

## ROTASI TANAM DAN BIOREMEDIASI AIR DALAM UPAYA PERBAIKAN PADA LAHAN BUDIDAYA

Virna Agustin Ningrum<sup>1</sup>, Kezia Pauline Rimadani<sup>2</sup>, Rangga Ardana Gegana Suryadi<sup>3</sup>,  
R. Rachmadika Sathrya Wiranditha<sup>4</sup>, Hendhi Setiyawan<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Jl. Rungkut Madya No. 1, Gunung Anyar, Kec. Gunung Anyar, Kota Surabaya

<sup>1</sup>[22025010107@student.upnjatim.ac.id](mailto:22025010107@student.upnjatim.ac.id), <sup>2</sup>[22025010137@student.upnjatim.ac.id](mailto:22025010137@student.upnjatim.ac.id),

<sup>3</sup>[22025010143@student.upnjatim.ac.id](mailto:22025010143@student.upnjatim.ac.id), <sup>4</sup>[22025010153@student.upnjatim.ac.id](mailto:22025010153@student.upnjatim.ac.id),

<sup>5</sup>[22025010156@student.upnjatim.ac.id](mailto:22025010156@student.upnjatim.ac.id)

### Abstract

*Agricultural sustainability can be achieved through crop rotation and bioremediation. Crop rotation improves soil fertility by breaking pest cycles, adding nutrients, and reducing the use of chemicals. Meanwhile, bioremediation uses microorganisms to remove pollutants from irrigation water. This research analyzed 10 articles from 2015 to 2024. Results showed that nine years of rotation improved soil structure, pH and nutrient availability. Peanut plants improve organic matter, while bioremediation with *Pseudomonas* and *Bacillus* effectively reduces hydrocarbons and soil pollutants, improving environmental quality. Both methods offer sustainable solutions to increase fertility and reduce the impact of pollution.*

**Keywords:** *Crop rotation, Bioremediation.*

### Abstrak

Keberlanjutan pertanian dapat dicapai melalui rotasi tanaman dan bioremediasi. Rotasi tanaman meningkatkan kesuburan tanah dengan memutus siklus hama, menambah nutrisi, dan mengurangi penggunaan bahan kimia. Sementara itu, bioremediasi menggunakan mikroorganisme untuk menghilangkan polutan dari air irigasi. Penelitian ini menganalisis 10 artikel dari 2015 hingga 2024. Hasil menunjukkan bahwa rotasi selama sembilan tahun meningkatkan struktur tanah, pH, dan ketersediaan unsur hara. Tanaman kacang tanah memperbaiki bahan organik, sedangkan bioremediasi dengan *Pseudomonas* dan *Bacillus* efektif mengurangi hidrokarbon dan polutan tanah, meningkatkan kualitas lingkungan. Kedua metode ini menawarkan solusi berkelanjutan untuk meningkatkan kesuburan dan mengurangi dampak polusi.

**Kata kunci :** Rotasi Tanaman, Bioremediasi.

### Article History

Received: Oktober 2024

Reviewed: Oktober 2024

Published: Oktober 2024

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI : Prefix DOI :

10.8734/CAUSA.v1i2.365

Copyright : Author Publish

by : Hibrida



This work is licensed under

a [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[Attribution-](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[NonCommercial 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## PENDAHULUAN

Keberlanjutan dan produktivitas jangka panjang lahan budidaya adalah dua sasaran yang terus menjadi perhatian utama para petani maupun pelaku usaha agribisnis pada setiap praktik pertanian modern saat ini. Peningkatan kebutuhan pangan dan tekanan terhadap lahan pertanian yang semakin meningkat, konservasi tanah dan lingkungan harus terus dilakukan secara konsisten. Tantangan tersebut sering menimbulkan masalah dalam budidaya pertanian karena dapat menurunkan kualitas tanah akibat monokultur, penggunaan pestisida dan pupuk kimia secara berlebihan, dan pencemaran air yang digunakan untuk irigasi. Maka rotasi tanam dan bioremediasi air merupakan dua solusi yang relevan serta efektif dalam pembangunan dan pengelolaan lahan budidaya pertanian berkelanjutan.

Salah satu praktik pengelolaan tanah yang sudah berlangsung lama dalam pertanian adalah rotasi tanaman. Rotasi tanaman mengacu pada praktik menanam tanaman yang berbeda di lahan yang sama dalam selang waktu tertentu. Rotasi tanaman dapat memanfaatkan nutrisi tanah secara merata dan membantu mengurangi dampak negatif dari monokultur yaitu penanaman satu jenis tanaman secara terus menerus. Tanaman pada praktik rotasi tanam juga dapat memberikan kontribusi untuk menjaga kesehatan tanah. Sebagai contoh, tanaman kacang-kacangan dapat menambahkan nitrogen ke dalam tanah sehingga mengurangi ketergantungan pada pupuk nitrogen kimia. Rotasi juga dapat memutus siklus penyakit dan hama, organisme yang umumnya berkembang lebih cepat dalam sistem monokultur. Hal ini membantu mengurangi penggunaan pestisida yang dapat merusak ekosistem di dalam lahan dan lingkungan sekitarnya. Penerapan rotasi tanaman memiliki peran penting dalam beberapa aspek, seperti agronomi, ekonomi, dan lingkungan (Suprihatin et al., 2021).

Pendekatan lain untuk menjaga kualitas lingkungan pertanian, terutama dalam hal air irigasi, adalah bioremediasi air. Kontaminasi polutan dari kegiatan industri, pertanian, peternakan, serta kegiatan rumah tangga telah menyebabkan penurunan kualitas air dan tanah secara signifikan (Dewi et al., 2024). Bioremediasi menggunakan kemampuan organisme hidup, seperti mikroorganisme, jamur, atau bahkan tanaman tertentu, untuk mendegradasi atau menetralkan polutan yang mencemari air. Air yang digunakan untuk irigasi menjadi mudah terkontaminasi oleh limbah industri, bahan kimia dari kegiatan pertanian, atau bahkan logam berat dan senyawa berbahaya lainnya. Polutan-polutan tersebut dapat merusak produktivitas tanaman dan mengancam kesehatan tanah di lahan pertanian. Teknologi bioremediasi dapat mendegradasi kontaminan secara biologis, sehingga menghasilkan peningkatan kualitas air yang lebih bersih dan aman untuk digunakan dalam budidaya tanaman.

Integrasi rotasi tanaman dengan bioremediasi air dalam pengelolaan pertanian memberikan keuntungan jangka panjang yang cukup besar. Rotasi tanaman tidak hanya meningkatkan produktivitas tanaman tetapi juga menjaga kesuburan tanah lebih berkelanjutan, yang merupakan faktor kunci dalam pertanian berkelanjutan. Bioremediasi air membantu memastikan bahwa sumber air yang digunakan dalam irigasi tetap bersih dan bebas dari polutan berbahaya sehingga tanaman dapat tumbuh secara optimal dan tidak terpapar bahan kimia berbahaya. Sebagian besar praktik pertanian saat ini dipengaruhi oleh perubahan iklim dan

tekanan lingkungan, rotasi tanam dan bioremediasi air sangat penting untuk menciptakan ekosistem pertanian yang lebih sehat dan berkelanjutan. Kedua pendekatan ini juga mendukung metode pertanian yang tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan, karena meminimalkan penggunaan bahan kimia berbahaya dan mengandalkan proses alami untuk meningkatkan kualitas tanah dan air. Petani dapat memperoleh hasil panen yang lebih tinggi tanpa mengorbankan kesehatan tanah dan lingkungan, serta menciptakan sistem yang lebih tahan terhadap perubahan iklim yang tidak dapat diprediksi.

## TINJAUAN PUSTAKA

Pengelolaan lahan merupakan faktor penting untuk mencapai hasil optimal dan berkelanjutan. Oleh karena itu, perlu dilakukan dengan cermat agar tidak merusak lingkungan atau menurunkan kualitas sumber daya lahan. Fokus utamanya adalah meningkatkan struktur fisik, komposisi kimia, serta aktivitas biota tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman, guna menciptakan keseimbangan antara komponen biotik dan abiotik. Ini memastikan ketersediaan nutrisi, produktivitas lahan yang berkelanjutan, dan keberhasilan usaha pertanian. Pengolahan tanah bertujuan untuk memperbaiki struktur tanah agar lebih gembur, meningkatkan aerasi dan infiltrasi, mengendalikan gulma, serta meningkatkan ketersediaan hara untuk meningkatkan produksi tanaman. Meskipun pengolahan intensif memberikan manfaat jangka pendek bagi pertumbuhan tanaman, pengolahan yang berlebihan dapat meningkatkan kerentanan tanah terhadap erosi dan menyebabkan degradasi, mengubah struktur tanah dan menurunkan kandungan bahan organiknya (Dahmayanti et al., 2018).

Pengelolaan air untuk lahan budidaya pertanian merupakan aspek krusial yang bertujuan untuk memastikan ketersediaan dan efisiensi penggunaan air dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Praktik ini mencakup penerapan sistem irigasi yang tepat, seperti irigasi tetes atau irigasi *sprinkler*, yang dirancang untuk mengurangi pemborosan air dan memastikan pasokan yang optimal bagi tanaman. Selain itu, pengelolaan air juga melibatkan teknik konservasi, seperti pembuatan sumur resapan, pembuatan teras, dan penggunaan tanaman penutup untuk meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah. Dengan memantau kelembapan tanah dan menggunakan teknologi seperti sensor kelembapan, petani dapat mengatur jadwal irigasi yang lebih akurat, mengurangi stres air pada tanaman, dan meningkatkan hasil panen. Pendekatan terpadu ini tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan sumber daya air dan menjaga kesehatan ekosistem secara keseluruhan. (Napitupulu & Mudiantoro, 2015)

Rotasi tanam adalah praktik pertanian yang melibatkan pergantian jenis tanaman yang ditanam di lahan yang sama secara bergantian dalam beberapa musim tanam. Dengan menggunakan metode ini, petani dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mencegah penurunan kualitas tanah yang sering terjadi akibat penanaman monokultur. Tanaman yang berbeda memiliki kebutuhan nutrisi yang bervariasi, sehingga rotasi dapat membantu memulihkan kandungan unsur hara yang diperlukan oleh tanah. Misalnya, tanaman legum seperti kedelai atau kacang hijau dapat memperkaya nitrogen dalam tanah, yang sangat bermanfaat bagi tanaman lainnya yang membutuhkan nutrisi tersebut di musim berikutnya

(Borrelli et al., 2021). Rotasi tanam juga berfungsi untuk mengelola hama dan penyakit. Dengan mengganti jenis tanaman, risiko akumulasi patogen dan hama yang menyerang spesies tertentu dapat diminimalkan, sehingga mengurangi ketergantungan pada pestisida. Praktik ini juga berkontribusi pada peningkatan keanekaragaman hayati di lahan pertanian, yang dapat mendukung ekosistem yang lebih sehat. Rotasi tanam, sebagai bagian dari sistem pertanian yang berkelanjutan, memberikan solusi untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan pangan sambil menjaga keberlanjutan lingkungan (Brevik et al., 2015).

Rotasi tanam memiliki hubungan yang signifikan dengan pengendalian organisme pengganggu tanaman, seperti hama dan patogen. Dengan mengganti jenis tanaman yang ditanam secara berkala, rotasi tanam dapat mencegah akumulasi spesifik dari hama dan penyakit yang sering menyerang satu jenis tanaman. Misalnya, jika tanaman tertentu menjadi target utama bagi hama, rotasi dengan tanaman yang tidak disukai oleh hama tersebut dapat mengganggu siklus hidup mereka dan mengurangi populasinya. Selain itu, variasi dalam jenis tanaman yang ditanam juga dapat menciptakan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi organisme pengganggu, sehingga mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia dan meningkatkan kesehatan ekosistem pertanian secara keseluruhan. Dengan demikian, rotasi tanam berfungsi sebagai strategi alami yang efektif dalam pengelolaan hama dan penyakit di lahan pertanian (Ervianna et al., 2019).

Pengelolaan air secara biologi merupakan pendekatan yang memanfaatkan prinsip dan proses alami untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam pertanian dan mengatasi masalah pencemaran. Salah satu metode yang umum digunakan adalah penerapan sistem irigasi yang berkelanjutan, seperti irigasi tetes, yang mengurangi pemborosan air dan memastikan bahwa tanaman mendapatkan pasokan air yang optimal. Selain itu, penggunaan tanaman penutup tanah dan vegetasi riparian dapat membantu mengurangi limpasan air, mencegah erosi, dan meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah. Bioremediasi juga memainkan peran penting dalam pengelolaan air dengan menggunakan mikroorganisme dan tanaman untuk membersihkan air dari kontaminan, sehingga menjaga kualitas sumber daya air. Dengan mengintegrasikan teknik-teknik ini, pengelolaan air secara biologi tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dan menjaga ekosistem yang sehat (Parnianto et al., 2022).

Bioremediasi adalah proses pemulihan lingkungan yang memanfaatkan organisme hidup, seperti mikroba, fungi, atau tanaman, untuk menguraikan atau menghilangkan kontaminan dari tanah, air, dan udara. Bioremediasi dapat dilakukan secara *in situ*, di lokasi pencemaran, atau *ex situ*, di mana tanah atau air yang terkontaminasi dipindahkan ke tempat pengolahan. (Yayok Suryo Purnomo & Gusvia Kusuma Dhiningrum, 2023). Bioremediasi adalah salah satu metode efektif untuk memperbaiki kualitas air yang tercemar, dengan memanfaatkan organisme hidup seperti mikroba, jamur, dan tanaman untuk mengurai kontaminan berbahaya. Proses ini dapat diterapkan pada berbagai jenis pencemaran, seperti limbah industri, pestisida, dan nutrisi berlebih dari pupuk yang masuk ke dalam sistem perairan. Organisme ini bekerja dengan cara mendegradasi zat beracun menjadi bentuk yang lebih aman dan tidak berbahaya, sehingga memperbaiki kualitas air dan menjadikannya lebih aman untuk kehidupan akuatik dan

penggunaan manusia. Dengan penerapan bioremediasi, kualitas air dapat ditingkatkan, sekaligus mendukung keberlanjutan ekosistem dan kesehatan lingkungan secara keseluruhan. (Dewi et al., 2024)

Teknik bioremediasi melibatkan berbagai elemen yang berperan penting dalam proses pemulihan lingkungan. Pertama, mikroorganisme, seperti bakteri dan jamur, memiliki kemampuan alami untuk mendegradasi kontaminan berbahaya menjadi senyawa yang tidak beracun. Selain itu, tanaman juga berperan sebagai agen bioremediasi; tanaman tertentu dapat menyerap dan mengakumulasi zat pencemar dari tanah dan air melalui akar mereka. Faktor lingkungan seperti pH, suhu, dan kadar oksigen sangat memengaruhi aktivitas mikroorganisme dan tanaman dalam proses ini, sehingga kondisi optimal perlu diciptakan untuk meningkatkan efisiensi bioremediasi. Teknik ini juga sering melibatkan penggunaan nutrisi tambahan atau bahan organik untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang diinginkan. Secara keseluruhan, kombinasi dari organisme, kondisi lingkungan, dan teknik manajemen yang tepat adalah kunci dalam keberhasilan bioremediasi untuk mengatasi pencemaran dan memperbaiki kualitas lingkungan. (Firdaus, 2015)

**Tabel 1. Detail Artikel Terpilih**

Tema 1. Rotasi Tanam		
Penulis	Judul	Jurnal
Suprihatin, A., Johannes, A.	Pengaruh Pola Rotasi Tanaman terhadap Perbaikan Sifat Tanah Sawah Irigasi	Jurnal Sumberdaya Lahan, Volume 12 Nomor 1 bulan Juli 2018 Page 49 - 57
Ramadhani, W. S., Handayanto, E., Nuraini, Y., & Rahmat, A.	Aplikasi Limbah Cair Nanas Dan Kompos Kotoran Sapi Meningkatkan Populasi Mikroorganisme Pelarut Fosfat Di Ultisol, Lampung Tengah.	Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering), 9(2), 78.
Rahardjo, C.S., Yasin, Kusnarta, G.M., Gunartha, G.E.	Pengaruh Cara Pengolahan Tanah dan Sistem Rotasi Tanaman Terhadap Produktivitas Tanah Alfisol di Daerah Transmigrasi Labangka Kabupaten Sumbawa	AGROTEKSOS: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian Volume 7 Nomor 3 bulan Februari 2018 Page 34 - 45
Mariani., Adriani, A. W.	Pengaruh Pola Tanam Terhadap Tingkat Kesuburan Tanah dan Produktivitas Tanaman Padi ( <i>Oryza sativa</i> L.)	AGROTAN: Jurnal Budidaya dan Bioteknologi Volume 5 Nomor 2 Tahun 2019 Page 1 – 4
Suseno, A., Az, P. B.S., Susila, H.	Kajian Sifat Fisik A Ultisol pada Lahan Budidaya Nanas dengan Berbagai Pola Rotasi di PT. Great Giant Pineapple Terbanggi Besar, Lampung	Jurnal Tanah dan Air Volume 15 Nomor 2 bulan Desember 2018 Page 73 - 82

Tema 2. Bioremediasi		
Penulis	Judul	Jurnal
Firdaus, M.	Pemulihan Tanah Tercemar Minyak Bumi dengan Teknik Bioremediasi Menggunakan <i>Bacillus</i> SP. dan <i>Pseudomonas</i> SP.	Jurnal Lemigas Volume 49 Nomor 2 bulan Agustus 2015, Page 111 – 118.
Purnomo, Y.S., Gusvia, K.D.	Bioremediasi Lahan Tercemar Pestisida dengan Cara Pengomposan di Perkebunan Apel Batu	INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi Volume 2 Nomor 3 bulan Juni 2023 Page 419 - 429
Widyasari N.L., I Gusti, N.M.W.	Studi Teknik Bioremediasi Tanah Tercemar Logam Berat dengan Menggunakan <i>Eco-Enzyme</i>	Jurnal ECOCENTRISM Volume 1 Nomor 2 Tahun 2021 Page 89 – 95
Garcia, A.D., Ipung, F.P.	Kajian Bioaugmentasi pada Air Tanah Tercemar Solar di Kecamatan Gedongtengen, Kota Yogyakarta	Jurnal Teknik ITS Volume 11 Nomor 3 Tahun 2022 Page 105 - 111
Arifudin., Mohammad, Y., Kuku, M.	Bioremediasi Tanah Bertekstur Klei Terkontaminasi Minyak Bumi: Aplikasi Teknik <i>Biopile</i> dengan Penambahan Pasir	Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Volume 6 Nomor 1 bulan Juli 2016 Page 13 – 19

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam jurnal ini yaitu menggunakan studi literatur dengan mengumpulkan beberapa artikel kemudian meninjau dokumen dan menilai penelitian serupa yang berkaitan dengan rotasi tanam dan bioremediasi sebagai upaya perbaikan lahan. Metode tahapan literatur ini berisi: 1) Penyaringan naskah jurnal atau artikel. Penyaringan artikel atau jurnal dilakukan dengan menganalisis beberapa literatur yang telah ditemukan sesuai dengan kata kunci yang telah disesuaikan secara *online* menggunakan data penelitian *online*. Literatur yang digunakan yaitu jurnal 10 tahun terakhir yang dimulai dari tahun 2015 hingga tahun 2024. Setelah mencari literatur secara *online* melalui *Google Scholar* dan platform *online* lainnya sehingga didapatkan sekitar 10 artikel dan jurnal yang relevan. Langkah selanjutnya yaitu meninjau artikel dan jurnal yang telah ditemukan untuk memeriksa apakah artikel dan jurnal tersebut sesuai dengan tujuan penelitian kami. 2) Analisis data. Analisis data dilakukan dengan membaca 10 artikel dan jurnal yang telah ditemukan kemudian menganalisis hasil dan pembahasan dari setiap artikel yang nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk penyusunan hasil dan pembahasan artikel ini.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Tema 1 Metode Rotasi Tanam

Menurut penelitian Suprihatin & Amirullah (2020), terdapat variasi yang mencolok dalam distribusi fraksi pasir dan liat serta rata-rata diameter lebar tanah selama sembilan tahun rotasi tanaman (2001-2010). Rotasi tanaman RC dan RP memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan MWD dan meningkatkan berat jenis tanah menjadi 1,35 dan 1,39 g cm<sup>-3</sup>. Rotasi tanaman yang dilakukan selama 9 tahun (2001-2010) berpengaruh sangat nyata terhadap perubahan sifat kimia tanah sawah, yaitu pH, N total, P dan K tersedia, dan KPK tanah pada kedalaman 0 - 10 cm serta kedalaman 10 - 20 cm. Sedangkan variabel kelompok rotasi tanaman berpengaruh terhadap variasi kualitas tanah. Meskipun nilai N total dan P-tersedia lebih besar pada kedalaman 0 - 10 cm, namun nilai pH tanah pada kedalaman 10 - 20 cm lebih tinggi dibandingkan dengan kedalaman 0 - 10 cm. Dibandingkan dengan perlakuan rotasi tanaman CK, RC, dan RR (tanpa penambahan sisa tanaman), rotasi tanaman dengan menggunakan sisa tanaman jerami (baik dalam bentuk mulsa, arang, maupun pupuk hijau jerami) pada perlakuan RP, ROF, dan ROM selama sembilan tahun menghasilkan nilai pH yang lebih rendah. Dibandingkan dengan aplikasi CK, rotasi RC meningkatkan kadar bahan organik tanah, C terlarut, mikroorganisme tanah yang lebih tinggi. Sereal dan famili dari jenis tanaman pertama ditanam diikuti dengan tanaman kacang-kacangan untuk menambah nitrogen mineral tanah. Nilai rata-rata kandungan bahan organik tanah pada tahun pertama adalah 26,72 g kg<sup>-1</sup> tidak berbeda nyata dengan penerapan rotasi tanaman RC dalam sembilan tahun pengelolaan tanah. Total mikroba tanah, bahan organik yang larut dalam C dan bahan organik tanah semuanya menurun secara dramatis dengan aplikasi arang jerami yang dikumpulkan. Menurut penelitian Limbong et al. (2017), pemberian jerami padi hingga 5 ton/ha pada lahan sawah yang ditanami semangka tidak meningkatkan C-organik, berat isi, dan kadar air tanah. Kotoran kambing dapat diaplikasikan untuk meningkatkan *bulk density*, kadar air, dan kandungan C-organik tanah. Pemberian petroganik dapat meningkatkan kualitas C-organik tanah, tetapi tidak dapat mengungguli pemberian kotoran kambing.

Penelitian Rosalina & Kahar (2018), menjelaskan bahwa konsentrasi Fe, Al, Mn, Cu, dan Zn yang lebih tinggi pada tanah masam (pH rendah) disebabkan oleh peningkatan ion H<sup>+</sup>. Asam organik dapat dihasilkan oleh organisme tanah selama proses dekomposisi kotoran hewan atau serasah. Dengan menghasilkan asam-asam organik bermuatan COOH, proses ini dapat meningkatkan pH tanah. Fosfor pada tanah masam akan menjadi tidak tersedia jika kadar aluminium tinggi, sehingga akan menghambat pertumbuhan tanaman nanas. Akan terjadi keracunan tanaman akibat meningkatnya konsentrasi Fe dan Al. Akar tanaman tidak dapat berkembang dengan baik, sehingga pertumbuhan tanaman melambat.

Berbeda dengan lokasi nanas PC dan nanas RC, lokasi bongkar muat pisang memiliki kandungan K tersedia yang lebih besar, sesuai dengan temuan penelitian Ramadhani et al. (2020). pH tanah berdampak pada tingginya konsentrasi K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, dan Mg<sup>2+</sup>. Konsentrasi kation-kation yang dapat diakses pada tanah masam adalah rendah. Bahan organik mempengaruhi tingginya konsentrasi K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, dan Mg<sup>2+</sup> dalam tanah selain pH. Dibandingkan dengan lokasi PC nanas dan RC nanas, tingkat bahan organik di lokasi bongkar muat pisang lebih tinggi.

Bakteri yang terdapat pada bonggol pisang seperti *Bacillus* sp., *Aeromonas* sp., dan *Aspergillus negro* efektif dalam mendegradasi bahan organik, sehingga bonggol pisang memiliki lebih banyak bahan organik dibandingkan dengan bonggol nanas PC dan bonggol nanas RC. Oleh karena itu, dibandingkan dengan menanam nanas secara monokultur setiap tahun, rotasi tanaman dengan bonggol pisang menawarkan ketersediaan hara yang lebih tinggi.

Menurut hasil penelitian Rahardjo (2018), tanah Alfisol di lokasi percobaan memiliki erodibilitas yang relatif tinggi berdasarkan metodologi penilaian erodibilitas yang telah disebutkan sebelumnya. Secara keseluruhan jumlah tanah yang terangkut di lokasi percobaan adalah 14,11 t ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup>. Kehilangan tanah secara signifikan dipengaruhi oleh metode pengolahan tanah. Kehilangan tanah meningkat sebesar 118% dengan pengolahan tanah lengkap (Ps) dibandingkan dengan tanpa pengolahan tanah. Mengenai jenis tanaman, jenis tanaman tidak memiliki dampak yang nyata terhadap jumlah kotoran yang terbawa. Hal ini mungkin disebabkan karena pemanenan kacang tanah melemahkan penutupan tanah yang ideal yang disediakan oleh tajuk kacang tanah dan secara relatif mengganggu perkembangan struktur tanah yang kokoh. Di sisi lain, padi memiliki penutup tanah yang kurang sempurna, namun karena tidak ada pembongkaran tanah saat panen, struktur tanahnya lebih stabil dan dapat menahan hujan setelah panen musim hujan.

Temuan penelitian Suseno et al. (2018) menunjukkan bahwa pola rotasi N-P dan N-S merupakan pola rotasi yang menghasilkan struktur yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman berdasarkan pengamatan struktur tanah. Hal ini disebabkan oleh perakaran tanaman pisang yang memiliki penyebaran yang luas. Akarnya terdiri dari tanaman pisang yang memiliki banyak bulu akar yang dapat mengikat partikel tanah menjadi bentuk yang lebih stabil. Akarnya panjang dan menyebar, sehingga memungkinkan akar lebih mudah menembus tanah dan memecah agregat tanah. Pada pola rotasi N-S, terdapat banyak vegetasi rumput dengan jamur di dalamnya. Pola ini akan membentuk struktur tanah yang kondusif untuk pertumbuhan tanaman. Pemeriksaan warna tanah menunjukkan bahwa pola rotasi N-N memiliki warna kuning kecoklatan, sedangkan pola rotasi N-P dan N-S memiliki warna coklat tua kekuningan. Kandungan C-organik yang lebih tinggi pada pola rotasi N-P dan N-S dibandingkan dengan pola rotasi N-N menjadi sumber warna hitam pada pola tersebut. Pada pola rotasi N-N, kandungan C-organik sebesar 0,69% sedangkan pada pola rotasi N-P sebesar 1,22% dan N-S sebesar 1,28%. Nilai berat volume pada pola rotasi N-P dan N-S hampir sama namun lebih kecil dari pola rotasi N-N. Hal ini dikarenakan tekstur tanah pada pola rotasi N-P dan N-S memiliki integritas struktur yang lebih baik dibandingkan dengan pola rotasi N-N. Berat Volume, BJ, dan Porositas pada Pola Rotasi Nanas-Pisang, Pisang, dan Ubi Kayu. Berat volume dipengaruhi oleh struktur; struktur yang rapuh atau granular akan menunjukkan BV yang rendah. Lebih lanjut, pola rotasi N-P dan pola N-S memiliki nilai C-organik yang lebih tinggi yaitu 1,33% dan 1,28%. Sedangkan N-N memiliki C-organik yang lebih rendah dengan nilai 0,69%.

Temuan penelitian Mariani & Wahditiya (2019) menunjukkan bahwa penanaman kacang hijau berdampak positif terhadap ketersediaan hara dan lahan yang mengalami rotasi tanaman kacang hijau menunjukkan tingkat ketersediaan hara yang lebih tinggi. Kacang hijau diduga mampu mendukung penambahan unsur hara ke dalam tanah sehingga tanah menjadi lebih

subur (unsur hara lebih tersedia) dibandingkan dengan penanaman padi secara terus menerus di lahan sawah tanpa rotasi tanaman. Kandungan C organik tanah dari budidaya kacang hijau lebih tinggi dibandingkan dengan tanah dari budidaya padi, yaitu 3,22% : 3,05%, N 0,11% : 0,10%, dan K 43 ppm : 27 ppm. Unsur P lebih banyak terdapat pada tanah yang tidak dirotasi dengan kacang hijau dan lebih sedikit pada tanah yang dirotasi dengan kacang hijau, masing-masing sebesar 3 ppm dan 2 ppm. Hal ini dikarenakan tanaman kacang-kacangan membutuhkan ketersediaan P yang relatif tinggi yang berarti bahwa P harus ditambahkan setelah menerapkan rotasi tanaman dengan tanaman kacang-kacangan. Lahan yang melakukan rotasi tanaman kacang hijau memiliki hasil analisis KTK yang lebih tinggi (15,50 Cmol + kg<sup>-1</sup>) dibandingkan dengan lahan yang tidak melakukan rotasi tanaman (14,46 Cmol + kg<sup>-1</sup>).

## B. Tema 2 Bioremediasi

Menurut penelitian Arifudin et al. (2016) menunjukkan bahwa bioremediasi tanah yang mengalami kontaminasi minyak bumi menggunakan teknik *biopile* dengan penambahan pasir dapat meningkatkan kondisi fisik tanah untuk mendukung pertumbuhan bakteri pengurai hidrokarbon. Tekstur tanah yang didominasi fraksi klei (39%) dan pasir (31%) menghasilkan tanah yang lebih *porous*, dengan bobot isi rendah (0.84 g/cc) dan porositas tinggi (54.5%), memfasilitasi sirkulasi udara dan air. Hal ini penting untuk menjaga oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri aerob selama proses degradasi hidrokarbon. Pertumbuhan bakteri pendegradasi mencapai puncaknya pada minggu kedua, dengan peningkatan populasi bakteri hingga 31.2%, disertai produksi gas CO<sub>2</sub> dan penurunan kadar Total Petroleum *Hydrocarbon* (TPH) yang signifikan. Suhu optimal tanah (30-40°C) juga mendukung proses degradasi. Meskipun proses anaerobik terdeteksi di beberapa bagian tanah, secara keseluruhan bioremediasi tetap berlangsung secara aerobik dengan hasil akhir menunjukkan penurunan kadar TPH hingga memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup.

Pada penelitian Garcia & Purwanti (2022) mendapatkan hasil Penelitian tentang efek bioremediasi menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis* menunjukkan hasil yang signifikan dalam memperbaiki kualitas tanah yang tercemar solar di Kecamatan Gedongtengen, Yogyakarta. Proses bioaugmentasi dilakukan dengan menginjeksi konsorsium bakteri ke dalam tanah yang telah tercemar solar akibat kebocoran tangki solar PT KAI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri ini mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon, dengan efisiensi degradasi total petroleum *hydrocarbon* (TPH) mencapai 87%, serta senyawa benzena hingga 99,99%. Penambahan nutrisi berupa nitrogen dan fosfor serta oksigen melalui biosparging mendukung pertumbuhan bakteri dan meningkatkan laju biodegradasi, sehingga membantu memperbaiki kualitas air tanah yang tercemar dan mengurangi risiko kesehatan bagi masyarakat setempat.

Berdasarkan penelitian Widyasari & Wiratama (2021) menjelaskan bahwa bioremediasi, teknik remediasi biologis yang menggunakan mikroorganisme, efektif dalam menurunkan toksisitas tanah tercemar dengan cara mengurai polutan berbahaya menjadi senyawa yang lebih aman. Proses bioremediasi dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu biostimulasi dengan penambahan pupuk anorganik, dan bioaugmentasi dengan penambahan mikroorganisme atau enzim, termasuk *eco-enzyme*. *Eco-enzyme*, produk fermentasi limbah organik, berperan penting

dalam bioaugmentasi karena enzim yang dihasilkan, seperti protease, lipase, dan amilase, membantu mengurai polutan seperti logam berat. Penggunaan *eco-enzyme* pada tanah tercemar terbukti meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman, seperti cabai dan lidah buaya, serta memberikan kontribusi dalam menjaga pemulihan tanah secara berkelanjutan.

Menurut Penelitian Purnomo & Dhiningrum (2023) mendapatkan hasil bahwa variasi rasio C/N pada proses pengomposan berpengaruh terhadap degradasi residu pestisida di lahan perkebunan apel. Contohnya, perlakuan dengan rasio C/N 30 yang terdiri dari campuran tanah, kotoran sapi, sisa bahan organik, dan serbuk gergaji berhasil menurunkan residu pestisida hingga 99,3% dalam 28 hari, dibandingkan dengan rasio C/N 35 yang menurunkan 89,7%, dan rasio C/N 40 sebesar 86,2%. Pada rasio C/N 30, aktivitas mikroorganisme yang tinggi, didukung oleh suhu yang mencapai 38°C dan pH yang mendekati netral, mempercepat proses degradasi pestisida karena mikroorganisme mulai menjadikan pestisida sebagai sumber energi dan karbon.

Penelitian Firdaus (2015) menjelaskan bahwa bioremediasi menggunakan bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. efektif dalam menurunkan konsentrasi hidrokarbon total petroleum *hydrocarbons* (TPH) di tanah yang terkontaminasi minyak bumi. Hasilnya, *Pseudomonas* sp. mampu menurunkan TPH hingga kurang dari 1% dalam waktu 3 minggu, sedangkan *Bacillus* sp. memerlukan 4 minggu untuk mencapai hasil yang sama, sesuai dengan standar baku mutu lingkungan. Contoh degradasi terbaik diperoleh dengan campuran kultur bakteri, yang menghasilkan penurunan hidrokarbon lebih cepat dibandingkan dengan penggunaan bakteri tunggal, dimana *Pseudomonas* sp. menunjukkan kemampuan lebih tinggi dalam memanfaatkan berbagai jenis hidrokarbon dibandingkan *Bacillus* sp., yang juga dikenal sebagai penghasil biosurfaktan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan literatur dapat disimpulkan bahwa bahwa rotasi tanaman dan bioremediasi berperan penting dalam memperbaiki kualitas tanah dan lingkungan. Rotasi tanaman selama beberapa tahun dapat meningkatkan struktur tanah, ketersediaan hara, dan bahan organik, serta mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang bermanfaat. Tanaman seperti kacang-kacangan dan pisang memiliki dampak positif pada ketersediaan nutrisi dan struktur tanah. Di sisi lain, bioremediasi menggunakan mikroorganisme, seperti *Pseudomonas* dan *Bacillus*, serta teknik seperti biopile dan *eco-enzyme*, efektif dalam mengurangi kontaminasi polutan berbahaya di tanah, seperti hidrokarbon dan logam berat, sehingga meningkatkan kualitas tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih sehat. Kedua pendekatan ini, baik melalui rotasi tanaman maupun bioremediasi, menawarkan solusi untuk meningkatkan keberlanjutan dan kesehatan lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifudin, Yani, M., & Murtilaksono, K. (2016). Bioremediasi Tanah Berteksyir Klei Tekontaminasi Minyak Bumi: Aplikasi Teknik Biopile Dengan Penambahan Pasir. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 6(1), 13–19.
- Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J. A. A., Baartman, J., Ballabio, C., Bezak, N., Biddoccu, M., Cerdà, A., Chalise, D., Chen, S., Chen, W., De Girolamo, A. M., Gessesse, G. D., Deumlich, D., Diodato, N., Efthimiou, N., Erpul, G., Fiener, P., ... Panagos, P. (2021). Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis. *Science of the Total Environment*, 780. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146494>
- Brevik, E. C., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Pereg, L., Quinton, J. N., Six, J., & Van Oost, K. (2015). The interdisciplinary nature of SOIL. *Soil*, 1(1), 117–129. <https://doi.org/10.5194/soil-1-117-2015>
- Dahmayanti, P., Febriani, W. M., & Lekat, A. (2018). Pengaruh Sistem Pengolahan Tanah dan Pemberian Macam Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jahe Gajah (*Zingiber Officinale Rosc*). *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 2(1), 20–26. <https://doi.org/10.32530/jaast.v2i1.14>
- Dewi, E. R. S., Nurwahayunani, A., Sari, E. L., Nissa, F. K., Septiana, M. A., Andriani, D. R. P., & Azuhro, V. (2024). Teknik Bioremediasi Sekaligus Sebagai Solusi Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Lingkungan%: Literatur Review. *Humaniora, Sosial, Dan Bisnis*, 2(1), 125–126. <https://humanisa.my.id/index.php/hms/article/view/89/133>
- Erviana, A. R., Hadi, M., & Rahadian, R. (2019). Kelimpahan Dan Keragaman Serangga OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) dan Musuh Alaminya pada Tanaman Jagung dan Padi dengan Sistem Rotasi Tanaman Abundance and Diversity of Insect Pests (Plant Disturbing Organisms) and Natural Enemies in Corn and Rice Pla. *Bioma*, 21(1), 2598–2370.
- Firdaus, M. (2015). Pemulihan Tanah Tercemar Minyak Bumi Dengan Teknik Bioremediasi Menggunakan Bacillus Sp. Dan Pseudomonas Sp. *Minyak Dan Gas Bumi*, 49(2), 111–118.
- Garcia, A. D., & Purwanti, I. F. (2022). Kajian Bioaugmentasi pada Air Tanah Tercemar Solar di Kecamatan Gedongtengen, Kota Yogyakarta. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i3.94589>
- Limbong, W. M. M., SABRINA, T., & LUBIS, A. (2017). Perbaikan Beberapa Sifat Fisika Tanah Sawah Ditanami Semangka Melalui Pemberian Bahan Organik. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 5(1), 152–158.
- Mariani, & Wahditiya, A. A. (2019). Pengaruh Pola Tanam Terhadap Tingkat Kesuburan Tanah dan Produktivitas Tanaman Padi (*Oryza sativa L.*). *Jurnal Agrotan*, 5(2), 77–80.
- Napitupulu, S. M., & Mudiantoro, B. (2015). PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR PADA LAHAN GAMBUT Luas Lahan Gambut di Indonesia Pentingnya Pengelolaan Air dan Muka Air Tanah di Lahan Gambut. *Annual Civil Engineering Seminar 2015, 2012*, 978–979.

- Parnianto, H., Hasanah, U., & Widjajanto, D. (2022). *Salin Land Reclamation Using Organic Materials and Washing In Sidondo I Village, Sigi Biromaru District, Sigi Regency*. 10(1), 82–90.
- Ramadhani, W. S., Handayanto, E., Nuraini, Y., & Rahmat, A. (2020). Aplikasi Limbah Cair Nanas Dan Kompos Kotoran Sapi Meningkatkan Populasi Mikroorganisme Pelarut Fosfat Di Ultisol, Lampung Tengah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 9(2), 78. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v9i2.78-84>
- Rosalina, F., & Kahar, M. S. (2018). The Effect of Composting Azolla Compost Fertilizer and Humic Material on CO<sub>2</sub> Gas Production in Sand Land. *Bioscience*, 2(2), 29. <https://doi.org/10.24036/0201822100974-0-00>
- Suprihatin, A., & Amirullah, J. (2020). Pengaruh Pola Rotasi Tanaman terhadap Perbaikan Sifat Tanah Sawah Irigasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12(1), 49. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v12n1.2018.49-57>
- Suprihatin, A., Purwanto, B. H., Hanudin, E., & Nurudin, M. (2021). Effect of cropping rotation patterns on rice productivity in irrigated rice fields. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 752(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/752/1/012002>
- Suseno, A., Purwono, A. Z., Santoso, B., & Herlambang, S. (2018). *Jurnal Tanah dan Air (Soil and Water Journal) KAJIAN SIFAT FISIK A ULTISOL PADA LAHAN BUDIDAYA NENAS DENGAN BERBAGAI POLA ROTASI DI PT. GREAT GIANT PINEAPPLE TERBANGGI BESAR, LAMPUNG (STUDY OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF ULTISOLS ON PINEAPPLE CULTIVATION L. 15(Desember), 73–82.*  
<http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/jta/index>
- Widyasari, N. L., & Wiratama, I. G. N. M. (2021). Studi Teknik Bioremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Dengan Menggunakan Eco-Enzyme. *Jurnal Ecocentrism*, 1(2), 89–95. <https://doi.org/10.36733/jeco.v1i2.2303>
- Yayok Suryo Purnomo, & Gusvia Kusuma Dhiningrum. (2023). Bioremediasi Lahan Tercemar Pestisida dengan Cara Pengomposan di Perkebunan Apel Batu. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(3), 419–429. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i3.1839>