

Pengaruh penambahan biochar limbah kulit pisang cavendish (*Musa acuminata*) terhadap laju pertumbuhan tanaman pisang Raja Bagus di Dinas Pertanian dan Pangan Kota Yogyakarta

Salima Aliifa Marwaa^{1*}, Nosa Septiana Anindita¹, Arif Bimantara¹, Wiwid Winarno²

¹Program studi Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Aisyiyah Yogyakarta

²Dinas Pertanian dan Pangan Kota Yogyakarta

*Email: salimamarwaa@gmail.com

Abstrak

Penumpukan limbah kulit pisang cavendish di lingkungan Dinas Pertanian dan Pangan Kota Yogyakarta sangat berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Salah satu upaya pemanfaatan limbah tersebut dengan mengolahnya menjadi biochar yang dapat digunakan sebagai pembenah tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan biochar limbah kulit pisang Cavendish terhadap laju pertumbuhan tanaman pisang Raja Bagus. Penelitian ini dilaksanakan selama 15 hari dengan empat kali perlakuan, yaitu kontrol tanpa biochar (P0) serta penambahan sebesar 5% (P1), 10% (P2), dan 15% (P3) dari berat media tanam. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman dan panjang daun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh perlakuan mengalami peningkatan pertumbuhan, namun perlakuan P2 memberikan hasil paling optimal dengan kenaikan tinggi tanaman dan panjang daun tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Penambahan biochar pada konsentrasi optimal mampu memperbaiki kondisi media tanam sehingga meningkatkan ketersediaan air dan unsur hara bagi tanaman. Dengan demikian, biochar limbah kulit pisang cavendish berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah untuk mendukung pertumbuhan awal tanaman pisang Raja Bagus sebagai solusi pengolahan limbah organik berkelanjutan.

Kata Kunci: biochar; limbah kulit pisang cavendish; laju pertumbuhan; pisang raja bagus

The effect of adding biochar from cavendish banana peel waste (*Musa acuminata*) on the growth rate of Raja Bagus banana plants at Dinas Pertanian dan Pangan Kota Yogyakarta

Abstract

The accumulation of cavendish banana peel waste in the environment of the Yogyakarta City Agriculture and Food Service has the potential to cause environmental problems if not managed properly. One effort to utilize this waste is by processing it into biochar, which can be used as a soil conditioner. This study aims to analyze the effect of adding Cavendish banana peel biochar on the growth rate of Raja Bagus banana plants. The study was conducted over 15 days with four treatments, namely a control without biochar (P0) and additions of 5% (P1), 10% (P2), and 15% (P3) of the weight of the planting medium. The parameters observed included plant height and leaf length. The results showed that all treatments experienced increased growth, but treatment P2 provided the most optimal results with the highest increase in plant height and leaf length compared to the other treatments. The addition of biochar at the optimal concentration improved the growing medium conditions, thereby increasing water and nutrient availability for the plants. Thus, cavendish banana peel waste biochar has the potential to be used as a soil conditioner to support the early growth of Raja Bagus banana plants as a sustainable organic waste management solution.

Keywords: biochar; cavendish banana peel waste; growth rate; raja bagus banana

1. Pendahuluan

Pisang cavendish merupakan salah satu kultivar pisang yang komersial di dunia (Jamaludin *et al.* 2018). Tanaman pisang cavendish (*Musa acuminata*) termasuk Famili Musaceae yang berasal dari Asia Tenggara (Linda, 2018). Pisang cavendish juga merupakan salah satu tanaman pangan hortikultura yang banyak di budidayakan di Indonesia. Pisang termasuk komoditas buah-buahan prioritas di Indonesia (Belit *et al.*, 2020). Komoditas bahan pangan merupakan hal yang sangat penting untuk pemenuhan kebutuhan pokok manusia (Farid *et al.*, 2018).

Limbah kulit pisang merupakan salah satu jenis sampah organik yang jumlahnya cukup melimpah (Jamaludin *et al.*, 2018), khususnya pada lokasi yang memiliki aktivitas konsumsi buah pisang yang tinggi. Salah satu lokasi yang berpotensi menghasilkan limbah kulit pisang dalam jumlah cukup besar adalah instansi pelayanan publik yang sering menerima kunjungan masyarakat, seperti Dinas Pertanian dan Pangan Kota Yogyakarta. Berdasarkan laporan saat kunjungan tersebut, DPP sering menerima tamu dari berbagai daerah dan menyediakan atau menjual buah pisang untuk dikonsumsi. Kegiatan kunjungan di Dinas Pertanian dan Pangan Kota Yogyakarta dilaksanakan secara rutin setiap hari Selasa dan Kamis. Setiap kegiatan kunjungan diikuti oleh sekitar 100–200 peserta yang seluruhnya tercatat dalam Sistem Informasi Pelayanan Umum dan Administrasi (SIPUA). Dalam setiap kegiatan kunjungan tersebut, masing-masing peserta umumnya memperoleh satu buah pisang untuk dikonsumsi. Namun, meningkatnya konsumen sehingga pisang ini tidak diimbangi dengan pengolahan limbah kulit pisang yang memadai. Hingga saat ini limbah kulit pisang tersebut belum pernah mendapatkan penanganan khusus dari dinas pertanian, sehingga hanya dibuang begitu saja dan menumpuk menjadi sampah.

Penumpukan limbah kulit pisang yang terus terjadi dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti bau tidak sedap, menurunnya estetika lingkungan, serta pencemaran apabila dibiarkan terlalu lama dalam waktu yang sangat panjang. Padahal kulit pisang memiliki kandungan bahan organik dan unsur hara yang berpotensi untuk dimanfaatkan kembali. Kurangnya pemanfaatan limbah ini menunjukkan masih adanya celah dalam pengelolaan sampah organik yang berkelanjutan di lingkungan dinas pertanian.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu inovasi untuk mengolah limbah kulit pisang agar memiliki nilai guna dan nilai tambah. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah mengolah limbah kulit pisang menjadi biochar. Biochar adalah padatan kaya karbon yang dihasilkan dari pirolisis biomassa seperti kayu, serasah, pupuk kandang, dan limbah lainnya di bawah suhu tinggi dan kondisi oksigen rendah yang digunakan untuk aplikasi pertanian sebagai bahan pembenah tanah (Evizal & Prasmatiwi., 2023). Dengan mengolah limbah kulit pisang menjadi biochar diharapkan dapat menjadi solusi atas permasalahan penumpukan sampah organik.

Mautuka *et al.* (2022) juga menjelaskan bahwa biochar adalah salah satu metode untuk memperbaiki struktur dan kualitas tanah yang telah terbukti efektif pada penelitian terdahulu. Penggunaan biochar sebagai alternatif pembenah tanah yang berasal dari limbah pertanian yang sulit terurai diharapkan dapat membantu memulihkan lahan kering yang mengalami degradasi (Widowati *et al.*, 2025). Istilah biochar lebih tepat daripada arang pertanian karena biochar mencakup aplikasi arang untuk pertanian maupun isu yang lebih luas seperti rehabilitasi dan restorasi lahan, sequestrasi karbon dan mitigasi perubahan iklim. Istilah biochar juga menekankan asal biologis, yang membedakannya dari bahan non-biologis seperti plastik dan dari bahan fosil. Istilah "*black carbon*" merupakan istilah yang jauh lebih luas yaitu termasuk semua residu kaya C menggunakan proses api atau panas. Bahan bakar fosil seperti batubara, gas dan bensin, serta biomassa, dapat menghasilkan black carbon (Lehmann & Joseph, 2015 dalam Evizal, 2023).

Biochar, bahan hasil pirolisis dari biomassa, telah mendapatkan perhatian sebagai tambahan berharga dalam proses pembuatan kompos (Nisak & Slamet, 2019). Biochar merupakan karbon aktif yang dibuat dari biomassa hasil pertanian dan dapat diaplikasikan pada tanah dan tanaman untuk membenahi struktur tanah. Temperatur pirolisis yang rendah (300°C) memberikan hasil karbon yang rendah (49-70%) sedangkan pada temperatur tinggi (600°C) memberikan hasil karbon mencapai 85-93% (Evizal & Prasmatiwi., 2023). Biochar umumnya dipirolisis pada kisaran suhu <700°C (Wedayani *et al.*, 2024).

Bahan baku dalam pembuatan biochar yakni berupa limbah organik yang dapat diolah menjadi karbon. Penggunaan limbah pisang cavendish dapat menjadi suatu alternatif bahan baku pembuatan biochar dikarenakan adanya kandungan senyawa selulosa dan lignin pada limbah pisang yang berpotensi menghasilkan karbon (Nirmala *et al.*, 2017). Kandungan selulosa pada bahan yang kemudian termolisis menghasilkan arang yang berpori dapat menyerap kation logam berat sehingga kadar logam berat pada tanah menjadi berkurang dan penyerapan hara menjadi maksimal (Wedayani *et al.*, 2024). Proses termolisis menyebabkan selulosa terurai dan membentuk arang berstruktur berpori dengan luas permukaan yang tinggi. Struktur pori tersebut mampu mengadsorpsi kation logam berat di dalam tanah, sehingga menurunkan kadar logam berat dan menciptakan kondisi tanah yang lebih baik bagi

ketersediaan serta penyerapan unsur hara oleh tanaman. Proses termolisis terjadi melalui proses di mana suatu bahan, seperti biomassa, dipanaskan dengan cepat ke suhu tinggi tanpa adanya oksigen (Helmy *et al.*, 2020). Rahmasari *et al.* (2021) dalam penelitiannya menggunakan biochar kulit pisang sebagai absorben penyerap logam berat pada sumur, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Simangunsong *et al.* (2017) menggunakan arang aktif dari kulit pisang untuk meningkatkan kualitas air. Biochar kemudian diaplikasikan pada tanaman pisang varietas Raja Bagus dengan tujuan memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, seperti meningkatkan porositas, kapasitas menahan air, serta ketersediaan unsur hara.

Pisang Raja Bagus merupakan varietas pisang unggulan Kota Yogyakarta dan merupakan koleksi tanaman Keraton, namun karena lahan yang ada di dalam Keraton dipergunakan untuk keperluan lain, maka pisang tersebut dikembangkan di luar Keraton yaitu di Kebun Plasma Nutfah Pisang Yogyakarta di bawah Dinas Pertanian Kota Yogyakarta. Tanaman pisang raja bagus mempunyai keunggulan pertumbuhan yang lebih cepat, tanamannya tidak terlalu tinggi, pohon besar, berbunga lebih cepat dibandingkan pisang raja lainnya, pembungaan terjadi setelah berumur 8 bulan, tangkai tandan pendek, bunga besar, jumlah sisir 8 sampai 12 sisir per tandan. Buah pisang raja bagus merupakan pisang raja termanis diantara pisang raja jenis lainnya (Srilestari & Sasmita, 2015).

Penerapan metode ini tidak hanya memberikan manfaat praktis dalam pengelolaan limbah, tetapi juga memiliki dampak positif pada masyarakat dan lingkungan (Widowati *et al.*, 2025). Melalui kegiatan ini, diharapkan masyarakat akan lebih mengenali dan memanfaatkan potensi limbah organik, serta berperan aktif dalam menjaga keseimbangan lingkungan terutama terhadap kualitas tanah dan pertumbuhan tanaman pisang

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh penambahan biochar limbah kulit pisang cavendish terhadap laju pertumbuhan tanaman pisang Raja Bagus. Penelitian ini dilaksanakan di Dinas Pertanian dan Pangan Kota Yogyakarta pada bulan Desember 2025 dengan objek penelitian berupa bibit pisang Raja Bagus yang memiliki umur dan kondisi awal relative seragam. Perlakuan yang diberikan terdiri atas empat perlakuan, yaitu kontrol tanpa biochar (P0) serta penambahan biochar sebesar 5% (P1), 10% (P2), dan 15% (P3) dari berat media tanam. Media tanam yang digunakan merupakan campuran tanah subur, pasir, dan sekam padi dengan perbandingan 1 : 1 : 1 dan berat total 500 gram per perlakuan.

Biochar dibuat melalui proses pirolisis limbah kulit pisang cavendish menggunakan wadah logam dengan pembatasan oksigen, kemudian dihaluskan hingga berbentuk bubuk. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman dan panjang daun yang diukur setiap tiga hari sekali selama 15 hari. Data dikumpulkan melalui pengamatan langsung dan dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung kenaikan dan laju pertumbuhan tanaman pada setiap perlakuan. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan dibandingkan antar perlakuan untuk mengetahui pengaruh penambahan biochar terhadap pertumbuhan tanaman pisang Raja Bagus.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan pertumbuhan bibit pisang Raja Bagus selama 15 hari pada Tabel 3. dan Tabel 4., seluruh perlakuan menunjukkan adanya peningkatan tinggi tanaman dan panjang daun. Hal ini menandakan bahwa media tanam yang digunakan pada setiap perlakuan mampu mendukung pertumbuhan bibit pisang secara normal. Santos *et al.* (2018) menjelaskan bahwa pertumbuhan vegetatif tanaman pisang, seperti tinggi tanaman dan jumlah daun, sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air, unsur hara, serta aerasi media tanam. Kondisi media tanam yang mampu menyediakan air dan nutrisi secara optimal akan mendukung peningkatan pertumbuhan daun dan tanaman pisang.

3.1. Tinggi Tanaman

Berdasarkan Tabel 1. seluruh bibit pisang Raja Bagus pada setiap perlakuan menunjukkan peningkatan tinggi tanaman yang bertahap. Hal ini menandakan bahwa media tanam yang digunakan mampu mendukung pertumbuhan bibit dengan baik.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman dan Laju Pertumbuhan

Perlakuan	Tinggi Awal (cm)	Tinggi Hari ke-15 (cm)	Kenaikan Tinggi (cm)	Laju Pertumbuhan (cm/3 hari)
P0	18,0	27,0	9,0	1,8
P1	15,0	23,5	8,5	1,7
P2	16,5	28,0	11,5	2,3
P3	17,2	27,2	10,0	2,0

Hasil perhitungan rata-rata perlakuan kontrol (P0) menunjukkan kenaikan tinggi tanaman sebesar 9 cm dengan laju pertumbuhan 1,8 cm per interval pengamatan, yang menunjukkan bahwa media dasar berupa campuran tanah subur, pasir dan sekam padi telah menyediakan unsur hara yang cukup bagi pertumbuhan awal bibit pisang. Perlakuan P1 menunjukkan kenaikan tinggi tanaman yang sedikit lebih rendah dibandingkan P0 yaitu sebesar 8,5 cm dengan laju pertumbuhan 1,7 cm per interval. Menurut Wenedi *et al.*, (2025), hal ini disebabkan karena umur tanaman yang masih mengalami masa awal pertumbuhan dan biochar pada konsentrasi rendah masih berada pada tahap adaptasi di dalam media tanam sehingga belum memberikan pengaruh optimal terhadap pertumbuhan tanaman. Biochar pada fase awal dapat menyerap unsur hara dan air, sehingga ketersediaan hara bagi tanaman belum sepenuhnya maksimal. Kondisi ini menyebabkan pertumbuhan P1 sedikit tertinggal dibandingkan perlakuan kontrol.

Perlakuan P2 menunjukkan hasil pertumbuhan terbaik dengan kenaikan tinggi tanaman tertinggi yaitu 11,5 cm, laju pertumbuhan sebesar 2,3 cm, serta peningkatan panjang daun dan jumlah daun yang paling tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi biochar pada P2 merupakan dosis optimal yang mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia media tanam (Agegnehu *et al.*, 2017). Hal ini sejalan dengan temuan penelitian Frimpong *et al.* (2025), yang menjelaskan bahwa perlakuan biochar pada tingkat tertentu menghasilkan peningkatan tinggi tanaman paling tinggi dibanding kontrol, yang disebabkan oleh perbaikan kondisi media seperti aerasi dan ketersediaan nutrisi. Demikian juga pada studi yang dilakukan oleh Niu *et al.* (2024), ditemukan bahwa penambahan biochar menyebabkan pertumbuhan tinggi tanaman meningkat dibanding tanpa biochar, meskipun terlalu banyak biochar bisa mulai menurunkan efek positifnya.

Sementara itu, perlakuan P3 masih menunjukkan peningkatan pertumbuhan yang baik, namun tidak seoptimal P2. Menurut Agegnehu *et al.* (2017), hal ini diduga karena konsentrasi biochar yang lebih tinggi mulai menyebabkan kejenuhan media, sehingga efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman menjadi berkurang. Apriani *et al.*, (2016) menjelaskan bahwa perbedaan tinggi tanaman awal antar bibit pisang meskipun berasal dari induk yang sama dan memiliki umur yang sama dapat disebabkan oleh beberapa faktor fisiologis dan teknis. Menurut Tantawi & Aziz. (2023), bibit pisang khususnya hasil kultur jaringan atau pemisahan anakan, tetap memiliki variasi vigor awal yang dipengaruhi oleh kondisi tunas saat aklimatisasi, ukuran awal sistem perakaran, serta kemampuan adaptasi bibit terhadap lingkungan baru. Selain itu, Lingga *et al.* (2025) menjelaskan perbedaan mikro-lingkungan seperti intensitas cahaya, kelembapan media, dan distribusi air pada saat awal penanaman juga dapat memengaruhi laju pertumbuhan awal tanaman.

Faktor lain yang turut berperan adalah kondisi internal bibit pisang Raja Bagus, seperti cadangan makanan dan aktivitas metabolisme awal, yang meskipun tidak terlihat secara visual, dapat menyebabkan respon pertumbuhan yang berbeda (Romadon., 2022). Oleh karena itu, variasi tinggi tanaman awal masih dapat terjadi dan tergolong normal dalam percobaan pertumbuhan tanaman, selama selisihnya tidak terlalu ekstrem dan seluruh bibit menunjukkan pertumbuhan lanjutan yang normal.

3.2. Panjang Daun

Hasil pengamatan panjang daun selama 15 hari (Tabel 2) menunjukkan bahwa seluruh perlakuan mengalami penambahan panjang daun secara bertahap. Perlakuan kontrol (P0) masih menunjukkan pertumbuhan panjang daun yang baik, menandakan bahwa media tanam tanpa penambahan biochar tetap mampu menunjang perkembangan daun bibit pisang pada fase awal pertumbuhan. Perlakuan P1 menunjukkan penambahan panjang daun yang lebih rendah dibandingkan P0. Menurut Wenedi *et al.*, (2025), hal ini diduga karena umur tanaman yang masih mengalami masa awal pertumbuhan dan pada konsentrasi biochar yang relatif rendah, biochar masih berada pada tahap adaptasi di dalam media tanam

sehingga belum memberikan pengaruh optimal terhadap ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Kondisi ini menyebabkan pertumbuhan P1 sedikit tertinggal dibandingkan perlakuan control.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Daun

Perlakuan	Panjang Daun Awal (cm)	Panjang Daun Akhir (cm)	Diameter Daun (cm)
P0	16,0	25,8	9,8
P1	13,5	22,8	9,3
P2	14,5	27,0	12,5
P3	15,2	26,0	10,8

Perlakuan P2 kembali menunjukkan hasil terbaik dengan pertambahan panjang daun paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa biochar pada konsentrasi optimal mampu meningkatkan ketersediaan air dan unsur hara yang dibutuhkan untuk pembentukan dan perkembangan daun. Hal ini sesuai pada penelitian yang dilakukan oleh Nasarrudin *et al.* (2023), terhadap tanaman cengkeh, dosis biochar yang lebih tinggi memberikan efek positif pada pertambahan jumlah dan luas daun, yang menunjukkan bahwa biochar membantu pertumbuhan daun pada tanaman.

Sementara itu, perlakuan P3 masih menunjukkan peningkatan panjang daun yang cukup baik, namun nilainya lebih rendah dibandingkan perlakuan P2. Hal ini diduga karena konsentrasi biochar yang lebih tinggi mulai menyebabkan kejenuhan media tanam, sehingga penyerapan unsur hara oleh tanaman menjadi kurang efisien. Kondisi media yang terlalu jenuh dapat menghambat keseimbangan air dan udara di dalam media tanam, sehingga pertumbuhan daun tidak berlangsung secara optimal (Lestari *et al.*, 2022).

4. Kesimpulan

Perlakuan dengan penambahan biochar pada konsentrasi 10% (P2) menunjukkan hasil pertumbuhan paling optimal dibandingkan perlakuan lainnya, yang ditunjukkan oleh kenaikan tinggi tanaman tertinggi serta perkembangan panjang dan diameter daun yang lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa biochar limbah kulit pisang cavendish berpotensi digunakan sebagai bahan pembenah tanah untuk meningkatkan laju pertumbuhan tanaman pisang Raja Bagus pada fase awal pertumbuhan.

5. Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dinas Pertanian dan Pangan Kota Yogyakarta atas izin dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini. Selain itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada teman-teman yang telah memberi dukungan dan bantuan selama melaksanakan penelitian.

Daftar Pustaka

- Agegehu, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., & Bird, M. I. Benefits Of Biochar, Compost And Biochar–Compost For Soil Quality, Maize Yield And Greenhouse Gas Emissions. *Soil Research*. 2017; 55(6): 473–484.
- Evizal, R., & Prasmatiw, F. E. Biochar: Pemanfaatan dan aplikasi praktis. *Jurnal Agrotropika*. 2023; 22(1): 1-12.
- Farid, Abdul, And Ugik R. “Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Adopsi Petani Dalam Penerapan Sistem Tanam Jajar Legowo Di Desa Sukosari Kecamatan Kasembon Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur.” *Jurnal Penyuluhan*. 2018; 14(1).
- Frimpong, K. A., Owusu, S., Darko, R. O., Hanyabui, E., Abbey, A. N. A., & Tetteh, D. A. Effect of biochar application rates on soil properties and growth of *Amaranthus caudatus*. *Discover Agriculture*. 2025; 3(1): 1–10.
- Hamdani, J. S., Sumadi, S., Kusumiyati, K., & Ruwaidah, H. Pertumbuhan dan hasil benih kentang G0 kultivar medians pada berbagai komposisi media tanam dan interval pemberian air di dataran medium. *Kultivasi*. 2020; 19(3): 1237-1246.

- Jamaluddin, M. A., Widodo, W. D., & Suketi, K. Pengelolaan perkebunan pisang cavendish komersial di Lampung Tengah, Lampung. *Buletin Agrohorti*. 2019; 7(1): 16-24.
- Lehmann, J., and S. Joseph. "Biochar for Environmental Management: An Introduction." In *Biochar for Environmental Management*, edited by J. Lehman and S. Joseph. London: Taylor and Francis; 2015. 1–13.
- Lestari, I. A., Rahayu, A., & Mulyaningsih, Y. Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) pada berbagai media tanam dan konsentrasi nutrisi pada sistem hidroponik Nutrient Film Technique (NFT). *Jurnal Agronida* 2022; 8(1): 31-39.
- Linda, R. Perbanyakan tunas pisang cavendish (*Musa acuminata* L.) secara in vitro dengan penambahan Naphthalene Acetic Acid (NAA) dan air kelapa. *Protobiont*. 2018; 7(1).
- Lingga, E. W., Putra, G. M. D., & Widhiantari, I. A. Akurasi Pengukuran Luas Daun Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa* L.) Berbasis Pengolahan Citra Digital Pada Sistem Hidroponik Vertikal Dengan Suhu Dingin Pada Daerah Perakaran. *J-AGENT (Journal of Agricultural Engineering and Technology)*. 2025; 3(4): 350-368.
- Mautuka, Zakarias Adrianto, Astriana Maifa, And Martasiana Karbeka. "Pemanfaatan Biochar Tongkol Jagung Guna Perbaikan Sifat Kimia Tanah Lahan Kering." *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 2022; 8(1): 201–8.
- Nasaruddin, Kasim, N., & Awaluddin. Pengaruh pemberian biochar sekam padi dan mikrobat terhadap pertumbuhan dan beberapa aspek ekofisiologi tanaman cengkeh. *J. Agrivigor*. 2023; 14(2): 115-130.
- Nirmala, N., Tiwow, V. M. A., & Suherman, S. Adsorpsi Ion Tembaga (Cu) Dan Ion Menggunakan Besi (Fe) Arang Dengan Hayati (Biocharcoal) Kulit Pisang Raja (*Musa Sapientum*). *Jurnal Akademika Kimia*. 2017; 4(4): 189.
- Nisak, S., & Slamet, S. Biochar Sekam Padi Meningkatkan Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kedelai Di Tanah Salin. *Jurnal Pertanian Presisi*. 2019; 3(2).
- Niu, M., Chen, X., Pan, Y., Wang, S., Xue, L., Duan, Y., Ahmad, S., Zhou, Y., Zhao, K., & Peng, D. Biochar effectively promoted growth of *Ardisia crenata* by affecting the soil physicochemical properties. *Plants*. 2024; 13: 1736.
- Rahmasari, I., Zulkifli, H., & Mohadi, R. Potensi Biochar Kulit Pisang Lilin (*Musa Zebrina Van Haute*) sebagai Adsorben Ion Logam Fe pada Air Sumur. Palembang: Universitas Sriwijaya; 2021.
- Romadon, R. Aklimatisasi Bibit Pisang (*Musa paradisiaca* L.) Kultur Jaringan pada Berbagai Komposisi Media Tanam. Universitas Medan Area; 2020.
- Santos, A. C. Et Al. Growth And Development Of Banana Plants As Affected By Soil Management. *Scientia Horticulturae*. 2018.
- Simangunsong, D. P., Rohanah, A., & Rindang, A. Pembuatan Arang Aktif dari Limbah Kulit Pisang Raja (*Musa textilia*) untuk Meningkatkan Kualitas Fisik Air. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*. 2017; 5(3): 639–644.
- Srilestari, R., & Sasmita, E. R. Perbanyakan pisang raja bulu secara in vitro dengan menggunakan pupuk daun. *Agrivet*. 2015; 19(1): 1-6.
- Tantawi, A. R., & Aziz, R. Aklimatisasi Bibit Pisang (*Musa Paradisiaca* L.) Kultur Jaringan Dengan Menggunakan Media Kompos Yang Diperkaya Dengan Mikroorganisme Dan Pasir Sungai. Doctoral dissertation, Universitas Medan Area; 2023.
- Wedayani, N. M., Rai, I. N., Mahardika, I. G., & Wijana, I. M. S. Pengaruh Pemberian Biochar Limbah Pisang Terhadap Kesuburan Tanah. *Agro Bali: Agricultural Journal*. 2024; 7(1): 137-145.
- Wenedi, R., Yuslinawari., dan Surodjo, T.A. Pengaruh Intensitas terhadap Pertumbuhan Semaai Kulltur Jaringan *Acacia crassicarpa* di Tahap Aklimatisasi. *Jurnal Agroforetech*. 2025; 2(1).
- Widowati, W., Khaerudin, D. N., Prasetyorini, L., & Bayu, M. Pelatihan Pembuatan Kompos Daun Pisang Dengan Biochar Sekam Padi Sebagai Solusi Ramah Lingkungan. *Jast: Jurnal Aplikasi Sains Dan Teknologi*. 2025; 9(1): 1-14.