

PENINGKATAN KUALITAS LINGKUNGAN MELALUI BIOREMEDIASI LAHAN TERCEMAR: ANALISIS LAJU PERTUMBUHAN BAKTERI PENGURAI POLUTAN

Mulyani Zahra Paramata¹

¹Dosen Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. B.J. Habibie Desa Mautong Kec. Tilongkabila Kab. Bone Bolango.

Email: mzparamata@ung.ac.id

Abstrak

Kualitas lingkungan yang baik sangat penting untuk keberlanjutan kehidupan manusia dan ekosistem. Salah satu indikator penurunan kualitas lingkungan adalah terjadinya pencemaran lahan di suatu kawasan. Salah satu upaya pemulihan lahan tercemar adalah dengan teknik bioremediasi. Studi ini bertujuan untuk menganalisis laju pertumbuhan bakteri pengurai polutan agar bisa mengoptimalkan pemulihan lahan tercemar sehingga bisa meningkatkan kualitas lingkungan. Pencemaran lahan pada penelitian ini dibatasi pada tanah tercemar hidrokarbon. Spesies bakteri yang akan dianalisis laju pertumbuhannya adalah bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Metode pengumpulan data primer pada penelitian ini merupakan metode eksperimental laboratorium sementara untuk data sekunder didapatkan dari metode studi literatur. Berdasarkan hasil kurva laju pertumbuhan bakteri, *Bacillus subtilis* maupun *Pseudomonas aeruginosa* masing-masing memiliki fase eksponensial pada 3 jam dan 4 jam setelah masa inkubasi. Hal ini dapat menjadi acuan dalam penggunaan teknik bioremediasi pada lahan tercemar hidrokarbon. Diharapkan pemulihan lahan tercemar dapat meningkatkan kualitas lingkungan sehingga mampu mendukung program pembangunan dan penataan ruang yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Bakteri; Bioremediasi; Kualitas Lingkungan; Lahan Tercemar; Pembangunan Berkelanjutan;

Abstract

A good environmental quality is crucial for the sustainability of human life and ecosystems. One of the indicators of environmental degradation is land pollution in a particular area. Bioremediation is one of the techniques employed to remediate contaminated land. This study aims to analyze the growth rate of pollutant-degrading bacteria to optimize the recovery of contaminated land, thereby improving environmental quality. The scope of land contamination in this research is limited to hydrocarbon-contaminated soil. The bacterial species analyzed for their growth rates are *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. Primary data were collected through laboratory-based experimental methods, while secondary data were obtained through a literature review. Based on the bacterial growth curve results, *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* exhibited exponential growth phases at 3 hours and 4 hours after the incubation period, respectively. These findings provide a reference for the application of bioremediation techniques in hydrocarbon-contaminated land. It is expected that the recovery of contaminated land can enhance environmental quality, thereby supporting sustainable development and spatial planning initiatives.

Keywords: Bacteria; Bioremediation; Environmental Quality; Land Pollution; Sustainable Development

A. PENDAHULUAN

Kualitas lingkungan yang baik sangat penting untuk keberlanjutan kehidupan manusia dan ekosistem. Lingkungan yang terjaga keseimbangannya menyediakan sumber daya alam yang mendukung kebutuhan dasar manusia, seperti udara bersih, air bersih, dan tanah subur untuk produksi pangan (Suryani 2018). Penurunan kualitas lingkungan dapat mengancam kelangsungan hidup makhluk hidup, meningkatkan resiko bencana alam, dan mempengaruhi kesehatan manusia secara langsung maupun tidak langsung (Suardi 2014). Oleh karena itu, menjaga kualitas lingkungan menjadi

tanggung jawab bersama yang harus diintegrasikan ke dalam setiap aspek kehidupan manusia, baik melalui kebijakan, pendidikan, maupun tindakan kolektif. Salah satu indikator penurunan kualitas lingkungan adalah pencemaran lahan yang terjadi baik di wilayah perkotaan maupun perdesaan.

Pencemaran lahan memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan lingkungan, sosial, dan ekonomi. Secara lingkungan, pencemaran lahan dapat menyebabkan degradasi tanah yang mengurangi produktivitas lahan untuk pertanian, sehingga mengancam ketahanan pangan (Sethi and Gupta 2020). Selain itu, bahan polutan berbahaya dari pencemaran tanah dapat meresap ke dalam air tanah, yang pada akhirnya mencemari sumber air bersih. Proses ini merusak ekosistem dan mengancam keanekaragaman hayati di sekitar area tercemar (Abbasian, et al. 2016). Pencemaran lahan juga berdampak secara sosial dimana seringkali menyebabkan penurunan kesehatan masyarakat. Paparan zat kontaminasi dapat menyebabkan seperti kanker, gangguan pencernaan hingga penyakit kulit (Sethi and Gupta 2020). Pencemaran lahan juga menurunkan nilai properti di daerah terdampak dan mengurangi potensi investasi pada sektor-sektor terkait seperti pertanian dan pariwisata (Sethi & Gupta, 2020). Dengan demikian, pencemaran lahan tidak hanya berdampak pada lingkungan tetapi juga memengaruhi aspek sosial dan ekonomi secara menyeluruh. Selain itu, lahan yang terkontaminasi tidak dapat dimanfaatkan secara optimal untuk kebutuhan urban, seperti perumahan, ruang terbuka hijau, atau fasilitas publik lainnya.

Salah satu upaya pemulihan lahan tercemar adalah dengan teknik bioremediasi. Teknik bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme yang telah dipilih untuk ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai upaya untuk menurunkan kadar polutan tersebut (Dewi, et al. 2023). Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan teknik-teknik bioremediasi dan memperluas aplikasi metode ini dalam skala besar, baik untuk pemulihan lahan yang tercemar maupun sebagai bagian dari pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Studi ini bertujuan untuk menganalisis laju pertumbuhan bakteri pengurai zat polutan agar bisa mengoptimalkan pemulihan lahan tercemar yang berdampak pada peningkatan kualitas lingkungan. Pencemaran lahan pada penelitian ini dibatasi pada jenis polutan hidrokarbon. Spesies bakteri yang terpilih untuk dianalisis laju pertumbuhannya adalah bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Kedua bakteri ini dipilih berdasarkan penelitian sebelumnya yang mengisolasi bakteri indigenous yang mampu bertahan hidup pada kondisi yang kaya akan hidrokarbon dan didapatkan bahwa bakteri ini bisa tetap tumbuh pada kondisi tersebut (Purwanti, et al. 2024).

B. METODE PENELITIAN

Metologi penelitian ini berfokus pada analisis laju pertumbuhan bakteri pengurai dari tanah tercemar hidrokarbon. Data yang diperoleh pada penelitian ini merupakan data primer yang didapatkan dari hasil penelitian di laboratorium dan data sekunder yang didapatkan dari studi literatur yang dilakukan oleh penulis. Data primer berisi informasi terkait kurva laju pertumbuhan bakteri yang didapatkan dengan melakukan proses shaker koloni bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa* di

lab selama 10 jam dimana setiap 1 jam dilakukan proses pembacaan *Optical Density* (OD) menggunakan spektrofotometer. Hasil nilai OD setiap jam kemudian dianalisis menggunakan metode kuantitatif statistik hingga mendapatkan kurva pertumbuhan bakteri terhadap fungsi waktu.



Gambar 1. Isolat bakteri *Bacillus* dan *Pseudomonas*
(sumber: data primer, 2022)

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

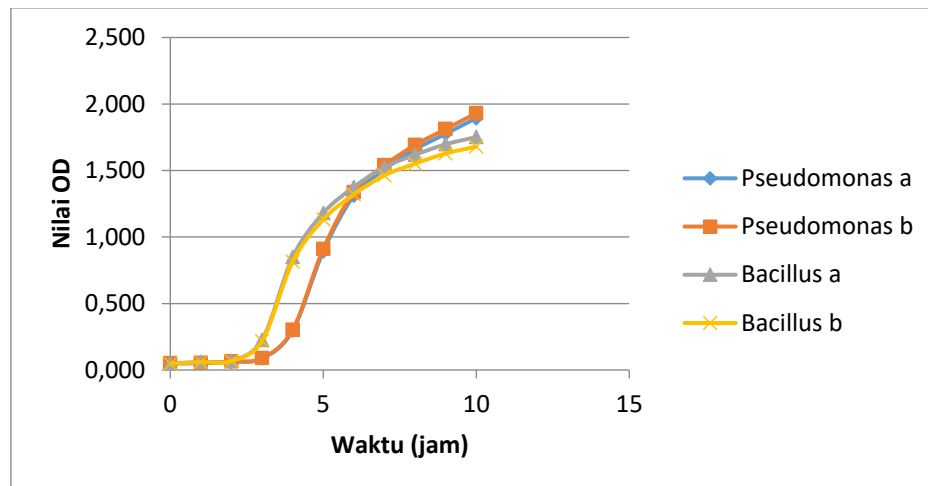
1. Laju Pertumbuhan Bakteri Pengurai Zat Pencemar

Hasil pembacaan nilai *Optical Density* (OD) di spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm serta analisis kurvanya dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1

Tabel 1. Pengamatan Nilai OD Bakteri

Sampel bakteri	Waktu (jam)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pseudomonas a	0,050	0,052	0,061	0,087	0,297	0,892	1,311	1,509	1,658	1,776	1,893
Pseudomonas b	0,051	0,053	0,062	0,089	0,303	0,910	1,337	1,539	1,691	1,811	1,931
Bacillus a	0,049	0,061	0,070	0,226	0,848	1,180	1,376	1,526	1,618	1,697	1,751
Bacillus b	0,047	0,059	0,067	0,217	0,814	1,132	1,320	1,463	1,552	1,628	1,680

Sumber: Data Primer, 2022



Gambar 2. Kurva Laju Pertumbuhan Bakteri

Sumber: Data Primer, 2022

Kurva pertumbuhan menunjukkan bahwa selama 10 jam pengamatan, *Pseudomonas aeruginosa* mengalami fase eksponensial setelah jam ke-4 masa inkubasi sementara *Bacillus subtilis* mulai mengalami fase eksponensial setelah 3 jam masa inkubasi. Hal ini ditandai dengan peningkatan nilai absorbansi yang signifikan. Pada fase eksponensial, mikroba membelah dengan cepat dan konstan. Pada fase eksponensial nutrisi tersedia dalam jumlah banyak sehingga sel membelah dengan cepat dan mensekresikan berbagai metabolit primer berupa enzim untuk menyediakan sumber energi dalam pertumbuhan sel (Khastini, et al. 2022).

Pseudomonas aeruginosa akan tetap berada pada fase eksponensial hingga jam ke 19 setelah inkubasi dan fase stasioner berada pada jam ke 19 sampai jam ke 27 kemudian fase kematian berada pada jam 27-44 (Damayanti 2016). Sementara itu, fase eksponensial *Bacillus subtilis* akan berakhir pada jam ke 9 setelah itu fase stasioner dimulai dari jam ke-9 hingga jam ke-24 dan berakhir dengan fase kematian (Arfiati, et al. 2020).

Faktor yang mempengaruhi panjang atau pendeknya fase lag atau adaptasi adalah jumlah sel yang diinokulasikan, kondisi fisiologis dan morfologis yang sesuai serta nutrisi yang terkandung dalam media (Dahlan, Wahyuni and Ansharullah 2017). Setelah mengetahui kurva pertumbuhan bakteri, maka penerapan teknik bioremediasi untuk pemulihan lahan tercemar dapat dilakukan dengan lebih efektif tepat pada saat bakteri memasuki fase eksponensial.

2. Bioremediasi untuk Pemulihan Lahan Tercemar

Menurut penelitian yang dipublikasikan oleh (Dewi, et al. 2023), bioaugmentasi oleh bakteri adalah jenis teknik bioremediasi yang merupakan upaya meningkatkan kemampuan biodegradasi polutan pada lahan tercemar dengan menambahkan kultur tunggal atau konsorsium bakteri yang sesuai. Secara umum zat pencemar yang bisa diuraikan menggunakan bioremediasi adalah zat pencemar organik. Pencemaran lahan akibat hidrokarbon adalah salah satu zat yang sering menggunakan teknik bioremediasi.

Diketahui dari penelitian sebelumnya bahwa teknik bioremediasi dengan memanfaatkan bakteri dan campuran *bulking agent* (kompos) dapat menurunkan konsentrasi hidrokarbon sebesar 81,32% (Larasati and Mulyana 2013). Penelitian lain menyebutkan teknik bioremediasi tanah tercemar limbah oli bekas menggunakan metode komposting dengan variasi perbandingan substrat tanah tercemar, tanah kompos, dan pupuk cair, hasil terbaik diperoleh pada perbandingan 60% tanah tercemar dan 40% pupuk cair, dengan penurunan kadar TPH dari 1,78% pada hari ke-7 menjadi 0,62% pada hari ke-28 (Dewi, Winardi and Sulastrri 2023).

Salah satu tahapan pada bioremediasi menggunakan bakteri adalah Biodegradasi dimana bakteri menggunakan polutan sebagai sumber energi atau karbon melalui serangkaian reaksi kimia. Mikroba yang hidup di tanah dan air tanah dapat "memakan" bahan kimia berbahaya tertentu, terutama organik, misalnya berbagai jenis minyak bumi. Mikroba mengubah bahan kimia ini menjadi air dan gas yang tidak berbahaya misalnya CO₂ (Oetomo 2015).

Pemulihan lahan tercemar dengan menggunakan teknologi bioremediasi telah terbukti sebagai salah satu pendekatan yang ramah lingkungan. Dalam konteks perkotaan, bioremediasi dapat diterapkan untuk mengembalikan fungsi lahan terbengkalai menjadi kawasan produktif seperti taman kota atau ruang terbuka hijau.

3. Integrasi Bioremediasi dengan Peningkatan Kualitas Lingkungan dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan

Pemulihan lahan tercemar merupakan salah satu strategi krusial dalam perencanaan wilayah untuk mewujudkan pembangunan kota yang berkelanjutan. Pemulihan lahan menggunakan bioremediasi bertujuan untuk mengembalikan fungsi ekosistem dan meningkatkan kualitas lingkungan (Basuki, et al. 2024). Restorasi lahan ini berperan dalam meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan, mendukung pelestarian sumber daya alam, serta menciptakan ruang publik baru yang bermanfaat bagi masyarakat. Selain itu, program pemulihan lahan tercemar juga berfungsi sebagai sarana edukasi untuk meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan limbah dan pengendalian pencemaran di kawasan perkotaan.

Pemulihan lahan tercemar di suatu wilayah berdampak positif pada penataan ruang. Penataan ruang yang dirancang dengan baik bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan upaya pelestarian lingkungan, sekaligus meningkatkan taraf hidup masyarakat perkotaan. Penerapan kebijakan penataan ruang berkelanjutan diharapkan dapat memberikan solusi terhadap berbagai permasalahan urban, seperti degradasi kualitas air dan tanah. (Ismiyani, Winarno and Ramadhani 2023).

Bioremediasi dapat digunakan untuk mengatasi pencemaran tanah akibat limbah industri di kawasan perkotaan menggunakan mikroorganisme lokal yang dapat menurunkan kadar polutan di tanah, kawasan tersebut dapat diubah menjadi area publik yang aman, sekaligus mengurangi dampak lingkungan dari pembangunan yang cepat dan tidak terkendali. Lahan yang telah dipulihkan dari kontaminasi berbahaya dapat dimanfaatkan kembali

secara optimal untuk kebutuhan urban, seperti perumahan, ruang terbuka hijau, atau fasilitas publik lainnya. Bioremediasi lahan tercemar memungkinkan pemanfaatan kembali lahan yang sebelumnya terkontaminasi menjadi area yang produktif dan aman. Proses ini tidak hanya meningkatkan kualitas lingkungan tetapi juga mendukung pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat (Kennedy, et al. 2024).

D. SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa; Hasil studi laju pertumbuhan bakteri berada pada masa eksponensial masing-masing setelah 4 dan 3 jam untuk *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis* secara berturut-turut. Hasil ini dapat dijadikan acuan untuk penggunaan kedua bakteri itu pada teknik bioremediasi lahan tercemar hidrokarbon. Restorasi lahan ini berperan dalam meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan, mendukung pelestarian sumber daya alam, serta menciptakan ruang publik baru yang bermanfaat bagi masyarakat. Selain itu, program pemulihan lahan tercemar juga berfungsi sebagai sarana edukasi untuk meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan limbah dan pengendalian pencemaran di kawasan perkotaan. Pemulihan lahan ini juga bermanfaat pada program penataan ruang berkelanjutan yang diharapkan dapat memberikan solusi terhadap berbagai permasalahan urban, seperti degradasi kualitas air dan tanah. Penelitian selanjutnya perlu membahas efektivitas kemampuan bakteri dalam pemanfaatannya pada pemulihan lahan tercemar untuk mengoptimalkan program pembangunan wilayah dan kota yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasian, Firouz, Robin Lockington, Mallavarapu Megharaj, and Ravi Naidu. 2016. "A Review on the Genetics of Aliphatic and Aromatic Hydrocarbon Degradation." *Applied Biochemistry and Biotechnology* 178.
- Arfiati, Diana, Shofiyatul Lailiyah, Karina Farkha Dina, and Nunik Cokrowati. 2020. "Dinamika Jumlah Bakteri *Bacillus subtilis* dalam Penurunan Kadar Bahan Organik Tom Limbah Budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*)." *Journal of Fisheries and Marine Research* 4 (2).
- Basuki, Rina, Tioner Purba, Rival Rahman, Nurdin Maria Paulina, Andri Pratama, Benang Purwanto Ismail Marzuki, and Muhammad Abdul Aziz. 2024. *Reklamasi dan Bioremediasi*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Dahlan, Andi, Sri Wahyuni, and Ansharullah Ansharullah. 2017. "Morfologi dan Karakterisasi Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat (Um 1.3a) dari Proses Fermentasi Wikau Maombo untuk Studi Awal Produksi Enzim Amilase." *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan* 2 (4).

- Damayanti, Nur Fajriyah. 2016. *Pengaruh Penambahan Bakteri Pseudomonas Aeruginosa Terhadap Biodegradasi Ddt Oleh Jamur Pelapuk Coklat Gloeophyllum Trabeum*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dewi, Endah Rita Sulistya, Atip Nurwahyunani, Erma Lintang Sari, Farisa Khoirun Nissa, Merlly Alfina Septiana, Diska R.P. Andriani, and Vionika Azuhro. 2023. "Teknik Bioremediasi sebagai Solusi dalam Upaya Pengendalian." *HUMANITIS: Jurnal Humaniora, Sosial dan Bisnis* 2 (1).
- Dewi, Sonia Rasmadita, Winardi, and Aini Sulastrri. 2023. "Bioremediasi Tanah Tercemar Limbah Oli Bekas dengan Metode Composting." *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* 15 (2).
- Ismiyani, Erna, Budi Winarno, and Marina Ramadhani. 2023. "Penataan Ruang Kota Berbasis Lingkungan di Kota Surakarta: Implementasi." *Jurnal Bengawan Solo : Pusat Kajian Riset dan Inovasi Daerah Kota Surakarta* 2 (2).
- Kennedy, Pasma Sariguna Johnson, Ktut Silvanita Mangani, Fransiska Anastasia Hutabarat, Jessica Juliana, Nabilla Vania Azzahra Liciano, Jonathan Adrian, and Adam Habinsaran Abednego. 2024. "Peningkatan Pemahaman mengenai Bioremediasi:." *Jurnal IKRAITH-ABDIMAS V 9* (2).
- Khastini, Rida Oktorida, Laila Rahma Zahranie, Risma Aulia Rozma, and Yolanda Ade Saputri. 2022. "Review : Peranan Bakteri Pendegradasi Senyawa Pencemar Lingkungan melalui Proses Remediasi." *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biolog* 10 (1).
- Larasati, Tri Retno Dyah, and Nana Mulyana. 2013. "Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak." *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi* 9 (2).
- Oetomo, Dwi. 2015. "Biodegradasi Minyak Bumi oleh Mikroba pada Media Air Laut dan Air Tawar." *BIO-PEDAGOGI* 4 (1).
- Purwanti, Ipung Fitri, IDAA Warmadewanthi, Januarti Jaya Ekaputri, Hurun In, Mulyani Zahra Paramata, and Hafidya Norista Pramesti. 2024. "Bacteria Isolation of Kerosene Contaminated Asphalt Waste." *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*.
- Sethi, Sonia, and Payal Gupta. 2020. "Soil Contamination: A Menace to Life." *IntechOpen*. doi:<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.94280>.
- Suardi. 2014. "Problematika Penerapan Prinsip Sustainable Development dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Implikasinya terhadap Pemenuhan HAM." *Fiat Justisia Jurnal Ilmu Hukum* 8 (4).
- Suryani, Anih Sri. 2018. "Pengaruh Kualitas Lingkungan Terhadap Pemenuhan Kebutuhan Dasar di Provinsi Banten." *Aspirasi: Jurnal Masalah-masalah Sosial* 9 (1).