
**KEMAMPUAN *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 DALAM SERAPAN
LOGAM BESI (Fe) PADA LIMBAH LINDI DI TPA
GAMPONG JAWA KOTA BANDA ACEH**

Diannita Harahap¹, Zakirul Rahmad², Husnawati Yahya³, Juliansyah Harahap⁴

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Indonesia

^{2,3,4}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Indonesia

Received : 8 Maret 2023

Accepted : 30 Maret 2023

Published : 28 April 2023

ABSTRACT

Leachate is a liquid containing hazardous materials such as metal Iron (Fe). One method that can be used to reduce Fe levels in leachate is using the bioremediation method. This study aimed to determine the absorption ability of *Pseudomonas aeruginosa* bacteria in remediating Fe as well as the physical and chemical characteristics of leachate such as COD, TSS, and pH before and after using *P. aeruginosa*. This study used an experimental method of four treatments and three replications. The concentration of bacteria used was 10^8 CFU/ml with ex-situ contact times of 0, 10, 20, and 30 hours. The results showed that the highest decrease in Fe, COD, TSS, and pH occurred at 30 hours. The Fe value can be reduced to 4.45 mg/L with an absorption effectiveness of 38.19%; the initial COD value of 1.432 mg/L decreased to 1.301 mg/L. In addition, the TSS value decreased to 213 mg/L from the initial level of 223 mg/L and the highest pH decreased, namely 9.6 to 8.1. The uptake of *P. aeruginosa* bacteria is good in reducing acceptable levels of Fe and pH.

Keywords: Leachate; Metal Iron; *Pseudomonas auroginosa*

ABSTRAK

Lindi dikenal sebagai cairan yang mengandung bahan berbahaya seperti logam Besi (Fe). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar Fe yang terdapat pada Lindi yaitu menggunakan metode bioremediasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan serapan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam meremediasi Fe serta karakteristik fisik kimia lindi seperti COD, TSS dan pH sebelum dan sesudah penggunaan *P. aeruginosa*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen empat perlakuan dan tiga kali ulangan. Konsentrasi bakteri yang digunakan 10^8 CFU/ml dengan waktu kontak 0, 10, 20, dan 30 jam secara eksitu. Hasil penelitian menunjukkan penurunan nilai Fe, COD, TSS dan pH tertinggi terjadi pada waktu 30 jam. Nilai Fe dapat diturunkan menjadi 4,45 mg/L dengan efektifitas serapan 38,19 %; nilai COD awal 1.432 mg/L turun menjadi 1.301 mg/L. Di samping itu, penurunan nilai TSS menjadi 213 mg/L dari kadar awal 223 mg/L serta penurunan pH tertinggi yaitu 9,6 menjadi 8,1. Serapan Fe oleh bakteri *P. aeruginosa* baik dalam menurunkan kadar Fe dan pH yang dapat diterima.

Kata Kunci: Lindi; Logam besi; *Pseudomonas auroginosa*

Corresponding Author:

Diannita Harahap

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh 23111, Indonesia

Email: diannitaharahap@ar-raniry.ac.id

PENDAHULUAN

Proses penimbunan sampah dilakukan secara terus menerus di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang menghasilkan pencemaran berupa lindi. Lindi

atau leachate merupakan cairan yang mengandung zat terlarut dan tersuspensi yang sangat halus sebagai hasil penguraian sampah oleh mikroba. Kandungan lindi mengandung bahan seperti logam besi (Fe), Zn dan Pb sangat banyak diidentifikasi (Iskandarsyah, 2017).

Penelitian terdahulu oleh Irhamni (2017) di TPA Kota Banda Aceh telah mengukur cemaran beberapa logam berat pada lindi. Besi termasuk logam dengan nilai ambang batas baku mutu sebesar 10, 9191 mg/L yang ditetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 yaitu 5,5 mg/L. Sedangkan penelitian pendahuluan yang dilakukan pada Tahun 2022 diperoleh nilai Fe masih melebihi ambang baku mutu yaitu sebesar 7,2 mg/L.

Beberapa cara telah dilakukan untuk mengurangi kandungan logam berat seperti besi (Fe) pada lindi, salah satunya dengan bioremediasi. Bioremediasi adalah sebuah proses penguraian limbah organik maupun anorganik secara biologi. Tujuannya mengontrol dan mereduksi bahan pencemar dari lingkungan. Bioremediasi menggunakan organisme hidup, terutama mikroorganisme, yang berfungsi untuk mendegradasi serta mengurangi kontaminan lingkungan (Iskandarsyah dkk, 2017). Beberapa mikroba telah digunakan sebagai agen penyerapan logam seperti *Pseudomonas*, *Accharomyces*, *Aspergillus*, *Bacillus*, *Citrobacter*, dan *Plectomena*. Dari beberapa mikroorganisme yang dapat mendegradasi bahan pencemar, ada beberapa yang mudah diisolasi dari lingkungan seperti bakteri *Pseudomonas*. Genus *Pseudomonas* tersebar serta kelimpahannya mendominasi di lingkungan, terutama pada lingkungan yang terkontaminasi atau tercemar polutan. Kelompok bakteri tersebut memiliki keunggulan dalam proses penguraian, sehingga mampu digunakan dalam bioremediasi (Maulana & Mursiti, 2017).

Mikroorganisme memanfaatkan lindi sebagai substrat tumbuhnya seiring laju pertumbuhannya terhadap waktu. Waktu kontak yang berbeda diberikan untuk melihat serapan mikroba terhadap logam besi. Pada TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh belum pernah dilakukan pengolahan lindi dengan metode bioremediasi agen bakteri *P. aeruginosa*. Hal ini menjadi celah bagi peneliti mengambil peran untuk menerapkan strategi bioremediasi dalam pengelolaan limbah secara eksitu pada skala laboratorium.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah, aquadest (H₂O), asam klorida (HCl) encer, Larutan NaCl, kapas steril, kertas saring whatman no. 42, media NA, HNO³, KCrSO⁴, aluminium foil, tisu, plastik wrap, sampel lindi, larutan Mc Farland 0,5, isolat *Pseudomonas aeruginosa* ATCC PAO1 koleksi laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala dan lindi TPA Gampong Jawa.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah AAS, kawat ose, autoklaf, laminar, oven, shaker inkubator, sentrifuge, inkubator, pompa vacum, desikator, dan peralatan gelas. Erlenmeyer 500 ml.

Metode Penelitian

Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Variasi waktu perlakuan sebanyak 4 variasi waktu kontak yaitu di 0 jam, 10 jam, 20 jam dan 30 jam dengan 3 kali pengulangan.

Peremajaan bakteri *P. aeruginosa* dilakukan bertujuan untuk memperoleh kultur kerja bakteri. Peremajaan isolat bakteri *P. aeruginosa* dilakukan pada media padat miring yaitu *Nutrien Agar* (NA). Kemudian diambil 1 ose bakteri *P. aeruginosa* dari koleksi, lalu digores pada media NA miring kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam.

Pada Proses pembuatan suspensi *P. aeruginosa* sebanyak 1-2 ose isolat bakteri diinokulasikan ke dalam 15 ml media NaCl 0,9 % kemudian divortex dan disetarakan dengan larutan *Mc. Farland* 0,5 setara dengan 3×10^8 CFU/mL (Antika, 2019).

Sebanyak 50 mL suspensi bakteri dituangkan ke dalam 250 mL lindi. Campuran ini dibuat sebanyak empat tabung erlenmeyer. Keempat campuran dalam tabung diinkubasi pada *waterbath shaker* pada waktu kontak 0, 10, 20 dan 30 jam. Sedangkan kontrol tanpa penambahan suspensi bakteri. Kadar Fe, COD, TSS dan pH dihitung setiap waktu kontak sebelum dan setelahnya (Nurjanna dkk, 2012; Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014; Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 59 Tahun 2016).

Setelah melakukan tahapan tersebut lalu diinkubasi variasi waktu 0 jam, 10 jam, 20 jam dan 30 jam dan setiap tahapan tersebut dilakukan pengecekan logam besi (Fe) dengan AAS dan karakteristik lainnya (Nurjanna dkk, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa konsentrasi serapan logam Fe sebelum dan sesudah perlakuan seperti tertera pada Tabel 1. Efektifitas serapan logam oleh *P. aeruginosa* diperoleh seperti hasil di bawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas serapan logam tertinggi (\%)} &= \frac{[x]_{\text{awal}} - [x]_{\text{akhir}}}{[x]_{\text{awal}}} \times 100 \% \\ &= \frac{7,2 - 4,450}{7,2} \times 100 \% \\ &= 38,19 \% \end{aligned}$$

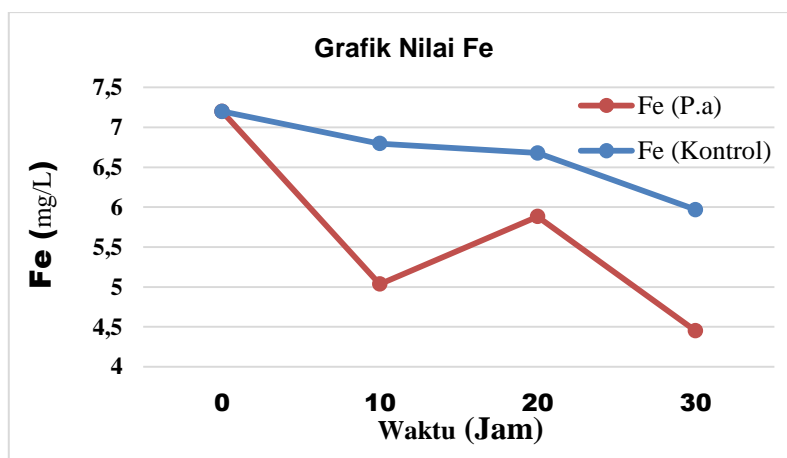
Dengan [x] awal adalah konsentrasi logam Fe sebelum dilakukan bioremediasi dan [x] akhir merupakan konsentrasi logam Fe setelah dilakukan

bioremediasi. Sehingga untuk penyerapan kadar logam Fe diperoleh serapan sebesar 38,19 %.

Tabel 1. Hasil Analisa serapan logam Fe sebelum dan sesudah perlakuan

No	Waktu Kontak (Jam)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Kontrol (mg/L)	Baku Mutu* (mg/L)
1.	0	7,2	7,2	7,2	5,00
2.	10	7,2	5,036	6,796	5,00
3.	20	7,2	5,881	6,679	5,00
4.	30	7,2	4,450	5,968	5,00

Keterangan : * Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014



Gambar 1. Grafik serapan logam Fe dengan penambahan *P.aeruginosa* dan kontrol tanpa perlakuan

Berdasarkan Tabel dan Gambar 1, empat variasi waktu kontak memiliki nilai efektifitas serapan logam Fe yang bervariasi. Dalam menurunkan konsentrasi logam Fe efektif pada waktu kontak 30 jam. Hal tersebut sudah berada di bawah baku mutu peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014 yaitu sebesar 5,00 mg/L.

Kemampuan bakteri *P. aeruginosa* dalam menurunkan polutan kadar logam berat disebabkan karena bakteri memiliki permukaan dinding sel yang bermuatan negatif. Muatan negatif yang berbentuk dari berbagai struktur anion dan sedangkan logam merupakan kation yang bermuatan positif sehingga dapat terjadi antara permukaan sel bakteri dengan ion logam berat. Selain itu bakteri juga dapat melakukan tahapan reduksi logam berat yang membentuk kompleks sehingga ion logam berat yang tidak toksik (Astuti dkk, 2016).

Dalam proses penurunan kadar logam didahului dengan pengikatan ion ion pada gugus sulfur dari asam amino sistein pada dinding sel bakteri. Lalu setelah protein di reseptor untuk mengenali adanya logam asing non esensial maka akan mengkode pembentukan metalthionein didalam sel. Pada metalthionein merupakan protein tionein penguat logam mengandung asam amino sistein.

Dalam kandungan sistein yang tinggi menyebabkan protein tersebut memiliki daya afinitas yang kuat terhadap logam (Khoiriyah, 2014).

Berbeda dengan Pengikatan logam berat esensial terhadap bakteri Gram negatif yang melibatkan lapisan peptidoglikan dan membran luar yang terdiri dari struktur bilayer yang terdiri dari fosfolid pada bagian dalam dan lipopolisakarida bagian luarnya. Membran tersebut merupakan membran pertama yang berhadapan langsung dengan lingkungan luar dan konsekuensinya merupakan pertimbangan terpenting dalam pengikatan logam oleh bakteri Gram negatif. Pengikatan logam berat oleh bakteri Gram negatif ditemukan pada selubung sel atau komponen membran sel dibagian gugus fosfat dari lipopolisakarida. pada bakteri gram negatif adanya komponen lipopolisakarida dan peptidoglikan pada dinding sel membentuk tempat pengikatan kationik utama. Mekanisme deposisi ion logam pada dinding sel bakteri melibatkan intraksi stoikiometri antara kation logam dan daerah aktif di dalam dinding. Intraksi ini menyediakan daerah nukleasi untuk deposisi larutan dari logam. Agregat metal tumbuh dalam dinding secara fisik tertahan oleh ukuran molekuler di dalam dinding sebagai hasil deposit di dalam dinding, tidak mudah dipindahkan oleh air atau diganti oleh proton dan ion logam lain (Farida, 2016).

Berdasarkan penelitian Farida (2016), tentang bioremediasi tanah tercemar minyak bumi dengan logam esensial seperti Fe dengan bakteri *P. putida*. Pada bakteri yang digunakan merupakan bakteri Gram negatif dan mampu menurunkan 58,45% pada waktu di 28 jam. Kemampuan bakteri dalam mengadsorpsi logam Fe dimana kapasitas pusat aktif dinding sel yang cukup banyak akan mempercepat degradasi sehingga waktu optimum bakteri dalam mendegradasi logam tersebut yaitu pada rentang waktu 0-146 jam. Hal tersebut sebanding dengan pada nilai yang didapatkan hasil saat bioremediasi Fe dengan *P.aeruginosa* pada air lindi TPA Gampong Jawa.

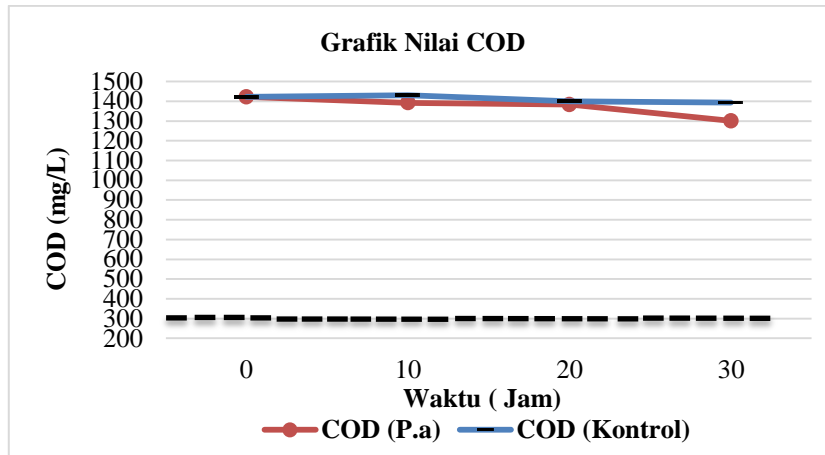
Pengaruh *Pseudomonas aeruginosa* Terhadap Perubahan Nilai COD

Hasil penyisihan COD pada lindi dengan menggunakan *P. aeruginosa* terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Parameter COD Sebelum dan Setelah Perlakuan serta Kontrol

No.	Waktu Kontak (Jam)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Kontrol (mg/L)	Baku Mutu*
1.	0	1.432	1.432	1.432	300
2.	10	1.432	1.392	1.430	300
3.	20	1.432	1.383	1.400	300
4.	30	1.432	1.301	1.393	300

Keterangan : *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 59 Tahun 2016



Gambar 2. Grafik Perubahan konsentrasi COD setelah perlakuan dan kontrol

Berdasarkan Tabel dan Gambar 2, penurunan nilai COD dalam lindi setelah perlakuan waktu kontak dengan *P. aeruginosa* bervariasi sesuai dengan nilai yang ditunjukkan pada konsentrasi akhir. Penurunan tertinggi terjadi pada waktu kontak 30 jam.

Nilai COD yang semakin menurun setiap waktu kontak menunjukkan pertumbuhan bakteri dalam substrat lindi yang tersedia. Hal ini terkait dengan kemampuan bakteri untuk tumbuh dan aktif mengolah limbah dan menurunkan nilai COD (Setiarini dan Mangkoediharjo, 2013). Waktu kontak menjadi faktor pembatas berlanjutnya proses degradasi lindi. Namun demikian, pada satu titik jenuh waktu kontak tertentu akan terjadi kompetisi antar bakteri di dalam reaktor sehingga memungkinkan proses degradasi terhenti dan konsentrasi COD tetap (Miwada dkk, 2006).

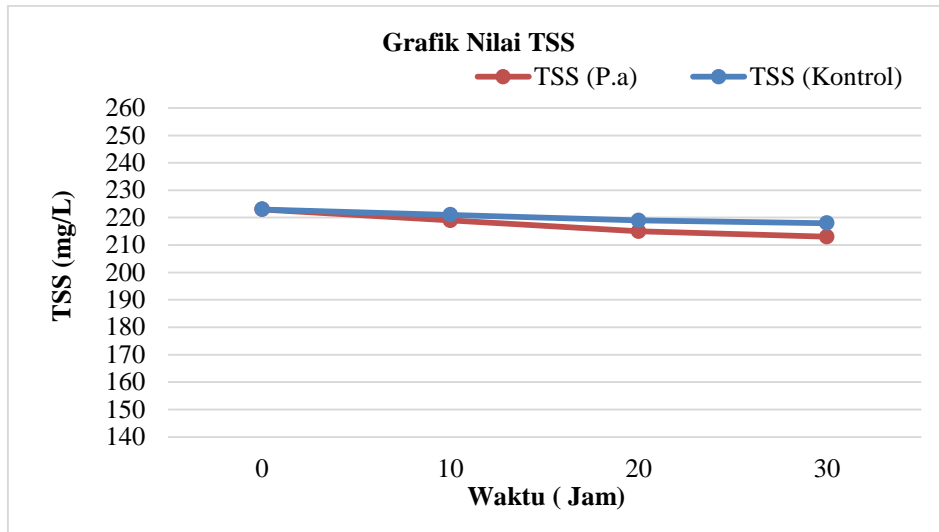
Pengaruh *Pseudomonas aeruginosa* Terhadap Perubahan Nilai TSS

Hasil penyisihan TSS pada lindi dengan menggunakan *Pseudomonas aeruginosa* terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Parameter TSS Setelah Perlakuan dan Kontrol

No.	Waktu Kontak (Jam)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Kontrol (mg/L)	Baku Mutu*
1.	0	223	223	223	150
2.	10	223	219	221	150
3.	20	223	215	219	150
4.	30	223	213	218	150

Keterangan : *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 59 Tahun 2016



Gambar 3. Grafik Perlakuan P.a dan Kontrol terhadap Penurunan logam TSS

Berdasarkan Tabel dan Gambar grafik pada Gambar 3, terlihat setelah sampel diberikan perlakuan dan kontrol bahwa parameter TSS mengalami penurunan setelah penambahan *Pseudomonas aeruginosa* maupun sebagai kontrol. Pada proses penurunan nilai TSS dari lindi TPA Gampong Jawa memiliki perbedaan tergantung dari variasi waktu kontak dengan *P.aeruginosa* dan juga tanpa perlakuan. Dari grafik Gambar 4.4 nilai awal TSS 223 mg/L dan setelah 10 jam proses bioremediasi dengan *P.aeruginosa* nilai TSS turun menjadi 219 mg/L dan nilai sampel pada kontrol yaitu 221 mg/L. Lalu pada variasi waktu 20 jam nilai TSS dengan perlakuan p.a menjadi 215 mg/L dan nilai TSS pada sampel kontrol yaitu 219 mg/L. Sedangkan pada 30 jam setelah proses bioremediasi nilai TSS dengan penambahan p.a menjadi 213 mg/L dan sampel kontrol yaitu 218 mg/L.

Setelah melakukan proses bioremediasi dan didapatkan hasil yang belum sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 59 Tahun 2016 bahwa nilai TSS yang didapatkan masih diatas baku mutu dari 150 mg/L. Hal ini disebabkan limbah tersebut saat setelah terjadi kontak dengan bakteri akan menyebabkan penambahan suspensi yang tidak dapat larut, dan sel bakteri yang terjadi peningkatan kekeruhan pada media cair yang digunakan (Astuti, 2016). Menurutnya, menurunnya kadar TSS disebabkan oleh adanya aktivitas pendegradasian suatu zat-zat organik oleh mikroorganisme pendegradasi. Hal ini selama dalam proses pendegradasi berlangsung, molekul kompleks bahan pencemar organik dipecah oleh enzim-enzim yang dimiliki oleh mikroorganisme tersebut melalui tahapan hidrolisis menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa dari hasil hidrolisis ini digunakan untuk metabolisme mikroorganisme sehingga dihasilkan CO_2 , H_2O , energi dan sisa metabolisme berupa lumpur yang mudah mengendap, sehingga dengan mekanisme tersebut

bahan pencemar organik yang terdapat pada air limbah merupakan padatan tersuspensi semakin lama semakin berkurang. Kandungan logam berat juga yang diakumulasi oleh mikroorganismenya juga dapat mempengaruhi penurunan nilai TSS pada air limbah.

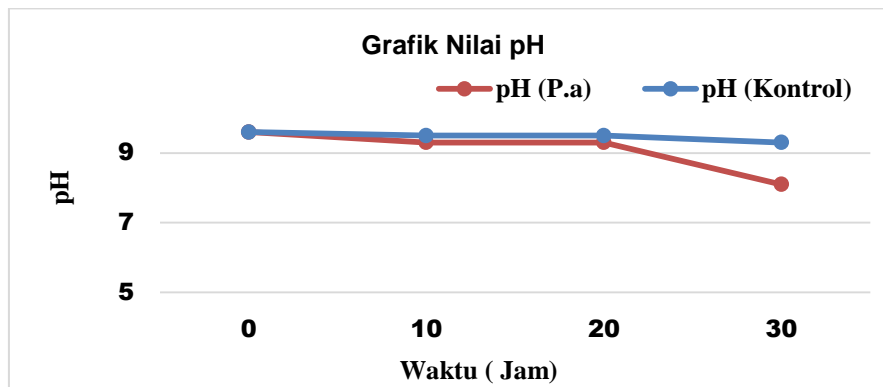
Pengaruh *Pseudomonas aeruginosa* Terhadap Perubahan Nilai pH

Hasil penyisihan pH pada lindi yang telah dilakukan bioremediasi menggunakan *Pseudomonas aeruginosa* terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Parameter pH Setelah Perlakuan dan Kontrol

No.	Waktu Kontak (Jam)	pH awal	pH akhir	Kontrol	Baku Mutu*
1.	10	9,6	9,3	9,5	6-9
2.	20	9,6	9,3	9,3	6-9
3.	30	9,6	8,1	9,3	6-9

Keterangan : *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 59 Tahun 2016



Gambar 4. Grafik Perlakuan P.a dan Kontrol terhadap Penurunan Logam pH

Berdasarkan Tabel dan Gambar grafik pada Gambar 4 terlihat setelah sampel diberikan perlakuan dan sampel kontrol bahwa parameter pH mengalami penurunan setelah penambahan *P. aeruginosa* maupun sebagai kontrol. Pada proses penurunan pH dari air lindi TPA Gampong Jawa memiliki perbedaan tergantung dari variasi waktu kontak dengan *P.aeruginosa* dan juga dengan tanpa perlakuan. Dari grafik Gambar 4.5 nilai awal pH 9.6 mg/L dan setelah 10 jam proses bioremediasi berlangsung dengan P.a nilai pH turun menjadi 9,3 mg/L dan pada sampel kontrol yaitu 9,5 mg/L. Lalu pada variasi waktu 20 jam nilai pH dengan perlakuan *P.aeruginosa* menjadi 9,3 mg/L dan sampel kontrol menjadi 9,5 mg/L. Sedangkan pada variasi waktu ke 30 jam setelah proses bioremediasi nilai pH dengan perlakuan *P.aeruginosa* menjadi 8,1 mg/L sedangkan nilai pH pada sampel kontrol yaitu 9,3 mg/L.

Limbah cair dengan nilai pH yang sangat terlalu tinggi atau berkisaran (>8,5) akan menghambat aktivitas suatu mikroorganismenya, sedangkan nilai pH

dibawah 6,5 akan mengakibatkan pertumbuhan jamur dan akan terjadi persaingan antara bakteri dalam metabolisme materi organik (Ali dkk, 2014). Menurut Anggriany dkk. (2018), mikroorganisme cenderung memerlukan suasana netral untuk melakukan akumulasi logam berat dalam limbah. Hal ini terjadi karena selama proses aerasi terjadi, kadar CO₂ dihilangkan atau dilepaskan ke lingkungan, terjadinya kenaikan pH juga karena adanya kemampuan bakteri dalam respon toleransi asam dengan melakukan mekanisme pompa hidrogen. Bakteri mempunyai kemampuan untuk melakukan upaya homeostatis terhadap keasaman lingkungan jika masih dalam respon toleran adaptasinya.

Dalam proses hal ini menunjukkan bahwa bakteri *P. aeruginosa* tidak terlalu mampu menguraikan zat-zat organik pada lindi TPA Gampong Jawa dikarenakan limbah tersebut sifatnya basa akan menghambat aktivitas bakteri dalam mendegradasi zat-zat yang terdapat dalam limbah tersebut (Astuti, 2017).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pihak Program Studi Biologi dan Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah memberikan kesempatan melaksanakan kolaborasi penelitian dan publikasi artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA.

- Ali, M. (2018). Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan dan Kesehatan. In *UPN Press*.
- Anggraeni, A., & Triajie, H. (2021). Uji Kemampuan Bakteri (*Pseudomonas aeruginosa*) dalam Proses Biodegradasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb), di Perairan Timur Kamal Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 2(3), 176–185. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i3.11754>.
- Anggriany, P. S., Jati, A. W. N., & Murwani, L. I. (2018). Pemanfaatan Bakteri *Indigenus* dalam Reduksi Logam Berat Cu pada Limbah Cair Proses *Etching Printed Circuit Board (PCB) Utilization of Indigenous Bacteria in the Reduction of Copper Heavy Metal on Liquid Wastes Etching Process Printed Circuit Board (PCB*. 3(2), 87–95.
- Antika, B. (2019). Penentuan kurva pertumbuhan *Pseudomonas* sp. Ibkurcc149. *Kimia Universitas Riau*, 1–6.
- Astuti, A. Y. U. (2016). Kemampuan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam Menurunkan Kandungan Timbal (Pb) Limbah Cair Laboratorium Kimia UIN Alauddin Makassar. *Pseudomonas Aeruginosa*, 1–76.

- Farida, A. N. (2016). Peran Bakteri *Bacillus cereus* dan *Pseudomonas putida* Dalam Bioremediasi Logam Berat (Fe , Cu , dan Zn) Pada Tanah Tercemar The Function Of *Bacillus cereus* And *Pseudomonas putida* For Heavy Metals (Fe , Cu And Zn) *Bioremediation In Petroleum*. 11.
- Irhamni, Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2017). Kandungan Logam Berat pada Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Kota Banda Aceh. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana (SNP) Unsyiah*, 3(1), 19–22. <http://jurnal.unsyiah.ac.id/SNP-Unsyiah/article/download/6858/5659>.
- Iskandarsyah, T. Y. W. M. (2017). Peran Batuan Dasar Dalam Upaya Meminimalisasi Penyebaran Air Lindian Sampah (*Bulletin of Scientific Contribution*, 5(3), 159–171.
- Maulana, A., & Mursiti, S. (2017). Bioremediasi Logam Pb pada Limbah Tekstil dengan *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis*. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(3), 256–261.
- Nurjanna, Ahmaddirrahman, M. (2012). Teknik penanganan sampel untuk analisis bakteri. *Balai Penelitian Dan Pengembangan Budidaya Air Payau*, 115–117.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.*
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.*
- Setiarini, D. W. & Mangkoediharjo, S. (2013). Penurunan BOD dan COD Pada Air Limbah Katering Menggunakan Konstruksi Subsurface- Flow Wetland dan Biofilter Dengan Tumbuhan Kana (*Canna indica*), *Sains dan Seni POMITS*.