53,5 mg/l, dan perlakuan bakteri *Pseudomonas putida* 5% sebesar 414,5 mg/l. Dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan pada hari ke-8 bakteri *Pseudomonas putida* 5% kadar BOD lebih cepat turun dibanding dengan bakteri *Bacillus cereus* 5% (3.414,5 mg/l dan 503,3 mg/l).

Kadar BOD pada limbah cair kelapa sawit turun dapat disebabkan karena bahan organik terurai menjadi CO₂ dan amonia. bahan organik dari limbah kelapa sawit dapat terurai menjadi lebih sederhana melalui fermentasi udara serta proses ini dapat mempercepat dekomposisi (Istiqomah *et al.*, 2018). Perbandingan Bakteri *Pseudomonas putida* dan *Bacillus cereus* dalam Menurunkan Nilai BOD

Kedua Bakteri memiliki perbedaan dalam menurunkan kadar BOD yang terdapat pada limbah pabrik kelapa sawit. perbedaan tersebut disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Penurunan Persentase BOD pada Limbah Cair Kelapa Sawit

No.	Rentang Waktu	Bakteri <i>Pseudomonas putida</i>	Bakteri <i>Bacillus cereus</i>
1.	0 Hari	96.83 %	96.85 %
2.	2 Hari	97.10 %	97.06 %
3.	4 Hari	97.85 %	97.42%
4.	6 Hari	97.91 %	97.47 %

5.	8 Hari	97.92 %	97.48 %
----	--------	---------	---------

Tabel di atas menunjukkan bahwa terdapat perbandingan nilai dari penurunan persentase kedua bakteri dengan kadar BOD menggunakan Bakteri *Pseudomonas putida* memiliki penurunan kadar yang lebih tinggi dibandingkan dengan bakteri *Bacillus cereus* (97,92% dan 97,48%).

BOD merupakan parameter yang dibutuhkan untuk mengukur kualitas limbah dengan mengukur jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme untuk menguraikan bahan organik (Sisnayanti, 2021). Dalam penelitian ini dihasilkan bahwa kadar BOD lebih banyak menurun dengan menggunakan bakteri *Pseudomonas putida* sebesar 97,92%.

Salah satu alasan bakteri *Pseudomonas putida* dapat menurunkan kadar BOD pada limbah cair kelapa sawit adalah bakteri tersebut dapat mendegradasi senyawa organik kompleks yang berada di limbah cair kelapa sawit yang memiliki ph rendah maupun kandungan logam berat yang berlebihan (Shaid, *et al.*, 2017).

Limbah kelapa sawit memiliki unsur seperti selulosa lignin serta lipid yang dikenal sebagai lignoselulosa (Safitri *et al.*, 2014). Kadar COD pada limbah cair kelapa sawit dapat diturunkan dengan tambahan bakteri *Bacillus cereus* sebesar 97,48%. Hal tersebut karena bakteri *Bacillus cereus* dapat mendegradasi senyawa hidrokarbon pada limbah yang tercemar oleh minyak sebesar 5%-91% pada masa inkubasi 5 hari dengan suhu 30 derajat Celcius (Bujanget *et al.*, 2013).

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kadar COD Dapat turun dengan tambahan bakteri *Pseudomonas putida* pada hari ke-8 sebesar 39,50 mg/l persentase penurunan 49,44% dan bakteri *Bacillus cereus* sebesar 39,825 mg/l persentase penurunan 48,44%. Kadar BOD dapat turun dengan tambahan

bakteri *Pseudomonas putida* pada hari ke-8 sebesar 414,5 mg/l persentase penurunan 97,92% dan bakteri *Bacillus cereus* sebesar 503,5 mg/l persentase penurunan 97,48%.

Perlu dilakukan penambahan lama waktu untuk bioremediasi dengan tambahan bakteri *Pseudomonas putida* dan *Bacillus cereus* sehingga hasil penurunan nilai COD dan BOD dapat memenuhi Standar Baku Mutu air limbah. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan konsorsium (mencampurkan) tambahan bakteri *Pseudomonas putida* dan bakteri *Bacillus cereus* pada bioremediasi limbah cair kelapa sawit

DAFTAR RUJUKAN

- 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.
- Baihaqi., Rahman, M., Zulfahmi, I., Hidayat, M. (2017). Bioremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Menggunakan *Spirogyra sp.* *Jurnal Biotik*. 5 (2) : 125-134.
- Bujang, A., Adila, S.N., Suyatma, N.E., (2013). *Physical Properties of Chitosan Films as Affected by Concentration of Lactic Acid and Glycerol*. International Proceedings of Chemical Biological and Environmental Engineering. 58(6): 27-31.
- Deffy, T. 2020. Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Larutan *Effective Microorganism-4* (EM4) Secara Anaerob – Aerob. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Indrawati, I., Rizki, A.F.M. (2017). Potensi Ekstrak Buah Buni (*Antidesma bunius L.*) Sebagai Antibakteri dengan Bakteri Uji *Salmonella thypimurium* dan *Bacillus cereus*. *Jurnal Biodjati*. 2 (2) :138-148.
- Istiqomah, H., Puspitarini, P.A., Ekadewi, P., Utami, T.S., Arbianti, R., Hermansyah, H., (2018). Reduction Of COD And BOD Concentration In Lake Water Of Universitas Indonesia With Microbial Desalination Cell System And Utilizing Bio Charcoal As Electrode. *E3S Web of Conferences*, 67: 1–6.
- Maulana, A. (2017). Studi Kemampuan Mikroba Eksogen *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis* Sebagai Agen Bioremediasi Logam Timbal (Pb) di Sungai Setu Pekalongan. [Skripsi]. Universitas Negeri Semarang
- Rahmadian, C. A., Ismail, I., Abrar, M., Erina, E., Rastina, R., Farimal, Y. (2018). Isolasi dan Identifikasi *Bakteri Pseudomonas sp* pada Ikan Asin di Tempat Pelelangan Ikan Labuhanji Aceh Selatan. *Jimvete*. 2(4): 493-502.
- Safitri, Ratu, Bena, Zaira and Nia, Rossiana. 2014. Biodegradation of Palm Oil Effluent By Consotium of *Bacillus sp*, *Phanerochaete chrysosporium* and *Trichoderma viride*. *AgroLife Scientific Journal*. Vol 3 (1) :126-132.
- Santoso, A.D. 2018. Keragaman Nilai DO, BOD, dan COD di Danau Bekas Tambang Batu Barastudi Kasus Pada Danau Sangatta North Pt. Kpc Di Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol 19 (1) : 89-96.
- Sisnayanti, 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*. Vol 2(21): 38-45.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schrek, E., Xiong, T., Niazi, N.K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake.

Journal of Hazardous Materials,
32(5): 36-58.

Wignyanto., Hidayat, N., Ariningrum, A.
(2009). Bioremediasi Limbah Cair
Sentra Industri Tempe Sanan Serta
Perencanaan Unit Pengolahannya
(Kajian Pengaturan Kecepatan Aerasi
dan Waktu Inkubasi). *Jurnal
Teknologi Pertanian*, 10(2): 123-135.