



# KARYA ILMIAH

## SMA KOLESE DE BRITTO



### Peran dan Pengaruh Bioremediasi oleh Bakteri *Bacillus sp* pada Tingkat Pencemaran Limbah Cair Domestik di Perairan Sungai Code dan Gajah Wong Yogyakarta dalam Kondisi Anaerob

Alexander Marvin Koeia<sup>a, 1\*</sup>, Franzeskus Gian Tegar Sutanto<sup>b, 2</sup>, Albertus Agung Nareshwara Pambudi<sup>c, 3</sup>, Maria Eva Kristiana S.Pd., M.Sc.

<sup>a</sup> SMA Kolese De Britto, Yogyakarta, Indonesia

<sup>b</sup> SMA Kolese De Britto, Yogyakarta, Indonesia

<sup>1</sup>17891@student.debritto.sch.id\*; <sup>2</sup>17995@student.debritto.sch.id; <sup>3</sup>17890@student.debritto.sch.id

---

#### Informasi artikel

##### Kata kunci:

*Bacillus sp*  
Bioremediasi  
Limbah cair domestik  
Sungai Code  
Sungai Gajah Wong

---

#### ABSTRAK

Limbah cair domestik menjadi suatu permasalahan yang perlu diperhatikan pada kawasan kota Yogyakarta. Menurut Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan bahwa sungai Code dan sungai Gajah Wong tercatat status cemar berat, sehingga perlu solusi dalam menangani permasalahan ini. Salah satu solusi yang ada merupakan bioremediasi dengan bakteri *Bacillus sp*, karena kemampuannya untuk mendegradasi polutan. Sehingga penelitian ini akan meneliti peran serta pengaruh bakteri *Bacillus sp* dalam proses bioremediasi. Penelitian ini ada dalam lingkup perairan sungai kota Yogyakarta, dan meneliti pengaruh dan peran bakteri terhadap parameter baku mutu air pH, besi terlarut(Fe), deterjen(MBAS), Biological Oxygen Demand(BOD), Chemical Oxygen Demand(COD), dan minyak/lemak.

Dalam penelitian yang akan dibuat, peneliti ingin meneliti peran bakteri *Bacillus sp* dalam perairan kota Yogyakarta dengan status cemar yang tinggi serta meneliti bagaimana pengaruh bakteri *Bacillus sp* dalam perairan kota Yogyakarta. Penelitian ini memusatkan pada bagaimana peran bakteri *Bacillus sp* dalam menanggulangi pencemaran limbah cair domestik dengan proses bioremediasi. Dengan percobaan selama 9 hari akan didapatkan hasil data kandungan Fe, BOD, COD, MBAS, dan minyak yang akan dianalisis.

Berdasarkan hasil yang telah didapat, dapat disimpulkan dan dijawab rumusan masalah yang Ada. Bakteri *Bacillus sp* dalam penelitian ini tidak berperan dan berpengaruh. Bakteri *bacillus sp* tidak dapat mendegradasi limbah cair domestik pada perairan Yogyakarta akibat kondisi external yang tidak mendukung. Bakteri *Bacillus sp* terbukti bahwa tidak berperan dalam proses bioremediasi, dan bakteri *Bacillus sp* tidak berpengaruh terhadap limbah cair domestik di perairan sungai kota Yogyakarta.

---

#### ABSTRACT

*Domestic liquid waste is a problem that needs attention in the Yogyakarta city area. According to the Environment and Forestry Service, the Code River and Gajah Wong River are recorded as having a heavily polluted status, so a solution is needed to deal with this problem. One of the existing solutions is bioremediation with *Bacillus sp* bacteria, because of its ability to degrade pollutants. So this study will examine the role and influence of *Bacillus sp* bacteria in the bioremediation process. This study is within the scope of the river waters of the city of Yogyakarta, and examines the influence and role of bacteria on the standard parameters of water quality pH, dissolved iron*

---

#### Keywords:

*Bacillus sp*  
Bioremediation  
Domestic liquid waste  
Code River  
Gajah Wong River

(*Fe*), detergent (*MBAS*), Biological Oxygen Demand (*BOD*), Chemical Oxygen Demand (*COD*), and oil/fat.

*In the research that we will do, we want to examine the role of *Bacillus* sp bacteria in the waters of the city of Yogyakarta with a high pollution status and examine how *Bacillus* sp bacteria affect the waters of the city of Yogyakarta. This study focuses on the role of *Bacillus* sp bacteria in overcoming domestic liquid waste pollution with the bioremediation process. With a 9-day experiment, the results of the *Fe*, *BOD*, *COD*, *MBAS*, and oil content will be obtained which will be analyzed.*

*Based on the results obtained, it can be concluded and answered the formulation of the existing problem. *Bacillus* sp bacteria in this study did not play a role and influence. *Bacillus* sp bacteria cannot degrade domestic liquid waste in Yogyakarta waters due to unsupportive external conditions. *Bacillus* sp bacteria have been proven to play no role in the bioremediation process, and *Bacillus* sp bacteria have no effect on domestic liquid waste in the river waters of Yogyakarta city.*

---

© 2023 (Nama Penulis). All Right Reserved

## Pendahuluan

Limbah cair domestik menjadi masalah lingkungan yang signifikan di kawasan urban, terutama di Kota Yogyakarta. Limbah ini berasal dari aktivitas rumah tangga seperti dapur, wastafel, dan toilet, yang sering dibuang ke sungai tanpa pengolahan. Menurut peraturan pemerintah RI No. 82 Tahun 2001, limbah cair mengandung bahan berbahaya yang dapat merusak ekosistem perairan dan menurunkan kualitas air, serta berpotensi menyebabkan penyakit (Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Bandung, 2018).

Peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan industri di Yogyakarta berkontribusi pada pencemaran perairan, dengan semua sungai di kota ini tercatat dalam status cemar berat (Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Yogyakarta, 2023). Hal ini memerlukan perhatian dari berbagai pihak untuk mengelola kualitas air dan mencegah pencemaran lebih lanjut. Salah satu solusi yang diusulkan adalah bioremediasi, yang menggunakan mikroorganisme seperti bakteri *Bacillus* sp untuk membersihkan pencemaran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran bakteri *Bacillus* sp dalam menangani limbah cair domestik, dengan harapan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi bioremediasi yang lebih efektif dan ramah lingkungan (Dewi Endah et al., 2024).

## Limbah

Limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang dapat mengandung mikroorganisme patogen serta bahan kimia beracun (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 Tahun 1995). Limbah cair domestik dibagi menjadi dua jenis: grey water, yang berasal dari aktivitas mencuci dan memasak, sering masuk ke perairan tanpa pengelolaan, dan mengandung lemak, sabun, serta sisa makanan; dan black water, yang berasal dari tinja dan urine, berpotensi mengandung patogen dan nutrisi seperti nitrogen dan fosfor, serta dapat menjadi media penyebaran penyakit (Idrus et al., 2024).

## Bioremediasi

Bioremediasi adalah proses yang menggunakan mikroba untuk mendekontaminasi lingkungan yang terkontaminasi polutan dengan cara mencerna polutan menjadi air dan gas. Salah satu metode dalam bioremediasi adalah bioaugmentasi, di mana mikroorganisme ditambahkan ke lokasi tercemar untuk meningkatkan degradasi (Adlu, Fahir, 2018; Garcia dan Purwanti, 2022). Terdapat dua teknik utama dalam bioremediasi: eksitu, yang melibatkan pengolahan bahan terkontaminasi dengan memindahkannya ke lokasi lain melalui teknik seperti landfarming, composting, dan biopiles; dan insitu, yang mengolah bahan

---

## Kajian Literatur

terkontaminasi langsung di lokasi melalui metode seperti biosparging, bioventing, dan bioslurping (Hidayat & Siregar, 2017)

## Faktor Bioremediasi

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju bioremediasi meliputi kondisi internal dan eksternal mikroba. Aktivitas enzim mikroorganisme, seperti yang dihasilkan oleh *Bacillus* sp., sangat penting. Kondisi eksternal mencakup tanah yang poros dan kaya nutrisi, kadar air dan kelembaban yang tepat, suhu optimal 30-40°C, ketersediaan oksigen, tambahan nutrisi seperti nitrogen dan fosfor, pH netral (6.5-7.5), keadaan aerobik, media yang tepat, bioavailabilitas polutan, dan keberadaan senyawa lain. Memahami faktor-faktor ini sangat penting untuk mengoptimalkan bioremediasi.

## Bakteri

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju bioremediasi meliputi kondisi internal dan eksternal mikroba. Aktivitas enzim mikroorganisme, seperti yang dihasilkan oleh *Bacillus* sp., sangat penting. Kondisi eksternal mencakup tanah yang poros dan kaya nutrisi, kadar air dan kelembaban yang tepat, suhu optimal 30-40°C, ketersediaan oksigen, tambahan nutrisi seperti nitrogen dan fosfor, pH netral (6.5-7.5), keadaan aerobik, media yang tepat, bioavailabilitas polutan, dan keberadaan senyawa lain. Memahami faktor-faktor ini sangat penting untuk mengoptimalkan bioremediasi.

## *Bacillus* Sp.

*Bacillus* sp. adalah bakteri gram positif berbentuk batang yang ditemukan di tanah, air, udara, dan sisa makanan, mampu tumbuh dalam kondisi aerob dan anaerob. Mereka menghasilkan enzim untuk mendegradasi substrat alami dan bertahan pada suhu ekstrim, menghasilkan produk sampingan seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$  melalui penguraian bahan organik. Kelebihan *Bacillus* sp. meliputi kemampuan menghasilkan antibiotik, berperan dalam nitrifikasi dan denitrifikasi, serta molarutkan Fosfat dan mineralisasi bahan organik kompleks. Kekurangan *Bacillus* sp. termasuk kebutuhan akan kondisi tertentu untuk bioremediasi, perlunya pemantauan ketat untuk efektivitas, dan

sifat selektifnya yang membatasi remedii berbagai jenis polutan (Handayani et al., 2022).

## Sungai Gajah Wong

Perairan sungai di Kota Yogyakarta, khususnya Sungai Gajah Wong, adalah aliran air yang mengalir dari dataran tinggi ke rendah menuju laut, danau, atau sungai lain, melewati tiga bagian administrasi: hulu di Sleman, tengah di pusat kota, dan hilir di Bantul, serta melintasi delapan kecamatan di tiga kabupaten. Di Kecamatan Umbulharjo, sekitar 68.760 penduduk tinggal di sekitar sungai (Disdukcapil, 2017). Sungai Gajah Wong mengalami pencemaran berat, dengan status cemar berat yang diindikasikan oleh Dinas Lingkungan dan Kehidupan pada tahun 2023, akibat limbah rumah tangga dan industri yang mengakibatkan tingginya kadar polutan, bakteri coli, serta BOD dan COD.

## Sungai Code

Sungai Code adalah salah satu sungai besar di Yogyakarta yang mengalir melalui beberapa kecamatan dan kabupaten di DIY, dengan sumber aliran dari kaki Gunung Merapi (Nugroho, 2008).

## BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD (Biological Oxygen Demand) adalah parameter yang menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk menguraikan zat organik dalam air, di mana semakin tinggi BOD, semakin banyak zat organik yang perlu diurai, menandakan tingkat pencemaran air

## COD (Chemical Oxygen Demand)

COD (Chemical Oxygen Demand) mengukur kebutuhan oksigen untuk mengurai zat kimia dalam air, dengan tingginya COD menunjukkan tingkat pencemaran oleh zat kimia dan kebutuhan bakteri untuk penguraian.

## Metode

Dalam penelitian ini digunakan jenis penelitian kuantitatif eksperimental. Untuk mencapai hasil analisis yang mendalam sebagaimana telah dirumuskan dalam rumusan masalah, jenis penelitian yang akan

digunakan adalah jenis penelitian kuantitatif eksperimental. Data yang didapat dari DLHK, dan data dari hasil uji lab akan disusun dan dianalisis secara deskriptif.

Subjek dalam penelitian ini adalah bakteri *Bacillus* sp yang digunakan sebagai agen bioremediasi. Objek penelitian ini adalah limbah cair domestik yang digunakan sebagai target penelitian yang akan diremediasi oleh agen bakteri *Bacillus* sp.

Penelitian ini akan berfokus pada proses bioremediasi dan akan diamati perubahan pH serta endapan yang ada pada sampel air. Pada hasil akhir akan diambil data kuantitatif mengenai parameter baku mutu air yaitu pH, *biological oxygen demand* (BOD), *detergent* (MBAS), *chemical oxygen demand* (COD), besi, minyak dan lemak.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan selama proses remediasi 9 hari akan dicek bau, pH pada hari pertama, ketiga, keenam, dan kesembilan. Kemudian data hasil remediasi akan diuji di laboratorium untuk mencari kandungan yang dicari. Analisis dilakukan dengan analisis statistik deskriptif untuk mendeskripsikan data dan gambaran umum mengenai data yang telah didapat. Data yang telah didapat akan dibandingkan dengan metode komparatif, data dibandingkan antara perubahan data selama penelitian.

Prosedur penelitian dimulai dengan studi pustaka melalui jurnal dan buku yang berkaitan dengan penelitian, pengolahan data dari jurnal yang digunakan untuk membantu dalam proses penyelesaian penelitian, pengambilan data keberadaan air sungai serta kondisinya, pengolahan data air sungai yang digunakan untuk perbandingan sebelum dan sesudah diremediasi, pengambilan sampel air di sungai Code dan Gajah Wong, dan yang terakhir uji lab kandungan sampel.

### Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini, alat-alat yang digunakan adalah indikator universal untuk mengukur pH, dua kontainer kedap udara masing-masing berkapasitas 1,5 liter untuk

menyimpan sampel air, dan termometer untuk memantau suhu.

Bahan-bahan yang digunakan meliputi 1,5 liter air dari sungai Code, 1,5 liter air dari sungai Gajah Wong, dan 30 ml kultur bakteri *Bacillus* sp. Kombinasi alat dan bahan ini mendukung proses bioremediasi.

### Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini meliputi beberapa langkah penting. Pertama, dilakukan studi pustaka untuk mengumpulkan landasan teori dari jurnal dan buku yang tervalidasi. Selanjutnya, peneliti mengolah informasi dari sumber-sumber tersebut dengan cara memparafrase dan mengutip untuk mendukung penelitian. Data mengenai keberadaan dan kondisi air sungai diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) untuk menentukan lokasi pengambilan sampel. Pengolahan data kandungan air sungai dilakukan untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah remediasi. Pengambilan sampel air dilakukan di beberapa lokasi yang ditentukan berdasarkan data DLHK Kota Yogyakarta tahun 2023, termasuk di Sungai Code dan Sungai Gajah Wong, dengan prosedur pengambilan sampel yang memastikan tidak ada kontaminasi, yaitu dengan mengisi galon berkapasitas 5 liter langsung dari sungai.

### Hasil dan pembahasan

Terdapat 4 sampel dengan kode, code; sampel sungai code tanpa bakteri, code(B); sampel sungai code dengan bakteri, Gj; sampel sungai gajah wong tanpa bakteri, dan Gj(B); sampel sungai gajah wong dengan bakteri.

Tabel 1. Hasil bioremediasi oleh bakteri *Bacillus* sp

No.	Parameter	Satuan	Code	Code(B)	Gj	Gj(B)
1	BOD	mg/L	3	8	1	6
2	COD	mg/L	5	16	10	26
3	deterjen(MBAS)	mg/L	0,02	0,03	0,02	0,03
4	Minyak/lemak	mg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
5	Besi(Fe)	mg/L	0,26	0,25	0,23	0,32

Tabel 1 menunjukkan bahwa tidak ada penurunan pada tingkat pencemaran. Semua parameter tidak menunjukkan adanya penurunan, hal ini disebabkan oleh kesalahan prosedur dan bakteri yang tidak mampu bekerja. Kesalahan prosedur adalah sampel dengan bakteri saat

penuangan ke wadah baru, sebelumnya dihomogenkan sehingga seluruh kandungannya tercampur. Namun pada sampel tanpa bakteri saat penuangan ke wadah baru, tidak dihomogenkan sehingga tidak semua kandungan tercampur dan masuk kedalam wadah baru. Kesalahan prosedur ini menyebabkan adanya ketidak seimbangan konentrasi polutan, yang menyebabkan tingkat pencemaran pada sampel dengan bakteri lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa bakteri.

Tabel 2. Hasil pengamatan terhadap pH air

Air	Hari ke-1	Hari ke-3	Hari ke-6	Hari ke-9
Code	5	5	5	5
Code(B)	5	5	5	5
Gj	5	5	5	5
Gj(B)	5	5	5	5

pH air menunjukkan angka 5 konstan selama 9 hari berturut-turut. pH 5 sendiri merupakan kondisi yang kurang mendukung bakteri bekerja, dimana kondisi optimal bakteri bekerja adalah pada angka pH 7. pH konstan 5 juga menunjukkan tidak adanya kerja bakteri, dimana tidak adanya perubahan pH menandakan tidak adanya perubahan dalam sampel yang dimana menunjukkan bakteri tidak bekerja dalam mendegradasi polutan.

Tabel 3. Hasil pengamatan terhadap suhu air

Air	Hari ke-1	Hari ke-3	Hari ke-6	Hari ke-9
Code	27°C	27°C	27°C	27°C
Code(B)	27°C	27°C	27°C	27°C
Gj	27°C	27°C	27°C	27°C
Gj(B)	27°C	27°C	27°C	27°C

Suhu 27°C merupakan kondisi yang hampir optimal, dimana suhu optimal bagi bakteri untuk bekerja merupakan 30°C. Suhu selama 9 hari berturut-turut 27°C, hal ini menunjukkan bahwa bakteri tidak bekerja, sebagaimana bakteri yang bekerja seharusnya menunjukkan kenaikan suhu. Namun pada hasil pengamatan suhu konstan pada angka 27°C menunjukkan bahwa bakteri tidak bekerja dalam mendegradasi polutan.

## Simpulan

Data menunjukkan tidak terjadi penurunan tingkat pencemaran, hal tersebut terjadi karena bakteri tidak bekerja. Hal tersebut terbukti melalui data yang tidak menunjukkan adanya penurunan tingkat pencemaran. Bakteri *Bacillus sp* juga tidak bekerja, terlihat dengan tidak

adanya perubahan suhu dan ph pada sampel. Jadi berdasarkan hasil yang diperoleh disimpulkan bahwa bakteri *Bacillus sp* tidak berperan dan berpengaruh terhadap tingkat pencemaran sungai.

## Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kami sampaikan. Kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah membimbing dan menyertai kami dalam proses pembuatan karya ilmiah ini. Bapak FX. Catur Supatmono, S.Pd., M.Pd. selaku kepala SMA Kolese De Britto yang selalu mendukung proses penulisan hingga karya ilmiah ini dapat terselesaikan. Ibu Maria Eva Kristiana, S.Pd., M.Sc. selaku Guru Pembimbing yang telah memberi bimbingan dan mendukung dengan penuh kesabaran, murah hati, serta memberi tambahan pengetahuan pada peneliti dalam proses penggerjaan karya ilmiah ini. Guru penguji Bapak R. Arifin Nugroho S.Si., M.Pd. selaku guru penguji yang telah berkenan menguji dan memberikan saran kepada peneliti mengenai karya ilmiah yang telah dibuat. Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan selaku pihak yang telah bersedia memberikan kami informasi yang diperlukan untuk penelitian.

## Referensi

- B, W., Lupiyanto, R., & Wijaya, D. (2010, Januari). Pengelolaan Kawasan Sungai Code Berbasis Masyarakat. 2, 7-20. [https://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains\\_se ni/article/view/2583/710](https://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_se ni/article/view/2583/710)
- Dewi, E. S. (2024, 01 01). HUMANITIS:JurnalHumaniora, Sosial dan Bisnis. TEKNIK BIOREMEDIASI SEBAGAI SOLUSI DALAM UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN LINGKUNGAN : LITERATUR REVIEW, Vol.2(No.01).
- Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Yogyakarta. (2017). Jumlah Penduduk dan Luas Wilayah tiap Kecamatan, Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil, Yogyakarta.
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Bandung. (2018, June 3). Pengaruh Limbah Rumah Tangga bagi Lingkungan | Dislhk Badung. Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Badung. Retrieved January 24, 2025, from <https://dislhk.badungkab.go.id/artikel/17899-pengaruh-limbah-rumah-tangga-bagi-lingkungan>

- Fahrit, & Adlu. (2018). Eksplorasi Dan Uji Potensi Khamir Sebagai Bioremediator Residu Fungisida Berbahan Aktif Metalaksil Secara In Vitro. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/11325/>
- Garcia, A. D., & Purwanti, I. F. (2022). Kajian Bioaugmentasi pada Air Tanah Tercemar Solar di Kecamatan Gedongtengen, Kota Yogyakarta. JURNAL TEKNIK ITS. <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/viewFile/94589/7186>
- Hajar, S. (2020). BIOSORPSI TIMBAL (Pb), KADMIUM (Cd), DAN TEMBAGA (Cu) MENGGUNAKAN SERBUK CANGKANG LORJUK (*Solen vagina*). <https://repository.unair.ac.id/104176/1/1.%20HALAMAN%20DEPAN.pdf>
- Handayani, K., Royanti, V., & Ekowati, C. N. (2022). INDEKS KEANEKARAGAMAN BAKTERI BACILLUS SP. DARI TANAH KEBUN RAYA LIWA. 18. <https://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/view/1097/718>
- Hidayat, A., & Siregar, C. A. (n.d.). Telaah Mendalam tentang Bioremediasi: Teori dan Aplikasinya dalam Upaya Konservasi Tanah dan Air. Penerbit IPB Press. <https://www.researchgate.net/publication/330102646>
- Idrus, R. T. (2024, Februari 01). Pengelolaan Air Limbah Grey water Rumah Tangga. <https://journal.diginus.id/VOKATEK/article/view/321/171>
- kusdini. (2024, Juni). Kajian Penggunaan Bakteri *Bacillus subtilis* dalam Penanganan Tumpahan Minyak Mentah. Jurnal Sains dan Teknologi. [https://www.researchgate.net/publication/383441081\\_Kajian\\_Penggunaan\\_Bakteri\\_Bacillus\\_subtilis\\_dalam\\_Penanganan\\_Tumpahan\\_Minyak\\_Mentah](https://www.researchgate.net/publication/383441081_Kajian_Penggunaan_Bakteri_Bacillus_subtilis_dalam_Penanganan_Tumpahan_Minyak_Mentah)
- Moch, & Firdaus. (2015, Agustus). PEMULIHAN TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI DENGAN TEKNIK BIOREMEDIASI MENGGUNAKAN BACILLUS SP. DAN PSEUDOMONAS SP. LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK dan GAS BUMI. <https://journal.lemigas.esdm.go.id/index.php/LPMGB/article/view/1194>
- Nugroho, Y. P. (2008, Juli). MAKNA SUNGAI DAN PRAKTEK PENGELOLAAN LINGKUNGAN MELALUI PENDEKATAN BUDAYA. <https://lib.ui.ac.id/file?file=digital/old5/119866-T%202025339-Makna%20Sungai-HA.pdf>
- Oktavia, R. (2022, September). Kemampuan *Bacillus* sp. Sebagai Bioremediasi Bahan Pencemar. JURNAL BIOTERDIDIK: WAHANA EKSPRESI ILMIAH. [https://www.researchgate.net/publication/364789494\\_Kemampuan\\_Bacillus\\_sp\\_Sebagai\\_Bioremediasi\\_Bahan\\_Pencemar](https://www.researchgate.net/publication/364789494_Kemampuan_Bacillus_sp_Sebagai_Bioremediasi_Bahan_Pencemar)
- PP No. 82 Tahun 2001. (n.d.). Peraturan BPK. Retrieved January 24, 2025, from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/53103/pp-no-82-tahun-2001>
- Retnosari, A. A., & Shovitri, M. (2013). Kemampuan Isolat *Bacillus* sp. dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik. 2. [https://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains\\_sni/article/view/2583/710](https://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_sni/article/view/2583/710)
- Suryani, Y., & Taupiqurrahman, o. (2021). MIKROBIOLOGI DASAR. LP2M UIN SGD Bandung. [https://digilib.uinsgd.ac.id/40171/2/BUK\\_U%20MIKROBIOLOGI%20DASAR.pdf](https://digilib.uinsgd.ac.id/40171/2/BUK_U%20MIKROBIOLOGI%20DASAR.pdf)
- UU No. 32 Tahun 2009. (n.d.). Peraturan BPK. Retrieved January 24, 2025, from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/38771/uu-no-32-tahun-2009>
- Waluyo, P. (2009). Kajian Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dan Sni Terkait. DOI: 10.29122/jai.v5i1.243