

EFEKTIVITAS ARANG SEKAM PADI SEBAGAI AGEN REMEDIASI TANAH TERCEMAR MIKROPLASTIK PET TERHADAP PRODUKTIVITAS KANGKUNG DARAT (*Ipomoea reptans*)

Muhammad Farruq Khairullah^{*1}, Muhammad Luthfi Abdul Rahman¹, Edi Purnama¹, Muhammad Haikal Hafidz Akbari¹

Universitas Indraprasta PGRI Jakarta.

Jl. Nangka Raya No.58 C, RT.7/RW.5, Tj. Bar., Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12530.
Indonesia

Abstract

Received:

Revised:

Accepted:

Polyethylene Terephthalate (PET) microplastics from plastic bottle waste contaminate agricultural soil, inhibiting plant growth including land kangkung (*Ipomoea reptans*) through disrupted water uptake, nutrient absorption, and soil aeration. This study aimed to evaluate the effectiveness of rice husk biochar as a remediation agent for PET microplastic-contaminated soil on land kangkung vegetative growth. A completely randomized design (CRD) with 2×2 factorial arrangement was employed, featuring microplastic contamination (M₀: 0%; M₁: 5%) and rice husk biochar remediation (S₀: without; S₁: 20%), yielding four treatment combinations (M₀S₀, M₀S₁, M₁S₀, M₁S₁) each replicated three times. Kangkung seeds were planted in polybags, maintained for 15 days with 50 mL daily irrigation, and assessed for stem length, leaf length, and leaf width. Results revealed the stress treatment M₁S₀ yielded the lowest growth (stem 11.9 cm, leaf length 3.4 cm, width 0.9 cm), while positive control M₀S₁ achieved the highest (stem 21.4 cm, leaf length/width 4.8/1.4 cm). Remediation treatment M₁S₁ recovered growth (stem 14.8 cm, leaf length 4.0 cm, width 1.2 cm), confirming rice husk biochar mitigates microplastic effects by improving soil physicochemical properties. Conclusion: Rice husk biochar proves effective as a cost-efficient, eco-friendly remediation strategy for microplastic-polluted soil, enhancing land kangkung productivity.

Keywords: PET microplastics, rice husk biochar, *Ipomoea reptans*, soil remediation, vegetative growth

(*) Corresponding Author: Farruq.mfk@gmail.com. 085695751245

How to Cite: Khairullah, M.F., Rahman, M.L.A., Purnama, E., Akbari, M.H.H. (2025). Efektivitas Arang Sekam Padi Sebagai Agen Remediasi Tanah Tercemar Mikroplastik PET. *SainsMath: Jurnal MIPA Sains Terapan*, 5 (2): 1-9.

PENDAHULUAN

Tumbuhan kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir) ialah tumbuhan yang masuk ke dalam famili *convolvulaceae* yang tumbuh banyak di darat dan merupakan tumbuhan sayuran yang umurnya pendek (Yulianingsih, dalam Gaso et al., 2022). Kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir) ialah salah satu dari tumbuhan hortikultura yang di dalamnya mengandung vitamin A, B, C, protein, kalsium, fosfor, sitosterol dan mineral terutama zat

besi (Gaso et al., 2022). Tumbuhan kangkung tidak memerlukan areal luas dalam pembudidayaannya (Irawati & Salamah, dalam Gaso et al., 2022). Kangkung darat membutuhkan tanah yang subur, gembur, dan kaya akan bahan organik, serta tidak adanya pengaruh keasaman tanah yang dapat meningkatkan kualitas tanah (Hartati, et al., 2021).

Pencemaran merupakan masalah serius yang saat ini dialami oleh berbagai kalangan manusia dalam kehidupan sehari-harinya. Berbagai isu pencemaran tersebar dimana-mana, dari pencemaran udara, air, dan juga tanah. Pencemaran yang dialami oleh tanah salah satunya disebabkan oleh mikroplastik. Mikroplastik sendiri ialah partikel plastik yang ukurannya 1 mm-5 mm (Septiansyah et al., 2025). Mikroplastik bisa berasal dari penanganan sampah plastik yang tidak baik dan dibuang tidak pada tempatnya, sehingga mencemari lingkungan (Campanale et al., dalam Kasim et al., 2025). Salah satu mikroplastik yang paling umum dan banyak digunakan untuk kemasan minuman dan makanan, dll. ialah *Polyethylene Terephthalate* (PET) (Imran, dalam Yulia & Dewata, 2023).

Mikroplastik dapat membuat tumbuhan terhambat dalam melakukan penyerapan air dan nutrisi, yang nantinya dapat merusak hasil tumbuhan tersebut dan kemudian hari merusak rantai makanan yang ada (Ayuningtiyas, dalam Septiansyah et al., 2025). Mikroplastik bisa menyebabkan dampak negatif juga ke manusia jika dikonsumsi manusia secara terus-menerus (Pratiwi, dalam Cahyaningrum & Sari, 2024), bahkan jika dibiarkan terlalu lama bisa menyebabkan kanker (Budiarti, dalam Rahmawati, 2023). Tentunya perlu dilakukan pencegahan dan juga penanggulangan dari apa yang telah terjadi dari pencemaran mikroplastik PET ini, salah satunya ialah dengan perlakuan remediasi oleh arang sekam (*biochar*) terhadap tanah/media tanam.

Arang sekam (*biochar*) merupakan sekam yang telah melalui proses pembakaran yang kurang sempurna dengan menggunakan alat sederhana dan nantinya berwarna hitam atau disebut dengan pirolisis, yang sebelumnya dilakukan penghentian pembakaran kulit gabah sebelum jadi sekam abu dengan cara disiram dengan air atau ditutup (Indah, 2025). Arang sekam mempunyai banyak manfaat atau keunggulan yang digunakan untuk bisa melakukan remediasi atau perbaikan terhadap tanah dengan memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, serta perlindungan tanaman (Gusta, dalam Novianti et al., 2022). Silika (Si) yang terkandung di dalam arang sekam sebanyak 16,98% mampu memperbaiki biologi tanah agar tetap gembur (Novianti et al., 2022).

Pencemaran yang ada tentunya perlu untuk dilakukan remediasi atau perbaikan, khususnya pencemaran tanah yang dapat menghambat pertumbuhan tumbuhan kangkung darat. Berdasarkan pernyataan-pernyataan di atas, ada indikasi kuat bahwa arang sekam bisa dipakai untuk perlakuan remediasi terhadap tanah yang tercemar mikroplastik melalui kelebihan-kelebihan arang sekam yang dimilikinya. Penelitian ini bertujuan mengamati dan menganalisis dampak pencemaran tanah oleh mikroplastik terhadap tumbuhan kangkung darat dan juga membuktikan kemampuan arang sekam sebagai agen remediasi terhadap pencemaran tanah.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial 2×2 , yang terdiri atas dua faktor perlakuan.

Faktor pertama adalah cemaran mikroplastik (M) dengan dua taraf:

- Mo: Tanah tanpa mikroplastik (0%).
- M1: Tanah tercemar mikroplastik 5%.

Faktor kedua adalah remediasi arang sekam (S) dengan dua taraf:

- So: Tanpa penambahan arang sekam.

- S₁: Dengan penambahan arang sekam 20%.

Dari kombinasi perlakuan yang dilakukan, maka bisa dibentuk 4 kelompok percobaan seperti dalam tabel berikut:

Tabel 1 Kombinasi Perlakuan Empat Kelompok Percobaan

Kode Perlakuan	Komposisi Media	Keterangan
M ₀ S ₀	Tanah murni	Kontrol negatif
M ₀ S ₁	Tanah + arang sekam	Kontrol positif
M ₁ S ₀	Tanah + mikroplastik	Perlakuan stres
M ₁ S ₁	Tanah + mikroplastik + arang sekam	Perlakuan remediasi

Pengamatan yang mencakup pengukuran panjang batang, panjang daun, dan lebar daun terhadap tanaman kangkung dilakukan selama 14 hari $\pm$.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi:

1. Benih kangkung darat (*Ipomoea reptans*).
2. Limbah botol plastik jenis Polyethylene Terephthalate (PET) yang dicacah menjadi partikel < 5 mm sebagai sumber cemaran mikroplastik.
3. Arang sekam padi yang berfungsi sebagai bahan remediasi dan penyubur tanah. Arang sekam padi yang dipakai ialah arang sekam yang dibeli langsung di toko *online*.
4. Tanah sebagai media tanam.
5. Air bersih untuk penyiraman.

Alat yang digunakan meliputi:

1. Empat *polybag* kecil atau gelas plastik berkapasitas 250–300 g media.
2. Timbangan digital.
3. Penggaris.
4. Gunting atau parutan untuk mencacah plastik.

Prosedur Penelitian

1. Persiapan benih. Benih kangkung direndam dalam air hangat selama $\pm 2-3$ jam untuk memecahkan dormansi dan mempercepat perkecambahan. Benih yang mengapung dibuang, sedangkan benih yang tenggelam digunakan dalam percobaan.
2. Persiapan media tanam. Media disiapkan sesuai kombinasi perlakuan dengan penambahan mikroplastik (5%) dan/atau arang sekam (20%) berdasarkan bobot tanah kering. Setelah homogen, media dimasukkan ke dalam *polybag* atau gelas plastik.
3. Penanaman. Lima benih ditanam pada setiap satuan percobaan dengan jarak tanam yang cukup untuk menghindari kompetisi nutrisi. Setelah 5–7 hari, dilakukan penjarangan sehingga tersisa tiga tanaman sehat per wadah.
4. Pemeliharaan. Penyiraman dilakukan setiap pagi menggunakan 50 mL air per wadah. Tidak dilakukan pemupukan tambahan untuk menjaga homogenitas kondisi tumbuh.
5. Pengamatan Pertumbuhan. Pengukuran dilakukan setiap beberapa hari hingga hari ke-15 setelah tanam, meliputi:
 - Panjang batang (cm),
 - Panjang daun (cm),
 - Lebar daun (cm).

HASIL & PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 2 Hasil Eksperimen 4 Perlakuan Selama 14 Hari

Perlakuan Tanam	Pertumbuhan	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14
Tanah	Panjang Batang (cm)	0	1,5	3	4	6	7,5	8,3	10	11,3	12,8	13,4	14,2	15,6	18,2
	Panjang Daun (cm)	0	0	2	3	3,5	3,7	4	4	4,2	4,4	4,4	4,6	4,6	4,8
	Lebar Daun (cm)	0	0	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
Tanah + Sekam	Panjang Batang (cm)	0	2	4	6	7	8	11	13	14,6	16	17,5	18	19,3	21,4
	Panjang Daun (cm)	0	0,5	2,5	3	3,2	3,5	3,7	4	4,1	4,3	4,5	4,6	4,7	4,8
	Lebar Daun (cm)	0	0,2	0,4	0,4	0,5	0,7	0,7	1	1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
Tanah Mikroplastik	Panjang Batang (cm)	0	0,5	1,5	4	4,5	5,3	6	7,5	8,2	9,3	10	10,6	11,2	11,9
	Panjang Daun (cm)	0	0	0,4	2	2,2	2,5	2,8	3	3	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4
	Lebar Daun (cm)	0	0	0	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9
Tanah + Sekam + Mikroplastik	Panjang Batang (cm)	0	1	1,5	5	6	7,6	8	8,2	9	10,1	11,3	12,7	13,2	14,8
	Panjang Daun (cm)	0	0	0,5	2	2,5	3	3,4	3,5	3,7	3,8	3,8	3,9	4	4
	Lebar Daun (cm)	0	0	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1	1,1	1,2

Berdasarkan hasil pengamatan 14 hari pada tanaman kangkung darat, maka diperoleh hasil akhir terhadap 4 perlakuan tanam, yaitu:

1. Perlakuan Tanah Murni (M0S0):
 - Panjang Batang (cm) : 18,2 cm
 - Panjang Daun (cm): 4,8 cm
 - Lebar Daun (cm): 1,4 cm
2. Perlakuan Tanah + Sekam (M0S1):
 - Panjang Batang (cm) : 21,4 cm
 - Panjang Daun (cm): 4,8 cm
 - Lebar Daun (cm): 1,4 cm
3. Perlakuan Tanah + Mikroplastik (M1S0):
 - Panjang Batang (cm) : 11,9 cm
 - Panjang Daun (cm): 3,4 cm
 - Lebar Daun (cm): 0,9 cm
4. Perlakuan Tanah + Mikroplastik + Arang Sekam (M1S1):
 - Panjang Batang (cm) : 14,8 cm
 - Panjang Daun (cm): 4,0 cm
 - Lebar Daun (cm): 1,2 cm



Gambar 1. Pemilihan Benih yang bagus dengan direndam, penyiapan alat dan bahan yang mencakup: plastik polybag tanaman, tanah, arang sekam, mikroplastik ukuran < 5 mm. Penyiapan media tanam yang terdiri dari tanah murni, tanah + arang sekam + mikroplastik, tanah + mikroplastik, tanah + arang sekam.



Gambar 2. Dokumentasi morfologi tanaman kangkung hari ke-2 (urutan kiri ke kanan): Kontrol negatif (M0S0)/tanah murni, kontrol positif (M0S1)/tanah + arang sekam, perlakuan stres (M1S0)/tanah + mikroplastik, perlakuan remediasi (M1S1)/tanah + mikroplastik + arang sekam.

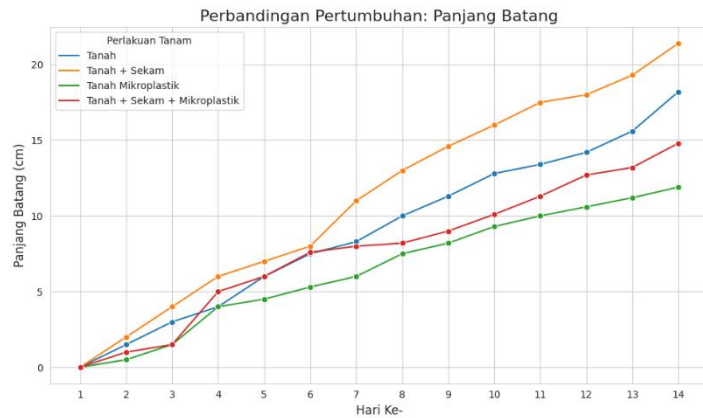


Gambar 3. Dokumentasi morfologi tanaman kangkung hari ke-7 (urutan kiri ke kanan): Kontrol negatif (M0S0)/tanah murni, kontrol positif (M0S1)/tanah + arang sekam, perlakuan stres (M1S0)/tanah + mikroplastik, perlakuan remediasi (M1S1)/tanah + mikroplastik + arang sekam.



Gambar 4. Dokumentasi morfologi tanaman kangkung pada hari ke-15 (pasca-perlakuan 14 hari, urutan kiri ke kanan): Kontrol negatif (M0S0)/tanah murni, kontrol positif (M0S1)/tanah + arang sekam, perlakuan stres (M1S0)/tanah + mikroplastik, perlakuan remediasi (M1S1)/tanah + mikroplastik + arang sekam.

Pembahasan

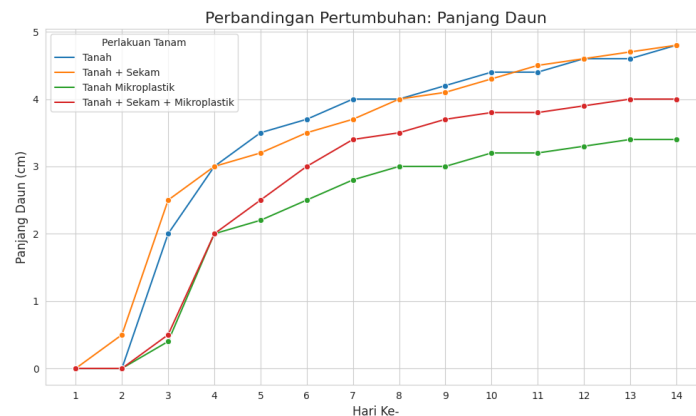


Gambar 5. Grafik Perbandingan Pertumbuhan Panjang Batang.

Grafik perbandingan pertumbuhan tinggi tanaman memperlihatkan bahwa adanya perbedaan yang cukup signifikan dari setiap perlakuan. Tumbuhan dengan media tanah + sekam (M0S1) memperlihatkan laju pertumbuhan yang cukup vertikal dibandingkan yang lain, dengan mencapai ketinggian di hari ke-14 setinggi 21,4 cm. Pemberian arang sekam terbukti memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tinggi kangkung darat yang tentunya karena kemampuannya untuk remediasi sifat fisik tanah, sesuai dengan penelitian yang dilakukan Gaso et al. (2022).

Akan tetapi, tumbuhan dengan media tanah + mikroplastik (M1S0) mengalami hambatan pertumbuhan yang terlihat jelas (kerdil), dengan tinggi yang hanya mencapai 11,9 cm di hari ke-14. Kondisi ini disebabkan adanya gangguan pada media tanam yang diperoleh dari adanya mikroplastik dalam tanah yang membuat terhambatnya infiltrasi air dan pengurangan proses aerasi yang dibutuhkan akar, sehingga tumbuhan sulit menyerap nutrisi yang diperlukan pembelahan sel (Septiansyah et al., 2025).

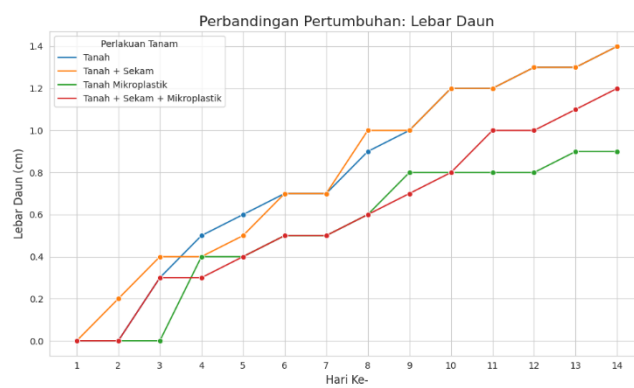
Maka dari itu, perlakuan remediasi diperlukan untuk memperbaiki keadaan sulit tersebut, dan terbukti melalui perlakuan remediasi (M1S1) yang dilakukan bahwa perbaikan pertumbuhannya berbeda dengan sebelumnya, yang mencapai tinggi 14,8 cm. Ini membuktikan bahwa arang sekam dapat berperan sebagai penggembur tanah yang awalnya ada pemadatan tanah disebabkan mikroplastik (Novianti et al., 2022).



Gambar 6. Grafik Perbandingan Pertumbuhan Panjang Daun.

Grafik perbandingan pertumbuhan panjang daun memperlihatkan hasil dengan pola yang sesuai dengan tinggi tanaman (batang). Perlakuan dengan media tanah + sekam menunjukkan daun terpanjang 4,8 cm di hari ke-14, sedangkan dengan media tanah + mikroplastik hanya menunjukkan daun terpanjang 3 cm saja di hari ke-14. Daun yang terhambat pertumbuhannya dikarenakan ada mikroplastik sebagai penghalang penyerapan air dan nutrisi yang tentunya merusak hasil pertumbuhan vegetatif pada tumbuhan (Ayuningtiyas dalam Septiansyah et al., 2025).

Perlakuan remediasi dengan penambahan arang sekam tentunya menunjukkan perbedaan yang signifikan dan menunjukkan adanya pemulihan. Kangkung darat dalam pertumbuhannya tentu membutuhkan tanah yang gembur dan kaya bahan organik yang digunakan untuk kemudahan penyerapan air dari akar menuju seluruh bagian tumbuhan yang dengan itu menunjang pertumbuhan daun yang optimal (Hartati et al., 2021).



Gambar 7. Grafik Perbandingan Pertumbuhan Lebar Daun.

Grafik yang ada di atas menunjukkan parameter perbandingan pertumbuhan lebar daun kangkung. Perlakuan dengan media tanah + sekam mempunyai daun dengan lebar di hari ke-14 sebesar 1,4 cm. Berbeda dengan perlakuan media tanah + mikroplastik yang hanya bisa sampai 0,9 cm. Mikroplastik PET mempunyai polutan persisten yang sulit terurai dan menjadi pengganggu keseimbangan ekosistem tanah atau menyebabkan cekaman lingkungan (Yulia dan Dewata, 2023). Gangguan tersebutlah yang menyebabkan pengurangan lebar permukaan daun.

Aplikasi arang sekam sebagai agen remediasi terbukti membantu dalam perbaikan sifat kimia dan biologi tanah serta memberikan dukungan nutrisi esensial yang diperlukan tumbuhan untuk melakukan pengembangan lebar daun (Gusta, dalam Novianti et al., 2022). Hal tersebut dapat dilihat dari perlakuan dengan media tanah + mikroplastik + arang sekam yang menunjukkan lebar daun di hari ke-14 ialah 1,2 cm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai efektivitas arang sekam padi sebagai agen remediasi tanah tercemar mikroplastik PET terhadap produktivitas tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans*), maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pencemaran tanah oleh mikroplastik PET terbukti memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan kangkung darat, yang ditunjukkan oleh penurunan signifikan pada parameter panjang batang, panjang daun, dan lebar daun. Perlakuan tanah tercemar mikroplastik (M1S0) menghasilkan pertumbuhan paling

rendah dibandingkan perlakuan lainnya, yang mengindikasikan bahwa keberadaan mikroplastik menghambat penyerapan air, aerasi tanah, serta ketersediaan unsur hara bagi tanaman.

2. Pemberian arang sekam padi pada media tanah bersih (M0S1) mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif kangkung darat secara optimal, terutama pada parameter panjang batang. Hal ini menunjukkan bahwa arang sekam berperan dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, meningkatkan porositas, serta mendukung ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan.
3. Aplikasi arang sekam padi pada tanah yang tercemar mikroplastik PET (M1S1) menunjukkan kemampuan remediasi yang nyata, ditandai dengan peningkatan pertumbuhan tanaman dibandingkan perlakuan tanah tercemar tanpa remediasi. Meskipun hasilnya belum menyamai pertumbuhan pada tanah tanpa cemaran, penambahan arang sekam terbukti mampu mengurangi dampak stres lingkungan akibat mikroplastik.
4. Arang sekam padi dapat direkomendasikan sebagai agen remediasi sederhana, ramah lingkungan, dan berbasis limbah pertanian, yang efektif untuk memperbaiki kualitas tanah tercemar mikroplastik PET serta mendukung produktivitas tanaman hortikultura berumur pendek seperti kangkung darat.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penelitian lanjutan disarankan untuk menggunakan variasi dosis arang sekam yang lebih beragam guna mengetahui dosis optimum dalam meremediasi tanah tercemar mikroplastik PET secara maksimal.
2. Perlu dilakukan pengamatan dalam jangka waktu yang lebih panjang, hingga fase panen, agar dapat diketahui pengaruh remediasi arang sekam terhadap hasil biomassa dan kualitas konsumsi tanaman kangkung darat.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengombinasikan arang sekam dengan agen remediasi lain, seperti pupuk organik atau mikroorganisme tanah, untuk meningkatkan efektivitas pemulihan tanah tercemar mikroplastik.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar penerapan teknologi remediasi sederhana di tingkat pertanian dan rumah tangga, khususnya pada lahan yang berpotensi tercemar limbah plastik, guna mendukung pertanian berkelanjutan dan keamanan pangan.

REFERENSI

- Cahyaningrum, P. S., & Sari, G. L. (2024). Identifikasi kelimpahan mikroplastik pada air tanah di Kabupaten Karawang, Indonesia. *INFOMATEK: Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi*, **26**(2), 175–182.
- Gaso, M. T., Bare, Y., Bunga, Y. N., & Putra, S. H. J. (2022). Respon pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir) setelah pemberian arang sekam padi. *Spizaetus: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, **3**(2), 1–9.
- Hartati, H., Azmin, N., Emi, C., Bakhtiar, B., Nasir, M., Fahrudin, F., & Andang, A. (2021). Pengaruh penambahan arang sekam terhadap pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans*). *Oryza: Jurnal Pendidikan Biologi*, **10**(1), 1–7.

- Indah, K. (2025, 19 Februari). *Arang sekam: Limbah pertanian yang kaya manfaat untuk tanah dan tanaman*. Mitra Bertani. <https://mitrabertani.com/artikel/detail/Arang-Sekam-Limbah-Pertanian-yang-Kaya-Manfaat-untuk-Tanah-dan-Tanaman>
- Kasim, S., Fitrah, M. A., Zulaeka, P., & Basir. (2025). Penilaian Risiko Kesehatan Paparan Mikroplastik Polyethylene Terephthalate Pada Air Minum Isi Ulang. *Buletin Keslingmas*, 44(2), 129–141. <https://doi.org/10.31983/keslingmas.v44i2.13001>
- Novianti, T., Mustamu, N. E., Walida, H., & Harahap, F. S. (2022). Pengaruh komposisi media tanam arang sekam padi terhadap pertumbuhan dan produksi jagung pulut (*Zea mays ceratina* L.). *Jurnal Mahasiswa Agroteknologi (JMATEK)*, 3(1).
- Rahmawati, A. (2023, 14 Juni). *Mikroplastik: Wujudnya tak nampak dan dampaknya tak terduga*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. <https://ayosehat.kemkes.go.id/mikroplastik--wujudnya-tak-nampak-dan-dampaknya-tak-terduga>
- Septiansyah, D. V., Sari, G. L., & Amanah, N. (2025). Identifikasi kelimpahan dan karakteristik fisik mikroplastik pada lahan sawah di sekitar tempat pemrosesan akhir sampah Jalupang Kabupaten Karawang. *Journal of Authentic Research*, 4(1), 402–411.
- Yulia, P., & Dewata, I. (2023). Optimasi suhu pemanasan pada metode ekstraksi dengan *wet peroxide oxidation* (WPO) untuk identifikasi mikroplastik jenis polyethylene terephthalate (PET). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 23719–23727